

2561247

2008
R524
C.1



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS



**PROPONER ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO PARA LA INDUSTRIA CHILENA
DEL LITIO, SOBRE LA BASE DE UN ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
COMPETITIVO DE LAS EMPRESAS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DE MINAS

NICOLAS ROLANDO RIVERA RODRIGUEZ

PROFESOR GUIA

RODRIGO DONOSO HEDERRA

PROFESOR CO GUIA

CHRISTIAN MOSCOSO WALLACE

MIEMBROS DE LA COMISION
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA
PABLO DAUD MIRANDA

2560154206746
SANTIAGO DE CHILE

ABRIL 2008

TABLA DE CONTENIDOS

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2	Antecedentes generales.....	3
2.1	Descripción del proyecto.....	3
2.2	Objetivos	5
2.3	Metodología.....	6
2.4	Alcances del proyecto.....	7
3	Mercado mundial del litio.....	9
3.1	Productos comerciales de litio	9
3.2	Recursos y fuentes de litio	22
3.3	Reservas de litio.....	26
3.4	Producción mundial de litio	32
3.5	Demanda mundial de litio.....	50
4	Análisis de las estructuras de mercado	62
4.1	Estimación de la elasticidad precio de la demanda mundial de LCE (carbonato de litio equivalente)	62
4.2	Estimación de los costos marginales de la producción de LCE	77
4.3	Estructuras de mercado.....	86
5	Comportamiento competitivo de las empresas.....	116
5.1	Comportamiento de las principales empresas productoras de litio	117
5.2	Desempeño general de la industria chilena	128
5.3	La industria China productora de litio	130
5.4	Análisis en detalle de SQM	133
5.5	Resumen de las estrategias utilizadas por las empresas.....	141
5.6	La industria del litio ¿un oligopolio?	142
5.7	Análisis FODA de la industria chilena productora de litio	155
6	Lineamientos estratégicos de crecimiento para la industria chilena productora de litio.....	159
6.1	Una mirada a la economía mundial	160
6.2	La economía mundial y su efecto sobre el precio de los commodities	163
6.3	Nuevos consumidores finales.....	169
6.4	Perspectivas de consumo futuro para el litio.....	171
6.5	Proyecciones para la demanda mundial de litio	172
6.6	Análisis competitivo de los productos-mercados.....	178
6.7	Focos estratégicos de crecimiento.....	184
7	Comentarios y conclusiones.....	199
8	ANEXOS.....	203
	EL SALAR DE ATACAMA	204
	SALAR DEL RINCÓN ARGENTINA	212
	PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL CLORURO DE LITIO.....	218
	ANTECEDENTES GENERALES DE CHINA E INDIA	222
	AUTOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS.....	229
	RESUMEN ACUERDOS ENTRE CORFO Y FOOTE MINERAL CO. PARA LA EXPLOTACIÓN DE LITIO EN EL SALAR DE ATACAMA	231

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
INGENIERO CIVIL DE MINAS
POR: NICOLAS RIVERAR R.
FECHA: 30/05/2008
PROF. GUIA: SR. RODRIGO DONOSO H.
SR. CHRISTIAN MOSCOSO W.

“ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO PARA LA INDUSTRIA CHILENA DEL LITIO, SOBRE LA BASE DE UN ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO COMPETITIVO DE LAS EMPRESAS”

El presente trabajo tiene como objetivo central proponer líneas estratégicas de crecimiento para las empresas chilenas productoras de litio, sobre la base de un análisis teórico del comportamiento competitivo de estas empresas. En Chile, según las disposiciones legales (Ley N° 18.097), el litio no es actualmente susceptible de concesión minera, debido a que se lo considera dentro de los materiales de interés nuclear. Otro antecedente importante es que las salmueras del Salar de Atacama contienen el 23% de las reservas mundiales de litio y que su composición son las de mejor calidad a nivel mundial.

El trabajo comenzó con un estudio del mercado mundial del litio, considerando la oferta, demanda, reservas, tipos de productos, tecnologías disponibles así como los principales productores y clientes a nivel mundial. Luego se efectuó un análisis de las estructuras de mercados e índices de competitividad más relevantes. Sobre la base de estos antecedentes, se modeló una función de demanda que permitió estimar la elasticidad precio de ella y se calculó el costo marginal de explotación para el litio en su primera transformación (obtención de carbonato de litio a partir de salmueras). A continuación se estudió el comportamiento competitivo de las principales empresas productoras, sus estrategias y desempeño económico. Finalmente, se propusieron lineamientos estratégicos de crecimiento para la industria chilena de litio, sobre la base de una mejor comprensión de la situación actual, la influencia de los ciclos económicos en los precios, las proyecciones de los diferentes productos-mercados de litio y las perspectivas de consumos futuros.

Los principales resultados obtenidos son los siguientes: el mercado mundial del carbonato de litio es claramente un oligopolio con productos homogéneos; la demanda y la producción están en equilibrio en este momento, demostrándose además que la demanda es inelástica. Las principales propuestas estratégicas de crecimiento son la diversificación de los mercados con foco en aquellos países emergentes como China e India; la diversificación de los productos apuntando hacia los productos-mercados con mayores proyecciones de crecimiento; la generación de alianzas estratégicas con empresas químicas para la elaboración de productos más complejos a partir de litio y el desarrollo de acuerdos de colaboración parcial entre las dos empresas que explotan el Salar de Atacama.

En síntesis, lo que se ha propuesto en este trabajo en términos estratégicos es continuar su negocio principal -la explotación y venta de productos de carbonato de litio- pero potenciándolo con nuevos negocios relacionados con éste, lo que incrementaría los resultados de las compañías.

2 Antecedentes generales

La industria productora de litio opera dentro de un contexto bastante singular en Chile, según las disposiciones legales chilenas, artículo tercero de la ley orgánica constitucional sobre concesiones mineras (Ley N° 18.097), el litio no es susceptible de concesión minera, debido a que se encuentra dentro de los materiales de interés nuclear y sólo podrán ser objeto de actos jurídicos cuando ellos se ejecutan por la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN). Cabe señalar que esto no afecta a las concesiones mineras válidamente constituidas con anterioridad a esta ley. Lo anterior significa que la exploración y/o explotación sólo podrá ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o a través de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación, con los requisitos que el Presidente de la República fije para cada caso, por decreto supremo¹.

Chile tiene una de las mayores reservas mundiales de litio del mundo y dos de las principales empresas productoras a nivel mundial operan en el Salar de Atacama, Chemetall y SQM Salar. Prácticamente el 100% de la producción de estas empresas es exportada y los principales productos son el carbonato de litio, cloruro de litio e hidróxido de litio.

El objetivo de este trabajo es proponer focos estratégicos de crecimiento para la industria nacional productora de litio, utilizando como herramienta de análisis un estudio del comportamiento competitivo de las empresas, esto es, estudiar el mercado mundial del litio, analizar sus estructuras, el comportamiento competitivo de las empresas, la demanda actual/futura para los diferentes usos que ha tenido y que se espera que tenga en el futuro el litio, la economía mundial y los nuevas industrias maquiladoras de este mineral.

Este documento muestra las principales conclusiones y resultados obtenidos por el alumno. El estudio se realizará en los Departamentos de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile.

2.1 Descripción del proyecto

Como se ha señalado en los puntos anteriores, la memoria realizada busca, a partir de un estudio de la situación pasada, actual y esperada para el mercado mundial del litio, proponer focos estratégicos de crecimiento sustentable para Chile y su industria productora de litio, en particular para su principal producto, el carbonato de litio. La pregunta natural que surge es:

¹ Esta salvedad ha permitido la explotación del Salar de Atacama por parte de las empresas SQM S.A. y Sociedad Chilena del Litio S.A.

¿Por qué es atractivo de estudiar el mercado mundial del litio y su contexto en Chile?

Históricamente el mercado del litio ha contado con pocos agentes relevantes² y otras más pequeñas que seguramente siguen las pautas de los productores principales. La distribución geográfica de las reservas y recursos del litio es muy heterogénea en el globo, provocando que aquellos que son dueños de los yacimientos de mejores características obtengan ventajas por sobre sus competidores. Sumado a esto, la teoría económica postula que se explotarán primero aquellos yacimientos cuyos costos sean los más bajos, una vez agotados estos se procederá a la explotación de los yacimientos con costos superiores, provocando obviamente un alza en el precio. También se puede incluir como determinantes de la concentración la escasez de algún recurso importante como lo es el “conocimiento tecnológico especializado”. Las empresas establecidas patentan innovaciones de productos u otros elementos legales que impiden el uso a quien no sea el propietario.

Por otro lado, se observa que la industria chilena productora de litio solamente llega hasta la primera transformación de litio, es decir, como carbonato de litio (menor cantidad de cloruros e hidróxidos). Las siguientes etapas de transformación hacia productos más cercanos al consumidor final se realizan en los países desarrollados (como la industria japonesa de baterías o la industria farmacéutica alemana) y son quienes demandan y consumen el litio necesario para hacer rentables las operaciones de producción de este material. Además, se puede señalar que gran parte de los usos y/o aplicaciones de litio se encuentran como insumo de procesos relacionados con la producción de bienes más complejos, en cantidades muy pequeñas comparativamente con el valor final de los productos que lo contienen y posee un número importante de sustitutos en sus funciones primarias. Este conjunto de afirmaciones serán desarrolladas y explicitadas a lo largo de este documento.

Otro aspecto interesante es lo relacionado a los productos y especialización de estos que las pequeñas empresas repartidas por el mundo comercializan, que pese a no tener las grandes ventajas del Salar de Atacama³ han mantenido su producción y continúan operando. Un interesante aspecto es estudiar que estrategias han seguido estas y que características poseen que les permite operar en un mercado competitivo.

Cada uno de los aspectos señalados, junto a las singularidades que impone la legislación chilena en relación al litio, justifica plenamente la realización de un estudio que permita entender la dinámica de este mercado, las estrategias seguidas por las diferentes empresas y la generación de posibles alternativas de crecimiento que permitan aumentar la rentabilidad y sustentabilidad de la industria nacional.

² Las principales empresas son: SQM, Chemetall, Sons of Gwalia, Empresas, Empresas Chinas y FMC Lithium Division. Fuente: Mineral Commodity Summaries 2007, USGS.

³ Salar de Atacama posee la mayor tasa de evaporación al año (3.200 mm) y la mejor calidad del recurso disponible (concentración de litio y de impurezas).

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

- Proponer focos estratégicos de crecimiento para la industria nacional productora de litio, utilizando como herramienta de análisis un análisis teórico (académico) del comportamiento competitivo de las empresas en el mercado mundial del litio.

2.2.2 Objetivos específicos

- Estudio del mercado mundial del litio:
 - Productos comerciales de litio: Principales productos (y usos) a partir de litio.
 - Recursos y fuentes de litio: Caracterizar los principales yacimientos fuentes de litio del mundo por países e identificar si existen explotaciones actuales en dichos lugares.
 - Reservas mundiales de litio: Estimar la cantidad de recursos de litio que son técnica y económicamente rentables de explotar en la actualidad.
 - Producción mundial de litio: Identificar y caracterizar los principales productores de litio a nivel mundial, identificando el origen de los yacimientos explotados y algunos aspectos de la evolución histórica de dicha faena.
 - Demanda mundial de litio: Mostrar datos de los principales hitos y cambios sufridos por la demanda mundial de litio.
- Análisis de la estructura de mercado:
 - Estimación de la elasticidad precio de la demanda, batería de la demanda, y vidrios y cerámicas de la demanda.
 - Estimación de los costos marginales de producción
 - Concentración de mercado.
 - Diferenciación de productos.
 - Barreras de entrada.
 - Naturaleza y evolución de la demanda.
- Estudio del comportamiento de las empresas:
 - Comportamiento de las principales empresas productoras de litio.
 - Desempeño general de la industria chilena.
 - Evaluación de la industria mundial del litio como un oligopolio.
 - Incentivos y problemas para acuerdos colusivos.
 - Análisis FODA de la industria chilena productora de litio.
- Proposición de líneas estratégicas de crecimiento para la industria chilena productora de litio:
 - Estudiar el estado de la economía a nivel mundial, las perspectivas futuras y los mercados emergentes.

- Mostrar la relación entre los ciclos económicos mundiales y el precio de los commodities.
- Análisis las perspectivas de consumos futuros para el litio.
- Realizar proyecciones de la demanda mundial de litio.
- Análisis competitivo de los principales productos-mercados.
- Definir Focos estratégicos de crecimiento.

2.3 Metodología

Para poder definir políticas de crecimiento robustas y plausibles de realizar por la industria nacional, que estén directamente relacionadas con los cambios de la demanda (y en la oferta) futura por litio, los ciclos económicos mundiales, los nuevos mercados de consumo, etc., se debe en primer lugar entender y caracterizar el mercado.

La conducta de las empresas y sus acciones emprendidas buscan maximizar las utilidades en el largo plazo. Algunos ejemplos típicos utilizados de comportamientos son: campañas de publicidad, investigaciones tecnológicas, acuerdos de integración vertical u horizontal, esquemas de tarifas, desarrollo de nuevos mercados, etc. El desempeño económico se entiende como la diferencia entre la operación real del mercado y la situación deseable en términos de eficiencia económica. Este estudio lo comparará respecto a los resultados obtenidos mediante competencia perfecta.

Para realizar la caracterización de dicho mercado, se seguirá en primer lugar la línea de de las investigaciones europeas en economía industrial⁴, complementado con otras de la línea norteamericana⁵ para el análisis de posibles colusiones entre las empresas, estimaciones empíricas del oligopolio, indicadores de poder de mercado, etc. Se considera que el desempeño se puede expresar como:

- $D = f(C, E)$ con,
- E: La estructura de mercado.
- C: El comportamiento de los agentes y el desempeño económico obtenido.

Consiste en estudiar un mercado concreto dividiendo un análisis de la estructura de mercado, la conducta de los agentes participantes y los resultados económicos del mercado. Las estructuras de mercado se definen como un conjunto de características relativamente estables que afectan la conducta de las empresas que forman parte de este. Las principales estructuras son:

- El grado de concentración de las empresas.
- Nivel de las Barreras de entrada.
- Grado de diferenciación de los productos.
- Naturaleza, evolución y elasticidad de la demanda.

⁴Jacquemin Alex, "Economía Industrial Hispano Europea S.A., 1982"

⁵ Structure conduct and performance (SCP), Bain, Cournot, Tirole y otro autores.

Otro concepto importante dentro de este estudio es el de Producto-mercado⁶ que permite definir una unidad de actividad estratégica, que surge del cruce de tres variables, una oferta de valor, que satisface las necesidades de un grupo específico de clientes y que se desarrolla bajo un sistema de negocios específico. Este concepto define íntegramente cuatro aspectos claves dentro de la definición de estrategias de crecimiento: Los clientes a satisfacer, el conjunto de ventajas que buscan los compradores, las capacidades que es necesario adquirir (y el modelo de negocios utilizado) y los competidores que es necesario controlar.

Metodología de trabajo

1. Estudio del mercado mundial actual del litio.
2. Análisis de la estructura de mercado.
3. Análisis del comportamiento de las empresas.
4. Propuestas estratégicas de crecimiento para desarrollar la industria chilena.

Para las estimaciones de una función de demanda y una función de costos marginales se utilizó como herramienta de análisis la NEIO (New empirical Industrial Organización) (Referencia 48).

2.4 Alcances del proyecto

- Todos los resultados y conclusiones se realizarán utilizando información de *carácter público y disponible*. Además de toda aquella que sea posible de recabar con fuentes dentro de las empresas.
- Cada uno de los análisis, comentarios y conclusiones están hechas desde un punto de vista teórico y académico. Para la realización de un estudio más complejo y con menor incertidumbre, este debiese surgir desde el interior de las empresas.
- Se realizó un importante esfuerzo en definir y analizar las estrategias competitivas de las empresas y sus efectos futuros en las estructuras de mercado. Para este punto se contó con algunas entrevistas a ejecutivos o expertos de las principales empresas⁷ nacionales.

⁶ Lambin, Jean-Jacques, Marketing Estratégico, 2003

⁷ Sociedad Chilena del Litio (SCL) y Soquimich (SQM).

- Debido a que el principal producto de litio en su primera transformación es el carbonato de litio, la mayoría de los comentarios lo tendrán como referencia a lo largo del desarrollo de la tesis. Especial tratamiento tiene las empresas de la industria chilena productora de litio (Chemetall y SQM) y que operan en el Salar de Atacama, en particular SQM al ser la única empresa de capitales chilenos.
- Se exploraron posibles acciones coordinadas, de colaboración y/o acciones de colusión entre las firmas. Para llegar a esto se analizaran las políticas seguidas por las principales empresas en los últimos 10 años utilizando información pública disponible.
- Se estimó la elasticidad precio de la demanda y los costos marginales de producción.

3.1 Productos comerciales de litio

El litio se comercializa y utiliza como concentrado de mineral, metal y compuestos químicos orgánicos e inorgánicos siendo el más importante compuesto químico el carbonato de litio. El que le sigue en importancia es hidróxido de litio y por último los productos de mayor transacción comercial en el mercado del litio.

3 Mercado mundial del litio

Este capítulo pretende entregar los antecedentes en relación al estado actual del mercado mundial del litio. Se abordan temas como las características generales del litio, los recursos y reservas conocidas, los niveles de producción y los principales usos industriales de este mineral.

Antecedentes generales

Litio deriva de la palabra griega *lithos*, que significa piedra. Fue descubierto por el químico sueco August Arfvedson el año 1817 cuando realizaba un análisis del mineral petalita. El litio es un elemento químico de símbolo Li y número atómico 3. En la tabla periódica, se encuentra en el grupo 1, entre los elementos alcalinos. En su forma pura, es un metal blando, de color blanco plata, que se oxida rápidamente en aire o agua. Es el elemento sólido más ligero y se emplea especialmente en aleaciones conductoras del calor, en baterías eléctricas y, sus sales, en el tratamiento de ciertos tipos de depresión.

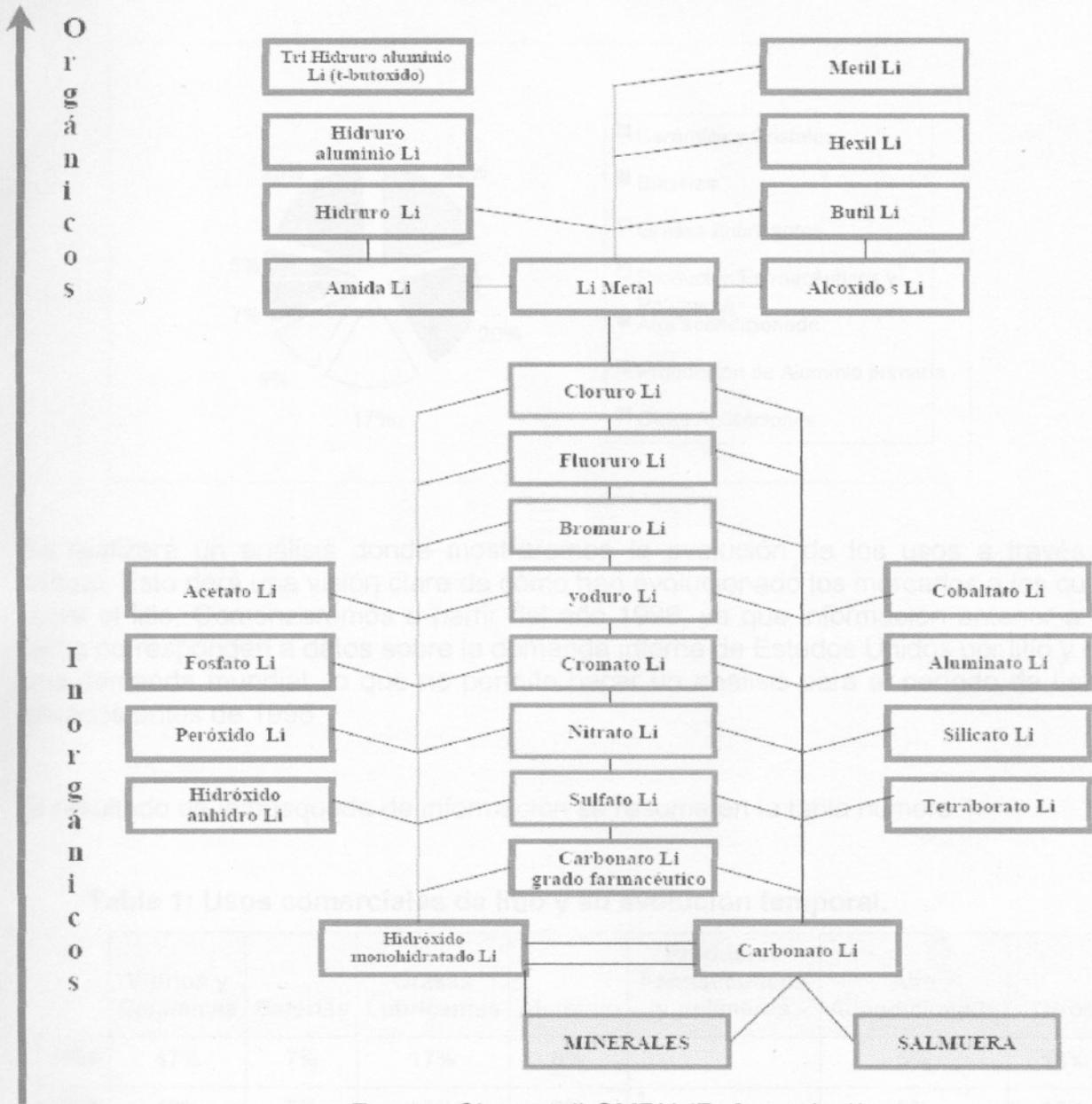
La obtención del litio metálico por electrólisis del LiCl fue realizada con éxito por primera vez por Bunsen y Matthiesen, en un pequeño crisol de porcelana, usando un fino hilo de fierro como cátodo y una varilla de carbón como ánodo; definiendo uno de los caminos que se mantienen hasta ahora, para la obtención industrial de algunos metales alcalinos.

Los primeros usos del litio fueron aplicaciones metalúrgicas, aleaciones con aluminio y zinc o con plomo para poder obtener un metal más resistente. Gracias a sus propiedades físicas y químicas únicas se ha logrado crear a través de los años un mercado diversificado que ha crecido en forma significativa en los últimos años, pero el tamaño relativo de su explotación es todavía pequeño con respecto a otros commodities como el cobre, el oro o la plata.

3.1 Productos comerciales de litio

El litio se comercializa y utiliza como concentrado de mineral, metal y compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos; siendo el más importante compuesto químico el carbonato de litio. El que le sigue en importancia es hidróxido de litio y son en conjunto los productos de mayor transacción comercial en el mercado del litio.

Figura 1: El árbol del Litio

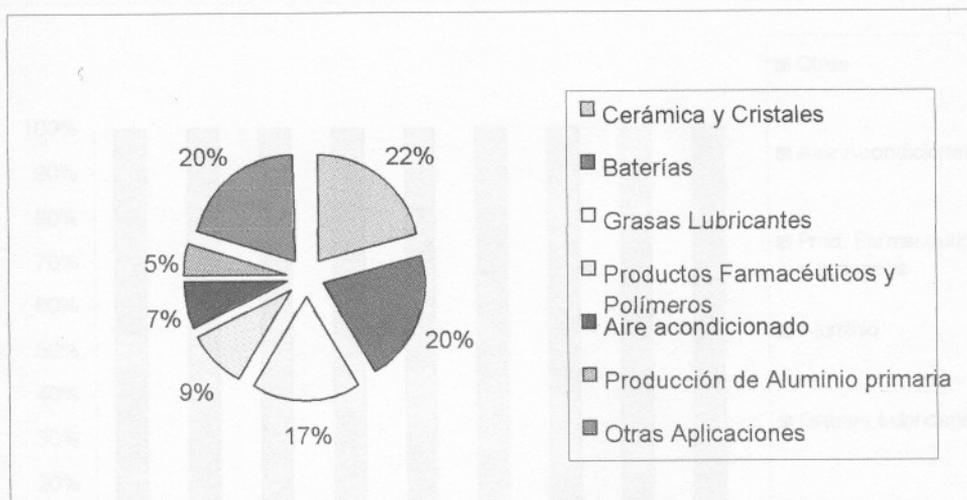


Fuente: Chemetall GMBH (Referencia 1).

Entre los productos que satisfacen el resto del mercado destacan algunos como el cloruro de litio, fluoruro de litio, bromuro de litio, butil-litio, hidruro de litio, hipoclorito de litio y litio metálico; que se muestran en la figura 1. Cabe destacar que a partir del carbonato de litio junto con el dióxido de litio se fabrican los demás compuestos derivados.

Los principales usos del litio, en el 2006, son en: baterías, grasas lubricantes, fritas, aluminio, farmacéutico entre otros. Como se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1: Principales Mercados donde se usa el litio



Se realizará un análisis donde mostraremos la evolución de los usos a través del tiempo. Esto dará una visión clara de cómo han evolucionado los mercados a los cuales suporta el litio. Comenzaremos a partir del año 1998, ya que información anterior a esa fecha corresponden a datos sobre la demanda interna de Estados Unidos por litio y no a una demanda mundial, lo que no permite hacer un análisis para el período de tiempo situados antes de 1998.

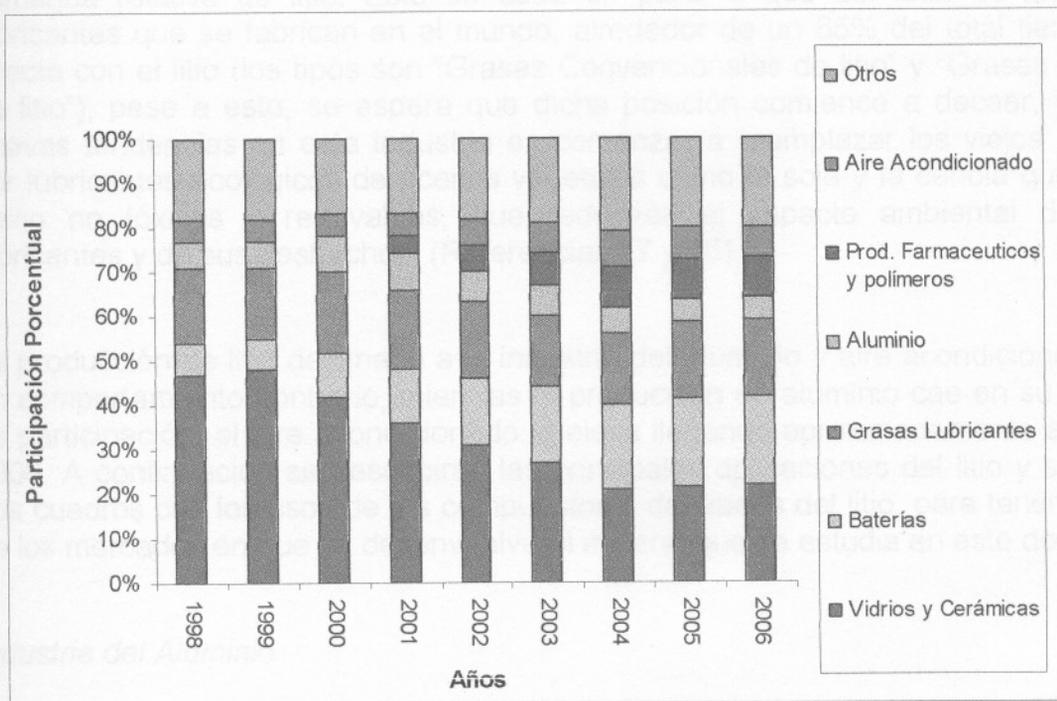
El resultado de la búsqueda de información se resume en la tabla número 1.

Tabla 1: Usos comerciales de litio y su evolución temporal.

	Vidrios y Cerámicas	Baterías	Grasas Lubricantes	Aluminio	Productos Farmacéuticos y polímeros	Aire Acondicionado	Otros
1998	47%	7%	17%	6%		5%	18%
1999	48%	7%	16%	6%		5%	18%
2000	42%	10%	18%	8%		5%	17%
2001	36%	12%	18%	8%	4%	5%	17%
2002	31%	15%	17%	7%	6%	6%	18%
2003	27%	17%	16%	7%	7%	7%	19%
2004	21%	19%	16%	6%	9%	8%	21%
2005	21%	20%	17%	5%	9%	7%	20%
2006	22%	20%	17%	5%	9%	7%	20%

Fuente: Elaboración propia con datos de las referencias: 3, 4, 5, 6, 7, 30, 31 y 32.

Gráfico 2: Participación Porcentual de los Principales Usos del Litio



A partir de la información expuesta en el gráfico número 1, se puede apreciar que existe una tendencia a que la demanda por litio se comience a orientar a rubros donde la investigación y desarrollo aporta un valor agregado muy importante. Es así como se observa un descenso muy agudo en el uso de los vidrios y cerámicas desde 1998, pese a esto, sigue teniendo una importancia relevante debido a nuevos usos relacionados con tecnologías nuevas y emergentes con gran potencial como: cerámicas estructurales, cerámicas electrónicas, ceramics coating, ceramics powder and nanocerámicas, compuesto de fibras, vidrios avanzados (LCD, plasma y otros monitores planos tanto para computadores de escritorio y laptops), metrología y análisis, biocerámicas y superconductores de alta temperatura (Referencia 33 y 34).

Otro aspecto relevante es la marcada tendencia de crecimiento de la importancia relativa tanto de baterías secundarias, los productos farmacéuticos y los polímeros. Las primeras han tenido un crecimiento muy importante debido a que están ligadas al mundo de las telecomunicaciones como baterías recargables de celulares y al mundo de la computación y tecnología, las baterías recargables están presentes también en numerosos productos como laptops, mp3, mp4, ipods, cámaras, etc. Todo esto, ha hecho crecer la producción de baterías de litio desde 570 millones de unidades el 2001 a un estimado de 2.600 millones de unidades para el 2007 (Referencia 26 y 35). La industria de los productos farmacéuticos con litio, es un mercado donde la investigación y desarrollo tiene una participación muy importante para obtener nuevos medicamentos más eficientes, y ha tenido una penetración muy importante alcanzando casi el 10% de la demanda mundial de litio.

Respecto a las grasas y lubricantes, mantienen una posición muy estable en la demanda relativa de litio. Esto se debe en parte a que del total de las grasas y lubricantes que se fabrican en el mundo, alrededor de un 65% del total tiene relación directa con el litio (los tipos son "Grasas Convencionales de litio" y "Grasas Complejas de litio"), pese a esto, se espera que dicha posición comience a decaer, ya que las nuevas tendencias en esta industria es comenzar a reemplazar los viejos lubricantes por lubricantes ecológicos de aceites vegetales como la soja y la canola que se tratan como no tóxicos y renovables, que reducirán el impacto ambiental de producir lubricantes y de sus deshechos. (Referencias 27 y 36).

La producción de litio destinada a la industria del aluminio y aire acondicionado, tienen un comportamiento contrario, mientras la producción de aluminio cae en su porcentaje de participación, el aire acondicionado la eleva llegando aproximadamente a un 7% en 2006. A continuación se describirán las principales aplicaciones del litio y se mostrarán dos cuadros con los usos de los compuestos y derivados del litio, para tener una visión de los mercados en que se desenvuelve el mineral que se estudia en este documento.

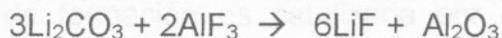
Industria del Aluminio

El metal de aluminio se obtiene por electrólisis de la alumina (Al_2O_3) fundida en un baño de composición variable de 2 a 8% de alumina, 5 a 7% de fluoruro de aluminio, 5 a 7% de fluoruro de calcio y 80 a 85% de criolita ($FNa \cdot F_3Al$). A este baño se adiciona carbonato de litio en la proporción de 3,5% en peso, con respecto al electrolito. Produce los siguientes resultados favorables o beneficiosos:

1. Reduce el costo por tonelada de aluminio producido por que:

- Baja el punto de fusión del electrolito.
- Mejora la conductibilidad eléctrica.
- Reduce el consumo de ánodos de carbón.
- Reduce el consumo de criolita.
- Aumenta la solubilidad de la alúmina en la criolita.

2. Baja la polución por reducción de la emisión de fluoruro por transformación del AlF_3 en LiF , según la ecuación siguiente:



Este factor es muy importante por que en la mayoría de los países existe un control muy estricto con respecto a la contaminación ambiental que produce la emisión de gases de fluoruro (Referencia 12).

Industria del Vidrio y Cerámica

El desarrollo y uso de litio en esta industria ha sido el más importante de los últimos 10 años con un 22%. En la fabricación de vidrio y cerámica se usan dos fuentes de óxido de litio: carbonato de litio y concentrado de minerales de litio. Los beneficios del uso de litio en cualquiera de sus formas son los siguientes:

- Reducción de la temperatura de fusión de los materiales, lo que produce un importante ahorro de energía.
- Mejora la eficiencia productiva.
- Permite un mejor control de emisiones contaminantes.
- Mejora notablemente la calidad del producto obtenido por reducción de la expansión térmica, produciendo un producto estable, resistente al calor.

Sistema de Aire Acondicionado

El bromuro de litio y el cloruro de litio son ampliamente usados en la industria del aire acondicionado y sistemas de deshumidificación. El aire que se desea secar es lanzado o es obligado a ponerse en contacto directo con la solución de LiBr o LiCl, el bromuro de litio es la sal más usada e las unidades de acondicionamiento y absorción.

Grasas Lubricantes

En la actualidad se estima que existe el 55% del mercado total de las grasas en EE.UU corresponden a grasas de litio multiuso, que se fabrican en base a $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, el cual se combina con ácido esteárico para formar el estearato de litio. Las grasas de litio tienen alta resistencia al agua y conservan sus propiedades lubricantes en un amplio rango de temperatura. Éstas grasas se usan en automóviles, camiones, trenes, aerotransportes y en los equipos pesados usados en la industria y minería.

Caucho Sintético

Existen varios tipos de caucho sintético, entre los cuales destacan aquellos cuya reacción de formación es catalizada por compuestos orgánicos de litio. De estos compuestos el más importante es el butil-litio que se fabrica en grandes cantidades de acuerdo a la reacción siguiente:



Baterías de Litio : Principales usos de los derivados del litio por mercado

Fueron introducidas al comercio aproximadamente hace 20 años y la intensa investigación realizada en el campo de las baterías de litio, ha llevado a diferenciar tres tipos de ellas que se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Batería de cátodo sólido.
- Batería de electrolito sólido.
- Batería de cátodo soluble.

Una de las ventajas de las baterías de litio es que posee la más alta concentración de energía química potencial por unidad de peso, lo que la hace particularmente importante para el uso en pequeñas unidades adaptándose a la tendencia de la miniaturización de los productos electrónicos. Además otras razones son mayor vida útil, menor peso y mayor confiabilidad. Otras ventaja importantes es el mejor funcionamiento a diferentes rangos de temperaturas (temperatura ambiente y -7°C) y el tiempo de almacenamiento que varía entre 2 a 10 veces más que las baterías convencionales.

Otros Usos

El hipoclorito de litio se usa para la desinfección de aguas, como blanqueador en lavanderías y hospitales.

El hidróxido de litio se usa para la absorción de CO_2 , y lo hace de forma más rápida y segura q otros compuestos.

El litio metálico y algunos compuestos de litio se usan para obtener fármacos, el litio-amida (LiNH_2) se usa para fabricar analgésicos, antihistamínicos, vitamina A y hormonas y el carbonato de litio (Li_2CO_3) grado farmacoepa se emplea en el tratamiento de la psicosis maníaco-depresión.

Además la NASA desarrolló un sistema de acumulación de energía solar, en el cual se usan dos espejos gigantes que reflejan el calor del sol en un receptor de almacenaje de fluoruro de litio fundido y sales de difluoruro de calcio, que contiene suficiente calor para entregar potencia hasta que reaparece el sol.

Tabla 2: Principales usos de los derivados del litio por mercado

Principales Mercados / Derivados	Aplicación
<p>Vidrio, cerámica y esmalte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carbonato de litio - Cloruro de litio - Fluoruro de litio - Fosfato de litio - Silicato de litio - Sulfato de litio 	<p>Medio de la precipitación del CO_2 en forma de Li_2CO_3</p> <p>Agentes que favorecen flujo (fluxing agent), baja viscosidad, reducción de la expansión termal, tratamiento antiestática de la fibra de vidrio</p>
<p>Metalurgia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Litio Metal - Cloruro de litio - Fluoruro de litio - Carbonato de litio 	<p>Desoxidante y desgasificante para procesos metalúrgicos de cobre, revestimiento para barras de soldadura, reforzamientos para agentes de soldadura.</p>
<p>Otros Mercados</p>	
<p>Grasas Lubricantes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hidróxido de litio - Esterato de litio 	<p>Favorece la retención de las propiedades lubricantes en un ancho rango de temperaturas</p>
<p>Aire Acondicionado / Tratamiento de gas agua</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bromuro de litio - Cloruro de litio - Cromato de litio 	<p>Absorción de referentes y aire acondicionado, deshumidización de aire y gases, inhibidores de corrosión por soluciones acuosas agresivas en la absorción de refrigerantes</p>

<p>Baterías / Acumuladores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bromuro de litio - Cloruro de litio - Perclorato de litio - Hidróxido de litio 	<p>Sales conductoras para baterías de litio, activación de los electrodos de óxido de níquel en acumuladores alcalinos, mantención de la conductividad del electrolito por medio de la precipitación del CO₂ en forma de Li₂CO₃</p>
<p>Industria de la Construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carbonato de litio - Citrato de litio - Hidróxido de litio - Fosfato de litio - Sulfato de litio 	<p>Aditivo para el secado rápido del cemento y adhesivos especiales.</p>
<p>Electrónica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carbonato de litio 	<p>Sales de alta pureza para conductores sólidos de ión y monocristales.</p>
<p>Tintes y pigmentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hidróxido de litio 	<p>Aditivo para "dyestuffs", y aumenta el brillo en pigmentos específicos.</p>
<p>Farmacéutica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carbonato de litio - Acetato de litio - Benzoato de litio - Sulfato de litio 	<p>Ingrediente activo farmacéutico.</p>
<p>Caucho y plásticos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Butil Litio 	<p>Iniciador de polimerización</p>

Fuente: Referencia 1.

Tabla 3: Principales usos de los Compuestos del litio

Inorgánicos

Compuesto	Usos
Amida de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Alquilación de nitratos y cetonas. - Manufactura de antihistamínicos.
Metaborato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Formación de vidrios especiales y esmaltes.
Bromuro de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstitución de salmueras. - Catalizador. - Agente dishifrohalogenante. - Acondicionamiento de aire. - Tratamientos de fibras de queratina. - Hipnótico y sedante.
Tetraborato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Cerámicas. - Espectroscopia. - Refinación de metales.
Carbonato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Esmaltes, vidrios, barnices y cerámicas. - Materias primas para la síntesis de otros compuestos de Li. - Catalizador de esterificación. - Metalurgia extractiva de aluminio y uranio. - Fármacos (grado farmacéutico). - Vidrios ópticos (grado óptico). - Barnices y tinturas. - Revestimientos de electrodos de

	<p>soldadura al arco.</p> <p>Absorbente de NH_3 en sistemas</p>
Cloruro de litio	<p>Preparador de cohetes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparación de litio metal. - Electrolito de celdas de baja temperatura.
Nitruro de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Catalizador de química orgánica. - Deshumidificador en acondicionamiento de aire.
Oxido de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Intercambiador de calor. - Bebidas alcohólicas. <p>Formulaciones químicas.</p>
Fluoruro de litio	<p>esmaltes especiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fundente fuerte para esmaltes, vidrios y barnices. - Fundentes para soldadura. - Difracción de rayos x. - Intercambiadores de calor. - Combustibles para cohetes. <p>Fuente de oxígeno.</p>
Hidruro de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima para amida de doble litio. - Agente reductor. - Catalizador de reacciones de polimerización.
Silicato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Generación de hidrógeno. - Celdas combustibles. - Protección contra la radiación. <p>Esmaltes y barnices</p> <p>Desumidificadores para aire acondicionado</p>
Metasilicato de litio	<p>soldadura</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de grasas multipropósito. - Absorbente de CO_2 en sistemas de purificación de aire en submarinos y cápsulas espaciales. - Materia prima de productos químicos industriales. <p>Fármacos.</p>
Hidróxido de litio	
Ortosilicato de litio	

Nitrato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Absorbente de NH₃ en sistemas de refrigeración. - Propulsor de cohetes. - Intercambiador de calor.
Nitruro de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Síntesis orgánicas de inorgánicas.
Oxido de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Absorción de CO₂. - Formulaciones químicas. - Formulaciones de vidrios y esmaltes especiales.
Perclorato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Electrolito de baterías de litio. - Mezclas propulsoras sólidas para cohetes. - Fuente de oxígeno. - Catalizador y agente oxidante.
Silicato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Sellante de concreto. - Adhesivos.
Metasilicato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Fundente para fundición. - Esmaltes y barnices. - Revestimiento para barras de soldadura.
Ortosilicato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Vidrios especiales de alta resistencia. - Composición de reveladores fotográficos. <p>Fármacos.</p>

Sulfato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Vidrios especiales de alta resistencia. - Composición de reveladores fotográficos. - Fármacos.
------------------	--

Fuente: Referencia 9



Orgánicos

Acetato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Síntesis orgánica. - Catalizador para la manufactura de resinas.
Benzoato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Síntesis orgánica. - Catálisis alcohólica en producción de resinas alquídicas.
Citrato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersante de arcillas. - Formulaciones medicinales. - Preparaciones farmacéuticas. - Bebidas.
N-butil litio	<ul style="list-style-type: none"> - Catalizador en polimeraciones estereoespecíficas. - Síntesis de polímeros.
Oxalato de litio	<ul style="list-style-type: none"> - Anticoagulante en análisis de sangre.

Fuente: Referencia 9

3.2 Recursos y fuentes de litio

El litio se halla muy difundido en la naturaleza, aunque en cantidades pequeñas, formando partes de muchos minerales, suelos y aguas, incluyendo el agua de mar. Se presenta en alrededor de 145 especies mineralógicas y sólo algunas de ellas son fuente importante para la actividad comercial.

A continuación se muestran las principales fuentes de litio que se pueden encontrar a través de la naturaleza.

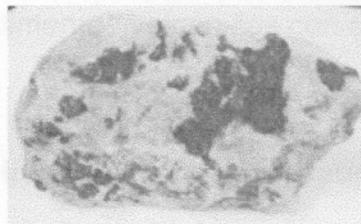
Minerales pegmatíticos o de yacimientos en vetas

Los minerales de litio los cuales son factibles para la explotación comercial existen en pegmatitas graníticas, que son rocas ígneas de grano grueso que contienen feldespato, cuarzo y mica como componentes principales. Los principales reservas de yacimientos ricos en minerales de litio se encuentran en EE.UU., Australia, Canadá, Ziera, Zimbawe, China y Rusia.

Los minerales de litio que han sido fuentes para la explotación comercial de litio son:

- Espodumeno: Es el mineral más abundante de pegmatitas ricas en litio, constituyendo alrededor de un 20% de los minerales contenidos en la pegmatita.

Imagen 1: Mineral de espodumeno.



Fuente: Referencia 59

- Lepidolita: Ha sido explotada en cantidades dobles de las correspondientes al espodumeno, y se ha empleado de preferencia en la fabricación de vidrio pyrex, vidrio apolino, otros vidrios espaciales.
- Petalita: Este mineral nunca ha sido destinado a la obtención de productos químicos de litio, debido al contenido de potasio en el mineral
- Ambligonita y Eucryptita: La Ambligonita tiene un mayor contenido de Li_2O que el espodumeno y la lepidolita.

Tabla 4: Minerales de Litio de Importancia Comercial

Mineral	Fórmula química	Contenido de litio real (%)
Espodumeno	$\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 4\text{SiO}_2$	1,4 – 3,6
Lepidolita	$\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	1,4 – 1,9
Petalita	$\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 8\text{SiO}_2$	1,4 – 2,2
Amblygonita	$\text{LiAl}(\text{PO}_4)(\text{F},\text{OH})$	3,5 – 4,2
Eucryptita	$\text{Li}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{SiO}_2$	3,2 – 3,3

Fuente: Referencia 13.

Cabe señalar que los minerales usados como fuentes para la explotación comercial son el espodumeno y la petalita.

Salmueras en depósitos salinos

Los más importantes depósitos de salmueras que contienen litio se encuentran en lagos salinos continentales y en evaporitas de origen tectónico expuestas a condiciones de extrema aridez (salares). Las salmueras de los salares, generalmente superficiales, están ocultas en los poros de la costra salina y se han generado como consecuencia de la continua evaporación, de soluciones resultantes de la lixiviación por actividad geotermal de sedimentos volcánicos con contenido de litio.

Imagen 2: Salar de Uyuni, Bolivia



Fuente: Referencia

93.

Las salmueras representan el mayor volumen de reservas de litio. La recuperación de litio desde estos depósitos es mucho más reciente. Las salmueras ricas en litio se convirtieron en la principal fuente potencial de este elemento durante la década de los sesenta, debido al menor costo de producir carbonato de litio en comparación con

obtenerlo a partir de minerales pegmatíticos. La explotación de este tipo de depósitos a escala industrial se inició en Silver Peak (Nevada, EE.UU.) en 1966 por Foote Mineral Co.

Tabla 5: Composición Química de los Salmueras más importantes (% en peso)

Elemento	Mar Muerto (Jordania/ Israel)	Clayton Valley (Nevada)	Salton Sea Salmuera geotermal (California)	Great Salt Lake (Utah)	Salar de Atacama (Chile)	Salar Hombre Muerto (Argentina)	Salar de Uyuni (Bolivia)	Zhabuye Salt Lake (Tibet)	Salar del Rincón (Argentina)
Na	3,21	6,2	5,71	8	7,6	9,8	8,8	14,17	9,789
K	0,6	0,53	1,42	0,65	1,8	0,58	0,72	3,96	0,624
Mg	3,33	0,033	0,028	1	0,96	0,09	0,65	0,001	0,033
Li	0,0015	0,023	0,022	0,004	0,15	0,056	0,03	0,12	0,284
Ca	1,18	0,02	2,62	0,016	0,031	0,052	0,046	Trazas	0,041
SO ₄	0,07	0,71	0	2	1,78	0,68	0,85	4,35	1,014
Cl	17,32	10,06	15,06	14	16	15,8	15,7	15,63	15,25
B	0,003	0,008	n.d.	0,06	0,06	0,036	0,02	n.d.	0,0275
Li/Mg	0,0045	0,69	0,76	0,004	0,156	0,625	0,045	1.250	0,116

Fuente: Referencias 11 y 13.

Los principales depósitos de salmueras ricas en litio se encuentran en Chile, Bolivia, EE.UU., Argentina China y Rusia. La concentración de litio en estas varía generalmente entre 200 y 2000 ppm.

La fuente de salmueras de litio más atractiva del mundo en cuanto a concentración y volúmenes de reservas, es el Salar de Atacama (Norte de Chile), otros salares chilenos en los cuales se ha comprobado la existencia de litio son: Pedernales, Maricunga y Punta Negra. También existen salares que contienen salmueras ricas en litio en Bolivia: Uyuni, Coipasa y Empexa) y en el norte de Argentina (Salar del Hombre Muerto). En China existe un gran número de depósitos salinos en la provincia de Qinghai, donde se han identificado 33 lagos salados.

Salmueras asociadas a pozos petrolíferos y campos geotermales

Fuentes potenciales de litio la constituyen también algunas salmueras de pozos petrolíferos y de campos geotermales. Las más importantes salmueras de pozos petrolíferos tienen asociadas concentraciones de litio varían entre 0.006% a 0,022% que es una cantidad muy considerable. Por su parte las aguas geotermales tienen concentraciones de litio en el rango de 50 a 400 ppm, su origen deriva de la lixiviación selectiva de litio de rocas volcánicas a temperaturas superiores a 200 C°. Las principales fuentes de este tipo de salmueras se encuentran en EE.UU. y Chile.

Por sus características, los campos geotermales se ocupan principalmente para la generación de energía geotérmica, más que para la extracción de minerales contenidos en los fluidos geotermales. La energía geotérmica debe emplearse en el entorno de la fuente de producción, a menos que se transforme en forma de energía eléctrica. Por ejemplo se ocupa en el secado de madera o de frutas, lavanderías y tintorerías industriales, curtidurías o en industrias que utilicen agua caliente para sus procesos, como por ejemplo en la industria lechera para su pasteurización. También se ocupa en la industria cervecera donde se necesita 0,4 litro de agua a una temperatura que oscila entre los 34° a 55° C por litro de cerveza producida. También puede ser empleada en la industria minera en donde se requiere mantener temperaturas constantes para realizar el proceso de lixiviación del cobre (Referencia 21).

Arcillas sedimentarias

Existen varios tipos de depósitos de arcillas que han sido identificados con contenidos de litio que pudiesen ser considerados como futuras reservas de este elemento. Las arcillas ricas en litio pueden dividirse principalmente en dos tipos:

- Arcillas en las cuales el litio forma parte de la estructura cristalina, ejemplo la hectorita (grupo de la smectita) y que contiene altos valores de magnesio y hasta un 0,7% de litio.
- Arcillas en las cuales el litio resulta de un enriquecimiento secundario, por efecto del movimiento de aguas termales o subterráneas.

Los principales depósitos se encuentran en la localidad de Hector, California y otros en los sectores oeste de los EE.UU. Actualmente existe una mina donde se explota Hectorita en California, cerca de Newberry Springs que pertenece a la compañía Elementis Specialities (Hightstown, NJ) (Referencia 22).

3.3 Reservas de litio

A continuación se presentan tablas que resumen la situación mundial de reservas de litio (clases A, B, C y D). Las tablas muestran tanto las reservas mundiales del mineral a enero del 2007, que representan todos los yacimientos de litio sean estos explotados (en la actualidad Salar de Atacama, Silver Peak, Salar del Rincón, Bernic Lake, Minas Gerais, Masvingo (Glenn Clova), Green Bushes, Kitolo Mine, Manono) (Referencia 2), no explotados o con planes para su futura explotación (Salar del Rincón Argentina, Taijinaier salt lake, Xitai Ginar, Dangxiongcuo salt lake y Zabuye salt lake las tres anteriores en China; Separations Rapids Canada, Gajika Mine y Jiajika lithium deposit en China; Kings Valley EE.UU, Kovas de Barroso Portugal, Länttä Finlandia) (Referencia 2).

3.3.1 Pegmatitas

Tabla 6: Reservas mundiales de litio contenido en minerales (en toneladas de litio equivalente).

País	Litio contenido en Minerales	Yacimientos	Concentración Media	Clasificación	Total Reservas de Litio contenido en Minerales
EE.UU.	540.000	Carolina del Norte	1,48% de Li ₂ O	A+B	540.000
Argentina	1.000	S/I	S/I	A	1.000
China y Tíbet	570.000	Sichuan y Altai	S/I	A + B + C	570.000
Rusia	S/I	Varios	S/I	A + B + C	S/I
Australia	160.000	Greenbushes	4,0% de Li ₂ O	A	
	100.000	Otros	S/I	C	260.000
Zimbabwe	23.000	Glen Cova	3,0% de Li ₂ O	A + B + C	23000
Canadá	80.000	Bernic Lake	2,76% de Li ₂ O	A	
	100.000	Big Whooper	1,3% de Li ₂ O	A + B + C	
	129.000	Yellowknife	1,42% de Li ₂ O	A + B + C	
	22.600	La motte	1,07% de Li ₂ O	A + B + C	241.600
Brasil	910.000	Minas Gerais y Ceara	S/I	A + B + C	910.000
Namibia	11.500	S/I	S/I	A + B + C	11.500
Rep. Dem. Congo	901.000	Kitotolo	S/I	A + B + C	901.000
Total					3.458.100

Fuente: Referencias 2, 19 y 12.

Australia (Referencia 12 y 19)

La mina de pegmatita de Greenbushes es la más grande y de más alto grado reserva de minerales de litio en el mundo. En 1983 Greenbushes Tin Ltda. (actualmente Sons of Gwalia) comienza la producción de compuestos de litio que el año 2006 llegaron a la cantidad de 150.000 toneladas de espodumeno ocupando plenamente su capacidad. Éstas reservas de espodumeno contienen 7,5% Li_2O promedio y en total suman 160.000 toneladas de litio con potencial comercial. Entre éstas reservas encontramos que 380.000 toneladas de espodumeno que tiene una concentración de 2,5% de Li_2O (se sabe que 110.000 toneladas del total corresponden a espodumeno con 4% de Li_2O). La mina donde se extrae el espodumeno es adyacente de donde se extrae la tantalita. Además se encuentran otras vetas de espodumeno que alcanzan 100.000 toneladas de litio, que se encuentran repartidas a lo largo del país.

Canadá (Referencia 12 y 19)

Existen varios depósitos de pegmatita destacando los siguientes: En el área de Bernic Lake, Manitoba se encuentra un depósito cuyas reservas se estiman en 128.000 toneladas de litio (20.000.000 de toneladas de pegmatita con una ley media de 1,3% de Li_2O), pero su alto contenido de hierro hace que sea muy difícil su uso directo en el concentrado. En el Territorio de Yellowknife se encuentran también 20.000.000 de toneladas de pegmatita con ley media de 1,42 de Li_2O que equivalen a 129.000 toneladas de litio, pero su ubicación es remota y su difícil acceso lo hacen económicamente inviable.

Cerca de Bernic Lake, se encuentra el depósito de Separations Rapids (llamado "Big Whooper") contiene una reserva de 2.700.000 toneladas de petalita con una concentración de 1,34% de Li_2O promedio. Otra reserva es La Motte en Québec sus reservas se estiman en 4,55 millones de toneladas de espodumeno con una concentración de de 1,07% de Li_2O que son aproximadamente 22.600 toneladas de litio.

Zimbabwe (Referencia 12 y 19)

El yacimiento de pegmatita que pertenece a Bikita Minerals, se encuentra en Glenn Cova, al oeste de la provincia de Masvingo, el cual es el depósito comercial de litio más grande de África y posee reservas de petalita, lepidolita y en mucho menor grado espodumeno. Los recursos identificados de litio ascienden a 10.800.000 toneladas tanto de petalita y lepidolita con una concentración media de 3,0% de Li_2O que representan alrededor de 27.000 toneladas de litio.

R.D. Congo (Referencia 12 y 19)

La mina de Kitotolo, ubicada en la región norte del país, es la más grande reserva de espodumeno en el mundo. Las reservas identificadas corresponden a 2.340.000 toneladas de litio (cantidad que la U.S Bureau of Mines reduce a 901.000), pero debido a su remota ubicación y la falta de infraestructura adecuada para el transporte hace que la explotación comercial sea imposible a los precios que rigen en el mercado.

Estados Unidos (Referencia 12 y 19)

El mayor depósito de pegmatitas se encuentra en la región de Carolina del Norte. Se conocen dos cuerpos mineralizados importantes: Kings Valley (propiedad de Chemetall Foote) y Cherryville que fue explotada por FMC Corp hasta 1998. Chemetall comprobó que existen reservas de pegmatitas por 29.000.000 de toneladas con una concentración media de 1,42% de Li_2O (aproximadamente 540.000 toneladas de litio).

Rusia (Referencia 12 y 19)

Las reservas de pegmatitas en los Estados Independientes Mancomunados son estimadas en 2.500.000 toneladas de Li_2O que corresponden a 1.160.000 de toneladas de litio. El mayor porcentaje de estas reservas están en Rusia (15 de los 17 yacimientos que son económicamente viables).

China (Referencias 12 y 19)

Los depósitos de pegmatita se encuentran en la Regiones de Sicuani y en las montañas de Altai, en las fronteras con Rusia.

3.3.2 Salmueras

Chile (Referencias 12 y 19)

El Salar de Atacama es el mayor depósito pre-andino del país, ubicado en el sector centro-oriental de la Región de Antofagasta. Su superficie de aproximadamente 3.000 km^2 y se encuentra a una altura de 2.300 sobre el nivel del mar (entre la cordillera de las Andes y la cordillera Domeyko). El contenido promedio de litio es en promedio de 1.500 ppm, las salmueras ubicadas en la periferia cuentan con 8.000 ppm y algunas áreas de baja transmisividad cuenta con 5.000 ppm.

Tabla 7: Reservas Mundiales de litio contenido en Salmueras

País	Litio contenido en Salmueras	Yacimiento	Densidad Media	Concentración Media	Clasificación	Total Reservas de litio contenido en Salmueras
Chile	1.810.000	Salar de Atacama	1,225 g/l	5000 ppm	A	
	1.290.000	Salar de Atacama	0,7 g/l	600 ppm	C	3.000.000
EE.UU.	100.000	Clayton Valley	1,43 g/l	6000 ppm	A+B	100.000
Argentina	814.000	Salar del hombre Muerto	1,205 g/l	692 ppm	A	
	800.000	Salar del Rincón	S/l	200 - 2400 ppm	A + B + C	1.614.000
China y Tíbet	1.530.000	Lago Zhabuye	S/l	S/l	A + B + C	
	2.280.000	Cuenca de Qaidam	0,4 - 1,2 g/l	500 - 5000 ppm	A + B + C	3.810.000
Bolivia	400.000	Salar Uyuni	S/l	0,4% -0,16% Li ₂ O	A	
	5.000.000	Salar Uyuni	S/l	0,03% Li ₂ O	A + B + C	5.400.000
Total						13.942.000

Fuente: Referencias 2, 19 y 12.

Estados Unidos (Referencias 12 y 19)

El salar de Clayton Valley, se ubica en la región de las Vegas y su dueño es Chemetall Foote (RockWood Holdings). La playa del salar ocupa 50 km² que contiene salmueras cloruradas intersticiales entre los 60 y 240 metros de profundidad cuya concentración varían entre los 100 y 300 ppm. El contenido promedio es de 0,023% de Litio con una razón de 1,43 mg/Li. Las reservas recuperables se estiman en 100.000 toneladas de litio. Se debe indicar que este yacimiento se ha mantenido competitivo debido a varias razones, pero sin duda las más importantes es que se encuentra cercano al mercado por compuestos de litio y que además se ha integrado la producción tanto de carbonato de litio como de hidróxido de litio.

Chile (Referencias 12 y 19)

El Salar de Atacama es el mayor depósito pre-andino del país, ubicado en el sector centro-oriental de la Región de Antofagasta. Su superficie de aproximadamente 3.000 km² y se encuentra a una altura de 2.300 sobre el nivel del mar (entre la cordillera de los Andes y la cordillera Domeyko). El contenido promedio de litio es en promedio de 1.500 ppm, las salmueras ubicadas en la periferia cuentan con 6.00 ppm y algunas áreas de baja transmisividad cuenta con 5.000 ppm.

Las reservas estimadas con un 95% de confianza dan cuenta de 1.810.000 toneladas de litio contenido en las salmueras en una superficie de 819,2 km² a una profundidad de 40 metros con un contenido promedio de 1.450 ppm (dicha área fue arrendada por SQM hasta el 2030). Chemetall Foote, según un estudio realizado en conjunto con CORFO, dice que en un sector de 420 km² con 20 metros de profundidad existían reservas por 1.290.000 toneladas de litio con una concentración de 1.250 ppm. Las principales ventajas del Salar de Atacama además de sus altas concentraciones de litio, son un excelente clima con escasa precipitación (15 m.m. al año) y altas temperaturas que permiten conseguir una tasa de evaporación en torno a los 3.200 m.m. al año y la cercanía del yacimiento a los puertos comerciales.

Argentina (Referencia 12, 11 y 19)

El Salar del Hombre Muerto se encuentra en la provincia de Catamarca a 3.900 sobre el nivel del mar. Según investigaciones de FMC Lithium Division las reservas a lo largo del núcleo (una extensión de 280 km², entre 30 y 70 metros de profundidad) se calcularon en 814.000 toneladas de litio con una concentración media de 692 ppm.

Otro depósito de salmuera que comenzó a ser explotado en septiembre del 2007 es el Salar del Rincón, ubicado en la región de Salta es una fuente multimineral y está a 3.700 metros sobre el nivel del mar. Sus reservas de litio corresponde a 800.000 toneladas con una concentración media que fluctúa entre los 200 y 2.400 pm.

China y Tíbet (Referencia 12 y 19)

China posee la segunda mayor reserva de litio en el mundo. En la cuenca del Qaidam existen 33 lagos salinos que contienen salmueras ricas en litio, potasio, magnesio, sulfatos, etc. Agrupados principalmente en el distrito de Taijinar-Yiliping. Según el Qinghai Salt Lake Research Institute, las reservas totales de cloruro de litio en este grupo de depósitos se estiman en 13.920.000 toneladas de compuestos de litio, que corresponden a 2.280.000 toneladas de litio. Aunque se encuentran sectores con altas concentraciones de litio (entre 0,4 y 1,2 g/l de litio) se ha reportado que existen también zonas de alta concentración de magnesio/litio, lo que junto al difícil acceso y a la lejanía de los puertos de embarque sea económicamente inviable explotarlos.

Además deben agregarse las reservas que están en la región del tíbet donde el lago más importante es el Lago Zhabuye, que es un depósito multimineral y que las reservas estimadas de litio son de 1.530.000 toneladas.

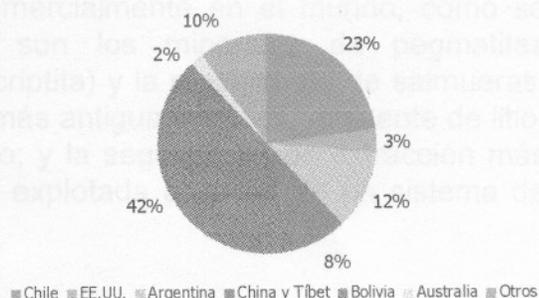
Bolivia (Referencias 12 y 19)

Posee la mayor reserva mundial de litio que se encuentra en el salar de Uyuni ubicado en la zona sudoeste el altiplano boliviano, se encuentra a 3.653 metros sobre el nivel del mar y posee una superficie de 9.000 km² (tres veces la superficie del Salar de Atacama).

Según varios estudios las reservas del Salar de Uyuni corresponden a 5.400.000 toneladas de litio con una concentración media de 423 mg/l. Siendo 400.000 a concentración de alto grado y los restantes 5.000.000 corresponde a concentrado de baja ley.

Tabla 8: Resumen de las Reservas Mundiales de Litio (en toneladas de litio equivalente).

País	Pegmatitas	Salmueras	Total Reservas
Chile		3.000.000	3.000.000
EE.UU.	540.000	100.000	640.000
Argentina	1000	1.614.000	1.615.000
China y Tíbet	570000	3.810.000	4.380.000
Bolivia		5.400.000	5.400.000
Rusia	S/I		S/I
Australia	260.000		260.000
Zimbabwe	23.000		23.000
Canadá	241.600		241.600
Brasil	910.000		910.000
Namibia	11.500		11.500
Rep. Dem. Congo	901.000		901.000
Total	3.458.100	13.924.000	17.382.100



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 6 y 7.

Un aspecto importante es la diferencia existente entre los yacimientos pegmatíticos y las salmueras, que permite a países como Chile tener una ventaja comparativa con respecto a posibles competidores. Se debe sumar a esta ventaja natural otros aspectos técnicos que permiten a Chile estar a la cabeza del mercado mundial del carbonato de litio, estas

tienen relación con que el Salar de Atacama se encuentra a en una zona con bajísima pluviosidad y posee una tasa de evaporación de 3200 mm.

A pesar de la desventaja inicial del concentrado de espodumeno (en la producción de carbonato de litio), tanto en cantidad de reserva como en las condiciones de mercado, el concentrado de alta ley es apetecido mayormente en las industrias de vidrios especiales y cerámicas, por lo que todavía es económicamente viable extraer litio de estas fuentes.

Algo que llama la atención es que Bolivia, no tiene producción aún teniendo unas de las reservas más grandes de litio en el mundo. Las principales dificultades para su explotación además de su baja concentración, son la enormes distancias de transporte para llegar a un puerto y el invierno altiplánico que dificulta las labores de evaporación de las salmueras. Sumado a esto, la situación política actual del país ha actuado como un desincentivo para las grandes compañías. Como ejemplo es la nacionalización de compañías petroleras y gasíferas (Petrobrás, Brasil), debido a que el retorno para la sociedad es muy bajo con respecto a los retornos de las compañías (Referencia 23).

3.4 Producción mundial de litio

Existen dos fuentes de litio que se explotan comercialmente en el mundo, como se observó en los apartados anteriores, estas son los minerales de pegmatitas (espodumeno, lepidolita, petalita, ambigolita y eucryptita) y la proveniente de salmueras, la diferencia entre ambas es que la primera es la más antigua y tradicional fuente de litio, explotada generalmente con faenas a rajo abierto; y la segunda es de extracción más moderna y consideradas de primera generación, explotada a través de un sistema de piscinas de evaporación.

La explotación comercial de litio se basa en la producción de carbonato de litio, hidróxido de litio, nitrato de litio, cloruro de litio y otros reactivos derivados del litio como butil-litio y el hidruro de litio-aluminio. Como se mencionó anteriormente, el litio es un elemento clave para productos y procesos usado en una variada gama de industrias y aplicaciones que van desde baterías de litio (litio metal), grasas de alto rendimiento (hidróxido de litio), elastómeros termoplásticos para neumáticos de automóviles y botellas plásticas, hasta elementos intermediarios de la industria farmacéutica. Los compuestos más complejos como los elastómeros y el butil-litio son formados sobre la base de los compuestos básicos que fabrican las empresas.

Volúmenes de Producción de Litio

Existe muy poca información respecto al mercado del litio, sus características e indicadores. Debido a esto solamente fue posible construir las producciones anuales para el principal producto de litio en su primera transformación, el carbonato de litio.

Un problema adicional es que la producción total de EE.UU. se desconoce debido a que los productores de ese país no liberan este tipo de información, por esta razón se ha estimado la producción de carbonato de litio de ese país través de las cifras obtenidas de: Mora 2003, Mineral Commodity Sumaries 2002-2007 e informes de SQM.

Tabla 9: Producción mundial de litio por extracción en salmueras por país (toneladas de litio).

Fuente	País	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Salmueras	EEE.UU.	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	2169	2014	2305	2490	2660	2703
	Argentina	8	8	8	8	1130	200	200	200	946	960	1970	1980	2000
	Chile	1962	2433	2833	4557	5334	5731	6721	6800	5920	6580	7990	8270	8300
	Total	3078	3549	3949	5673	7572	7039	8029	9169	8880	9845	12450	12910	13003
	Tasa de Crecimiento	--	15,3%	11,2%	43,6%	33,4%	-7%	14%	14,2%	-3,1%	10,8%	26,4%	3,6%	0,7%

Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de Referencias: 2, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

La estimación de la producción de carbonato de litio para EE.UU. se hace considerando que el año 2006 Chemetall Foote Corp. produjo 30.000 toneladas de carbonato de litio, que es la producción total sus dos yacimientos sumados (tanto Silver Peak en EE.UU. como en el Salar de Atacama en Chile), además se cuenta con los datos de la producción de SQM (Referencias 20, 60, 61 y 62) y el total producido por Chile (Referencia 18) de esta manera se calcula la diferencia para obtener la producción de Sociedad Chilena del Litio (filia chilena de Chemetall) y restarla al total producido por Chemetall Foote Corp. consiguiendo la producción estimada de Silver Peak.

Tasa de crecimiento anual	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Miles de toneladas	2.713	10.354	11.744	17.364	16.364	16.121	18.445	17.350	16.161	17.495	22.719	24.328	23.763
Tasa de crecimiento anual	0,0%	37%	14%	-4,7%	-6,7%	17%	2,7%	-6,9%	7,8%	31,4%	2,3%	-2,3%	

Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de las tablas 7 y 8.

Tabla 10: Producción mundial de litio por extracción de minerales por país (toneladas de litio).

Fuente	País	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Pegmatita	Australia	1700	1700	3700	2800	2100	2200	2400	2000	3140	3450	3930	3770	3800
	Brasil	32	32	32	32	32	32	30	220	224	240	242	242	475
	Canadá	630	660	690	1600	700	710	710	700	707	710	707	707	710
	China	320	320	2800	2900	3000	2300	2400	2400	2400	2500	2630	2820	3000
	Portugal	160	160	160	180	160	140	140	200	190	190	320	320	325
	Rusia	800	800	800	2000	2000	2000	2000	2000	S/I	S/I	2200	2200	2200
	Zimbabwe	380	520	500	700	1000	700	740	700	640	480	240	260	250
	EE.UU.	2613	2613	3113	1513	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
	Total	6635	6805	11795	11725	8992	8082	8420	8220	7301	7570	10269	10319	10760
	Tasa de Crecimiento		2,5%	73,3%	-0,9%	-23,3%	-10,1%	4,1%	-2,3%	-11,1%	3,6%	35,6%	0,4%	4,2%

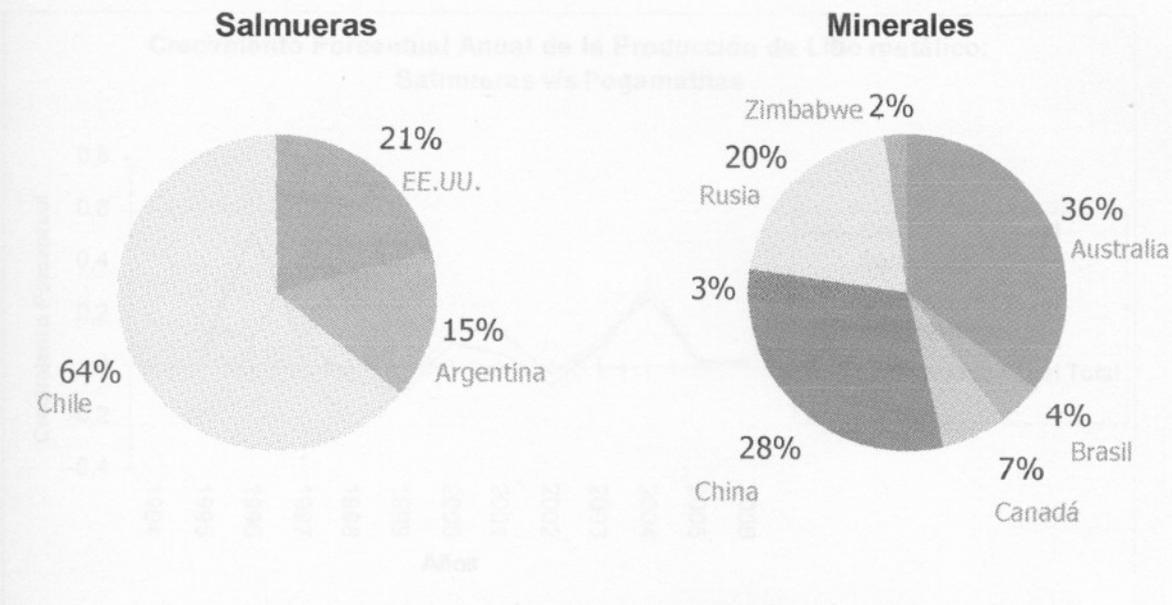
Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de Referencias: 2, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Tabla 11: Distribución Mundial de la Participación en la Producción de Litio – salmuera v/s minerales (toneladas de litio metálico).

Fuente	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Salmueras	3.078	3.549	3.949	5.673	7.572	7.039	8.029	9.169	8.880	9.845	12.450	12.910	13.003
% del total de la producción de litio	31,6%	34,2%	25%	32,6%	45,7%	46,5%	48,8%	52,7%	54,8%	56,5%	54,8%	55,5%	54,7%
Tasa de crecimiento anual		15,3%	11,2%	43,6%	33,4%	-7%	14%	14,2%	-3,1%	10,8%	26,4%	3,6%	0,7%
Minerales	6.635	6.805	11.795	11.725	8.992	8.082	8.420	8.220	7.301	7.570	10.269	10.319	10.760
% del total de la producción de litio	68,3%	65,7%	74,9%	67,4%	54,2%	53,4%	51,1%	47,2%	45,1%	43,4%	45,2%	44,4%	45,2%
Tasa de crecimiento anual		2,5%	73,3%	-0,5%	-23,3%	-10,1%	4,1%	-2,3%	-11,1%	3,6%	35,6%	0,4%	4,2%
Total (salmueras y minerales)	9.713	10.354	15.744	17.398	16.564	15.121	16.449	17.389	16.181	17.415	22.719	23.229	23.763
Tasa de crecimiento anual		6,6%	52%	10,5%	-4,7%	-8,7%	8,7%	5,7%	-6,9%	7,6%	30,4%	2,2%	2,3%

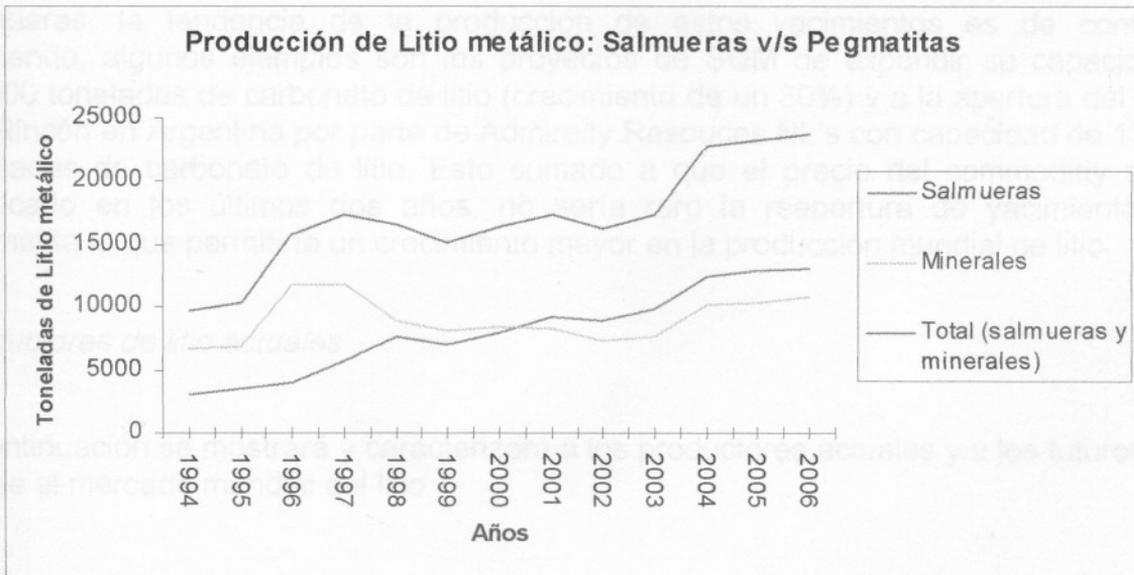
Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de las tablas 7 y 8.

Gráfico 3: Distribución porcentual de la producción de litio equivalente año 2006.



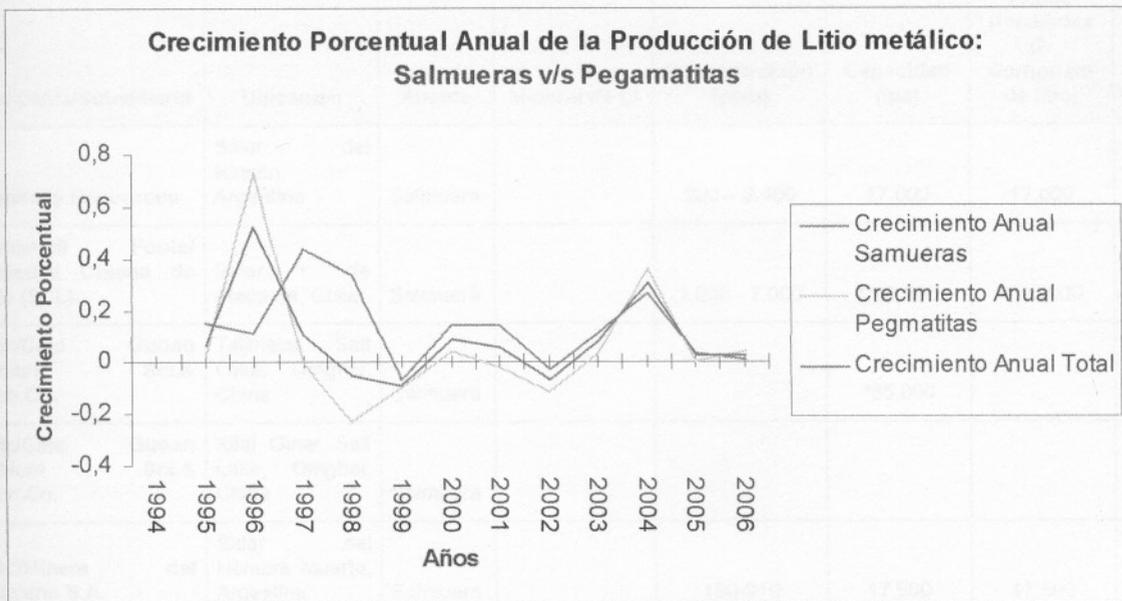
Fuente: Elaboración propia con datos tabla 11.

Gráfico 4: Producción de salmueras versus minerales de pegmatita en toneladas de litio equivalente.



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 9.

Gráfico 5: Crecimiento porcentual de la producción.



Fuente: Elaboración Propia a partir de la tabla 9.

El crecimiento anual de la producción mundial promedio desde 1994 hasta el 2006 es de 8,82%, liderado principalmente por la producción de litio a través yacimientos de salmueras, la tendencia de la producción de estos yacimientos es de continuar creciendo, algunos ejemplos son los proyectos de SQM de expandir su capacidad a 40.000 toneladas de carbonato de litio (crecimiento de un 30%) y a la apertura del Salar del Rincón en Argentina por parte de Admiralty Resouces NL's con capacidad de 17.000 toneladas de carbonato de litio. Esto sumado a que el precio del commodity se ha duplicado en los últimos dos años, no sería raro la reapertura de yacimientos de pegmatita lo que permitiría un crecimiento mayor en la producción mundial de litio.

Productores de litio actuales

A continuación se mostrará y caracterizará a los productores actuales y a los futuros que posee el mercado mundial del litio.

Tabla 12: Productores actuales y proyectos en desarrollo.

Compañía/Subsidiaria	Ubicación	Tipo de Fuente	Mineral de Li	Concentración (ppm)	Capacidad (tpa)	Producción Actual (toneladas de Carbonato de litio)	Estatus
Admiralty Resources	Salar del Rincón, Argentina	Salmuera		200 – 2.400	17.000	17.000	En Desarrollo
Chemetall Foote/Sociedad Chiena de Litio (SCL)	Salar de Atacama, Chile	Salmuera		1.000 - 7.000	**30.000	**30.000	Activa
Citic/Citic Lithium Tech.Co.	Guoan Taijinaier Salt Lake, Qinghai, China	Salmuera			*35.000		Piloto
Citic/Citic Lithium Tech.Co.	Guoan Xitai Ginar Salt Lake, Qinghai, China	Salmuera					En Desarrollo
FMC/Minera del Altiplano S.A.	Salar del Hombre Muerto, Argentina	Salmuera		190-910	17.500	17.500	Activa
Rockwood Specialities/Chemetall Foote	Silver Peack, NV, USA	Salmuera			**30000	**30000	Activa
SQM S.A.	Salar de Atacama, Chile	Salmuera		Promedio 1.500	***40.000	27.800	Activa
Sterling group Ventures/Tibet Saline Mine High-Science & Technology Co. Ltda.	Dangxiongcuo Salt Lake, Naqu, Tibet	Salmuera		Promedio 300	5.000		En Desarrollo
	Lake Zabayu, Tibet	Samuera		700 – 1.000	5.000		En Desarrollo
	Salar de Uyuni, Bolivia	Salmuera		80-1.150			En Desarrollo
Avalon Ventures	Separations Rapid, Ontario, Canada	Mineral	Petalita		5.000		En desarrollo
Bikita Minerals Ltda.	Masvingo province, Zimbabwe	Mineral	Espodumeno/ Petalita/ Lepidotita		120000		Activa
Cabot Corp./Tanco	Bernic Lake, Ontario, Canada	Mineral	Espodumeno/ Montebrastita		24000		Activa
Citic/Citic Lithium Tech.Co.	Guoan Gajika mine, China	Mineral	Espodumeno				Piloto
CongoÉtain	Kittolo, DR Congo	Mineral	Espodumeno				Activa
CongoÉtain	Manono, DR Congo	Mineral	Espodumeno				Activa

Gossan Ltda.	Resources	Separations Rapid, Ontario, Canada	Mineral	Petalita				En Desarrollo
Keliber Ltda.	Resources	Läntä, Finlandia	Mineral	Espodumeno		*150.000	****150.000	En Desarrollo
Sterling Ventures/Micro Express Ltda.	group	Depósito de litio de Jiajika en Sichuan, China	Mineral	Espodumeno		5.000		En Desarrollo
Western Corp./Newco	Uranium	Kings Valleys, NV, USA	Mineral	Espodumeno/ Hectorita				Prospecto
		Covas do Barroso, Portugal	Mineral	Espodumeno/ Petalita/ Lepidotita				Prospecto
Sons of Gwalia		Greenbushes mine, Australia	Mineral	Espodumeno/ Montebrasita		150000	****150000	Activa

* = Se estima que esta producción tendrá la planta cuando entre en operación.

** = Producción conjunta entre las plantas de Chile y Estados Unidos.

*** = La planta tendrá esta capacidad una vez que termine su proceso de expansión.

****= Toneladas de mineral (Espodumeno y Montebrasita).

Fuente: Referencia 2.

Sons of Gwalia (Referencia 2)

Es el líder mundial en la producción de litio a partir de depósitos de pegmatita con el 60% de la capacidad productiva del mundo, extraído de la mina Greenbushes cerca de Perth, al extremo oeste de Australia. La producción estimada para el 2007 alcanza las 150.000 toneladas de compuesto de litio principalmente el carbonato de litio. Aunque este tipo de extracción de mineral es más costoso que el de yacimientos de salmueras, los factores claves para un desarrollo económicamente viable son: un depósito de alta calidad, buena logística y una demanda muy bien definida por compuestos de litio. En estos momentos Sons of Gwalia esta pasando por un proceso de reestructuración por problemas de deuda. Aún así la producción de litio en Greenbushes continúa a máxima capacidad y con perspectivas futuras de incrementar la capacidad para poder enfrentar los desafíos de la fuerte demanda mundial.

FMC Corp. Lithium Division (Referencia 2)

Es parte del grupo FMC Corp. USA y es el único productor en el Salar del Hombre Muerto en Argentina después de comprar el sitio en 1995, es uno de los líderes mundiales en la producción de compuestos derivados de los compuestos básicos de

litio, entre los cuales se encuentran productos orgánicos, inorgánicos y compuestos metálicos para abastecer los mercados de la construcción, aire acondicionado, grasas lubricantes, polímeros, cerámicas, lubricantes y farmacéuticos. Sus plantas de producción se ubican en Estados Unidos, Argentina, Inglaterra y Japón. Mayor detalle en el capítulo del “comportamiento de las empresas”.

Admiralty Resources (Referencia 2)

El Salar del Rincón esta siendo desarrollado por Admiralty Resources NL, Australia, para su inminente explotación de litio. Se ha acordado que la plata operará con un 50% de su capacidad en septiembre del 2007 y se proyecta que su capacidad máxima se alcanzará en marzo del 2008. Mayor detalle en el capítulo del “comportamiento de las empresas”.

SQM (Referencia 2)

Inició sus actividades en 1997, tras adquirir los derechos de MINSAL Ltda. Con su primera planta de carbonato de litio La Negra.

En la actualidad es el mayor productor mundial de litio que se obtiene a través de salmueras, ésta empresa opera en el Salar de Atacama Chile extrayendo la materia prima y transformándola en productos intermedios, transformando el cloruro de litio en carbonato de litio, hidróxido de litio y butil-litio. Una caracterización más en detalle se realiza en el capítulo del “comportamiento de las empresas”.

Chemetall (Referencias 2 y 12)

Chemetall GMBH of Frankfurt, a partir de 1994 la empresa fue comprada por el Holding RockWood Inc. A través de sus dos plantas ubicadas en el Salar de Atacama Chile y Silver Peak en Nevada USA y en conjunto producen 30.000 toneladas de carbonato de litio, pero la planta principal es la del Salar de Atacama transformando a la planta ubicada en Nevada en una planta secundaria que sirve de respaldo y sólo es usada para abastecer el mercado interno por lo que no existen planes de inversión para la planta de Silver Peak. En cambio se tiene presupuestado ampliar la capacidad de la planta ubicada en el Salar de Atacama en un 20% para los años 2008/9.

Chemetall sufre de carbonato de litio los mercados de vidrio, cerámica, baterías secundarias y diferentes industrias químicas.

Sus principales centros de operaciones por ubicación geográfica son Alemania, América del Sur, Taiwán y Estados Unidos. Todas, exceptuando a la de América del sur, están

enfocadas a la venta y comercialización de los productos fabricados por Chemetall. Mayor detalle en el capítulo del “comportamiento de las empresas”.

Sterling Group Ventures Inc. USA. (Referencia 2)

Esta empresa tiene una importante apuesta para la producción de litio en el depósito de Jaijika cuando fue adquirido por Micro Express Ltda. of the British Virgin Island en enero del 2004. Micro Express firmó un acuerdo con Sicuani Province Minino Ltda. of China para desarrollar la planta de Jaijika, la reserva más grande de litio en forma de pegmatita.

En septiembre del 2005 Sterling firmó un acuerdo a través de Micro Express con Beijing Mianping Salt Lake Research Institute para desarrollar el Salar de Dangxiongcuo, en el distrito de Nima county of Naqu en el Tíbet. Así ambos establecieron una nueva compañía, la Tíbet Saline Lake Minino High Science and Technology Co Ltda. para poder explotar el Salar de Dangxiongcuo.

Con una producción estimada de 5.000 toneladas anuales de carbonato de litio y una inversión que supera los 240 millones de dólares. Sterling ha estado muy activo los últimos años y no sólo con el salar de Dangxiongcuo también ha evaluado numerosos depósitos como el depósito de pegmatita de la provincia de Henan y el depósito Dahonglian de espodumeno en la provincia de Xinjiang (la cual no fue concedida).

Esta empresa está decidida a ser la mayor productora de carbonato de litio de China.

CITIC Lithium (Referencia 2)

CITIC Guoang Lithium Sci. & Tech. Co. of Chengdu, China, es el mayor productor de espodumeno y compuestos de litio en Asia la cual apunta a competir la posición de líder del mercado mundial del litio.

Su mina Gajika es considerada la mayor reserva de espodumeno del mundo y tiene un estimado de 1.2 millones de reservas de oxido de litio. La mina Maerkang tiene un estimado de reservas de oxido de litio de 480000 toneladas y esta situada en la región de Sichuan. También ha participado activamente en la explotación y producción piloto en Taijinaier Salt Lake en la provincia de Qinghai un depósito de litio en salmuera con reservas estimadas de 3.8 millones de toneladas de oxido de litio.

Keliber Resources(Referencia 2)

En Finlandia la compañía nativa Keliber Resources Ltda. esta lista para convertirse en el mayor productor de espodumeno con su planta operativa de Lanttä en la provincia de Ullava y Kaustinen. El proyecto apunta a producir entre 100.000-125.000 toneladas al año de mineral y las predicciones indican que esta producción durará a lo menos por 15 años.

Keliber ha desarrollado un nuevo método de producción del carbonato de litio lo que le permitió recibir una licencia medioambiental para producir 6.000 toneladas de carbonato de litio.

Exploraciones en Portugal (Referencia 2)

Las exploraciones para establecer la potencialidad de Portugal en la producción del litio ha estado siendo conducida por Jorge Carvalho y Joao Farinha ambos del Instituto Nacional de Engenharia de Portugal. Las regiones de Corvas do Borroso y Guada al norte de Portugal han arrojado resultados positivos de reservas pegmatíticas económicamente viables, con una concentración de 5% de Li_2O con una grado de recuperación del 50%.

Podemos apuntar adicionalmente que estas no son las únicas investigaciones que se llevan a cabo en Portugal.

Newco (Referencia 2)

En mayo 2007, Western Uranium Corp. of Canada (WUC) entregó todos sus recursos de litio a una subsidiaria, Newco. Éstos recursos se encuentran en Kinas Valley, Nevada estos recursos se estiman en aproximadamente 2 millones de toneladas de oxido de litio, además se tiene en cuenta que estas reservas contiene una capa de arcilla rico en litio y magnesio. WUC ha propuesto extraer litio de la arcilla por que tiene potencial comercial en el mercado de los cosméticos, carpetas, químicos y agentes suspensores.

La razón por la que WUC es que no era su giro principal, por lo que dejará toda producción, investigaciones y desarrollos de potenciales yacimientos de litio a Newco para dedicarse a la exploración del uranio.

Tanco (Referencia 2)

En Canadá, Tantalum Mining Corp. produce litio de una forma muy compleja de pegmatita que contiene espodumeno/tantalum. Completamente poseída por Cabot Corp, USA, opera la planta ubicada en Nernick Lake, Manitoba, Canada. Su actividad se centra en cerámicas de espodumeno y montebrastita como un concentrado de fosfato de litio para aplicaciones de cerámica. La producción actual de Tanco es de aproximadamente 24000 toneladas de concentrado de litio.

Avalon Ventures (Referencia 2)

Una de las compañías que se centra en la producción de litio a partir de pegmatitas es Avalon Ventures Ltda. of Canada, que está desarrollando una fuente de espodumeno en Separations Rapids ubicada a 60 km al norte de Kenora, Canada.

Separation Rapids es la segunda mayor reserva que contiene petalita. La sección que pertenece a Avalon es conocida como el "Big Whooper" ya que contiene una cantidad estimada de reservas de petalita de 2,7 millones de toneladas. En marzo del 2000 Avalon estaba en etapa de desarrollo para producir 200000 toneladas, pero aún se encuentra en etapa de desarrollo ya que está buscando nuevas aplicaciones para el litio, pero aún no han dado frutos.

Gossan Resources (Referencia 2)

Gossan Resources Ltda. of Manitoba, Canada, ha establecido una operación minera de espodumeno adyacente a Avalon en Separations Rapids. Gossan obtuvo el 100% de los derechos en Junio del 2006 después de comprar el 50,1% que ostentaba otro accionista mayoritario, Angus & Ross Plc of the UK.

Participación en la Oferta de Compuestos de litio

A continuación se presentan las empresas que conforman la oferta mundial de compuestos de litio y su respectiva participación, en una primera etapa se separa el análisis según tipo de extracción de los compuestos (por salmuera y por pegmatita) luego se expondrá una visión más global que contiene la oferta total mundial de compuestos de litio, sus tendencias a través de los años y la participación de cada empresa en la oferta mundial.

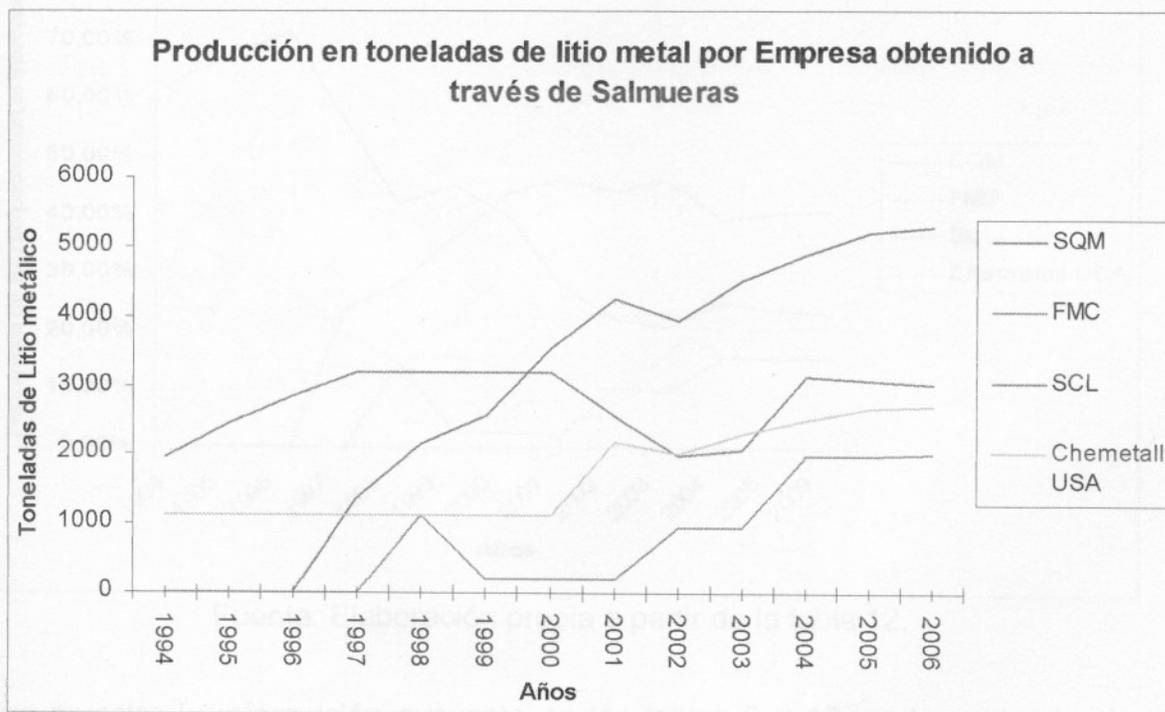
Tabla 13: Producción anual en toneladas de litio equivalente por empresa que explotan depósitos de salmueras.

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	0	0	0	1.370	2.147	2.544	3.534	4.245	3.940	4.511	4.873	5.208	5.292
FMC	8	8	8	8	1.130	200	200	200	946	960	1.970	1.980	2.000
SCL	1.962	2.433	2.833	3.187	3.187	3.187	3.187	2.555	1.980	2.069	3.117	3.062	3.008
Chemetail USA	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	2.169	2.014	2.305	2.490	2.660	2.703
Total	3.078	3.549	3.949	5.673	7.572	7.039	8.029	9.169	8.880	9.845	12.450	12.910	13.003

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 11.

Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de Referencias: 2, 3, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Gráfico 6: Producción en toneladas de litio equivalente de las principales empresas productoras de litio a partir de yacimientos en salmueras.



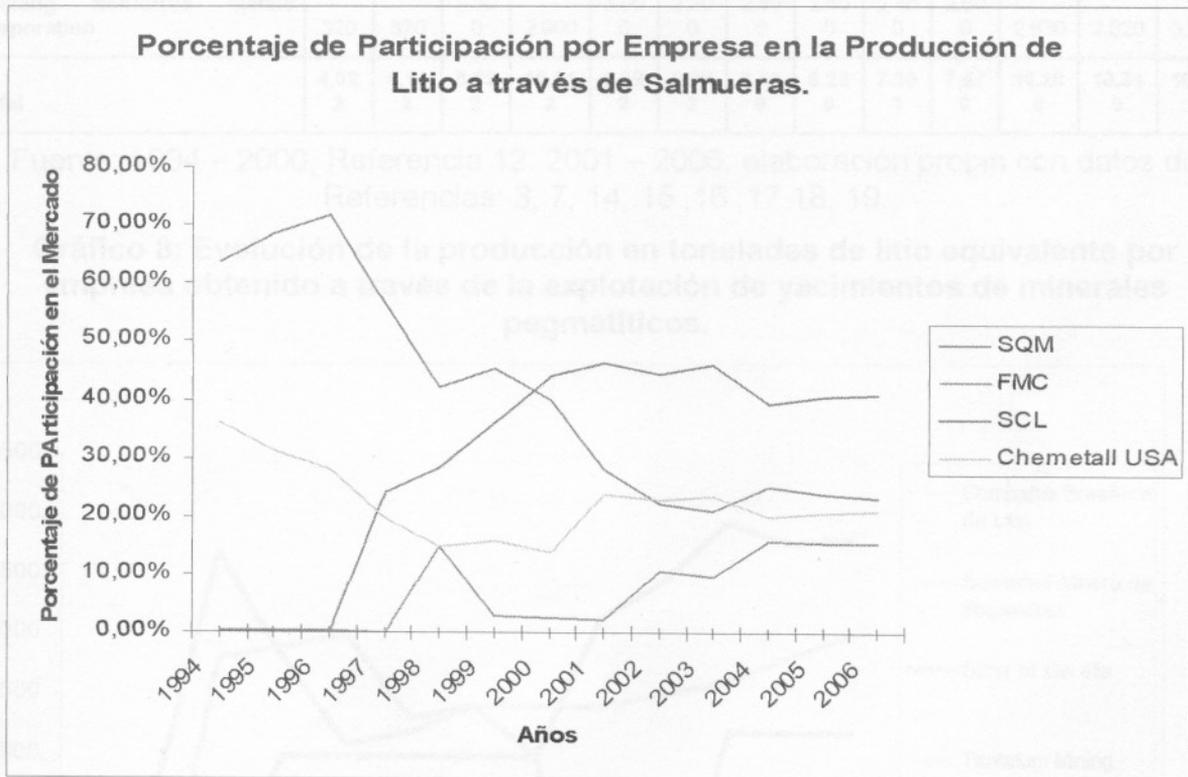
Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 11.

Tabla 14: Porcentaje de participación por empresa en la producción de litio a través de salmueras.

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	0,00%	0,00%	0,00%	24,15 %	28,35 %	36,14 %	44,02 %	46,30 %	44,37 %	45,82 %	39,14 %	40,34 %	40,70 %
FMC	0,26%	0,23%	0,20%	0,14%	14,92 %	2,84%	2,49%	2,18%	10,65 %	9,75%	15,82 %	15,34 %	15,38 %
SCL	63,74 %	68,55 %	71,74 %	56,18 %	42,09 %	45,28 %	39,69 %	27,87 %	22,30 %	21,02 %	25,04 %	23,72 %	23,13 %
Chemetall USA	36,00 %	31,22 %	28,06 %	19,53 %	14,63 %	15,74 %	13,80 %	23,66 %	22,68 %	23,41 %	20,00 %	20,60 %	20,79 %
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia a partir de la tabla 11.

Gráfico 7: Distribución por empresa de la producción mundial de litio a partir de yacimientos salmueras.



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 12.

Lo que muestra la información expuesta en las tablas 9 y 10, es la evolución de las empresas productoras de compuestos de litio desde 1994 y como ha cambiado su participación ante la entrada de un nuevo competidor. El predominio de Chemetall desde 1994 hasta la fecha con su producción combinada de las plantas de Chile y USA, pero la competencia de SQM se ha hecho muy fuerte del 2000 hacia adelante. Es muy notable la penetración que ha tenido SQM pasando de una participación nula hasta casi dominar el

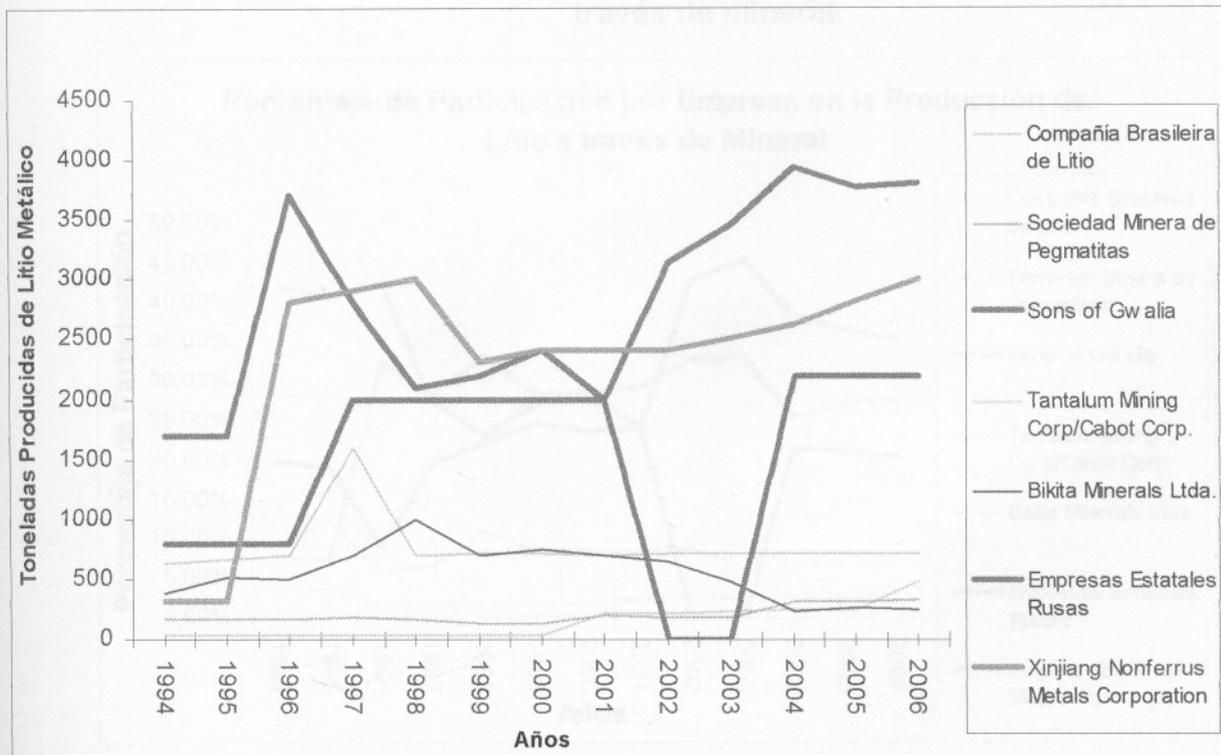
mercado en el 2006, ambas empresas tienen en conjunto el 80% de la producción de compuestos de litio.

Tabla 15: Producción en toneladas de litio equivalente por empresa obtenido a través de la explotación de yacimientos de minerales pegmatíticos.

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Compañía Brasileira de Litio	32	32	32	32	32	32	30	220	224	240	242	242	475
Sociedad Minera de Pegmatitas	160	160	160	180	160	140	140	200	190	190	320	320	325
Sons of Gwalia	1.700	1.700	3.700	2.800	2.100	2.200	2.400	2.000	3.140	3.450	3.930	3.770	3.800
Tantalum Mining Corp/Cabot Corp.	630	660	690	1.600	700	710	710	700	707	710	707	707	710
Bikita Minerals Ltda.	380	520	500	700	1.000	700	740	700	640	480	240	260	250
Empresas Estatales Rusas	800	800	800	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	S/I	S/I	2.200	2.200	2.200
Xinjiang Nonferrus Metals Corporation	320	320	2.800	2.900	3.000	2.300	2.400	2.400	2.400	2.500	2.630	2.820	3.000
Total	4.022	4.192	8.682	10.212	8.992	8.082	8.420	8.220	7.301	7.570	10.269	10.319	10.760

Fuente: 1994 – 2000, Referencia 12. 2001 – 2006, elaboración propia con datos de Referencias: 3, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Gráfico 8: Evolución de la producción en toneladas de litio equivalente por empresa obtenido a través de la explotación de yacimientos de minerales pegmatíticos.



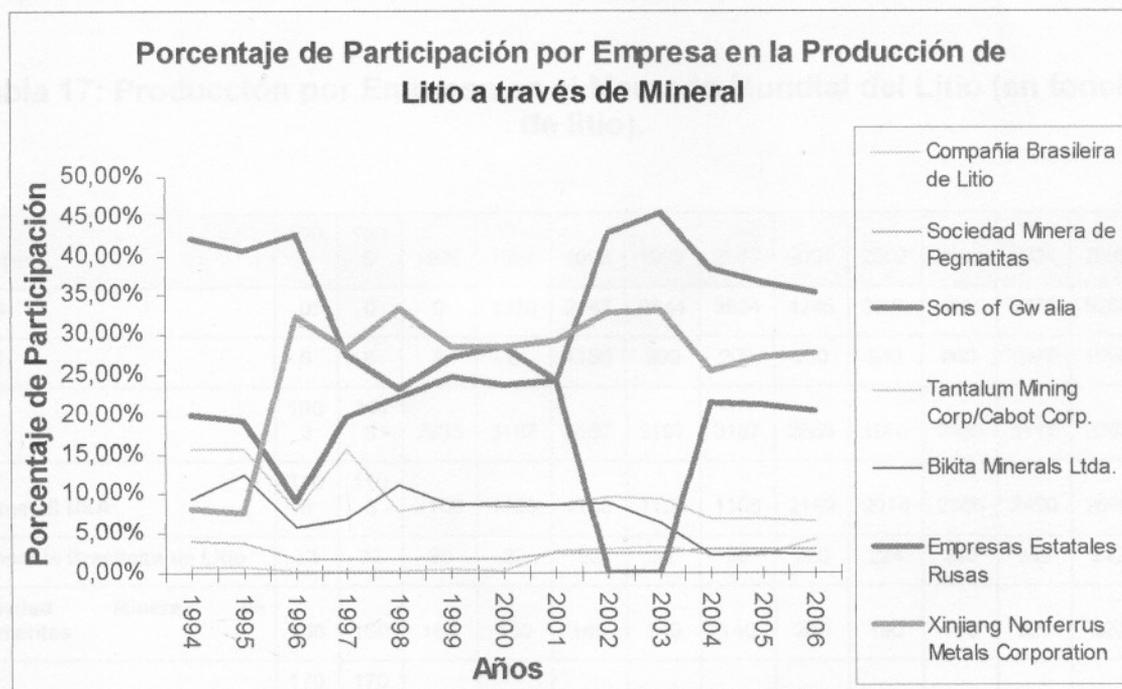
Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 13.

Tabla 16: Porcentaje de participación por empresa en la producción de litio de fuentes pegmatíticas.

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Compañía Brasileira de Litio	0,80%	0,76%	0,37%	0,31%	0,36%	0,40%	0,36%	2,68%	3,07%	3,17%	2,36%	2,35%	4,41%
Sociedad Minera de Pegmatitas	3,98%	3,82%	1,84%	1,76%	1,78%	1,73%	1,66%	2,43%	2,60%	2,51%	3,12%	3,10%	3,02%
Sons of Gwalia	42,27%	40,55%	42,62%	27,42%	23,35%	27,22%	28,50%	24,33%	43,01%	45,57%	38,27%	36,53%	35,32%
Tantalum Mining Corp/Cabot Corp.	15,66%	15,74%	7,95%	15,67%	7,78%	8,78%	8,43%	8,52%	9,68%	9,38%	6,88%	6,85%	6,60%
Bikita Minerals Ltda.	9,45%	12,40%	5,76%	6,85%	11,12%	8,66%	8,79%	8,52%	8,77%	6,34%	2,34%	2,52%	2,32%
Empresas Estatales Rusas	19,89%	19,08%	9,21%	19,58%	22,24%	24,75%	23,75%	24,33%	0,00%	0,00%	21,42%	21,32%	20,45%
Xinjiang Nonferrous Metals Corporation	7,96%	7,63%	32,25%	28,40%	33,36%	28,46%	28,50%	29,20%	32,87%	33,03%	25,61%	27,33%	27,88%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 13.

Gráfico 9: Porcentaje de participación por empresa en la producción de litio a través de mineral.



Fuente: Elaboración propia a partir de la tabla 14.

En la información anteriormente expuesta en las tablas 11 y 12, complementada con los gráficos 6 y 7, se observa que en este mercado existen tres empresas que lideran la participación en el mercado. Sons of Gwalia (Australia) es la empresa que ha mantenido el liderazgo de este mercado desde 1994 hasta el 2006 con una participación que fluctúa entre el 20% y el 45%, con una participación el 2006 del 36% del mercado. La segunda firma en importancia en el mercado es Xianjing Nonferrous Metal Corp. (China) que en el año 2006 tiene una participación del 27%, con un peak histórico de un 33% cuota de mercado los años 1998 y 2003, cuando esta firma entra al mercado con su máxima capacidad de producción eleva su participación de un 7% a un 32% y se ha mantenido a través de los años siguientes como un fuerte competidor. La tercera firma en la disputa son Empresas Estatales Rusas, que desde un principio acapara un 20% de la producción total, pero ante la entrada de china en 1996 ve que su cuota disminuye al 9%. Como respuesta las empresas rusas elevan su producción en 1997 lo que le permite recuperar su posición de fuerte competidor, pero la consecuencia de esta acción no se verá si no hasta el año 2001 donde su estructura de costos no le permite hacer frente a presiones en contra del precio de los compuestos de litio lo que la lleva a prácticamente a dejar de producir.

En consecuencia se puede afirmar que Sons of Gwalia es capaz de mantenerse competitiva ante fluctuaciones en el mercado y conservar su poder en el mercado al contrario de su par rusa. El caso de Xianjing Nonferrous Metal Corp. es un poco más complejo que el de Sons of Gwalia debido a que el Gobierno de China hace subsidios indirectos a la producción en mercados clave para su balanza comercial, pero la subvención que reciben es indirecta a la producción, esto quiere decir, lo que subvenciona son insumos generales que se requieren para la producción (electricidad, petróleo, gas natural), lo que indica que Xianjing Nonferrous Metal Corp. operó bajo una estructura de costo que no representaban la realidad del mercado del litio en esa época y es por esta razón que la compañía se mantuvo competitiva.

Tabla 17: Producción por Empresa en el Mercado Mundial del Litio (en toneladas de litio).

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	0	0	0	1370	2147	2544	3534	4245	3940	4511	4873	5208	5292
FMC	8	8	8	8	1130	200	200	200	946	960	1970	1980	2000
SCL	1962	2433	2833	3187	3187	3187	3187	2555	1980	2069	3117	3062	3008
Chemetall USA	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	2169	2014	2305	2490	2660	2703
Compañía Brasileira de Litio	32	32	32	32	32	32	30	220	224	240	242	242	475
Sociedad Minera de Pegmatitas	160	160	160	180	160	140	140	200	190	190	320	320	325
Sons of Gwalia	1700	1700	3700	2800	2100	2200	2400	2000	3140	3450	3930	3770	3800

Tantalum Mining Corp/Cabot Corp	630	660	690	1600	700	710	710	700	707	710	707	707	710
Bikita Minerals Ltda.	380	520	500	700	1000	700	740	700	640	480	240	260	250
Empresas Estatales Rusas	800	800	800	2000	2000	2000	2000	2000	S/I	S/I	2200	2200	2200
Xinjiang Nonferrus Metals Corporation	320	320	2800	2900	3000	2300	2400	2400	2400	2500	2630	2820	3000
Total Mundial	7100	7741	12631	15885	16564	15121	16449	17389	16181	17415	22719	23229	23763

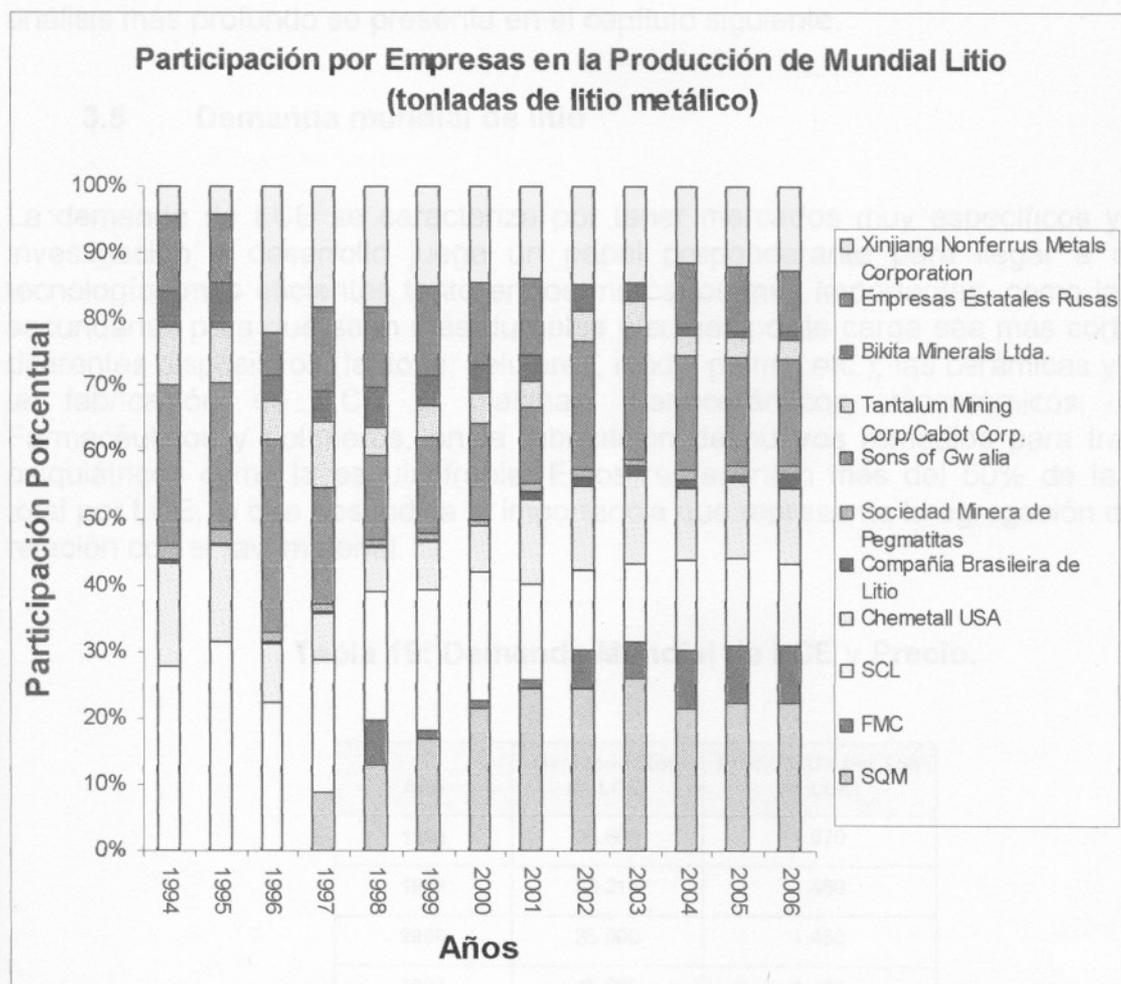
Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 13 y 15.

Tabla 18: Participación porcentual por empresas en la producción de litio mundial.

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	0,00%	0,00%	0,00%	8,62%	12,96%	16,82%	21,48%	24,41%	24,35%	25,90%	21,45%	22,42%	22,27%
FMC	0,11%	0,10%	0,06%	0,05%	6,82%	1,32%	1,22%	1,15%	5,85%	5,51%	8,67%	8,52%	8,42%
SCL	27,63%	31,43%	22,43%	20,06%	19,24%	21,08%	19,38%	14,69%	12,24%	11,88%	13,72%	13,18%	12,66%
Chemetall USA	15,61%	14,31%	8,77%	6,98%	6,69%	7,33%	6,74%	12,47%	12,45%	13,24%	10,96%	11,45%	11,37%
Compañía Brasileira de Litio	0,45%	0,41%	0,25%	0,20%	0,19%	0,21%	0,18%	1,27%	1,38%	1,38%	1,07%	1,04%	2,00%
Sociedad Minera de Pegmatitas	2,25%	2,07%	1,27%	1,13%	0,97%	0,93%	0,85%	1,15%	1,17%	1,09%	1,41%	1,38%	1,37%
Sons of Gwalia	23,94%	21,96%	29,29%	17,63%	12,68%	14,55%	14,59%	11,50%	19,41%	19,81%	17,30%	16,23%	15,99%
Tantalum Mining Corp/Cabot Corp.	8,87%	8,53%	5,46%	10,07%	4,23%	4,70%	4,32%	4,03%	4,37%	4,08%	3,11%	3,04%	2,99%
Bikita Minerals Ltda.	5,35%	6,72%	3,96%	4,41%	6,04%	4,63%	4,50%	4,03%	3,96%	2,76%	1,06%	1,12%	1,05%
Empresas Estatales Rusas	11,27%	10,33%	6,33%	12,59%	12,07%	13,23%	12,16%	11,50%	0,00%	0,00%	9,68%	9,47%	9,26%
Xinjiang Nonferrus Metals Corporation	4,51%	4,13%	22,17%	18,26%	18,11%	15,21%	14,59%	13,80%	14,83%	14,36%	11,58%	12,14%	12,62%
Total Mundial	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 17.

Gráfico 10: Participación por empresa en la producción mundial de litio.



Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas 13 y 14.

En esta visión más general del mercado mundial del litio (suponiendo que Chemetall se comportan como una sola firma sumando la producción de ambas plantas de producción tanto en Chile como en USA) se ve como la oferta mundial de litio es manejada por cuatro empresas, dos de las cuales superan el 20% de participación y las otras dos superan el 12% de cuota de mercado dándole características oligopólicas al mercado mundial. Esta tendencia se nota desde 1994 a la fecha.

Además se pueden apreciar claramente desplazamientos de las participaciones relativas entre las pegmatitas y las salmueras. Hasta 1996 la tendencia de explotación de litio era dominada por los yacimientos de pegmatitas; desde ese momento se comienza a incrementarse la producción de litio a través de salmueras, estabilizándose en el año 2005. Esto evidencia una de las características más notorias de los ciclos económicos de los minerales, cuando el precio está bajo las empresas menos competitivas cierran

dejando el mercado completo a las firmas con estructuras de costo mas bajas (desde 1996 hasta 2003) y cuando los precios se comienzan a recuperar o suben debido a aumento en la demanda abren las firmas que cerraron reabren y pueden competir. Un análisis más profundo se presenta en el capítulo siguiente.

3.5 Demanda mundial de litio

La demanda de LCE se caracteriza por tener mercados muy específicos y donde la investigación y desarrollo juega un papel preponderante para llegar a desarrollar tecnologías más eficientes tanto en los mercados más importantes, como las baterías secundarias para que sean más durables y su tiempo de carga sea más corto para los diferentes dispositivos (laptops, celulares, ipods, palms, etc.); las cerámicas y vidrios en la fabricación de LCD y plasmas, nanocerámicos, biocerámicos; Productos Farmacéuticos y polímeros, en la fabricación de nuevos remedios para tratamientos psiquiátricos como la esquizofrenia. Estos representan más del 50% de la demanda total por LCE, lo que nos indica la importancia que representa la agregación de valor en relación con el raw material.

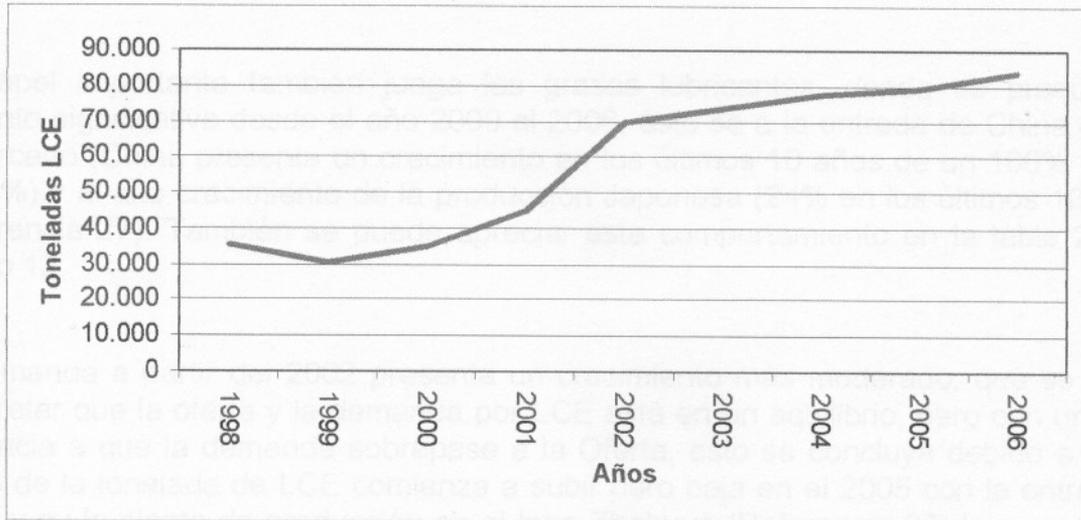
Tabla 19: Demanda Mundial de LCE y Precio.

Año	Demanda (Ton de LCE)	Precio (\$US por Ton de LCE)
1998	35.658	1.670
1999	30.214	1.460
2000	35.000	1.450
2001	45.000	1.480
2002	70.000	1.590
2003	73.560	1.550
2004	77.894	1.720
2005	80.000	1.460
2006	83.800	2.320

Fuente: Elaboración propia con datos de las referencias:

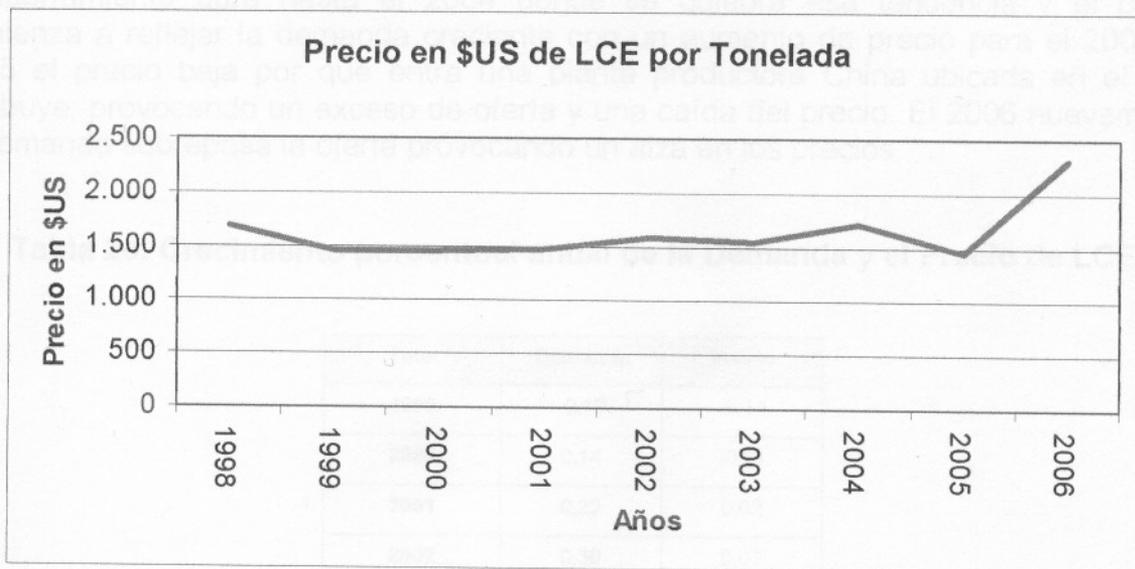
2, 3, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 30

Gráfico 11: Demanda mundial de LCE



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 19.

Gráfico 12: Precio en U\$ de LCE por tonelada



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 19

Como se puede apreciar en los gráficos 10 y 11 y en la tabla 19, existe un acelerado crecimiento de la demanda generado principalmente por la entrada de China al mercado de las baterías, produciendo un aumento cercano al 70% en la demanda por LCE (desde el 2000 hasta el 2002, su participación pasó de 0% a 20% en el mercado mundial de las baterías secundarias, con un valor cercano a los \$US 270

millones(Referencia 28)), esto se refleja en la tabla 21 y el gráfico 12, donde se puede ver que la intuición detrás de la afirmación es correcta.

Un papel importante también juega las grasas lubricantes, donde se produce un aumento significativo desde el año 2000 al 2006, esto se a la entrada de China e India al mercado (China presenta un crecimiento en los últimos 10 años de un 106% y India un 16%) y al alto crecimiento de la producción Japonesa (24% en los últimos 10 años) (Referencia 27). También se puede apreciar este comportamiento en la tabla 21 y el gráfico 12.

La demanda a partir del 2002 presenta un crecimiento más moderado, que se puede interpretar que la oferta y la demanda por LCE está en un equilibrio, pero con una leve tendencia a que la demanda sobrepase a la Oferta, esto se concluye debido a que el precio de la tonelada de LCE comienza a subir pero baja en el 2005 con la entrada de China y su la planta de producción en el lago Zhabuye (Referencia 27) lo que provoca un exceso de oferta.

El precio Mantiene una tendencia a la baja debido desde 1998 hasta el 2002 a la entrada de SQM al mercado, que junto con FMC, abastecen al mercado manteniendo el equilibrio entre oferta y demanda, por sus constantes ampliaciones de capacidad, este comportamiento dura hasta el 2004 donde se quiebra esa tendencia y el precio comienza a reflejar la demanda creciente con un aumento de precio para el 2004. El 2005 el precio baja por que entra una planta productora China ubicada en el lago Zhabuye, provocando un exceso de oferta y una caída del precio. El 2006 nuevamente la demanda sobrepasa la oferta provocando un alza en los precios.

Tabla 20: Crecimiento porcentual anual de la Demanda y el Precio de LCE

Total	Demanda	Precio
1999	-0,18	-0,14
2000	0,14	-0,01
2001	0,22	0,02
2002	0,36	0,07
2003	0,05	-0,03
2004	0,06	0,10
2005	0,03	-0,18
2006	0,05	0,37

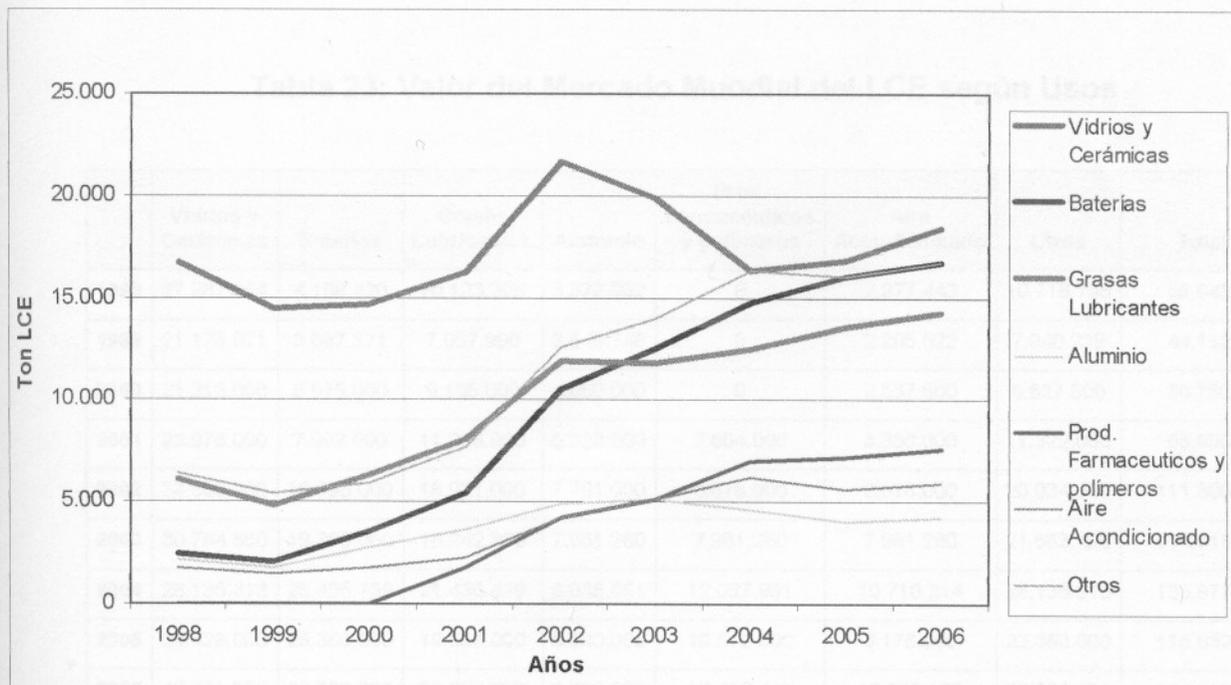
Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 19.

Tabla 21: Demanda Mundial en toneladas de LCE por uso

	Vidrios y Cerámicas	Baterías	Grasas Lubricantes	Aluminio	Prod. Farmacéuticos y polímeros	Aire Acondicionado	Otros	Total Demanda
1998	16.759	2.496	6.062	2.139	0	1.783	6.418	35.658
1999	14.503	2.115	4.834	1.813	0	1.511	5.439	30.214
2000	14.700	3.500	6.300	2.800	0	1.750	5.950	35.000
2001	16.200	5.400	8.100	3.600	1.800	2.250	7.650	45.000
2002	21.700	10.500	11.900	4.900	4.200	4.200	12.600	70.000
2003	19.861	12.505	11.770	5.149	5.149	5.149	13.976	73.560
2004	16.358	14.800	12.463	4.674	7.010	6.232	16.358	77.894
2005	16.800	16.000	13.600	4.000	7.200	5.600	16.000	79.200
2006	18.436	16.760	14.246	4.190	7.542	5.866	16.760	83.800

Fuente: Elaboración propia a partir de las tablas 1 y 19.

Gráfico 13: Demanda de LCE por uso



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 21.

Tabla 22: Variación porcentual anual de la Demanda Mundial por toneladas de LCE.

	Vidrios y Cerámicas	Baterías	Grasas Lubricantes	Aluminio	Prod. Farmacéuticos y polímeros	Aire Acondicionado	Otros
1999	-0,16	-0,18	-0,25	-0,18		-0,18	-0,18
2000	0,01	0,40	0,23	0,35		0,14	0,09
2001	0,09	0,35	0,22	0,22	1,00	0,22	0,22
2002	0,25	0,49	0,32	0,27	0,57	0,46	0,39
2003	-0,09	0,16	-0,01	0,05	0,18	0,18	0,10
2004	-0,21	0,16	0,06	-0,10	0,27	0,17	0,15
2005	0,03	0,08	0,08	-0,17	0,03	-0,11	-0,02
2006	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Fuente: Elaboración propia con los datos de la tabla 21.

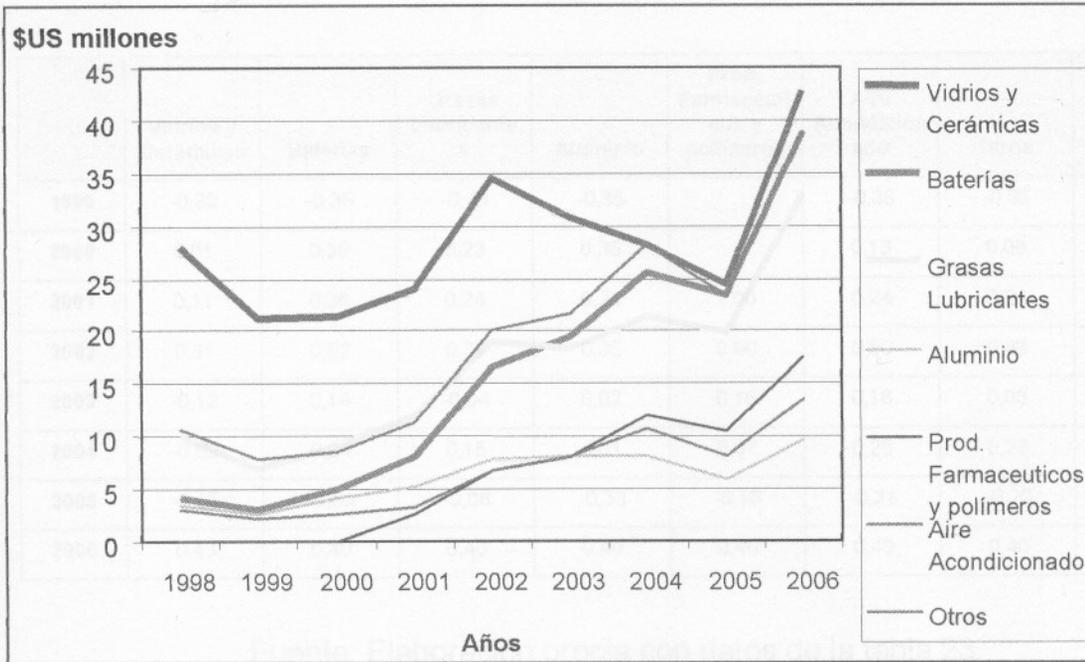
A continuación presentaremos el valor estimado del mercado mundial de LCE según usos, para de alguna medir el tamaño relativo de este mercado medido en dólares por tonelada de LCE.

Tabla 23: Valor del Mercado Mundial del LCE según Usos

	Vidrios y Cerámicas	Baterías	Grasas Lubricantes	Aluminio	Prod. Farmacéuticos y polímeros	Aire Acondicionado	Otros	Total
1998	27.987.964	4.168.420	10.123.306	3.572.932	0	2.977.443	10.718.795	59.548.860
1999	21.173.971	3.087.871	7.057.990	2.646.746	0	2.205.622	7.940.239	44.112.440
2000	21.315.000	5.075.000	9.135.000	4.060.000	0	2.537.500	8.627.500	50.750.000
2001	23.976.000	7.992.000	11.988.000	5.328.000	2.664.000	3.330.000	11.322.000	66.600.000
2002	34.503.000	16.695.000	18.921.000	7.791.000	6.678.000	6.678.000	20.034.000	111.300.000
2003	30.784.860	19.383.060	18.242.880	7.981.260	7.981.260	7.981.260	21.663.420	114.018.000
2004	28.135.313	25.455.759	21.436.429	8.038.661	12.057.991	10.718.214	28.135.313	133.977.680
2005	24.528.000	23.360.000	19.856.000	5.840.000	10.512.000	8.176.000	23.360.000	115.632.000
2006	42.771.520	38.883.200	33.050.720	9.720.800	17.497.440	13.609.120	38.883.200	194.416.000

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 1 y 19.

Gráfico 14: Valor del mercado de LCE por uso



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 23.

Se puede Observar de las tablas 21, 22, 23 y 24, que mientras el precio y el la demanda por uso de LCE se muevan en la misma dirección los dos poseen influencia en el valor del mercado total. En cambio cuando ambos, precio y demanda por uso, se mueven en sentido opuesto no se puede apreciar claramente cual de los dos posee más peso para explicar el valor del mercado dado que como se observa entre los años 1998 y 1999, una caída en el precio pero un aumento de la demanda en cada uso se convierte en un aumento del valor del mercado. En cambio, entre el 2004 y el 2005, una caída en el precio pero un aumento el la demanda en cada uso se convierte en una caída del valor del mercado. Por lo que no se pueda afirmar que exista un preponderancia de un factor en el tamaño relativo, ya que dependerá de tamaño de variación porcentual tanto del precio y del la cantidad demandada.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valor del Mercado Total	570	740	1295	1431	370	2910
Valor del Mercado por Uso	180	290	300	410	300	630
Cambio Relativo (%)		50.0%	40.0%	13.3%	33.3%	20%
Cambio Relativo Precio		43.1%	28.6%	11.2%	31.1%	25.1%

Fuente: Referencia 23

Tabla 24: Variación porcentual anual del valor del Mercado Mundial de LCE según usos

	Vidrios y Cerámicas	Baterías	Grasas Lubrificantes	Aluminio	Prod. Farmacéuticos y polímeros	Aire Acondicionado	Otros	Variación Total del mercado
1999	-0,32	-0,35	-0,43	-0,35		-0,35	-0,35	-0,35
2000	0,01	0,39	0,23	0,35		0,13	0,08	0,13
2001	0,11	0,36	0,24	0,24	1,00	0,24	0,24	0,24
2002	0,31	0,52	0,37	0,32	0,60	0,50	0,43	0,40
2003	-0,12	0,14	-0,04	0,02	0,16	0,16	0,08	0,02
2004	-0,09	0,24	0,15	0,01	0,34	0,26	0,23	0,15
2005	-0,15	-0,09	-0,08	-0,38	-0,15	-0,31	-0,20	-0,16
2006	0,43	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,41

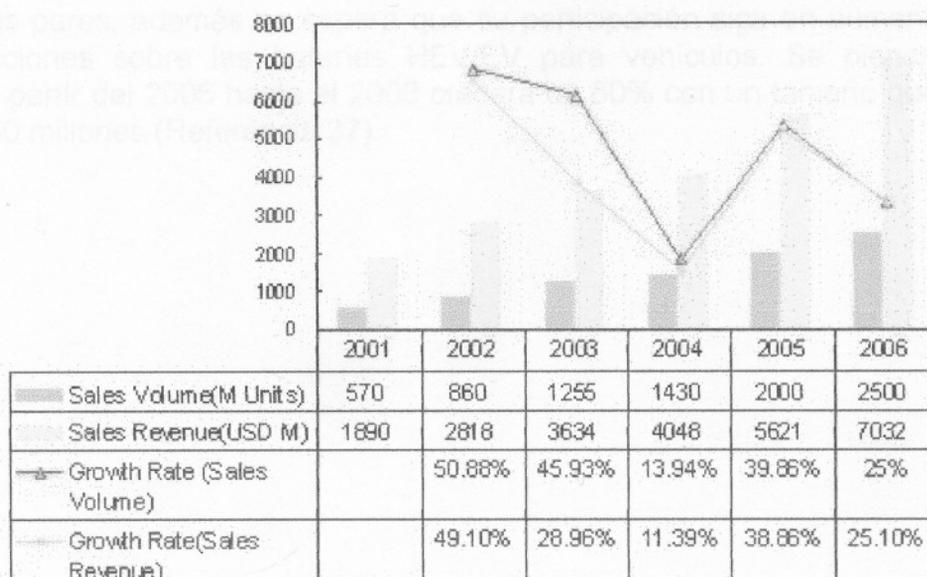
Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 23.

3.5.1 Análisis de los mercados más importantes

Baterías

Como se puede apreciar en los gráficos 7 y 8, el mercado mundial de las baterías secundarias de ión-litio ha crecido a un ritmo frenético a partir del 2001, casi cuadruplicando la producción y las ventas.

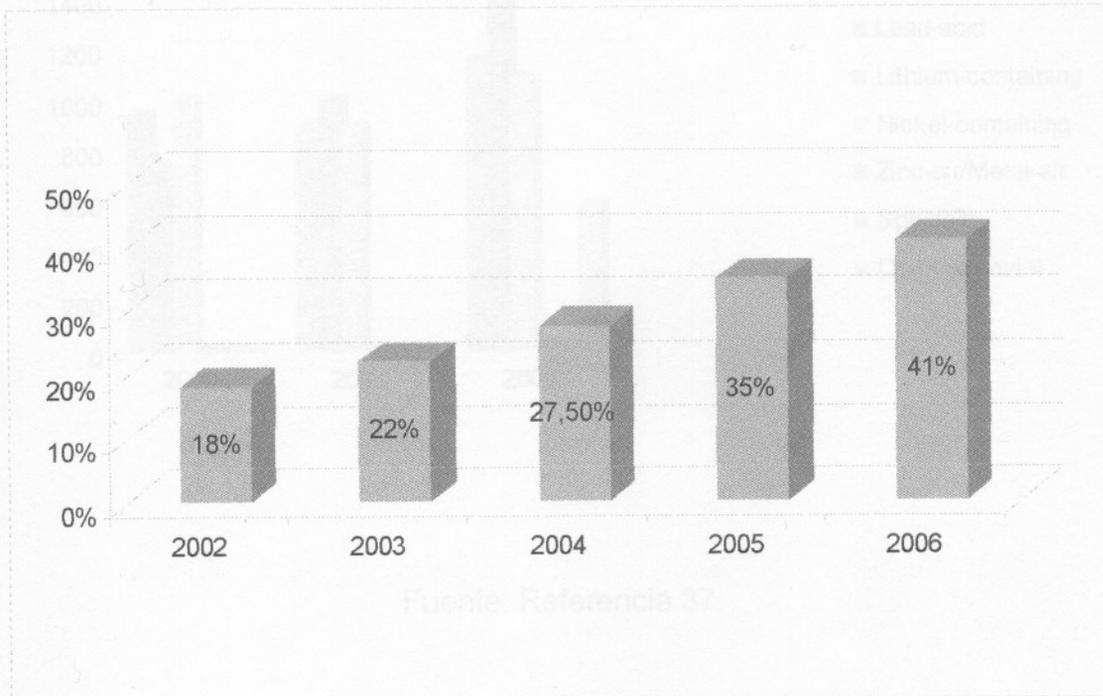
Gráfico 15: Escala del Mercado Mundial de Baterías de Ión Litio



Fuente: Referencia 26.

En el 2001 la predominancia en este mercado estaba en manos de Japón y Corea del Sur, pero la entrada de China cambió el panorama, convirtiéndose en 5 años en el tercer mayor productor de baterías gracias a sus altas tasa de crecimiento (que en promedio fue de 25% anual) como se aprecia en el siguiente gráfico.

Gráfico 16: Participación porcentual de China en el Mercado Mundial de Baterías.



Fuente: Referencia 37.

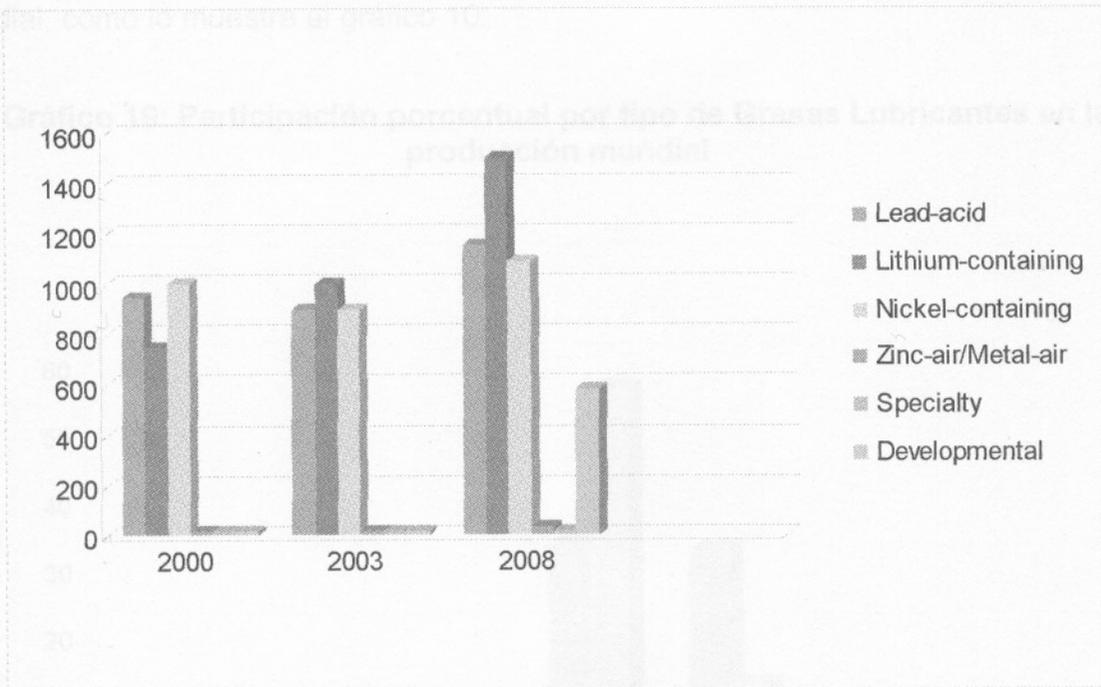
Fuente: Market Avenue (Referencia 26)

En el siguiente gráfico se aprecia como las baterías de litio han ido ganando terreno frente a sus pares, además se espera que su participación siga en aumento debido a las proyecciones sobre las baterías HEV/EV para vehículos. Se piensa que este mercado a partir del 2006 hasta el 2008 crecerá un 50% con un tamaño que alcanzará los \$US 250 millones (Referencia 37).



Fuente: Referencia 27.

Gráfico 17: Valor del Mercado de Baterías por tipo

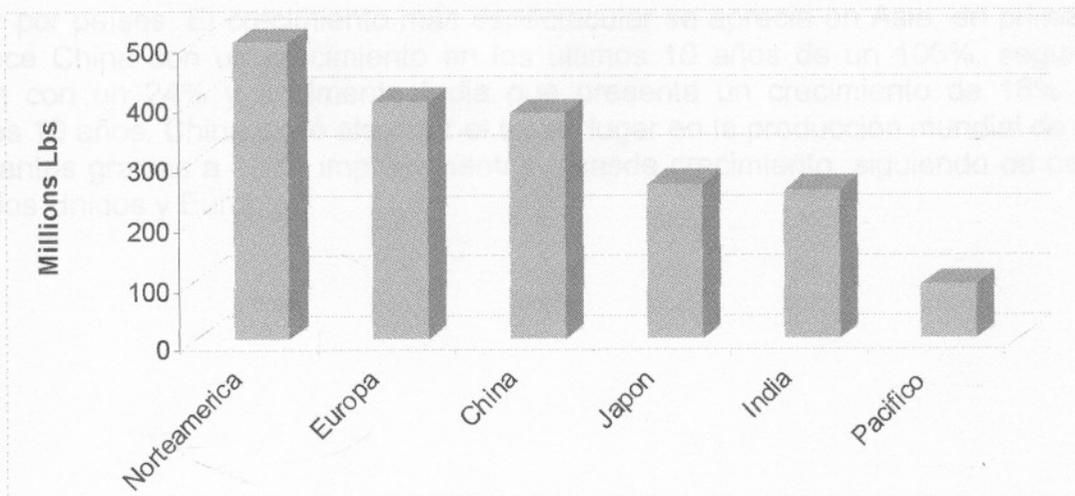


Fuente: Referencia 37.

Grasas Lubricantes

En el 2005 la producción mundial de grasas lubricantes totalizó 1,9 billones de libras (8,8 millones de toneladas) dentro de las que se encuentran las grasas que usan como base algún compuesto de litio (Convencionales y Complejas).

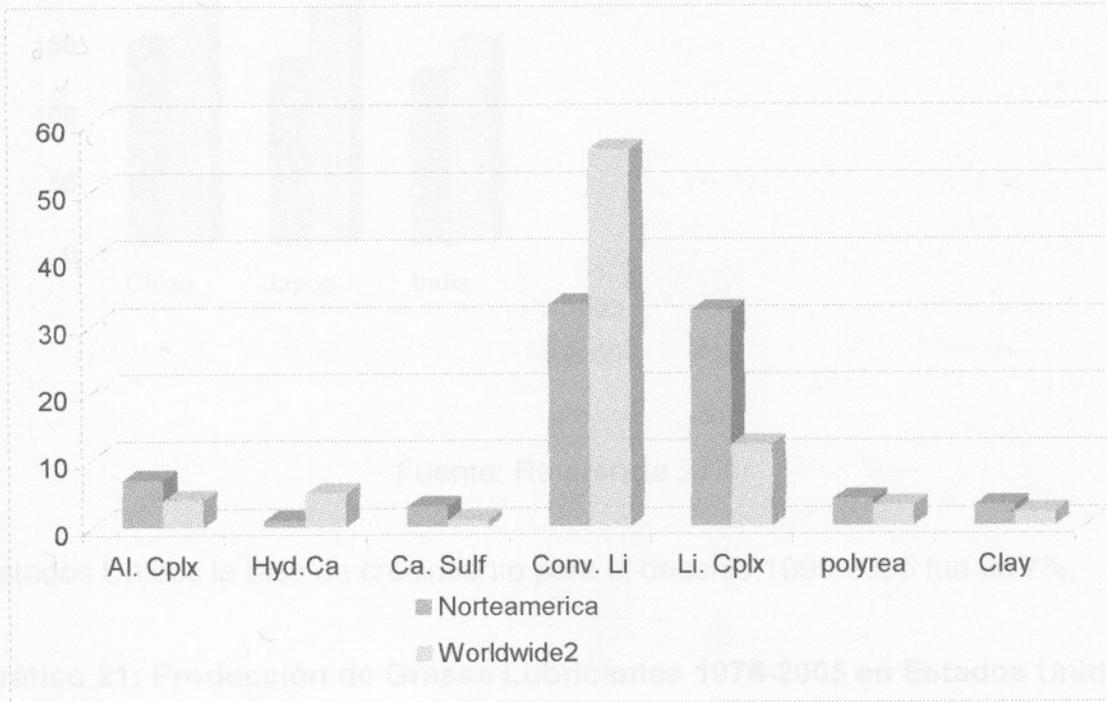
Gráfico 18: Producción Mundial de Grasas Lubricantes por país



Fuente: Referencia 27.

Dentro de los tipos de grasas lubricantes que se fabrican a nivel mundial, las que se componen de algún derivado del litio, corresponde a más del 60% de la producción mundial, como lo muestra el gráfico 10.

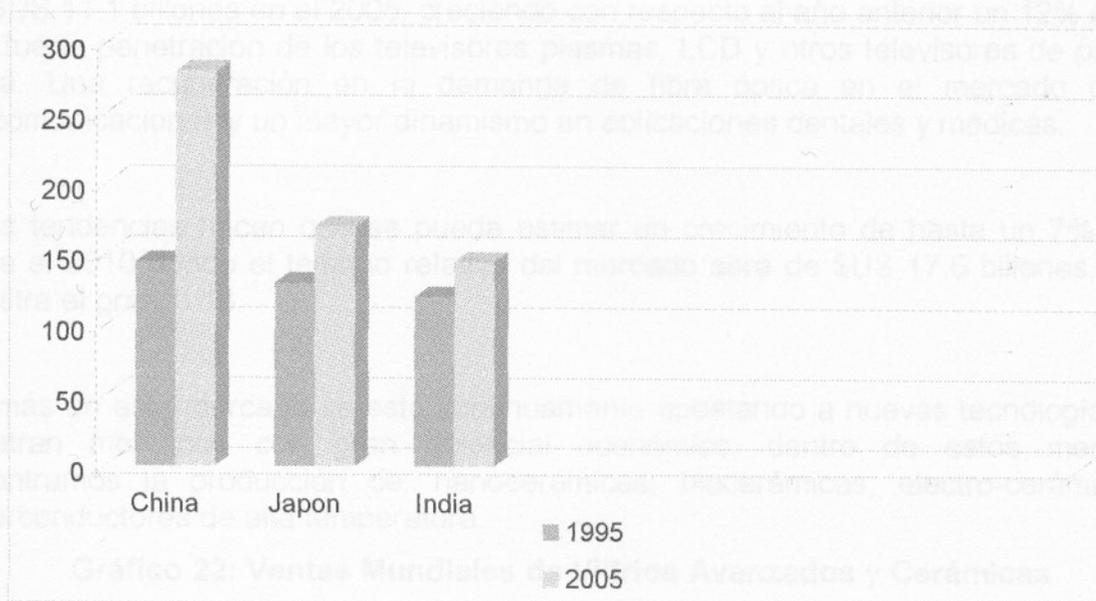
Gráfico 19: Participación porcentual por tipo de Grasas Lubricantes en la producción mundial



Fuente: Referencias 27.

El crecimiento porcentual de la producción mundial de grasas lubricantes se puede dividir por países. El crecimiento más espectacular se aprecia en Asia, en primer lugar aparece China con un crecimiento en los últimos 10 años de un 106%, seguido por Japón con un 24% y finalmente India que presenta un crecimiento de 16% en los últimos 10 años. China logró alcanzar el tercer lugar en la producción mundial de grasas lubricantes gracias a estas impresionantes tasas de crecimiento, siguiendo de cerca de Estados Unidos y Europa.

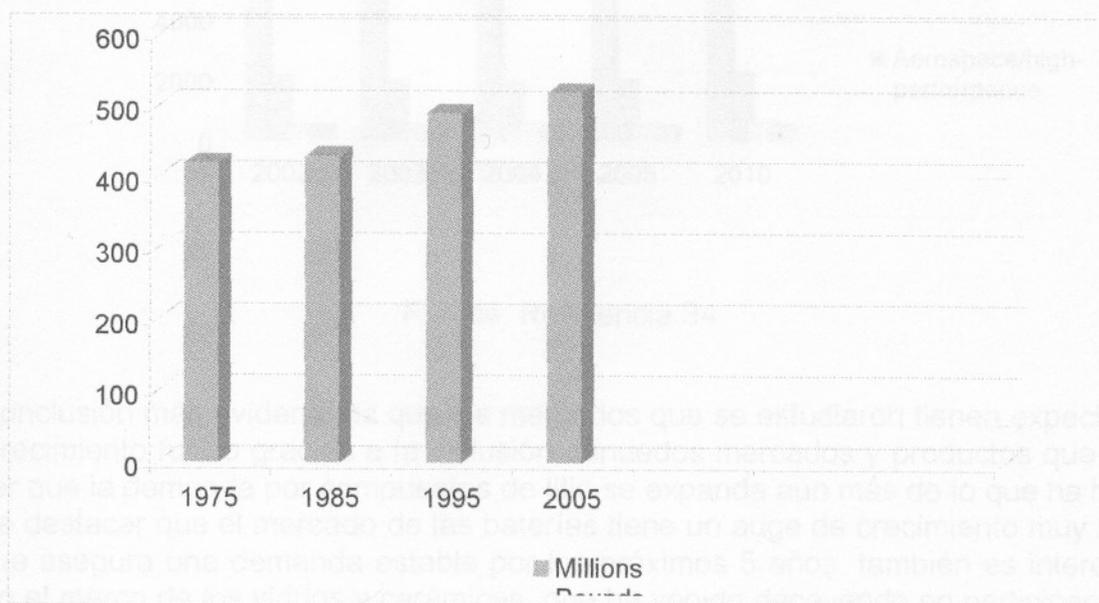
Gráfico 20: Producción de Grasas Lubricantes 1995-2005 en Asia



Fuente: Referencia 27.

En Estados Unidos la tasa de crecimiento para el decenio 1995-2005 fue de 7%,

Gráfico 21: Producción de Grasas Lubricantes 1975-2005 en Estados Unidos



Fuente: Referencias 27.

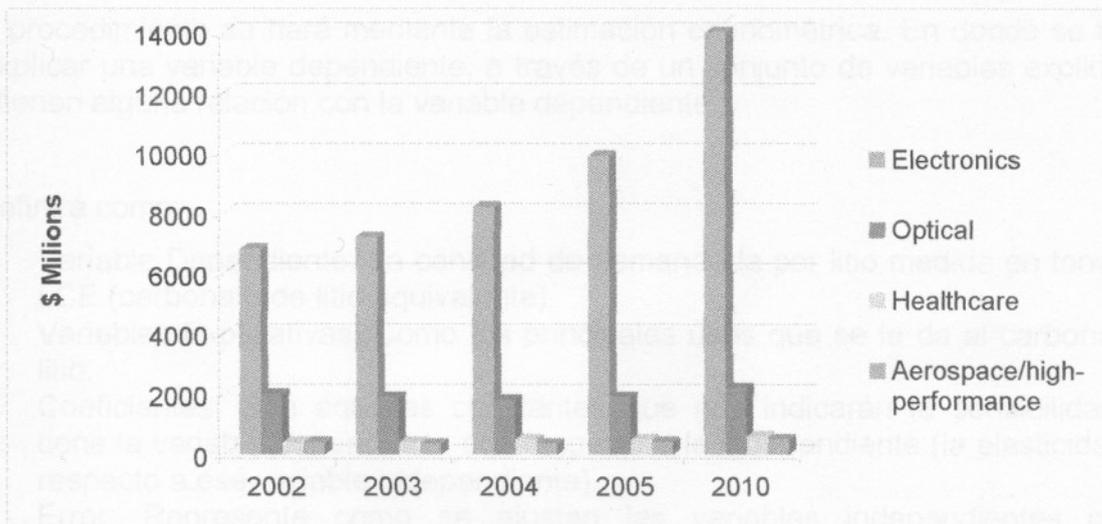
Cerámicas y Vidrios (Referencia 33 y 34)

El valor de las ventas totales de la producción mundial de cerámicas y vidrios alcanzó los \$US 11.1 billones en el 2005, creciendo con respecto al año anterior un 12% debido a la fuerte penetración de los televisores plasmas, LCD y otros televisores de pantalla plana. Una recuperación en la demanda de fibra óptica en el mercado de las telecomunicaciones y un mayor dinamismo en aplicaciones dentales y médicas.

Estas tendencias hacen que se pueda estimar un crecimiento de hasta un 7% anual hasta el 2010 donde el tamaño relativo del mercado será de \$US 17.6 billones, como muestra el gráfico 13.

Además en este mercado se está continuamente apostando a nuevas tecnologías que penetran mercados con gran potencial económico, dentro de estos mercados encontramos la producción de: nanocerámicas, biocerámicas, electro-cerámicas y superconductores de alta temperatura.

Gráfico 22: Ventas Mundiales de Vidrios Avanzados y Cerámicas



Fuente: Referencia 34.

La conclusión más evidente es que los mercados que se estudiaron tienen expectativas de crecimiento futuro gracias a la inclusión de nuevos mercados y productos que van a hacer que la demanda por compuestos de litio se expanda aún más de lo que ha hecho. Cabe destacar que el mercado de las baterías tiene un auge de crecimiento muy agudo lo que asegura una demanda estable por los próximos 5 años, también es interesante como el mercado de los vidrios y cerámicas, que ha venido decayendo en participación en la demanda por LCE, comienza a tomar un nuevo aire gracias a nuevas tecnologías y productos. Pero esta tendencia tiene su lado negativo para los consumidores, ya que pondrá presión al alza en los precios del commodity.

4 Análisis de las estructuras de mercado para las toneladas de carbonato de litio equivalente

Lo fundamental en este capítulo es comparar las hipótesis del modelo de competencia perfecta con la realidad del mercado mundial del litio. Dicha comparación se realizará utilizando como guía los elementos de la metodología, por un lado, de Jacquemin (Referencia 63) en cuanto al análisis de las organizaciones industriales. Por otro lado, también se utilizaron elementos clásicos de la organización industrial norteamericana (SCP⁸) y estimaciones econométricas de la demanda y costos marginales (NEIO⁹) buscando en este caso obtener la elasticidad precio de la demanda y hacer uso de elementos empíricos de la organización industrial.

4.1 Estimación de la elasticidad precio de la demanda mundial de LCE (carbonato de litio equivalente)

Para que se pueda obtener un valor que nos indique una aproximación a la elasticidad precio de la demanda, se deberá obtener una estimación de la demanda mundial de litio (Referencias 38, 39 y 40).

Este procedimiento se hará mediante la estimación econométrica. En donde se tratará de explicar una variable dependiente, a través de un conjunto de variables explicativas que tienen alguna relación con la variable dependiente.

Se definirá como:

- Variable Dependiente: La cantidad de demandada por litio medida en toneladas LCE (carbonato de litio equivalente).
- Variables Explicativas: Como los principales usos que se le da al carbonato de litio.
- Coeficientes: Son aquellas constantes que nos indicarán la sensibilidad que tiene la variable dependiente con respecto a la independiente (la elasticidad con respecto a ese variable independiente).
- Error: Representa como se ajustan las variables independientes con la dependiente.
- Constante: La cantidad demandada de LCE que no explican las variables independientes ni el precio, la demanda residual.

Los datos que se utilizarán en la construcción del modelo sonde las siguientes referencias: 3, 5, 6, 7, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32.

⁸ Structure – Conducitc – Performance.

⁹ New Empirical Industrial Organization.

La variable dependiente será lce_t01 , que indicará las toneladas de carbonato de litio equivalente.

Tabla 25: Datos para la estimación de la Demanda

Las variables explicativas serán:

- VyC : Cerámicas y cristales.
- Precio : Precio por tonelada de carbonato de litio.
- Bat : Baterías.
- Gre_lub01 : Grasas lubricantes.
- Far_pol01 : Productos farmacéuticos y polímeros.
- AC : Aire acondicionado.
- Al : Aluminio
- O : Otras aplicaciones.

Cada una de estas variables indicará la cantidad en toneladas de la producción que requiere algún derivado de litio, por ejemplo Bat indicará la demanda de LCE en toneladas para ese uso en particular (como sabemos para la fabricación de baterías de litio de necesita oxido de litio-cobalto (referencia 28) pero tomaremos el valor en carbonato de litio equivalente que es lo que se demanda para fabricar el derivado).

El modelo a estimar será el siguiente:

$$lce_t01 = c + \beta_1 precio + \beta_2 Bat + \beta_3 gre_lub01 + \beta_4 VyC + \beta_5 Far_pol01 + \beta_6 AC + \beta_7 Al + \beta_8 O + \mu$$

Un problema que se encuentra para poder estimar esta ecuación lineal, es que los datos para la mayoría de las variables independientes no se pueden obtener, como es información estratégica para las empresas en el mercado de la producción de carbonato de litio no la proporcionan a nadie que no sea de la misma empresa y se debe pagar un alto costo monetario por ella. Es por esto que sólo se encontraron datos relacionados con la producción para el mercado de las baterías secundarias de litio (referencias 26 y 29), para el mercado de las grasas lubricantes (27) y se estimó el valor de la demanda de los vidrios y cerámicas desde la tabla 1. Además, los datos están disponibles en formato anual y desde el año 1998.

Así el modelo a estimar se reduce a la siguiente ecuación:

$$lce_t01 = c + \beta_1 precio + \beta_2 Bat + \beta_3 gre_lub01 + \beta_4 VyC + \mu$$

Los datos para hacer las estimaciones se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 25: Datos para la estimación de la Demanda

Año	LCE ton	Precio	Toneladas de LCE en la producción de baterías	Toneladas de grasas hechas con derivados de litio	Toneladas de LCE en la producción de Vidrios y Cerámicas
2001	45.000	1.480	6.435	425.919	19.350
2002	70.000	1.590	10.010	450.995	30.800
2003	73.560	1.550	10.519	477.995	27.953
2004	77.894	1.200	11.139	507.090	24.147
2005	80.000	1.450	11.440	538.471	21.600
2006	83.800	2.500	12.000	572.345	19.274
2007	90.000	3.000	12.870	606.219	15.300

Fuente: Elaboración propia con datos de las referencias 2, 3, 5, 6, 7, 24, 25, 26, 27, 28 y 29.

Para la estimación de la demanda se utilizará el programa EViews, el cual estimará a través de método de MIMIMOS CUADRADOS ORDINARIOS (MCO) los parámetros que acompañan a las variables independientes.

Los resultados que arroja el programa al estimar la ecuación son los siguientes:

Dependent Variable LCE_T01

Method: Least Square

Date: 1/20/08 Time: 12:53

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
C	-28832.54	11357.75	-2.538579	0.0520
PRECIO	-2.174374	0.736421	-2.952622	0.0318
BAT	6.498817	0.243706	26.66667	0.0000
GRE_LUB01	0.057344	0.022465	2.552581	0.0511
VYC	0.380890	0.151269	2.517971	0.0533

R-squared 0.999784 Mean Dependent var 62112.60
 Adjusted R-squared 0.99961 S.D Dependent var 22986.99
 S.E of regression 453.6061 Akaike info criterion 15.37919

Sum squared resid	1028793	Schwarz criterion	15.53048
Log likelihood	-71.89594	F-statics	5776.903
Durbin-watson stat	1.926867	Prob(F-statics)	0.000000

Se explicará a continuación la interpretación de la tabla anterior. Los valores que estimamos para los coeficientes que acompañan a las variables independientes son significativos para un intervalo de confianza de 95%¹⁰ (esto quiere decir que existe un 95% de rechazar la hipótesis nula $H_0 : \beta_i = 0$). El R^2 y el \overline{R}^2 (R cuadrado y R cuadrado ajustado)¹¹ son muy cercanos a uno, lo que dice que el modelo tiene un alto grado de ajuste en relación a sus errores. El test F¹² da significativo para cualquier nivel de confianza (su p-value, en el cuadro Prob(F-statistic), es muy bajo (por definición, 1- (p-value) = probabilidad de rechazar la hipótesis nula). El estadístico de Durbin-Watson, indica si existe autocorrelación¹³ en el modelo, y por el valor que se obtiene hay evidencia que existe autocorrelación positiva.

Las conclusiones que se puede obtener de esta primera estimación son:

- El coeficiente más significativo es el que acompaña a la variable BAT, lo que indicaría q esta variable explica mejor los cambios de la variable dependiente.
- La demanda residual es negativa, según el modelo no existiría demanda que no sea explicada por los usos que tiene el litio (su desviación estándar es demasiado alta debería estar entre -2 y 2).
- El coeficiente que acompaña al precio, la elasticidad precio de la demanda, es -2,17 (en valor absoluto) lo que indica que la demanda es inelástica con respecto al precio (esto contradice la evidencia que indica que la demanda es elástica (referencia 12)).

Se modificará el modelo anterior eliminando la estimación de la constante "C" (se eliminará el supuesto de demanda residual), la ecuación queda especificada de la siguiente manera:

¹⁰ Se aprecia en el valor del t-statistic, éste se compara con el valor de la tabla t-student con 5 grados de libertad que es 2.015 y si el t-statistic > valor tabla el intervalo queda con una probabilidad acumulada que se indica en la parte superior de la tabla que en este caso es 95% y al ser mayor en cada caso el intervalo de confianza para la estimación es 95%.

¹¹ Estas dos son medidas de ajuste del modelo, mientras más cercanas a 1 mejor será el ajuste. Pero para comparar entre modelos se prefiere el R cuadrado ajustado por que es una medida que corrige por los grados de libertad de la estimación.

¹² El test F es un test estadístico que prueba el nivel de significancia de un conjunto de coeficientes. El diferente al test T ya que éste sirve para testear solo un coeficiente a la vez, en cambio el test F prueba un conjunto. Analiza si en conjunto las variables pueden explicar a la dependiente.

¹³ Autocorrelación se de denomina a al fenómeno que se da cuando el término de error de un modelo depende del error pasado, o sea, existe una dependencia intertemporal entre ellos. Lo que afecta al modelo y sus posibles conclusiones.

$$lce_t01 = \beta_1 precio + \beta_2 Bat + \beta_3 gre_lub01 + \beta_4 VyC + \mu$$

Después de este ajuste el modelo posee el supuesto que no existe otra explicación para las fluctuaciones de la demanda más que el precio y los usos que se le dan al LCE. Esto es un poco discutible ya que el modelo indicaría que en este mercado no existe especulación, eliminando toda posibilidad de arbitraje entre distintos mercados para poder obtener alguna rentabilidad o utilizar algún derivado financiero (futuros, forwards). En conclusión todo el LCE que se produce se vende los productores que lo utilizan para los diferentes fines o usos que se le dan a este producto.

Los resultados arrojados por el programa, al estimar la ecuación, son los siguientes:

Dependent Variable LCE_T01

Method: Least Square

Date: 1/21/08 Time: 01:15

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-0.504166	0.456896	-1.103460	0.0321
BAT	7.0986558	0.082397	86.15234	0.0000
GRE_LUB01	0.000637	0.003297	0.193342	0.8531
VYC	0.047663	0.103827	0.459065	0.6623

R-squared	0.999505	Mean Dependent var	62112.60
Adjusted R-squared	0.999257	S.D Dependent var	22986.99
S.E of regression	626.4689	Akaike info criterion	16.00725
Sum squared resid	2354780	Schwarz criterion	16.12828
Log likelihood	-76.03625	F-statics	4037.118
Durbin-watson stat	2.782560	Prob(F-statics)	0.000000

Los resultados esta vez muestran que los coeficientes que se estiman son significativos para un intervalo de confianza del 55% (existe un 55% de rechazar la hipótesis nula $H_0 : \beta_i = 0$). El test F arroja que los coeficientes en conjunto son significativos para cualquier nivel de confianza. Si se Comparan las medidas de ajuste, vemos que este modelo tiene un menor El R^2 y el \bar{R}^2 (R cuadrado y R cuadrado ajustado). Además también vemos que los valores de la suma de los residuos al cuadrado (sum squared resid o SSR) y la desviación estándar de la regresión (S.E. of regresión o SER)¹⁴ son

¹⁴ SSR y SER, son medidas de ajuste de la estimación. La primera es la suma de los residuos al cuadrado, mientras menor sea mejor será el ajuste del modelo (explica mejor la relación entre las

menores en el primer modelo que en el segundo. El estadístico de Durbin-Watson indica que en este modelo existe autocorrelación negativa de los errores. Los criterios de información de Akaike y Schwarz son mayores que el modelo anterior.

Las conclusiones que se pueden extraer de esta información es que la estimación del modelo sin demanda residual, no podría dar una explicación satisfactoria de las fluctuaciones de la demanda del mercado de LCE.

Se llega a esta conclusión por que:

- El segundo modelo posee menor intervalo de confianza.
- Las medidas de ajuste R^2 , $\overline{R^2}$, SER y SSR son menores que en el primer modelo.

Se modificó nuevamente el modelo anterior, extrayendo de la ecuación la variable independiente que tenga menor nivel de significancia (menor t-statistic). La variable que cumple esta condición es Gre_lub01, que es hasta el momento la variable que menos explicaría las fluctuaciones de la demanda (que concuerda con la realidad, ya que la participación porcentual de las grasas y lubricantes se mantiene casi constante desde 1998, ver tabla 1, su importancia crece de alguna manera pero a un ritmo que no explicaría grandes fluctuaciones de la demanda).

Por lo que la explicación de la demanda quedaría en función del precio del LCE, la cantidad que demanda el mercado de las baterías y de los vidrios y cerámicas.

$$lce_t01 = \beta_1 \text{precio} + \beta_2 \text{Bat} + \beta_3 \text{VyC} + \mu$$

Los resultados arrojados por el programa son los siguientes

variables independientes y la dependiente). La segunda es la desviación estándar de la regresión, también es una medida de ajuste que mientras menos mejor ajustado estará el modelo (explicará mejor la relación entre las variables independientes y dependiente).

Dependent Variable LCE_T01

Method: Least Square

Date: 1/21/08 Time: 01:18

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-0.478525	0.406050	-1.178486	0.2771
BAT	7.104504	0.071184	99.80484	0.0000
VYC	0.064972	0.048838	1.330353	0.2251

R-squared	0.999502	Mean Dependent var	62112.60
Adjusted R-squared	0.999359	S.D Dependent var	22986.99
S.E of regression	581.8014	Akaike info criterion	15.81346
Sum squared resid	2369450	Schwarz criterion	15.90424
Log likelihood	-76.06730	F-statics	7021.192
Durbin-watson stat	2.813572	Prob(F-statics)	0.000000

Test de Ramsey RESET

En este modelo los coeficientes son significativos con un intervalo de confianza de 85%, (existe un 85% de rechazar la hipótesis nula $H_0 : \beta_i = 0$). El test F arroja que los coeficientes en conjunto son significativos para cualquier nivel de confianza. Comparando las medidas de ajuste, vemos que este modelo tiene un menor R^2 y el $\overline{R^2}$ (R cuadrado y R cuadrado ajustado) menor que el primer modelo, pero mayor que el segundo. Además también se ve que los valores de la suma de los residuos al cuadrado (SSR) y la desviación estándar de la regresión (SER) son menores que el segundo modelo, pero mayores que el primero. El estadístico de Durbin-Watson nos indica que en este modelo existe autocorrelación negativa de los errores.

Ahora que se tienen modelos, se debe decidir qué modelo es el más robusto. El primer paso es seguir una intuición económica. Primero, sabemos que los coeficientes que aparecen en nuestras regresiones son elasticidades. Por lo tanto, el coeficiente que acompaña a la variable precio debe ser negativo ya que es la elasticidad precio de la demanda (definición de elasticidad precio de la demanda, que vendría a representar la pendiente de la curva de demanda)¹⁵. Las tres estimaciones que presentamos poseen esta relación inversa, por lo que las tres estimaciones estas bien definidas.

¹⁵ Existe una relación negativa entre el precio y la demanda, ya que mientras suba el precio la demanda baja y viceversa. Si los individuos tienen una restricción presupuestaria constante y con esta compra varios bienes que le dan Utilidad, si baja el precio de un bien (manteniendo constante el precio de los demás bienes) la persona va a poder comprar más de ese bien aumentando su Utilidad. Si el precio de un bien sube (manteniendo los demás precios constantes) la persona compra menos bienes lo que disminuye su Utilidad. Es por esta razón que existe una relación negativa entre precio y demanda.

Pero, para que se pueda discriminar alguno de los tres, en estudios anteriores se presume que la demanda de LCE es inelástica (referencia 12) por lo que el valor del coeficiente que acompaña a la variable precio debe estar entre 0 y 1 (en valor absoluto). De esta manera se descarta el modelo 1, ya que el valor que toma 2.17, en cambio, en la estimación 2 toma el valor de 0.5 y en la estimación 3 es 0.47. Por lo que el primer modelo, a pesar de ser el mejor modelo (tiene mayor intervalo de confianza, y sus estadísticos de ajuste son mejores que el de los otros dos modelos) falla en el cálculo de esa importante constante.

Así, se dejará de lado el modelo 1 y el modelo que escogeremos será el 3, ya que posee mayor intervalo de confianza y las medidas de ajuste son de mejor calidad.

Ahora se procederá a verificar que tan bueno es nuestro modelo, identificando si tiene algún error de especificación, errores que pueden causar que la función que se está estimando no sea la correcta y los valores que se han calculado no tengan relación con la realidad. (Referencia 40).

Test de Jarque-Bera

Test de Ramsey RESET

Sirve para comprobar la adecuación de la especificación lineal. Se basa en la aproximación de Taylor a una relación multiplicativa, y según la cual deberíamos incluir en el modelo las potencias consecutivas de las variables dependientes y sus productos cruzados. Es un test que contrasta la nulidad conjunta de los coeficientes relacionados a distintas potencias de la variable dependiente estimada y que incluye combinaciones lineales de las variables independientes (Referencia 39).

Ramsey RESET test:

F-statics	0.500040	Probability	0.633917
Log likelihood	1.823349	Probability	0.401851

Test Equation:

Dependent Variable LCE_T01

Method: Least Square

Date: 1/21/08 Time: 23:51

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-1.817807	1.409306	-1.289860	0.2535
BAT	7.708274	0.877805	8.781305	0.0003
VYC	0.233673	0.210337	1.110947	0.3171
FITTED^2	-3.81 E-06	4.03E-06	-0.944738	0.3882
FITTED^3	3.40E-11	3.45E-11	0.984464	0.3701

R-squared	0.999585	Mean Dependent var	62112.60
Adjusted R-squared	0.999253	S.D Dependent var	22986.99
S.E of regression	628.4132	Akaike info criterion	16.03113
Sum squared resid	1974516	Schwarz criterion	16.18242
Log likelihood	-75.15563	F-statics	3009.372
Durbin-watson stat	2.639756	Prob(F-statics)	0.000000

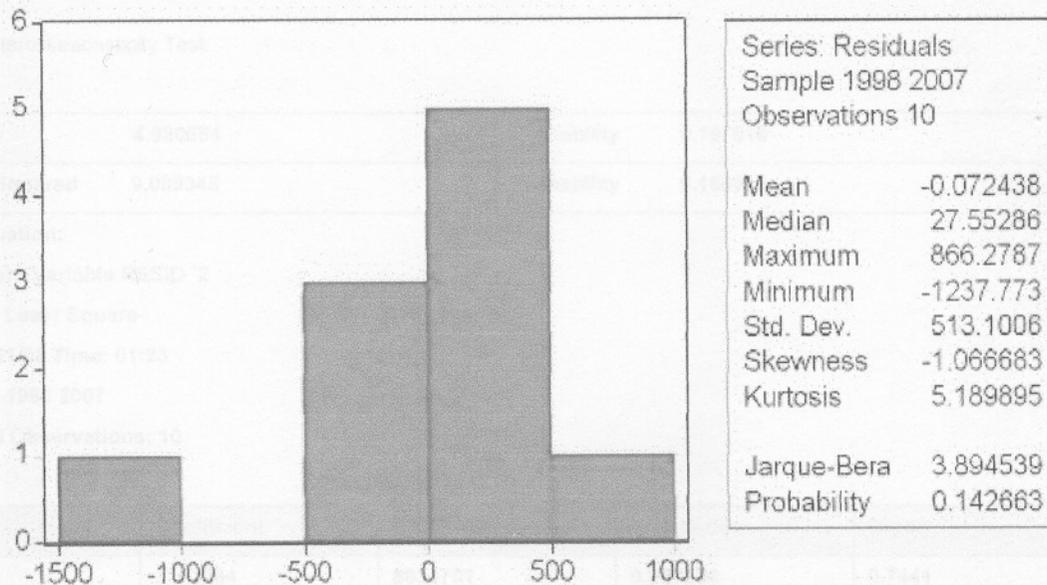
La interpretación del contraste es que si la probabilidad asociada a alguno de los estadísticos alternativos (Ramsey Reset test F-statistic y Log likelihood ratio) es inferior al 5%, se debería rechazar la hipótesis nula lo que indicaría que los coeficientes asociados a las sucesivas potencias de la variable dependiente no son nulos, interpretándose que la forma funcional correcta debe ser multiplicativa, no lineal. En nuestro caso las probabilidades asociadas son 63.3% y 40.1%, las que ampliamente superan el 5% para rechazar la nula, por lo tanto, se acepta la nula y la forma funcional correcta es lineal.

Test de Jarque-Bera

Este test analiza la normalidad de la distribución de los errores, a través de la relación entre los coeficientes de apuntalamiento y curtosis de los residuos de la ecuación y los correspondientes a los de una normal, de forma tal que si estas relaciones son suficientemente diferentes se rechazará la nula de normalidad de los residuos (Referencia 39).

El contraste viene acompañado con el correspondiente nivel de probabilidad asociado al rechazo de la hipótesis nula siendo cierta, si ese valor de probabilidad fuese inferior al 5% (en la imagen ese estadístico es Probability) rechazaríamos la hipótesis nula de normalidad con un 95% de intervalo de confianza y deberíamos admitir la no normalidad de los residuos, teniendo que dejar de lado el modelo ya que rompe uno de los principales supuestos de la estimación a través de una regresión lineal, el supuesto de normalidad de los errores (Referencias 39).

El test de Jarque-Bera aplicado al modelo arroja los siguientes resultados:



El resultado que arroja el test es que no se rechaza la nula de normalidad de los errores, ya que nuestra probabilidad es de 14%, mayor al 5% con el cual se rechaza la hipótesis nula.

Test de White

Otro de los supuestos importantes para el modelo clásico de regresión lineal es que los errores son homocedásticos, o sea, la varianza es constante para cualquier valor de las variables explicativas. Se estamos en presencia de heterocedasticidad las estimaciones son insesgadas y consistentes, pero ya no tienen mínima varianza (la estimación no es eficiente) lo que llevará a conclusiones erróneas (Referencia 38, clase 21).

El test de White plantea una regresión auxiliar en la que el cuadrado de los residuos se hace depender de un conjunto de variables explicativas de forma tal que si el modelo o las variables en su conjunto, son significativas debemos rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad (Referencia 39).

Test de Autocorrelación

El fenómeno de la autocorrelación consiste en la existencia de un determinado nivel de correlación entre los errores de los sucesivos períodos.

Los resultados de aplicar el test de White al modelo arrojan los siguientes resultados:

White heteroskedasticity Test:

F-statics	4.990554	Probability	0.107518
Obs* R Squared	9.089345	Probability	0.168615

Test Equation:

Dependent Variable RESID ^2

Method: Least Square

Date: 1/21/08 Time: 01:23

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
C	3162254	8834701	0.357936	0.7441
PRECIO	5994.447	2172.306	2.759486	0.0702
PRECIO^2	-1.208000	0.502477	-2.404089	0.0955
BAT	167.4046	578.4897	0.289382	0.7911
BAT^2	-0.005787	0.036266	-0.150562	0.8834
VYC	-1187.128	1271.206	-0.933860	0.4193
VYC^2	032822	0.39088	0.839705	0.4627

R-squared	0.908935	Mean Dependent var	236945.0
Adjusted R-squared	0.726804	S.D Dependent var	511282.4
S.E of regression	267238.1	Akaike info criterion	28.02569
Sum squared resid	2.14E+11	Schwarz criterion	28.23750
Log likelihood	-133.1285	F-statics	4.990554
Durbin-watson stat	3.391120	Prob(F-statics)	0.107518

Si la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared es menor a 5% se rechaza la hipótesis nula de Homocedasticidad, en nuestro caso, estos estadísticos tiene una probabilidad asociada mayor a 5% por lo que no se rechaza la nula, y nuestro modelo no presenta heterocedasticidad.

Test de Autocorrelación

El fenómeno de la autocorrelación consiste en la existencia de un determinado nivel de correlación entre los errores de los sucesivos periodos.

Test LM con 1 retardo

Este test estima la regresión entre los residuos con las variables exógenas del mismo y los residuos desfasados tantos períodos como se considere. La hipótesis nula de este test es la no presencia de autocorrelación de ningún tipo y se rechaza para si la probabilidad del test es menor 5%. Para el modelo el programa arrojó el siguiente resultado.

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	27.87931	Probability	0.001865
Obs* R Squared	8.229007	Probability	0.004123

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 01/21/08 Time: 02:54

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-0.730260	0.230639	-3.166249	0.0194
BAT	0.007913	0.032391	0.244296	0.8151
VYC	0.070359	0.025892	2.717436	0.0348
RESID(-1)	-1.456076	0.275768	-5.280086	0.0019

R-squared	0.822901	Mean Dependent var	-0.072438
Adjusted R-squared	0.734351	S.D Dependent var	513.1006
S.E of regression	264.4579	Akaike info criterion	14.28242
Sum squared resid	419627.9	Schwarz criterion	14.40345
Log likelihood	-67.41208	F-statics	9.293102
Durbin-watson stat	2.126590	Prob(F-statics)	0.011313

El resultado es que la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared son menores a 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, nuestro modelo presenta autocorrelación.

Test Lm con 2 retardos

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	13.93882	Probability	0.009019
Obs* R Squared	8.479210	Probability	0.0144413

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 01/21/08 Time: 02:55

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-0.491826	0.352030	-1.397113	0.2212
BAT	0.012222	0.033223	0.367883	0.7280
VYC	0.045164	0.038243	1.180981	0.2907
RESID(-1)	-1.563469	0.303949	-5.143856	0.0036
RESID(-2)	-2.066033	2.277935	-0.906977	0.4060

R-squared	0.847921	Mean Dependent var	-0.072438
Adjusted R-squared	0.726258	S.D Dependent var	513.1006
S.E of regression	268.4562	Akaike info criterion	14.33011
Sum squared resid	360343.7	Schwarz criterion	14.48140
Log likelihood	-66.65053	F-statics	6.696412
Durbin-watson stat	2.660191	Prob(F-statics)	0.028138

En este test, también se rechaza la nula de no autocorrelación. Por lo que el modelo, de todos los problemas de especificación, presenta autorrelación de los términos de error.

Para poder corregir el problema de autocorrelación, se añadirá al modelo una nueva variable explicativa definida como AR(1) y se supondrá igual a la variable dependiente desfasada un período.

Al estimar esta nueva ecuación, los resultados que entrega el programa son los siguientes:

Dependent Variable: LCE_T01

Method: least Squares

Date: 01/21/08 Time: 03:33

Sample(adjusted): 1999 2007

Included observation: 9 after adjusting endpoints

Convergence achieved after 6 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	-0.864783	0.141159	-6.145453	0.0017
BAT	7.098998	0.016116	440.4955	0.0000
VYC	0.106855	0.015135	7.060055	0.0009
AR(1)	-1.667863	0.467749	-3.565725	0.0161

R-squared	0.999868	Mean Dependent var	65052.00
Adjusted R-squared	0.999789	S.D Dependent var	22299.13
S.E of regression	324.1127	Akaike info criterion	14.70116
Sum squared resid	525245.3	Schwarz criterion	14.78882
Log likelihood	-62.15523	F-statics	12621.04
Durbin-watson stat	2.435088	Prob(F-statics)	0.000000

Inverted AR Roots -1.67
 Estimated AR Process is nonstationary

Todos los coeficientes son significativos para un intervalo de confianza de 99% (existe un 99% de rechazar la hipótesis nula $H_0 : \beta_i = 0$). El test F es significativo para cualquier nivel de confianza.

Se volverán a hacer los test LM para comprobar que ha desaparecido el problema de autocorrelación.

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	0.161745	0.089905	1.804083	0.1016
BAT	-0.014956	0.009537	-1.561478	0.1662
VYC	0.019610	0.008014	2.447791	0.0501
AR(1)	-0.001867	0.000227	-8.201668	0.0000
RESID(-1)	-0.071008	0.070366	-1.009115	0.3704
RESID(-2)	-0.070998	0.068725	-1.033196	0.3376
R-squared	0.040365	Mean Dependent var	16.30167	
Adjusted R-squared	0.037489	S.D Dependent var	355.7167	

Test LM con 1 retardo

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	0.903826	Probability	0.395593
Obs* R Squared	1.629029	Probability	0.201837

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 01/21/08 Time: 03:41

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	0.112403	0.185193	0.606950	0.5766
BAT	-0.001803	0.016384	0.110033	0.9177
VYC	-0.010174	0.018657	-0.545313	0.6145
AR(1)	0.719579	0.892174	0.806546	0.4651
RESID(-1)	-0.818986	0.861458	-0.950698	0.3956

R-squared	0.181003	Mean Dependent var	15.35147
Adjusted R-squared	-0.637994	S.D Dependent var	255.7157
S.E of regression	327.2755	Akaike info criterion	14.71966
Sum squared resid	428437.1	Schwarz criterion	14.82923
Log likelihood	-61.23848	F-statics	0.221006
Durbin-watson stat	2.81005	Prob(F-statics)	0.913574

Test Lm con 2 retardos

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	8.236000	Probability	0.060474
Obs* R Squared	7.607772	Probability	0.022284

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 01/21/08 Time: 03:42

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
PRECIO	0.181745	0.094923	1.914653	0.1514
BAT	-0.014955	0.009001	-1.661425	0.1952
VYC	-0.009615	0.009364	-1.026791	0.3801
AR(1)	-0.501567	0.562322	-0.891956	0.4381
RESID(-1)	-0.079080	0.478944	-0.165113	0.8794
RESID(-2)	-1.790069	0.498723	-3.589304	0.0370

R-squared	0.845308	Mean Dependent var	15.35147
Adjusted R-squared	0.587488	S.D Dependent var	255.7157

S.E of regression	164.2388	Akaike info criterion	13.27524
Sum squared resid	80923.17	Schwarz criterion	13.40672
Log likelihood	-53.73859	F-statics	3.27874
Durbin-watson stat	1.801283	Prob(F-statics)	0.178628

En esta ocasión en ambos no se rechaza la hipótesis nula de que no existe autocorrelación de ningún tipo. Por lo que el modelo ahora está completo y queda representado de la siguiente manera:

$$lce_t01 = -0,867 \text{ precio} + 7,098 \text{ Bat} + 0,106 \text{ VyC}$$

Esta es la estimación de la función de demanda mundial por LCE. Esta señala que desde un punto de vista teórico es posible modelar la función de demanda por carbonato de litio equivalente en función del precio, la demanda por litio de la industria de las baterías y la demanda por litio de la industria de vidrios y cerámicas. Esto no quiere decir que las otras industrias que demandan litio no intervengan en nada, el punto es que los cambios en la demanda dependen, según los datos disponibles, principalmente del precio y la demanda por litio de esas dos industrias.

4.2 Estimación de los costos marginales de la producción de LCE

Ahora se estimará el costo marginal de LCE de la empresa SMQ. Se utilizará como referencia ya es la empresa con la cual se cuenta con mayor información financiera de donde se puede obtener información sobre los costos u estimarlos de alguna manera coherente sin hacer supuestos que sesguen las conclusiones posteriores. Además se sabe que es uno de los líderes mundial en precios de LCE, por lo que, se supuso que si alguien esta dispuesto a competir debería, a lo menos, tener el mismo costo marginal.

La forma en que se estimará es usando nuevamente herramientas econométricas, pero será más sencillo que para calcular la demanda. Primero debemos definir una función de costos, para hacerlo más real diremos que se tienen costos fijos y costos variables. Los costos fijos no dependen de la producción y los costos variables si dependen de la producción de LCE.

$$CT(q) = CF + CV = \beta_1 CA + \beta_2 q_{lce} + \mu, \text{ donde:}$$

- β_2 son los costos marginales

- q_{LCE} es la producción de LCE de SQM.

- CA costos administrativos, que no sólo influyen en la producción de LCE y se tomaran como sueldos, arriendos que se consideraran como costos fijos.

- μ otras variables que influyen en los costos.

La información de los costos totales será obtenida con el siguiente razonamiento:

$$\text{Ventas de LCE de SQM} = P_{LCE} * Q_{LCE}$$

$$\text{Ventas} - \text{Utilidades} = P_{LCE} * Q_{LCE} - [P_{LCE} * Q_{LCE} - CT(q)] = CT(q)$$

Luego de obtener los costos totales para cada año, se procederá a una estimación econométrica de una función de costos, como se hizo anteriormente con la demanda.

Los datos para poder estimar esta función de costos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 26: Ventas, Utilidades y Costos de SQM en la producción de LCE.

	Producción Total de LCE de SQM	Precio US/ton	Utilidad de SQM por producción de LCE	Ventas Totales de la producción de LCE	Costos Totales de la producción de LCE	Costos Administrativos de SQM en la producción de LCE	(Ut Tot SQM)/(Ut Lit)
1998	12.488	1.670	10.685.108	20.854.960	10.169.852	2.095.000	0,14
1999	17.552	1.500	12.547.712	26.328.000	13.780.288	2.622.000	0,15
2000	20.600	1.500	14.237.015	30.900.000	16.662.985	2.748.000	0,21
2001	21.700	1.600	15.720.016	34.720.000	18.999.984	3.052.000	0,21
2002	22.300	1.600	14.521.888	35.680.000	21.158.112	3.241.000	0,18
2003	27.400	1.700	22.454.444	46.580.000	24.125.556	3.542.000	0,26
2004	31.200	1.930	25.502.969	60.216.000	34.713.031	4.360.000	0,21
2005	27.800	2.900	31.590.294	80.620.000	49.029.706	5.571.000	0,17
2006	30.400	4.100	50.577.000	124.640.000	74.063.000	9.758.000	0,23
2007	28.600	5.917	78.281.600	169.226.200	90.944.600	10.545.000	0,34

Fuente: Referencias 20, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47.

Para la estimación de la función de costos totales se utilizará el programa EViews, el cual estimará a través de método de MÍNIMOS CUADRADOS ORDINARIOS (MCO) los parámetros que acompañan a las variables independientes.

Los resultados que nos arroja el programa al estimar la ecuación son los siguientes:

Dependent Variable COSTOS

Method: Least Square

Date: 03/01/08 Time: 18:11

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
CA	9.150131	0.652883	14.01496	0.0000
LCE	-313.9292	146.673	-2.140359	0.0647

R-squared	0.975058	Mean Dependent var	35364711
Adjusted R-squared	0.971941	S.D Dependent var	27528191
S.E of regression	4611218.	Akaike info criterion	33.70274
Sum squared resid	1.70E+14	Schwarz criterion	33.76326
Log likelihood	-166.5137	F-statics	312.7499
Durbin-watson stat	1.602474	Prob(F-statics)	0.000000

Los coeficientes dan significativos para un nivel de confianza de un 94%. El test F da significativo para cualquier nivel de significancia. El R^2 y el \bar{R}^2 (R cuadrado y R cuadrado ajustado) tienen un valor cercano a 1 que corresponde a una buena estimación.

El problema es que ambos coeficientes debiesen ser positivos, y el que da negativo es el que representa los costos variables. Como lo que interesa es obtener el costo marginal en esta estimación, se hará la regresión sólo con el coeficiente que representan los costos variables, eliminando los costos fijos que, en este caso, significaría que los costos fijos tienen un bajo impacto en la estructura de costos de SQM y que el costo fijo más importante es la inversión (costo hundido) y su efecto se disipa a través de los años.

Los resultados de esta estimación se presentan a continuación.

Dependent Variable COSTOS

Method: Least Square

Date: 03/01/08 Time: 18:34

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	1567.640	281.4767	5.569342	0.0003

R-squared	0.362684	Mean Dependent var	35364711
Adjusted R-squared	0.362684	S.D Dependent var	27528191
S.E of regression	21976325	Akaike info criterion	36.74347
Sum squared resid	4.35E+15	Schwarz criterion	36.77373
Log likelihood	-182.7173	Durbin-watson stat	0.295476

El coeficiente es significativo para cualquier nivel de confianza. El R^2 y el \bar{R}^2 (R cuadrado y R cuadrado ajustado) son bajos lo que habla de una estimación no muy ajustada. El coeficiente de Durbin-Watson indica que existe autocorrelación.

Ahora harán las pruebas para ver si el modelo tiene algún problema de especificación.

Test de Ramsey RESET

Ramsey RESET test:

F-statics	2.782614	Probability	0.133848
Log likelihood Ratio	2.984935	Probability	0.084043

Dependent Variable COSTOS

Method: Least Square

Date: 03/01/08 Time: 21:00

Sample: 1998 2007

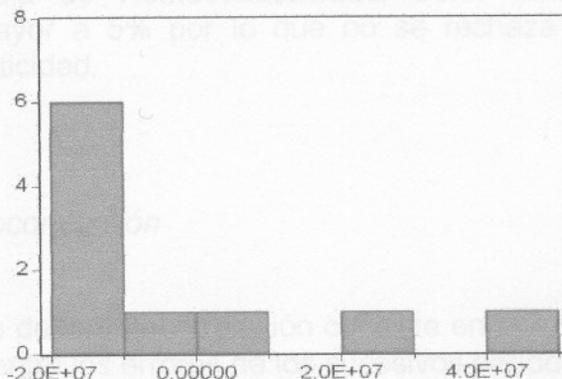
Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	-883.5611	1491.774	-0.592289	0.5700
FITTED^2	3.77E-08	2.26E-08	1.668117	0.1338

R-squared	0.527153	Mean Dependent var	35364711
Adjusted R-squared	0.468047	S.D Dependent var	27528191
S.E of regression	20077715	Akaike info criterion	36.64498
Sum squared resid	3.22E+15	Schwarz criterion	36.70549
Log likelihood	-181.2249	F-statics	8.918789
Durbin-watson stat	0.640979	Prob(F-statics)	0.017428

La interpretación del contraste es que si la probabilidad asociada a alguno de los estadísticos alternativos (Ramsey Reset test F-statistic y Log likelihood ratio) es inferior al 5%, se debería rechazar la hipótesis nula lo que indicaría que los coeficientes asociados a las sucesivas potencias de la variable dependiente no son nulos, interpretándose que la forma funcional correcta debe ser multiplicativa, no lineal. En este caso, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que el modelo debe ser, de alguna forma, lineal.

Test de Jarque-Bera



Series: Residuals	
Sample 1998 2007	
Observations 10	
Mean	-2264920.
Median	-13767595
Maximum	46110095
Minimum	-18827781
Std. Dev.	21846258
Skewness	1.383047
Kurtosis	3.440188
Jarque-Bera	3.268767
Probability	0.195073

El resultado que arroja el test es que no se rechaza la nula de normalidad de los errores, ya que nuestra probabilidad es de 19%, ya que si fuese menor al 5% cual se rechaza la hipótesis nula.

Test de White

White heteroskedasticity Test:

F-statics	0.614373	Probability	0.567774
Obs* R Squared	1.493236	Probability	0.473967

Test Equation:

Dependent Variable RESID^2

Method: Least Square

Date: 03/01/08 Time: 21:14

Sample: 1998 2007

Included Observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
C	-1.55E+14	3.12E+15	-0.049614	0.9618
LCE	5.54E+09	2.89E+11	0.019123	0.9853
LCE^2	749370.1	6393744.	0.117204	0.9100

R-squared	0.149324	Mean Dependent var	4.35E+14
Adjusted R-squared	-0.093727	S.D Dependent var	6.21E+14
S.E of regression	6.50E+14	Akaike info criterion	71.29666
Sum squared resid	2.96E+30	Schwarz criterion	71.38744
Log likelihood	-353.4833	F-statics	0.614373
Durbin-watson stat	0.922554	Prob(F-statics)	0.567774

Si la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared es menor a 5% se rechaza la hipótesis nula de Homocedasticidad, estos estadísticos tienen una probabilidad asociada mayor a 5% por lo que no se rechaza la nula, y el modelo no presenta heterocedasticidad.

F-statistic	46.20554	Probability	0.000138
Obs* R Squared	8.506510	Probability	0.003539

Test de Autocorrelación

Metho: Least Squares

El fenómeno de la autocorrelación consiste en la existencia de un determinado nivel de correlación entre los errores de los sucesivos períodos.

LCE	18.52187	422.7134	0.291423	0.3224
		1.224677	1.724204	0.0902
	-1.767091	0.420531	-2.292626	0.0248

Test LM con 1 retardo

Test LM con 1 retardo

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	46.20554	Probability	0.000138
Obs* R Squared	8.506510	Probability	0.003539

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 03/01/08 Time: 21:20

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	365.4391	126.6690	2.884992	0.0204
RESID(-1)	1.426612	0.209874	6.797466	0.0001

R-squared	0.850651	Mean Dependent var	-2264920
Adjusted R-squared	0.831982	S.D Dependent var	21846258
S.E of regression	8954771.	Akaike info criterion	35.03013
Sum squared resid	6.42E+14	Schwarz criterion	35.09064
Log likelihood	-173.1506	F-statics	45.56581
Durbin-watson stat	0.955825	Prob(F-statics)	0.000145

Como se puede observar la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared son menores a 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, el modelo presenta autocorrelación.

Test LM con 2 retardos

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	38.01357	Probability	0.000174
Obs* R Squared	9.146833	Probability	0.010323

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 03/01/08 Time: 21:21

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	18.46107	182.7330	0.101028	0.9224
RESID(-1)	1.895377	0.265675	7.134205	0.0002
RESID(-2)	-1.147261	0.500530	-2.292090	0.0556

R-squared	0.914683	Mean Dependent var	-2264920.
Adjusted R-squared	0.890307	S.D Dependent var	21846258
S.E of regression	7235462.	Akaike info criterion	34.67021
Sum squared resid	3.66E+14	Schwarz criterion	34.76099
Log likelihood	-170.3511	F-statics	37.52363
Durbin-watson stat	1.760490	Prob(F-statics)	0.000181

Acá se muestra que la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared son menores a 5%, por lo que se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, el modelo presenta autocorrelación.

Por lo que la estimación, de todos los problemas de especificación, presenta sólo autorrelación de los términos de error. Para poder corregir el problema de autocorrelación, se añadirá al modelo una nueva variable explicativa definida como AR(1) y que se supondrá igual a la variable estimada (la dependiente) desfasada un período.

Al estimar esta nueva ecuación, los resultados que entrega da el programa son los siguientes:

Dependent Variable COSTOS

Method: Least Square

Date: 03/02/08 Time: 02:36

Sample (adjusted): 1999 2007

Included Observations: 9 after adjusting endpoint

Convergence achieved after 12 iterations Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	-0.208481	569.1230	-0.000366	0.9997
AR(1)	1.311946	0.113045	11.60551	0.0000

R-squared	0.968458	Mean Dependent var	38164140
Adjusted R-squared	0.963951	S.D Dependent var	27647105
S.E of regression	5249202.	Akaike info criterion	33.97818
Sum squared resid	1.93E+14	Schwarz criterion	34.02201
Log likelihood	-150.9018	F-statics	214.9232
Durbin-watson stat	1.789867	Prob(F-statics)	0.000002

Invert AR Roots 1.31
Estimated AR Process is nonstationary

El coeficiente que acompaña a la variable LCE es negativo y su intervalo de confianza es muy pequeño así que esta estimación no nos sirve para poder terminar nuestro trabajo. Por lo que lo incluiremos una variable AR(2) que se supondrá igual a la variable dependiente desfasada dos períodos.

Al estimar esta nueva ecuación, los resultados son los siguientes:

Dependent Variable: COSTOS
Method: Least Square
Date: 03/02/08 Time: 02:43
Sample (adjusted): 2000 2007
Included Observations: 8 after adjusting endpoint
Convergence achieved after 34 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	975.6977	267.7615	3.643906	0.0148
AR(1)	2.463083	0.600346	4.102775	0.0093
AR(2)	-2.115830	1.136327	-1.861990	0.1217

R-squared	0.969959	Mean Dependent var	41212122
Adjusted R-squared	0.957942	S.D Dependent var	27892666
S.E of regression	5720213.	Akaike info criterion	33.23691
Sum squared resid	1.64E+14	Schwarz criterion	34.26670
Log likelihood	-133.9476	F-statics	80.71922
Durbin-watson stat	1.824017	Prob(F-statics)	0.000156

Invert AR Roots 1.23-77i 1.23+77i
 Estimated AR Process Is nonstationary

El nuevo modelo arroja que todos los coeficientes son significativos para cualquier nivel de confianza. El test F también muestra que la significancia conjunta es válida para cualquier nivel de confianza. El R^2 y el \bar{R}^2 (R cuadrado y R cuadrado ajustado) son muy cercanos a uno y nos indica que el modelo se ajusta casi perfectamente a los datos.

Se volverán a hacer los test LM para comprobar que ha desaparecido el problema de autocorrelación.

Test LM con 1 retardo

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	1.238631	Probability	0.328106
Obs* R Squared	1.700120	Probability	0.192272

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 03/02/08 Time: 23:03

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	1092.777	1016.291	1.075260	0.3428
AR(1)	-3.474516	3.176790	-1.093719	0.3355
AR(2)	6.513769	5.957616	1.093352	0.3357
RESID(-1)	2.720751	2.444657	1.112938	0.3281

R-squared	0.212515	Mean Dependent var	788267.2
Adjusted R-squared	-0.378099	S.D Dependent var	4760451.
S.E of regression	5588411.	Akaike info criterion	34.21714
Sum squared resid	1.25 E+14	Schwarz criterion	34.25686
Log likelihood	-132.8686	F-statics	0.359821
Durbin-watson stat	2.584291	Prob(F-statics)	0.786309

La probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared son mayores a 5%, por lo que se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación.

Test LM con 2 retardos

Breuch-godfrey serial correlation LM test:

F-statics	0.622065	Probability	0.594291
Obs* R Squared	2.167930	Probability	0.338252

Test Equation

Dependent Variable: RESID

Metho: Least Squares

Date: 03/02/08 Time: 23:04

Variable	Coefficient	Std. Error	T-statistic	Prob.
LCE	578.3243	1541.004	0.375291	0.7324
AR(1)	-1.693165	5.063926	-0.334358	0.7601
AR(2)	3.319156	9.285479	0.357457	0.7444
RESID(-1)	1.377705	3.856486	0.357243	0.7446
RESID(-2)	-0.481483	0.981514	-0.490551	0.6574

R-squared	0.270991	Mean Dependent var	788267.2
Adjusted R-squared	-0.701021	S.D Dependent var	4760451.
S.E of regression	6208732.	Akaike info criterion	34.38998
Sum squared resid	1.16E+14	Schwarz criterion	34.43963
Log likelihood	-132.5599	F-statics	0.278794
Durbin-watson stat	2.696721	Prob(F-statics)	0.875457

Se observa que la probabilidad de F-statistic y Obs*R-squared son mayores a 5%, por lo que se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación. Por lo que el modelo ahora no presenta autocorrelación. La función de costos totales por la producción de LCE, queda expresada de la siguiente manera:

$$CT(q) = 975,69q_{lce}$$

El costo marginal de producir una tonelada más para SQM es igual a US\$ 975,69 (por tonelada) que es lo que le costaría producir a SQM una tonelada adicional de LCE.

4.3 Estructuras de mercado

Para el análisis de la estructura del mercado mundial, se utilizaron diferentes indicadores que permiten determinar el tipo de mercado que se está investigando. Se explica en detalle cada indicador, su hipótesis y que datos se utilizan para llegar a una caracterización completa de este mercado. Se distingue entre indicadores de poder de mercado, rendimiento de mercado, concentración de mercado. Además, se presenta el estudio de otras estructuras como son las barreras de entrada, la diferenciación de los productos y un análisis de la demanda utilizando como herramienta de análisis las influencias de Jacquemin (Referencias 63) en organización industrial.

4.3.1 Poder de mercado

¿Cómo se puede medir el poder de mercado?. Se Procederá desde la definición matemática de utilidad:

$$\pi(q) = p(q) \cdot q - c(q) \quad / \text{ derivando con respecto a } q.$$

$$\frac{\partial \pi(q)}{\partial q} = MR(q) = p(q) + \frac{\partial p(q)}{\partial q} \cdot q = CM \quad / \text{ El lado derecho factorizamos}$$

por p

$$p(q) \left(1 + \frac{\partial p(q)}{\partial q} \cdot \frac{q}{p(q)} \right) = CM \quad / \text{ Se sabe q } \varepsilon = \frac{\partial q}{\partial p} \cdot \frac{p}{q}$$

$$p(q) \left(1 + \frac{1}{\varepsilon} \right) = CM$$

Esta última ecuación indica que tanto poder de mercado posee una firma. Si el mercado es competitivo, la elasticidad precio de la demanda es infinito ($\varepsilon = \infty$), ya que esa es la única forma que se cumpla la identidad de mercado competitivo $P=CM$ (precio igual al costo marginal, ya que en este punto la empresa no consigue utilidades). En cambio, si la elasticidad precio de la demanda es cero ($\varepsilon = 0$) la empresa tendrá mucho poder de mercado, ya que el precio será infinitamente superior al costo marginal dándole mucho poder a la empresa ya que podrá obtener utilidades infinitas. Estos casos son extremos, pero mientras más cercano a 0 o a ∞ sea la elasticidad precio de la demanda, el mercado tenderá a comportarse de la forma que indicamos anteriormente.

Como se estimó anteriormente la elasticidad precio de la demanda, en valor absoluto,

es $\varepsilon_{qp} = 0.867$ por lo que las empresas que operan en el mercado mundial del LCE tienen poder de mercado, pero se descarta un monopolio. Lo que nos lleva a concluir que el mercado mundial de LCE tiene características de Oligopolio, por el poder de mercado que tienen las empresas que participan en el, ya que ellas distan de cobrar el precio de mercado competitivo que sería (según nuestra estimación del Costo Marginal) U\$975,7 dólares por tonelada de LCE. Al contrario (según nuestras

estimaciones) cobraría, en condiciones normales de mercado¹⁶, U\$2.101 dólares por tonelada de LCE.

4.3.2 Rendimiento de mercado

Típicamente los estudios SCP miden el rendimiento de mercado usando una de la variable siguiente:

El índice Lerner o el Índice Precio-Costo Marginal

Se centra en medir el grado en que el precio maximizador de los beneficios es superior al costo marginal y se expresa de la siguiente forma:

$$L = \frac{P - CM}{P}$$

Este índice tiene un valor situado en 0 y 1. Una empresa perfectamente competitiva tiene un valor de $L=0$, mientras más cercano a 1 es el valor de L , más poder de mercado tendrá el monopolio. Reemplazando los valores que hemos estimado anteriormente en la ecuación del índice de Lerner, y el precio de la tonelada de LCE del año 2007, se obtiene:

$$L = \frac{5.917 - 975,7}{5.917} = 0.83$$

Esto indica que SQM posee un gran poder de mercado, ya que índice de Lerner es cercano a 1. Se puede concluir que el mercado mundial de LCE es un oligopolio fuerte, ya que las empresas poseen, en este momento, un gran poder de mercado. Se construyó una tabla con los índices de Lerner desde 1998, para ver la evolución del poder de mercado de SQM a través de los años.

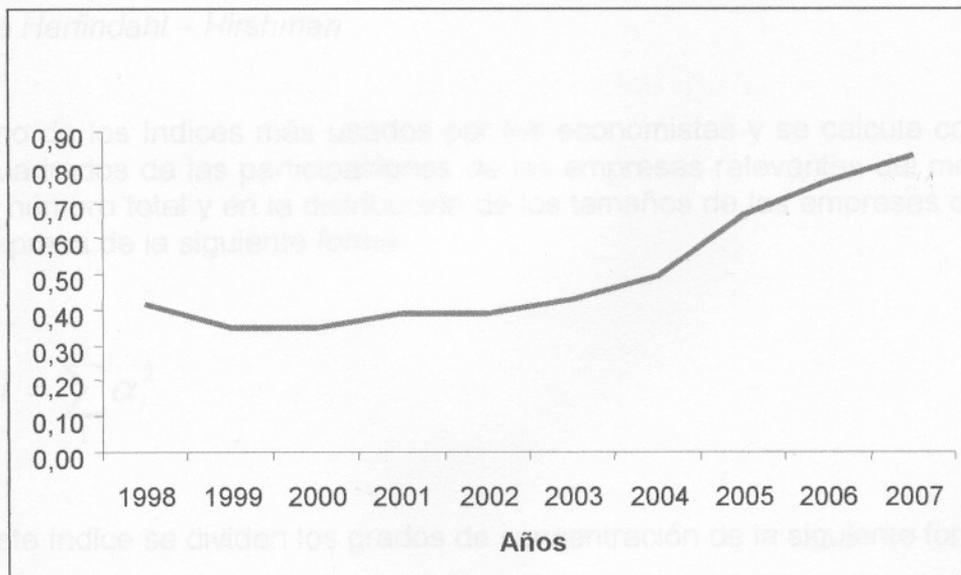
¹⁶ Sin existir ningún shock de demanda no oferta, como esta ocurriendo en este momento con la demanda por baterías o por

Tabla 27: Índices de Lerner

Año	Precio	Costo Marginal	Índice de Lerner (L)
1998	1670	975,7	0,42
1999	1500	975,7	0,35
2000	1500	975,7	0,35
2001	1600	975,7	0,39
2002	1600	975,7	0,39
2003	1700	975,7	0,43
2004	1930	975,7	0,49
2005	2900	975,7	0,66
2006	4100	975,7	0,76
2007	5917	975,7	0,84

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 26 y estimación Función de Costos Totales.

Gráfico 23: Índice de Lerner



Fuente: Elaboración propia con los datos de la tabla 27.

En el gráfico 22 y en la tabla 27, el índice de Lerner tiene una senda estable hasta el año 2003, dónde comienza un alza progresiva y se agudiza desde el 2004. Por qué el

mercado tiene comportamiento hacia monopolizarse, la respuesta se encuentra en el incremento de la demanda desde la entrada de China al mercado mundial como demandante de LCE para su mercado de baterías secundarias (Referencia 28), lo que produce un alza en el precio del LCE debido al exceso de demanda que comienza a evidenciarse desde el año 2004. Este desequilibrio externo es el que produce que el índice de Lerner suba a niveles cercanos al de un mercado monopolístico, pero bajo condiciones normales el mercado se debería comportar como entre los años 1998-2004 (que es lo que estimamos va a suceder cuando las empresas chinas entren al mercado mundial del LCE y SQM expanda su capacidad de producción), lo que representaría un poder de mercado casi justo a medio camino entre un monopolio y una competencia perfecta, *un oligopolio*.

Tabla 28: Índice HHI

4.3.3 Concentración de mercado

El concepto de concentración permite describir la acumulación de una variable dentro de una población¹⁷. También se puede entender como a la estructura de una industria, es decir, al número de empresas que existen y la forma en la cual participan dentro de ésta. Lo importante de este concepto, es que, concentración y competitividad están estrechamente relacionadas, así la concentración se asocia al monopolio, mientras más concentrado una industria su funcionamiento tiende a ser como un monopolio y mientras menos concentrado la industria más competitiva será su estructura. En otras palabras se estudiará cuan competitivo es el mercado mundial de LCE, a través de los siguientes índices:

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 17

Índice Herfindahl – Hirshman

Gráfica 24: Índice HHI

Es uno de los índices más usados por los economistas y se calcula como la suma de los cuadrados de las participaciones de las empresas relevantes del mercado, se basa en el número total y en la distribución de los tamaños de las empresas de una industria. Se expresa de la siguiente forma:

$$HHI = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2$$

En éste índice se dividen los grados de concentración de la siguiente forma:

- Si el índice es menor o igual a 1000, el mercado esta desconcentrado.

¹⁷ Cabal A., Roberto y Elizondo F., Alan. (1995) **Concentración y competencia bancaria en México: un enfoque empírico**. Revista Monetaria. Volumen XVIII, N°1. Enero-Marzo, p. 44.

- Si el índice esta entre 1000 y 1800, el mercado esta moderadamente desconcentrado.
- Si el índice es mayor a 1800, el mercado esta altamente concentrado.

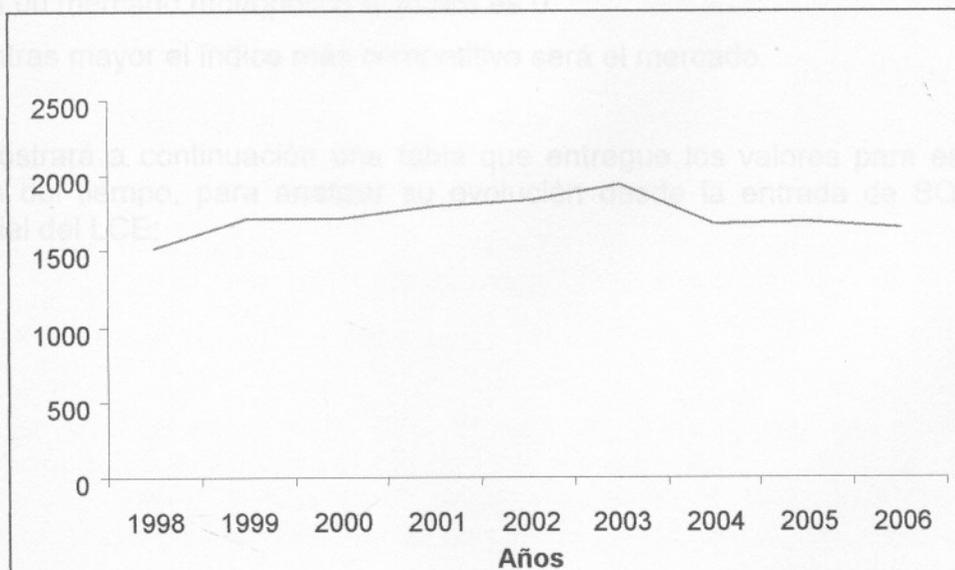
Se presentara a continuación una tabla con las empresas más relevantes para el mercado mundial del LCE con sus respectivas participaciones de mercado para calcular el índice HHI desde el año 1998, para ver como evoluciona la concentración de mercado desde la entrada de SQM al mercado mundial y cómo han afectado los shocks externos a la composición del mercado.

Tabla 28: Índice HHI

Empresa/Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	168	283	461	596	593	671	460	503	496
FMC	47	2	1	1	34	30	75	73	71
Chemetall USA (incluida SCL)	672	807	682	738	610	631	609	607	577
Sons of Gwalia	161	212	213	132	377	392	299	263	256
Empresas Estatales Rusas	146	175	148	132	0	0	94	90	86
Xinjiang Nonferrous Metals Corporation	328	231	213	190	220	206	134	147	159
HHI	1521	1710	1719	1790	1833	1931	1671	1682	1645

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 17.

Gráfico 24: Índice HHI



Este índice muestra que a través de los años 1998-2006, se muestra estable entre el rango de 1.500 y 2.000, estos valores indican que el mercado fluctúa entre ser moderadamente concentrado y altamente concentrado. Además se puede concluir que la oferta reacciona lentamente ante shocks externos, ya que, ante entrada de China al mercado mundial del LCE y crecimiento de la demanda del mercado de las baterías secundarias, las participaciones de mercado casi no se modifican, esto se explica debido a que para poder ampliar la capacidad productiva se requiere de una inversión demasiado grande y que lleva mucho tiempo tanto decidir como llevar a cabo. Si hablamos de entrar al mercado, los costos hundidos (debido a las inversiones específicas) muy altos hacen poco factible entrar al mercado en un lapso de tiempo muy corto, en este caso de aproximadamente de 5 años. Lo que permite concluir que el mercado mundial de LCE es un mercado muy concentrado, como el índice HHI muestra a través de los años.

Índice de Entropía

En las ciencias físicas la entropía se refiere al grado de desorden que tiene un sistema físico. La analogía para un mercado es que el índice de entropía muestra el nivel de imperfección que existe en el mercado que se analiza. Se representa de la siguiente manera:

$$R_e = \sum_1^n (\alpha_i \cdot \ln \alpha_i)$$

Los valores para interpretar la imperfección de mercado que entrega en índice son los siguientes:

- Para un mercado monopolístico el índice es 0.
- Mientras mayor el índice más competitivo será el mercado.

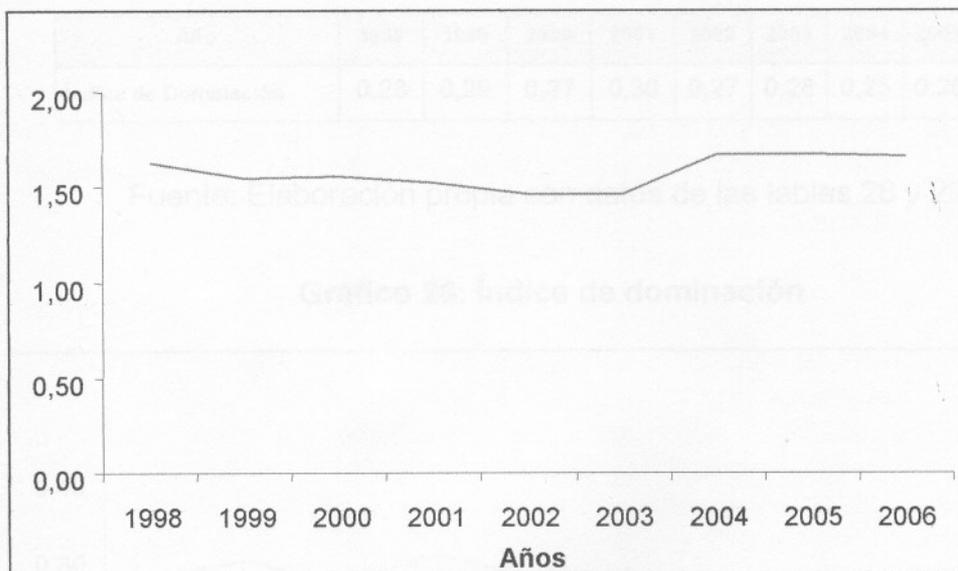
Se mostrará a continuación una tabla que entregue los valores para este indicador a través del tiempo, para analizar su evolución desde la entrada de SQM al mercado mundial del LCE:

Tabla 29: Índice de Entropía

Empresa/Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
SQM	-0,26	-0,30	-0,33	-0,34	-0,34	-0,35	-0,33	-0,34	-0,33
FMC	-0,18	-0,06	-0,05	-0,05	-0,17	-0,16	-0,21	-0,21	-0,21
Chemetall USA (incluida SCL)	-0,35	-0,36	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,34
Sons of Gwalia	-0,26	-0,28	-0,28	-0,25	-0,32	-0,32	-0,30	-0,30	-0,29
Empresas Estatales Rusas	-0,26	-0,27	-0,26	-0,25	0,00	0,00	-0,23	-0,22	-0,22
Xinjiang Nonferrous Metals Corporation	-0,31	-0,29	-0,28	-0,27	-0,28	-0,28	-0,25	-0,26	-0,26
Índice de Entropía en Valor Absoluto	1,62	1,55	1,55	1,52	1,46	1,46	1,67	1,66	1,66

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 17.

Gráfico 25: Índice de entropía en valor absoluto



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 29.

Tanto en el gráfico como en la tabla, el valor del índice de entropía fluctúa entre 1,45 y 1,7 lo que evidencia que el grado de concentración es muy alto, ya que un valor de entre 1 y 2 prueba un alto grado de imperfección del mercado y mantiene un nivel estable a través de los años. Por lo que los oferentes del mercado tienen una posición privilegiada dentro de él.

Índice de Dominación

Este índice mide cuan dominado está el mercado por la empresa más grande que opera en él. Se representa de la siguiente manera:

$$ID = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i^4}{HHI^2}$$

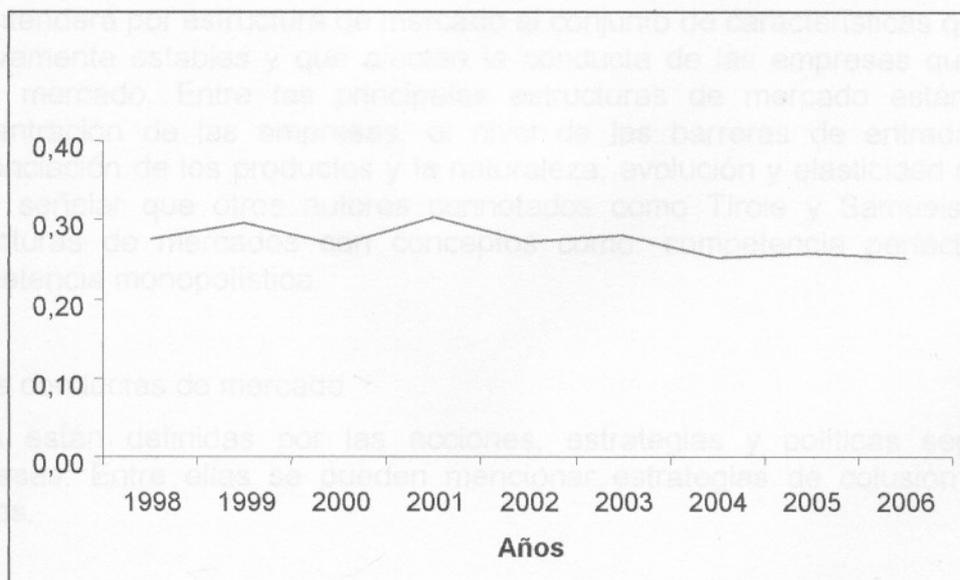
Los valores que puede tomar este índice están entre 1 y $1/n$, siendo n el número de empresas, el monopolio toma el valor 1, y mediante existan más firmas el índice se acerca a 0 (mientras más cercano a 0, más competitivo será el mercado). Se presentará una tabla que permita analizar la evolución del indicador a través de los años.

Tabla 30: Índice de Dominación

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Índice de Dominación	0,28	0,29	0,27	0,30	0,27	0,28	0,25	0,26	0,25

Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 28 y 29.

Gráfico 26: Índice de dominación



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 30.

Se puede concluir, observando la tabla y el gráfico, que el índice de dominación tiene una leve tendencia a la baja, pero manteniendo un nivel estable a través de los años. Los valores fluctúan son más cercanos a 0 que a 1, y se podrían interpretar que las empresas que participan como oferta en el mercado mundial de LCE poseen una nivel de dominancia intermedio, ni muy fuerte ni muy débil, lo que nos hace pensar que la estructura de mercado que domina es un oligopolio.

a) Economías de escala

Conclusión

Los índices antes mencionados y que se ocupan en la vida real para poder evaluar si un mercado necesita o no ser intervenido para arreglar sus fallos, han arrojado resultados que podemos interpretar como que el mercado del litio tiene fallas y no es perfecto, ni tiende a serlo. Lo que más se asemeja al tipo de comportamiento que nos muestran nuestros indicadores, es un Oligopolio, en donde unas pocas firmas mantienen una relevante posición dentro del mercado otorgándoles cierto poder sobre la demanda, que se traduce en: Barreras a la entrada y utilidades positivas en el largo plazo.

4.3.4 Estructuras de mercados según Jacquemin

Una vez utilizado los elementos clásicos de la economía industrial, esta segunda parte se enfoca en el análisis que hace Jacquemin para verificar el tipo de estructura de mercado posee el mercado mundial del litio, para poder validar y/o contrastar los resultados obtenidos anteriormente. Jacquemin estructura su análisis según tres focos principales:

1. Las estructuras de mercado

Se entenderá por estructura de mercado al conjunto de características que permanecen relativamente estables y que afectan la conducta de las empresas que participan en dicho mercado. Entre las principales estructuras de mercado están: el grado de concentración de las empresas, el nivel de las barreras de entrada, el grado de diferenciación de los productos y la naturaleza, evolución y elasticidad de la demanda. Cabe señalar que otros autores connotados como Tirole y Samuelson definen las estructuras de mercados con conceptos como: competencia perfecta, oligopolio y competencia monopolística.

2. Las conductas de mercado

Estas están definidas por las acciones, estrategias y políticas seguidas por las empresas. Entre ellas se pueden mencionar estrategias de colusión o políticas de precios.

3. Logros del mercado

Este aspecto está estrechamente ligado a los resultados económicos obtenidos por cada una de las empresas, los crecimientos anuales, los márgenes de explotación, su capacidad instalada y calidad de los productos.

a) Economías de escala

Se entenderá por economías de escala a aquella estructura de organización empresarial en la que las ganancias de la producción se incrementan y/o los costos disminuyen como resultado del aumento del tamaño y eficiencia de la planta, empresa o industria. Dados los precios a que una empresa puede comprar los factores de producción, surgen economías de escala si el aumento de la cantidad de factores de producción es menor en proporción al aumento de la producción. Las pretensiones en este punto son demostrar a través de un análisis cualitativo que las empresas logran una ventaja en costo al utilizar un modelo de negocios basado en una producción centralizada y una competencia a nivel global, es decir, que compiten sobre una base mundial y con esto obtienen ventajas económicas debido a la competencia coordinada en mercados nacionales diferentes. El por que del análisis cualitativo, se debe a la imposibilidad de contar con la información en cuanto a los costos, ya sean fijos o variables de las empresas en cuestión.

Las economías de escala y la producción centralizada se relacionan en la medida que un país es capaz de abastecer con su producción no tan sólo la demanda interna, sino que la de otros países. En cuanto al litio hay algunos casos que ejemplifican esta afirmación:

- La planta de Chemetall en Langelsheim en Alemania, no sólo satisface la demanda interna alemana por productos relacionados con litio, sino que también la de otros países europeos.
- FMC y su planta en Bromborough en Inglaterra, parte de la producción de esta se exporta a los mercados asiáticos.
- SQM mantiene una red de distribución a nivel mundial compuesta por más de 20 filiales, con oficinas comerciales, bodegas y plantas de mezclas, por medio de las que comercializa sus productos en más de 100 países. Pero su producción se encuentra localizada en Chile.

Las ventajas de competir en un mercado global para los principales actores de la industria (FMC Corp, Chemetall¹⁸ y SQM), empresas internacionales con operaciones productivas y comerciales en los principales países industrializados (Alemania, Inglaterra, Japón, Taiwan, Estados Unidos, etc.), pero se proveen de sus principales materias primas en Chile, Argentina y Estados Unidos, se encuentran en la posición estratégica que alcanzan dada esta combinación producción local - competencia global. Es así como Chemetall para competir en Taiwan, se encuentra apoyada

¹⁸ Desde 1 de Agosto del 2004, Chemetall forma parte del grupo Rockwood Specialties Group, Inc.

significativamente por la tecnología y habilidad comercial creadas en otra parte de la empresa, por ejemplo Alemania, combinado lo anterior con un sistema de producción mundial coordinado. Análoga situación para FMC en Japón y SQM en China.

b) Interdependencias de las funciones de producción

En algunas ocasiones las empresas pueden eliminar o reducir ciertos costos en la producción, la investigación, el abastecimiento o distribución mediante fusiones, acuerdos comerciales y/o alianzas entre ellas. Todas estas actividades no se ven reflejadas en los precios. Cuando existen estas interdependencias en las funciones de costos provocan incentivos perversos tendientes a aumentar la concentración del mercado, más claramente podemos notar que en un equilibrio del tipo Cournot, donde cada empresa toma sus decisiones en forma separada y simultánea, la suma de los beneficios obtenidos será menor que en el caso de planificar sus operaciones de forma que maximicen los beneficios en forma conjunta, es decir, mediante acciones cooperadoras.

Es posible observar ciertas situaciones que permiten justificar esta interdependencia entre las empresas. Algunos ejemplos son:

- Desde 1999 FMC Corp. Lithium Division ha satisfecho parte de sus necesidades por carbonato de litio a través de un acuerdo de largo plazo con SQM. De esta forma FMC centra sus esfuerzos en la producción de cloruro de litio desde el Salar del Hombre Muerto.
- A su vez, SQM también participa en el mercado del cloruro de litio, el cual se lo compra a FMC (Solminihac, 2002).
- Se estima SQM tiene aproximadamente el 15% de participación de mercado en el hidróxido de litio, el cual es *maquilado* por empresas Chinas y Rusas, a las cuales SQM provee de carbonato de litio (Solminihac, 2002).
- SQM a través de su filial SQM Salar- firmó en 2001 un joint venture con la alemana Chemetall para desarrollar y comercializar cloruro de magnesio dentro del territorio chileno y sudamericano, con proyecciones de ventas de US\$ 2,5 millones en un plazo de tres años.
- SQM y Chemetall establecieron un acuerdo de largo plazo, donde SQM compra parte de la producción de la filial alemana SCL de cloruro de potasio (co-producto del carbonato de litio).
- Sons of Gwalia tiene acuerdos estratégicos de corto y mediano plazo de venta de tantalio con Cabot Corp. una empresa química canadiense que también explota litio de un yacimiento pegmatíticos en pequeñas cantidades y H.C Starck GMBH.

Las situaciones antes descritas generan una interdependencia en las funciones de producción de las empresas involucradas, tendiendo a generar una mayor concentración de la industria.

c) Grado de concentración horizontal por empresa

Los análisis más habituales para determinar el grado de concentración del mercado en forma horizontal es estudiar aquellas empresas que producen bienes sustitutos entre sí y determinar algunos indicadores de actividades industriales como: las cuatro empresas más importantes y/o las 10 empresas más importantes conocido como el índice discreto de concentración.

El índice discreto de concentración (C_a)

Mide la proporción del mercado o de la industria detentada por las m mayores empresas ($m = 1, 2, 4, \dots, 8, \dots, 20, \dots$). Se escribe:

$$C_a = \sum_1^m \alpha_i$$

Un importante supuesto para este análisis es el hecho de considerar los datos de producción de estas empresas y no el de las ventas, debido a no contar con esta información, es decir, se estimará que toda la producción fue posible venderla. Se tomarán tres momentos de tiempo, antes de la entrada de SQM al mercado en 1997 (1994), después de la entrada de SQM (2001) y la actualidad (2006).

Un último alcance tiene relación con los productos considerados para el estudio, se considerarán las producciones de carbonatos de litio, minerales y concentrados de litio. La tabla siguiente muestra las producciones en el año 2006 de litio a nivel mundial desagregado por empresas, también se muestra la producción actual, la capacidad máxima de tratamiento y el estado del depósito. Cabe señalar que los datos están en toneladas por año de salmueras o toneladas concentrados de mineral, y no por las toneladas de litio metálico producidas.

Tabla 31: Producción de litio por empresa

Compañía/Subsidiaria	Ubicación	Fuente	Capacidad (tpa)	Producción	Estatus
Admiralty Resources	Salar del Rincón, Argentina	Salmuera	17000	17000	En Desarrollo
Chemetall Foote/ Sociedad Chiena de Litio (SCL)	Salar de Atacama, Chile	Salmuera	30000 (1)	30000 (1)	Activa
Citic/Citic Guoan Lithium Sci. & Tech.Co.	Taijinaier Salt Lake, Qinghai, China	Salmuera	*35000		Piloto
Citic/Citic Guoan Lithium Sci. & Tech.Co.	Xitai Ginar Salt Lake, Qinghai, China	Salmuera			Activa
FMC/Minera del Altiplano S.A.	Salar del Hombre Muerto, Argentina	Salmuera	17500	17500	Activa
Rockwood Specialities/Chemetall Foote	Silver Peack, NV, USA	Salmuera	30000 (1)	30000 (1)	Activa
SQM S.A.	Salar de Atacama, Chile	Salmuera	*40000	27800	Activa
Sterling group Ventures/Tibet Saline Mine	Dangxiangcuo Salt Lake, Naqu, Tibet	Salmuera	5000		En Desarrollo
High-Sciencie & Technology Co. Ltda.	Lake Zabayu, Tibet	Samuera	5000		En Desarrollo
	Salar de Uyuni, Bolivia	Salmuera			Prospecto
Avalon Ventures	Separations Rapid, Ontario, Canada	Mineral	5000		En desarrollo
Bikita Minerals Ltda.	Masvingo province, Zimbabwe	Mineral	120000	10000	Activa
Cabot Corp./Tanco	Bernic Lake, Ontario, Canada	Mineral	24000	22000	Activa
Citic/Citic Guoan Lithium Sci. & Tech.Co.	Gajika mine, China	Mineral			Piloto
CongoÉtain	Kittolo, DR Congo	Mineral			Activa
CongoÉtain	Manono, DR Congo	Mineral			Activa
Gossan Resources Ltda.	Separations Rapid, Ontario, Canada	Mineral			En Desarrollo
Keliber Resources Ltda.	Läntä, Finlandia	Mineral	*150000	150000	En Desarrollo
Sterling group Ventures/Micro Express Ltda.	Jiajika en Sichuan, China	Mineral	5000		En Desarrollo
Western Uranium Corp./Newco	Kings Valleys, NV, USA	Mineral			Prospecto
Sons of Gwalia	Greenbushes mine, Australia	Mineral	*150000	150000	Activa
	Covas do Barroso, Portugal	Mineral			Prospecto

Fuente: Referencias 2 y 7.

(1) Las producciones y capacidad de Chemetall están sumadas debido a que la empresa no quiso entregar el dato desagregado.

* Estas son capacidades esperadas en corto plazo, producto de inversiones recientes por parte de las empresas.

Tabla 32: Índice discreto de concentración para todos los productores (minerales y salmueras)

	C_a (1994) ¹⁹	C_a (1994) ²⁰	C_a (2001) ²¹	C_a (2001) ²²	C_a (2006) ²³	C_a (2006) ²⁴
La empresa mayor	24%	24%	30%	30%	22%	24%
Las 2 mayores empresas	42%	52%	47%	47%	34%	46%
Las 4 mayores empresas	70%	80%	76%	84%	64%	75%

¹⁹ Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como empresas distintas.

²⁰ Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como una sola empresa, Cyprus Foote Mineral Co.

²¹ Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como dos empresas distintas.

²² Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como una sola empresas, pertenecientes a Chemetall GMBH

²³ Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como una sola empresas, pertenecientes a Chemetall GMBH

²⁴ Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como dos empresas distintas, pertenecientes a Chemetall GMBH

Las 8 mayores empresas	98%	100%	96%	97%	96%	98%
Número total de empresas	12	11	12	11	12	11

Fuente: Referencias 2, 12, 52 y 53.

Para 1994 el 80% de la producción se concentraba en las cuatro mayores empresas (FMC Corp. Lithium Division, Cyprus Foote Mineral Co., China Xinjuang Nonferrous Metals Corporation of Mingyuan y Gwalia Consolidate). En el año 2001, el 84% de la producción se concentra en las cuatro mayores empresas (Cyprus Foote Mineral Co. es parte del grupo Chemetall). La diferencia está en que el principal productor en 1994 era FMC, quien tenía el 24% de la participación, en el año 2001 el principal productor el SQM (30%) y FMC casi no produce Carbonato de Litio, comprándose a SQM, produciendo principalmente Cloruro de Litio desde el Salar del Hombre Muerto en Argentina.

Para el 2006 los principales competidores de SQM en el mercado son FMC, Chemetall y China, siendo los principales competidores FMC y Chemetall GmbH, subsidiaria de Dynamit Nobel Aktiengesellschaft, compañías que poseen el 45% de participación conjunta de mercado en la industria de carbonato de litio. SQM ha alcanzado un liderazgo amplio con un 41% de participación de mercado, con una amplia diversificación geográfica y de clientes. También es interesante analizar sólo el mercado de las salmueras, ya que es la principal fuente actual de litio y presenta un menor número de empresas y yacimientos.

Tabla 33: Índice discreto de concentración para las salmueras (carbonato de litio y cloruro de litio)

	$C_a(1994)$ (1)	$C_a(1994)$ (2)	$C_a(2001)$ (3)	$C_a(2001)$ (4)	$C_a(2006)$ (5)	$C_a(2006)$ (6)
La empresa mayor	56%	100%	53%	53%	41%	44%
Las 2 mayores empresas	100%		81%	97%	62%	85%
Las 4 mayores empresas			100%		100%	
Número total de empresa	2	1	4	3	4	3

Fuente: Referencias 2, 12, 52 y 53.

1. Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como empresas distintas.
2. Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como una sola empresa, Cyprus Foote Mineral Co.
3. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como dos empresas distintas.
4. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como una sola empresa, pertenecientes

a Chemetall GMBH.

5. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como dos empresas distintas, pertenecientes a Chemetall GMBH.

6. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como una sola empresa, pertenecientes a Chemetall GMBH.

En 1994 el productor principal de carbonato de litio a partir de salmueras era FMC Corp., quien producía tanto en Chile como en EE.UU. Ya para el año 2001 y posterior a la entrada de SQM al mercado, el panorama cambió rotundamente. Esta última empresa tenía el 53% del mercado y la participación de Cyprus Foote Mineral Co. en 1994, pasó a Chemetall GMBH en el año 1998.

Para 2006 la situación evoluciono hacia una situación completamente nueva, los principales productores son Chemetall y SQM, la demanda por litio a nivel mundial crece año a año, los precios están aumentando lo que ha provocado inversiones para aumentar la capacidad de tratamiento de las faenas en explotación, pero además la abertura de nuevas faenas dada las condiciones actuales de mercado, como son en Zimbabwe, Argentina (Salar del Rincón), China (Tibet), etc.

Respecto a los minerales, se observa una reducción del número de empresas entre los años 1994 y el 2001, se pasa de 9 a 7. En términos generales existe una mayor concentración en el año 2001 debido a que muchas minas cerraron después de la entrada de SQM al mercado y la consecuente caída de los precios.

Tabla 34: Índice discreto de concentración para los minerales

	C_a(1994)	C_a(2001)	C_a(2006)
La empresa mayor	33%	39%	35%
Las 2 mayores empresas	55%	67%	63%
Las 4 mayores empresas	81%	91%	90%
Las 8 mayores empresas	100%		
Número total de empresa	9	7	7

Fuente: Referencias 2, 12, 52 y 53.

Índice de Herfindahl (H)

Es posible estimar la concentración de la industria utilizando otro indicador, el índice de Herfindahl, típicamente usado en los análisis de la organización industrial norteamericano²⁵. Determina la concentración como la suma de los cuadrados de las cuotas del mercado de cada una de las empresas:

$$R_h = \sum_1^m \theta_i^2, \quad \theta_i = q_i/Q, \text{ es la proporción del mercado de la empresa } i, \text{ donde } i = 1, \dots, n$$

$$\text{y } \sum_1^m \theta_i = 1.$$

Otro aspecto que hace atractivo el estudio de la concentración a través de este índice es que entrega señales respecto a la rentabilidad de la industria.

Tabla 19: Índice de Herfindahl para la industria del litio

	C _a (1994)	C _a (2001)	C _a (2006)
Productores salmuera y minerales	0,15 (1)	0,17 (3)	0,14 (3)
	0,11 (2)	0,14 (4)	0,18 (4)
Productores de salmueras	0,54 (1)	0,39 (3)	0,29 (3)
	1 (2)	0,48 (4)	0,39 (4)
Productores de minerales	0,21	0,26	0,25

Fuente: Referencia 12, 19.

1. Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como empresas distintas.
2. Considera a SCL(Chile) y Cyprus Foote Mineral Co. (Estados Unidos) como una sola empresa, Cyprus Foote Mineral Co.
3. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como dos empresas distintas.
4. Considera a SCL(Chile) y Chemetall Foote Corp. (Estados Unidos), como una sola empresas, pertenecientes a Chemetall GMBH.

²⁵ Tirole Jean, Teoría de la organización Industrial, Editorial Ariel S.A., 1990.

Es posible observar que las salmueras tienen un potencial de rentabilidad mayor que los minerales dado su mayor índice de Herfindahl. Por otro lado, hay una disminución de la concentración entre 1994-2001, esta disminución sigue aumentando hacia el 2006. En síntesis, luego de la entrada al mercado de SQM (1997-1998) y la posterior evolución del mercado han contribuido a disminuir los índices de concentración del mercado, pese a ser un mercado aún bastante concentrado. Se podría definir este mercado según la siguiente convención:

- Menores a 0,1: Mercado competitivo.
- Entre 0,1 y 0,18: Oligopolio moderadamente concentrado, como es el caso del mercado total de litio.
- Mayores 0,18: Mercado altamente concentrado, como son los casos de los mercados de salmueras y el mercado de los concentrados a partir de minerales.

En resumen se puede afirmar que para ambos índices la industria mundial del litio es una industria concentrada, por lo menos para su primera transformación, donde intervienen principalmente cinco actores: SQM, Chemetall, Sons of Gwalia y China y empresas del gobierno Ruso. La principal causa de esta concentración es la ubicación de los yacimientos económicamente rentables que impone economías de escala, típico de la industria minera. Sumado para SQM y SCL (Chemetall) su ventaja en términos de costos al operar en el Salar de Atacama.

D) Análisis de concentración vertical

Consiste en el aumento del número de procesos productivos realizados por una empresa; en este tipo existen dos formas: la progresiva y la regresiva; hacia adelante: producción y comercialización; hacia atrás: producción y generación de insumos. Es decir, la empresa mantiene actividades en más de una industria relacionada con la fabricación del producto, en este caso el litio.

Debido a que no se tiene información pública respecto al nivel de inventarios o ventas de las empresas, no es posible calcular utilizando medidas estadísticas el grado de concentración vertical. Por lo tanto, al igual que en el punto anterior, dicho análisis se realizará de manera cualitativa.

La forma en que se abordará el tema es bastante gráfica y evidencia la existencia de una concentración vertical en este mercado. Se estudiarán los productos fabricados por las principales empresas, clasificándolos según su grado de transformación.

Tabla 36: Empresa y sus productos derivados del litio.

Empresa	Recursos naturales	Primario	Básicos	Otras transformaciones
SQM	Salmuera	Carbonato de litio	Hidróxido de litio	- Butil-litio
Chemetall GMBH	Salmuera	Carbonato de litio	Cloruro de litio Hidróxido de litio	- Litio metálico Butil-litio - Alrededor de 40 productos derivados de litio: compuestos orgánicos e inorgánicos, para la industria farmacéutica, productos alcalinos, etc.
FMC Corp.	Salmuera	Carbonato de litio	Cloruro de litio Hidróxido de litio	- Litio metálico - Butil-litio - Alrededor de 80 productos derivados (orgánicos e inorgánicos)

Fuente: Referencias 12, 54, 55, 56.

Se observa por ejemplo que para Chemetall, produce carbonato de litio desde el Salar de Atacama (SCL), que transforma a cloruro de litio, luego este producto puede ser transformado en litio metálico y posteriormente en butil-litio. Igualmente para FMC Corp., que produce y compra carbonato de litio, produce también cloruro de litio, el cual trata y purifica para obtener uno de mayor calidad (pasando primero por hidróxido de litio), para luego transformarlo en litio metálico y finalmente en butil-litio.

FMC Corp. y Chemetall se han integrado verticalmente "aguas arriba" o hacia atrás, para asegurar sus requerimientos de materias primas (carbonato de litio) y así evitar posibles imperfecciones del mercado que podrían provocar precios no competitivos para sus insumos críticos, es decir, estas compañías se han convertido en su propio proveedor. Cabe señalar que las tres principales empresas que explotan las reservas de litio, es decir, SQM, Chemetall y FMC Corp., tienen alguna relación con el Salar de Atacama (la reserva económicamente más rentable a nivel mundial), SQM y Chemetall

(SCL) mantienen operaciones en el Salar y por su lado FMC Corp. mantiene un contrato de largo plazo con SQM para abastecerse de carbonato de litio.

e) Diferenciación de los productos

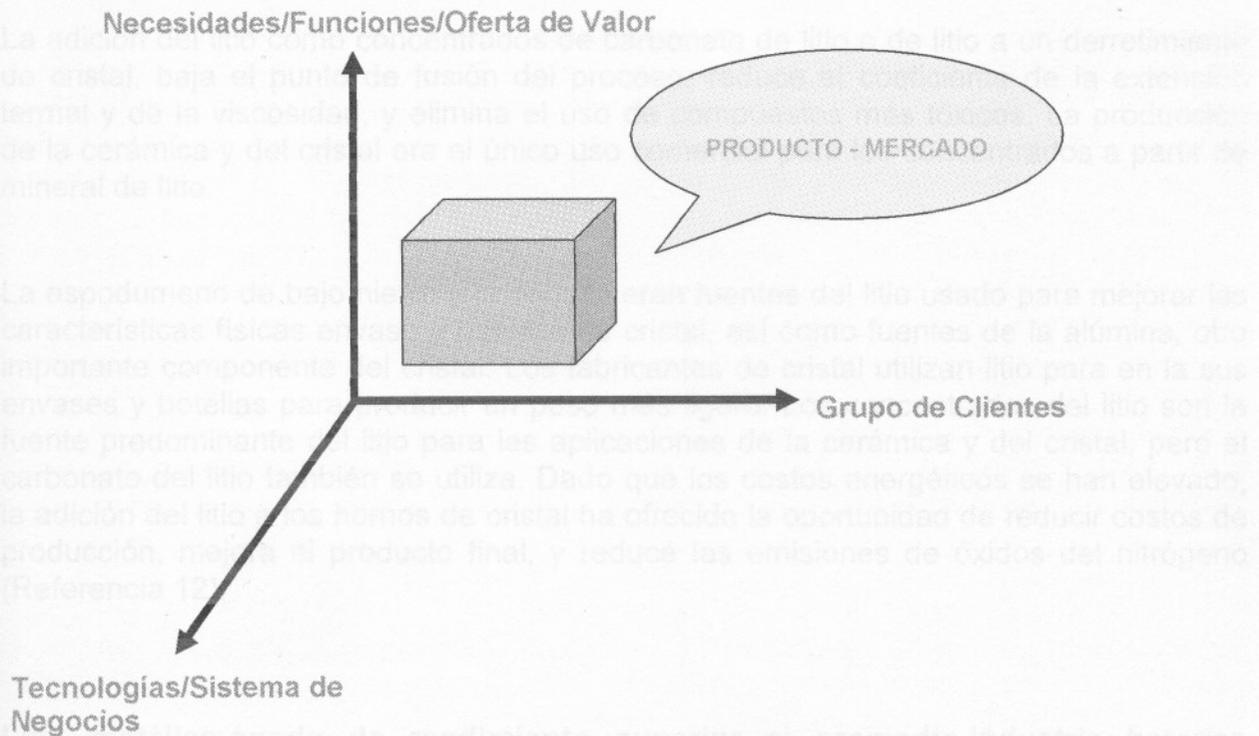
Para analizar la diferenciación de los productos se introducirá el concepto de producto-mercado utilizado por Lambin, Jean-Jacques (Marketing Estratégico, 2003), esta noción es muy adecuada para el enfoque del marketing, ya que corresponde a una unidad de actividad estratégica. El concepto presentado tiene relación con que es imposible para una organización satisfacer a todas las personas o encontrar un satisfactor esperado por todas ellas en forma homogénea. Por el contrario, lo que predomina es la diversidad fundamentalmente en torno a los problemas y a la personalidad, factores sociales y culturales de cada persona que busca así soluciones adaptadas a su problema específico y que lleva a la decisión de la segmentación desde el inicio de la organización (de su existencia), a través de la definición de la misión defiende previamente el mercado de referencia.

Para esto se debe definir el mercado de referencia en relación a la función realizada para un grupo determinado de compradores, es decir, la empresa se ajusta la realidad de la demanda y sus necesidades. Esta definición determina cuatro elementos claves en la estrategia de la empresa:

- Los clientes a satisfacer.
- El conjunto de ventajas que buscan los compradores.
- Las capacidades que es necesario adquirir y el sistema de negocio utilizado.
- Los competidores que es necesario controlar.

En resumen es posible comprender de manera gráfica el concepto de producto-mercado con la figura 2, donde cada producto-mercado queda definido una oferta de valor, que satisface las necesidades de un grupo específico de clientes y que se desarrolla bajo un sistema de negocios específico.

Figura 3: Producto-Mercado.



Se buscará a partir de la definición anterior determinar un conjunto de pares ordenados que definan los principales productos-mercados de la industria del litio y contrastar esta información con la hipótesis de homogeneidad de los productos dentro de un sector dado y evaluar si existe diferenciación explícita entre los productos. El grado de diferenciación es posible estimarlo a partir del estudio de la elasticidad cruzada de la demanda.

A continuación se presentan los principales producto-mercado, definidos por tres aristas tipo de producto (tecnología)-oferta de valor-grupo de clientes:

Carbonato de litio-eficiencia operacional-industria de cerámica y vidrio: el consumo actual de litio en cerámicas y vidrio representa cerca del 21% de volumen de ventas a nivel mundial. Para esta industria se utilizan principalmente dos fuentes de óxido de litio, el carbonato de litio y concentrados de minerales de litio.

El carbonato de litio, un polvo blanco fino, es menos soluble en agua caliente que en agua fría, no es higroscópico y es generalmente estable cuando es expuesto a la atmósfera. El carbonato de litio reacciona fácilmente con ácidos fuertes y es usado

frecuentemente para la manufactura de otras sales de litio. Se utiliza en cerámicas de vidrio, espejos de telescopios, vidrio de cocinas, envases industriales, etc.

La adición del litio como concentrados de carbonato de litio o de litio a un derretimiento de cristal, baja el punto de fusión del proceso, reduce el coeficiente de la extensión termal y de la viscosidad, y elimina el uso de compuestos más tóxicos. La producción de la cerámica y del cristal era el único uso comercial para los concentrados a partir de mineral de litio.

La espodumeno de bajo hierro y la petalita eran fuentes del litio usado para mejorar las características físicas envase y botellas de cristal, así como fuentes de la alúmina, otro importante componente del cristal. Los fabricantes de cristal utilizan litio para en la sus envases y botellas para producir un peso más ligero. Los concentrados del litio son la fuente predominante del litio para las aplicaciones de la cerámica y del cristal, pero el carbonato del litio también se utiliza. Dado que los costos energéticos se han elevado, la adición del litio a los hornos de cristal ha ofrecido la oportunidad de reducir costos de producción, mejora el producto final, y reduce las emisiones de óxidos del nitrógeno (Referencia 12).

Litio metálico-ánodo de rendimiento superior al promedio-industria baterías primarias: Una pila transforma la energía química en energía eléctrica; parte de esa energía química se transforma en calor (energía calorífica) y el resto en corriente eléctrica. En la fabricación de una pila primaria se pueden emplear diversas sustancias químicas, pero el principio que rige su funcionamiento será siempre el mismo. Así en la pila primaria, hay dos metales diferentes, o bien un metal y carbón (estos elementos son designados electrodos), y un líquido, denominado electrolito. Las pilas de litio, son el área de investigación que ha atraído una mayor investigación en los últimos años, utilizando un ánodo de litio. Debido a su alta actividad química se deben usar electrolitos no acuosos como por ejemplo sales cristalinas. Se han hecho pilas que no tienen separación alguna entre el ánodo y el cátodo líquido, algo imposible con pilas de sistema acuoso. Una capa protectora se forma automáticamente en el litio, pero esta se rompe en la descarga permitiendo voltajes cercanos a los 3.6 volts. Esto permite una gran densidad energética. Sus usos varían desde la aeronáutica, marcapasos a cámaras automáticas. Las baterías de litio presentan una mayor vida útil, mayor tiempo de almacenamiento y rendimientos superiores a las pilas convencionales.

Las ventas de la batería del litio representaron dos tercios del valor de las ventas de baterías recargables en todo el mundo y se espera que el crecimiento continúe (Referencia 95). La investigación y el desarrollo han continuado y nuevas e innovadoras configuraciones de las baterías recargables se han introducido para resolver los requisitos cambiantes de los equipos electrónicos modernos, tales como teléfonos portátiles, cámaras de vídeo y computadora portátiles. A nivel mundial, las baterías

recargables de litio accionan más el de 60% de teléfonos portátiles y el 90% de las computadoras de computadora portátiles (Referencia 56). El mercado de las baterías de litio representa aproximadamente el 20% del litio consumido a nivel mundial.

Hidróxido de litio-lubricantes con mejores propiedades-industria grasas lubricantes: Las grasas lubricantes representan actualmente alrededor del 17% de las ventas de litio a nivel mundial. La industria multipropósito de la grasa es un mercado importante para el litio actualmente. El mono-hidrato del hidróxido de litio es el compuesto usado para producir lubricantes de litio. Las grasas fabricadas a base de litio son relevantes debido a varias capacidades distintivas: permite lubricar sobre una amplia gama de temperaturas, buena resistencia al agua, a la oxidación y a endurecer. Además de la formación de una grasa estable al enfriarse después de derretirse. Estas grasas se utilizan aviones, usos automotores, industriales, marinas y militares.

Cabe señalar que se pueden utilizar el carbonato de litio, la petalita y el espodumeno para la elaboración de óxidos de litio. Por lo tanto, existe cierto grado de diferenciación entre estas tres fuentes.

Butil litio-potente catalizador-Industrias de caucho sintético, plásticos y farmacéutica: Es un compuesto usado con mayor frecuencia como un reactivo, debido a su alta reactividad, versatilidad y bajo costo. Sus aplicaciones en la industria química se han desarrollado importantemente. Estos compuestos se han convertido en valiosas herramientas para la fabricación de farmacéuticos y agroquímicos.

N-butil-litio, un compuesto orgánico del litio, es utilizado para iniciar las reacciones entre el estireno y el butadieno para formar los cauchos sintéticos resistentes a la abrasión que no requieren ninguna vulcanización. Otros compuestos orgánicos del litio son utilizados como catalizadores para la producción de plásticos, tales como polietileno. El litio metálico y los compuestos orgánicos también son utilizados como catalizadores en la producción de productos farmacéuticos, incluyendo agentes del anticolésterol, de antihistamínicos, contraceptivos, inductores del sueño, esteroides, tranquilizantes, vitamina A y otros productos. El carbonato de litio de grado farmacéutico es utilizado en el tratamiento de la psicosis maniaco-depresiva, el único tratamiento aprobado por la U.S. Food and Drug Administration, en los cuales el litio fue consumido por el paciente.

En resumen, existe un bajo grado de diferenciación de los productos primarios de litio, pese a que a partir de ellos se elaboran un sin fin de compuestos, las principales empresas productoras de litio han desarrollado productos y procesos similares, obtención de carbonato de litio o concentrados a partir de mineral de litio, con plantas de cloruro e hidróxido de litio. Además la oferta de valor en cada uno de los producto-mercado definidos presenta numerosos sustitutos y su diferenciación, es decir, aquello que hace atractivo al litio tiene relación con una utilidad secundaria, como por ejemplo su peso, reactividad, etc. Todo esto, se acentúa aún más si sólo consideramos la

industria de las salmueras de litio, donde los productos ofrecidos por las compañías son prácticamente indiferenciados entre sí.

Otra explicación para el bajo grado de diferenciación tiene relación con que dado que los costos fijos que afectan la producción de bienes y servicios, y que responden a rendimientos crecientes, contribuyen a que las estructuras de mercado sean imperfectas, reducen el número y variedad de productos que es rentable fabricar. Además M.Spencer (Referencia 25) ha demostrado que este resultado vendría agravado por ciertas características de la demanda, sobre todo su carencia de elasticidad.

Finalmente señalar la existencia de elasticidades cruzadas debido a la existencia de productos sustitutos. Un ejemplo, los concentrados de mineral y el carbonato de litio, ambos pueden ser utilizados como óxidos de litio por un cliente en particular. Esto último también es válido para el caso del litio metálico y el óxido de zinc, baterías de litio y baterías de hidruro de níquel para los automóviles eléctricos híbridos.

f) Análisis de barreras de entrada

El análisis pionero en esta materia corresponde a Bain (Referencia 12), que definía las barreras de entrada como aquello que permite a las empresas establecidas lograr beneficios extraordinarios elevando el precio por encima del nivel competitivo sin inducir a nuevas a empresas a entrar en el sector. Bain señalaba que hay cuatro factores que no permiten la eliminación de los beneficios, y que por lo tanto, perpetúan la imperfección del mercado: 1) la existencia economías de escala, 2) las ventajas absolutas de costos 3) las necesidades iniciales de capital y 4) la diferenciación del producto.

La amenaza de los nuevos entrantes depende de las barreras de entrada existentes en el sector. Estas barreras suponen un grado de dificultad para la empresa que quiere acceder a un determinado sector. Cuanto más elevadas son las barreras de entrada, mayor dificultad tiene el acceso al sector. Además de las barreas mencionadas anteriormente, otros autores señalan como barreras: el acceso a los canales de distribución y la curva de aprendizaje o experiencia.

Se considerará para el análisis de este punto, las ideas de Jacquemin, que identifica prácticamente las mismas barreras originales planteadas por Bain, exceptuando por la tercera, donde este autor plantea como barrera las disposiciones reglamentarias e institucionales que favorecen a las empresas instaladas. Este último punto se manifiesta con gran fuerza para la industria de las salmueras en Chile como veremos.

Inferioridad absoluta de los costos de producción de las empresas establecidas (Referencia)

Este punto se relaciona principalmente con las operaciones ubicadas en el Salar de Atacama, que dadas las características naturales de clima y geografía permiten tener las más altas tasas de evaporación. Sumado al hecho, de ser una de las reservas con mayor contenido promedio de litio en sus aguas (estimadas en promedio a unas 5000 ppm, con un rango entre 1000 y 7000 ppm).

Además, ambas compañías que funcionan en el salar (SCL y SQM) producen otros subproductos o coproducidos desde la misma salmuera lo cual favorece aún más su estructura de costos. Para SCL, produce como subproducto el cloruro de potasio (a partir de de las pozas residuales de silvinita) y pese a que originalmente diseñó sus operaciones en 1984 sin considerar el litio, en la actualidad el cloruro de litio es un subproducto de sus operaciones. SQM, por el contrario, desde su diseño original para el tratamiento del cloruro de potasio (proyecto MINSAL en 1995), considero obtener como subproducto carbonato de litio (ambos productos también son obtenidos a partir del proceso de la silvinita).

Ambas compañías aprovechan las sinergias provocadas por las relaciones de sus procesos productivos para la obtención de los diferentes productos, y el diseño de sus instalaciones, ya sean estas pozas o plantas de tratamiento están hechas de tal forma que fortalecen sus ventajas en costos. Es así como por ejemplo para el caso del carbonato de litio su margen de utilidades es cercano al 58% por cada tonelada a los precios actuales.

Esta suma de condiciones permiten, hoy en día, el costo más bajo de producción de carbonato de litio en el Salar de Atacama. Todo esto, sumado a la política de precios impuesta por SQM desde su ingreso al mercado dejó por fuera de la producción a FMC de carbonato de litio a partir de espodumeno en EE.UU. Las operaciones en el Salar del Hombre muerto, pese a tener dificultades en el paso, dado los precios actuales y el crecimiento de la demanda de los últimos años (un promedio de 7,4% entre 2000 y 2005, SQM 2006) se mantiene produciendo en perfectas condiciones. Un caso similar se presenta para las operaciones de Chemetall en Silver Peak, que además tiene a su favor su cercanía a los mercados y la integración con la producción de hidróxido de litio.

Con respecto a los yacimientos de pegmatitas de litio, su utilización para la producción de carbonato de litio, a comienzos de este siglo sólo se mantenía en Rusia y China. Más aún, para el caso de Australia, los bajos precios impuestos por Chile impidieron a Gwalia (1998) la puesta en producción de una planta de carbonato de litio. Con los altos precios y la expansión de la demanda existen operaciones activas en de pegantitas en Zimbabwe, Canadá, y Australia y un número importante de proyectos en desarrollo o prospectos.

En síntesis, la explotación de las materias primas ubicadas en yacimientos económicamente rentables de explotar (como es el caso del Salar de Atacama), representa una barrera de entrada natural, propia del giro del negocio minero. Si a esto

sumamos la infraestructura y coproducción tanto para SQM como para SCL, se tiene una inferioridad absoluta en los costos de estas empresas en el mercado mundial.

Disposiciones institucionales y reglamentarias

Dada la información entregada en los puntos anteriores respecto a las bondades de la explotación de salmueras de litio en el Salar de Atacama, se podría pensar que en el futuro un gran número de empresas buscará instalarse, pero dadas las condiciones actuales esto es imposible debido que SQM y Foote Mineral Co. (hoy día SCL, Chemetall) mantienen vigente un contrato de explotación de litio con CORFO que comprende la totalidad de las pertenencias mineras de interés económico del Salar de Atacama. Cabe mencionar, que aquellas pertenencias que no fueron arrendadas no están disponibles para ningún eventual tercer productor de litio en el Salar de Atacama hasta la fecha de expiración de los contratos (31 de diciembre de 2030).

Requerimientos de capital

Este punto tiene relación con la necesidad de invertir recursos financieros elevados, no sólo para la constitución de la empresa o instalaciones, sino también para conceder créditos a los clientes, tener stocks, cubrir inversiones iniciales, etc. Cualquier interesado en ingresar debe tener en consideración el alto monto de las inversiones necesarias y las dificultades posibles de financiamiento dado lo riesgoso del negocio.

Es así como cada uno de los actuales yacimientos en explotación están asociados a grandes inversiones para su puesta en marcha.

- Sociedad Chilena del litio Ltda., comenzó a operar en 1984 con una inversión de 56 MMUSD.
- Minera del Altiplano S.A. (FMC lithium Corp.) invirtió cerca de 137 MMUSD en la primera fase.
- FMC Corp., entre 1995 y 1998 para la instalación de una planta productora de cloruro de litio en la localidad de General Güemes, por un monto de inversión total de aproximadamente 50 MMUSD.
- Admiralty Resources NL's de Australia, pretende iniciar la explotación del Salar del Rincón en Argentina en julio de 2008, con una capacidad inicial de 10.000 t de carbonato de litio, 4000 t de hidróxido de litio y 3000 t de cloruro de litio, con una inversión esperada en torno a los 200 MMUSD.
- SQM, espera aumentar la capacidad de producción de 28.000 a 40.000 toneladas anuales de carbonato de litio a finales del 2008. Estas inversiones, sumado a otros proyectos de crecimiento de la compañía significarán inversiones cercanas a los 600 MMUSD.
- China ha invertido importantes recursos para incrementar su capacidad productiva en los salares ubicados en el Tibet.

En síntesis existen altas barreras de entrada para nuevos competidores, provocadas principalmente por la ubicación y características relacionadas con los yacimientos. La barrera de entrada relacionada con economías de escala, ya fue analizada en el estudio de la concentración de mercado y la diferenciación de productos fue analizada en el punto de diferenciación de productos.

g) Naturaleza, evolución y elasticidad de la demanda

El último punto a analizar para definir la estructura de mercado para el litio, es estudiar el comportamiento de la demanda en el tiempo y los factores que han provocado los cambios. Hay algunos bienes cuya demanda es muy sensible al precio, pequeñas variaciones en su precio provocan grandes variaciones en la cantidad demandada. Se dice de ellos que tienen demanda elástica. Los bienes que, por el contrario, son poco sensibles al precio son los de demanda inelástica o rígida. En éstos pueden producirse grandes variaciones en los precios sin que los consumidores varíen las cantidades que demandan. El caso intermedio se llama de elasticidad unitaria.

Se medirá la elasticidad de la demanda calculando el porcentaje en que varía la cantidad demandada de un bien cuando su precio varía en un uno por ciento. Si el resultado de la operación es mayor que uno, la demanda de ese bien será elástica; si el resultado está entre cero y uno, su demanda será inelástica.

Los factores que influyen en que la demanda de un bien sea más o menos elástica son: (1) Tipo de necesidades que satisface el bien. Si el bien es de primera necesidad la demanda es inelástica, se adquiere sea cual sea el precio. (2) Existencia de bienes sustitutos. Si existen buenos sustitutos la demanda del bien será muy elástica. (3) Importancia del bien en términos de costo. Si el gasto en ese bien supone un porcentaje muy pequeño de la renta de los individuos, su demanda será inelástica. (4) El paso del tiempo. Para casi todos los bienes, cuanto mayor sea el período de tiempo considerado mayor será la elasticidad de la demanda. (5) El precio. Finalmente hay que tener en cuenta que la elasticidad de la demanda no es la misma a lo largo de toda la curva. Es posible que para precios altos la demanda sea menos elástica que cuando los precios son más bajos o al revés, dependiendo del producto de que se trate.

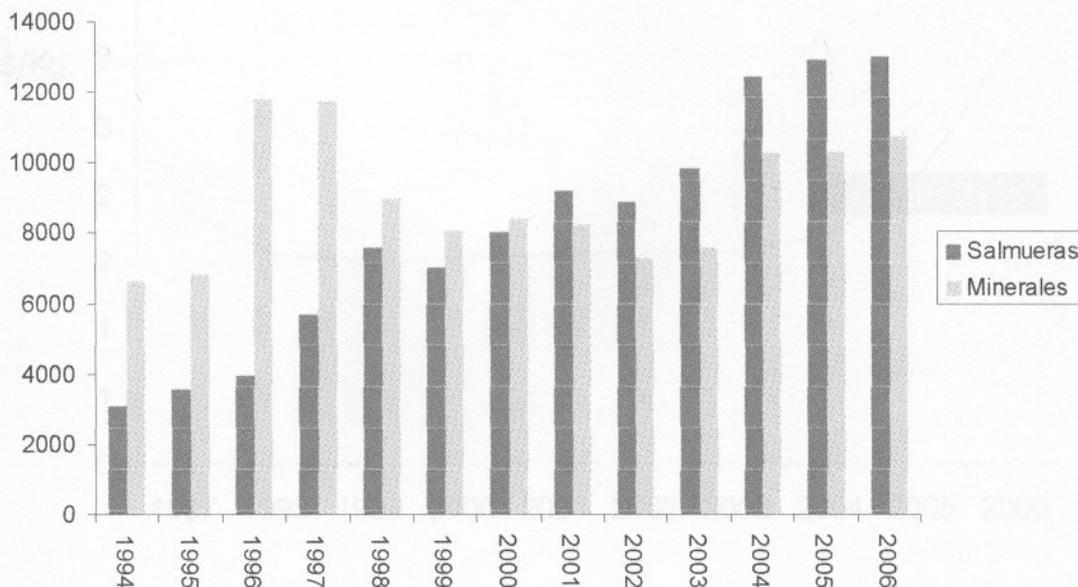
El análisis se abordará desde la perspectiva de los cambios en la producción, los precios y las participaciones de mercado de las empresas para el carbonato de litio, principal producto de litio en su primera transformación. Evolución de la producción entre los períodos 1994-2006:

La producción anual de litio ha crecido a una tasa promedio anual del 7% desde 1994. Es posible separar este crecimiento para los dos mercados relevantes (salmueras y concentrados de minerales) y por sucesos claves en los últimos 13 años.

- Los minerales entre los años 1994 y 2001 crecieron a una tasa anual del 1%, mientras que entre los años 1996 y 2001 esta tasa decreció un a una tasa promedio del -5%. La producción sigue cayendo hasta el año 2003 donde comienza la recuperación producto del alza en los precios y aumento de la demanda por litio a nivel mundial, el crecimiento anual entre 2002 y 2006 es de un 8%, mostrando claramente la recuperación del mercado. El crecimiento total promedio entre 1994 y 2006 es de un 4%. Un hecho interesante es el ocurrido entre 1996 y 1997, con producciones muy altas, esto se explica debido a la liquidación de inventarios dado que la producción de los siguientes años iba ser menor dada la entrada de SQM.
- En el caso de las salmueras, estas mostraban una producción relativamente estable hasta el ingreso de SQM, entre 1994 y 2001 crecieron a una tasa anual del 15% y un 6% entre 2001 y 2006, esta menor tasa se explica por los ajustes del mercado y la baja demanda y precios bajos entre los años 1999 y 2002. Entre 2002 y 2006 gracias a la recuperación del mercado el incremento promedio anual fue de un 8%.

La evolución de la producción se ve más clara en el siguiente gráfico (en toneladas de litio metálico):

Gráfico 26: Evolución de la producción de litio



Fuente: Referencias 2, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

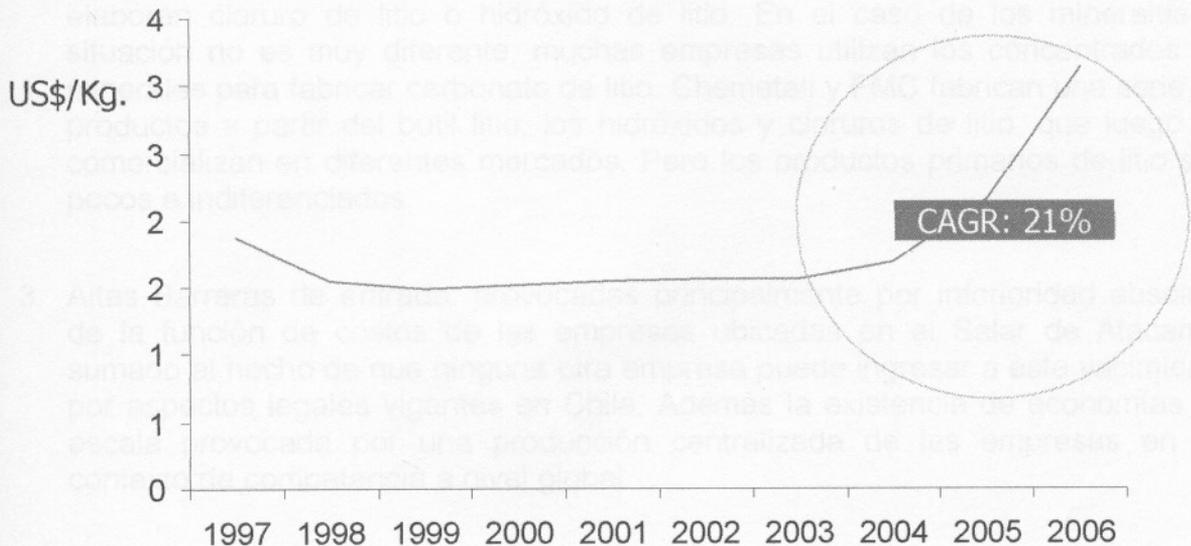
Claramente del gráfico se puede observar un efecto sustitución entre los concentrados de minerales y las salmueras, en el año 1994 las salmueras representaban el 28% de la producción total y los concentrados a partir de minerales un 72%. Esto cambió radicalmente y en 2001 las salmueras representaban el 53% del mercado y un 47% los minerales. Desde 2003 con el incremento de la demanda por litio, ambos mercados (salmueras y minerales) han crecido, en 2006 las relaciones entre ellos era de un 55% salmueras y un 45% concentrados a partir de minerales.

Evolución de los precios entre los períodos 1991-2006

El análisis de la evolución de los precios se hará para el carbonato de litio principal producto, se supondrá que como los otros productos son elaborados en su mayoría a partir de este compuesto, el precio de estos es mayor y varía en forma similar.

En el gráfico siguiente se observa la evolución de los precios, este es constantemente a la baja, pero lo interesante son dos cosas, que el efecto a la abaja se acentúa con la entrada de SQM en 1997, pero desde 2003 se recupera constantemente.

Gráfico 27: Evolución de los precios 1991-2007



Fuente: Referencia 96.

Desde 1991 el precio se mantuvo estable a la baja hasta 1996 que producto de la entrada de SQM, este cayó alrededor de un 43%. Esta gran caída en el precio es parte de un comportamiento estratégico por parte de SQM para penetrar rápidamente en el mercado, dada la tasa de evaporación (3.200 ppm al año) y la calidad de las reservas del Salar de Atacama permiten obtener costos marginales inferiores que cualquier competidor en otro lugar del mundo a las dos empresas instaladas. Luego de este shock el mercado pasó por un proceso de ajuste con precios cada vez más bajos hasta llegar a los 1,2 US\$/Kg en 2002. Desde el 2003 se viene recuperando ostensiblemente debido al aumento de la demanda llegando a un precio esperado para 2007 de 3,2 US\$/Kg.

Las principales conclusiones de este punto son:

1. Alto grado de la concentración de la industria en su primera transformación: Las cuatro empresas mayores concentran el más del 75% de la producción mundial de litio, siendo este efecto aún mayor para el mercado particular de las salmueras. Pese a que el grado de concentración ha disminuido en los últimos años, aún el mercado mundial del litio esta lejos de ser un mercado competitivo. La concentración esta causada principalmente por la ubicación y características de los yacimientos que permiten obtener ventajas comparativas para las empresas que explotan los prospectos más atractivos.
2. Bajo grado de diferenciación de los productos primarios de litio: En general los productores a partir de salmueras producen carbonato de litio, a partir del cual elaboran cloruro de litio o hidróxido de litio. En el caso de los minerales la situación no es muy diferente, muchas empresas utilizan los concentrados de minerales para fabricar carbonato de litio. Chemetall y FMC fabrican una serie de productos a partir del butil litio, los hidróxidos y cloruros de litio, que luego se comercializan en diferentes mercados. Pero los productos primarios de litio son pocos e indiferenciados.
3. Altas Barreras de entrada: provocadas principalmente por inferioridad absoluta de la función de costos de las empresas ubicadas en el Salar de Atacama, sumado al hecho de que ninguna otra empresa puede ingresar a este yacimiento por aspectos legales vigentes en Chile. Además la existencia de economías de escala provocada por una producción centralizada de las empresas en un contexto de competencia a nivel global.
4. No se aprecia atonicidad en la toma de decisiones: Al contrario que bajo la hipótesis de competencia perfecta donde existe un número muy grande de agentes donde ninguno tiene poder para afectar al mercado, el mercado del litio en su primera transformación tiene pocos competidores, esto es aún más evidente en el mercado de las salmueras donde sólo existen 3 productores y que dicho de paso es la fuente de litio más importante.

5. El mercado del litio tiene rasgos de Oligopolio Indiferenciado: donde existe un número reducido de competidores, donde algunas son dominantes o líderes. Además las empresas dependen fuertemente entre sí y son capaces de incidir en el mercado. Esta dependencia es de mayor impacto debido a lo indiferenciado que son los productos de las empresas.
6. Los productos finales de litio, ya sean baterías, cerámicas, vidrios, grasas, etc., la función que cumple el litio tiene sustitutos y sólo se diferencia por sus características secundarias como: ánodo más liviano y con mayor densidad de energía o como lubricante que funciona en un amplio rango de temperaturas, etc.
7. Entre 1994 y 2001 hay evidencia que permiten afirmar la existencia de elasticidad cruzada positiva entre las salmueras y los concentrados de minerales. Además se observa cierto grado de inelasticidad de la demanda respecto al precio, dada una disminución de un 52% en el precio y un aumento de la demanda de sólo un 15% entre 1996 y 2001. Este efecto aún no puede ser evaluado para los últimos años, debido a que producto del aumento de la demanda y la imposibilidad del mercado de reaccionar rápidamente a este aumento (típico de las industrias mineras donde las inversiones en capacidad demoran algunos años en entrar en explotación) han presionado a favor del precio del litio de origen endógeno.

5 Comportamiento competitivo de las empresas

Este capítulo pretende mostrar la situación competitiva del mercado del litio, es decir, que tipo de estrategias han seguido las empresas en los últimos 10 o más años y el desempeño económico de estas, que han definido la estructura actual de dicho mercado mostrada en el capítulo anterior.

Un punto importante es definir que se entenderá por comportamiento competitivo, este se referirá a las estrategias y políticas aplicadas por las principales empresas con el fin de posicionarse de una determinada forma en el mercado, desde las políticas de precio, integraciones, fusiones, coordinación y/o colusión. Otro aspecto relevante del comportamiento son los resultados económicos que han tenido las empresas y su evolución temporal. También es primordial recalcar la relación existente entre las estructuras de mercado y el comportamiento de los agentes. El comportamiento de los agentes a lo largo de los años va definiendo la estructura de dicho mercado y a su vez las estructuras tienen relación con el rango de acción posible de las empresas.

No existe información pública donde se detallen las políticas o estrategias que han seguido las empresas relacionadas con sus negocios de litio, es más, debido a las particularidades comentadas a lo largo de este trabajo del mercado del litio y la escasez

de información es que se realizó un importante esfuerzo por levantar información relevante y conceptualizarla en estrategias y desempeños económicos. En general los datos recogidos hacen referencia a políticas a nivel corporativo o de holding, es por esto que se revisaron publicaciones, reportes económicos, memorias anuales, entrevistas con expertos de la industria, etc., de manera de poder inferir el comportamiento seguido por los principales agentes respecto al mercado del litio.

El desarrollo del capítulo entrega en primer lugar información respecto a las estrategias seguidas por las empresas, sus logros económicos y su crecimiento en la participación de mercado, haciendo especial hincapié en la industria chilena, SQM y la industria China. Luego, se analiza la industria del litio como un oligopolio y finalmente utilizando la herramienta FODA se estudian el ambiente interno y externo a la industria chilena productora de litio.

5.1 Comportamiento de las principales empresas productoras de litio

En este punto se pretende evidenciar las principales conductas seguidas por las empresas relevantes en el mercado mundial del litio, su desempeño y estrategias utilizadas, con el objetivo de que esta información permita desarrollar focos estratégicos de crecimiento para la industria chilena.

Se consideran para este análisis Chemetall, FMC y Sons of Gwalia. SQM y la industria China reciben un tratamiento especial, la primera debido a ser una empresa de capitales chilenos (al menos en una gran proporción) y la segunda debido a su efecto futuro en las estructuras actuales del mercado del litio.

5.1.1 Resumen de las estrategias seguidas por Chemetall

La empresa Chemetall GMBH fue fundada en 1982 desde la División de “Technical Proceses” de Metallgesellschaft AG, que desde 1992 fue subsidiaria de Dynamit Nobel AG. (Referencia 12) y actualmente es parte del grupo Rockwood Holdings, que es una empresa desarrolladora, manufacturera y vendedora de tecnología avanzada, químicos especiales con alto valor agregado y materiales avanzados usados para propósitos industriales y comerciales.

Los productos que produce Rockwood Holdings, consisten primordialmente en químicos y soluciones inorgánicas y materiales ingenieriles. Éstos están a menudo hechos a pedido, para satisfacer las complejas necesidades de los consumidores y para sumar valor a sus productos finales mejorando su rendimiento, proveyendo atributos esenciales al producto, bajando los costos o haciéndolos más ecológicos.

Generalmente se compete en una amplia variedad de mercados finales, incluyendo construcción, ciencia (productos farmacéuticos y medicinales), electrónica y telecomunicaciones, tratamiento de metales e industria en general y mercados de consumo. Ningún mercado al que se provee tiene más del 16% de las ventas netas.

Operan globalmente, produciendo sus productos a lo largo de sus 88 plantas que se encuentran dispersas en 25 países, vendiendo los productos a más de 60.000 consumidores. Teniendo un número creciente de negocios, que son complementados con un diverso portafolio de negocios lo que históricamente ha generado un nivel de ingresos estable.

Sus negocios operan en los siguientes seis segmentos de mercado: Químicos de especialidad, Aditivos de rendimiento, Pigmentos de dióxido de titanio, Cerámicas avanzadas, Compuestos especiales y Electrónicos.

Tabla 37: Negocios de Rockwood Holdings

Segmento	Productos Principales	Principal Mercado Final
Químicos de Especialidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compuestos y químicos de litio. ○ Químicos para el tratamiento de la superficie de Metales. ○ Sulfuros de metales sintéticos. ○ Químicos para mantenimiento. 	Industria automotriz Industria del acero Ciencias médicas Industria aeroespacial Baterías para celulares Discos de freno Manufactura de aviones
Aditivos de Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pigmentos de óxido de hierro. ○ Productos para la protección de madera. ○ Químicos inorgánicos. ○ Espesantes orgánicos y sintéticos ○ Especialidades para piscinas, químicos de rendimiento para spa, alguicidas y herbicidas acuáticos. 	Construcción comercial y residencial Cuidado personal, manufacturadoras de papel, fundiciones. Distribuidores para productos de piscinas y lagos, lagunas y reservorios públicos.
Pigmentos de dióxido de titanio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pigmentos de dióxido de titanio. ○ Compuesto de bario. ○ Compuestos de zinc. ○ Floculantes 	Fibras sintéticas para ropa Plásticos Papel Pinturas y capas Tratamiento de aguas
Cerámicas avanzadas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cabezas y articulaciones para prótesis. ○ Cintas cerámicas ○ Herramientas de corte ○ Otros componentes cerámicos 	Medicina Sistemas mecánicos Electronica
Compuestos Especiales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compuestos altamente específicos como PVC y TPE 	Cables para la transmisión de datos y voz, empaque de comida y bebidas, aplicaciones médicas, zapatería y automóviles.
Electrónica	<ul style="list-style-type: none"> ○ Químicos de alta pureza y químicos para circuitos impresos en placas o tarjetas. ○ Máscaras de foto e imagen. ○ Servicios de reparación y reciclaje. 	Semi conductores y manufactura de circuitos impresos en placas o tarjetas

Fuente: Referencia 55

Sus fortalezas competitivas son:

Una de las mayores fortalezas que tiene esta empresa es que mantiene una posición de liderazgo en muchos de los negocios en los que participa, mostrando una solidez de las

políticas internas de la empresa en la consecución de los objetivos competitivos de la empresa, la siguiente tabla muestra los principales mercados en los cuales este holding es el principal productor:

Tabla 38: Negocios en los cuales líder Rockwood Holdings

Segmento	Producto	Posición de mercado (a nivel mundial)
Químicos de Especialidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compuestos y químicos de litio. ○ Químicos para el tratamiento de superficies metálicas y servicios relacionados. 	Líder Uno de los líderes
Aditivos de rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pigmentos de óxido de hierro. ○ Productos para la protección de madera. 	Uno de los 3 primeros Uno de los 3 primeros
Pigmento de óxido de titanio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pigmento Anastase de óxido de titanio para la industria manufacturera de fibras sintéticas. ○ Pigmentos de zinc y bario. 	Uno de los líderes Uno de los líderes
Cerámicas Avanzadas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cabezas y articulaciones para prótesis. ○ Herramientas de corte. 	Líder Líder en Europa
Compuestos Especiales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compuestos termoplásticos de gran valor agregado para el uso final de alambres y cables para la comunicación de video o datos. 	Líder en norte américa

Fuente: Referencia 55.

Otra fortaleza es que en sus mercados de especialidad existen grandes barreras a la entrada, lo que ha permitido desarrollar productos customizados que cumplen con requerimientos de rendimiento para clientes específicos, alta tecnología que permite mejorar y desarrollar productos innovadores para satisfacer las distintas necesidades de una variada gama de clientes y un sistema de ventas en el que el cliente puede precalificar un producto desarrollado que quiera usar.

Manejan una amplia base de materias primas consistentes principalmente en materias inorgánicas (no petroquímicas), de las cuales la mayoría están altamente disponibles y sus precios, que no están relacionados para nada con el giro de Rockwood Holdings, muestran una pequeña correlación negativa histórica.

Una de sus fortalezas más marcadas es que es reconocida como una empresa innovadora y líder en muchos de sus negocios debido a su alta tecnología y su enfoque total hacia el cliente. Es por esto que los productos que comercializa y desarrolla han ganado un fuerte reconocimiento mundial, lo que ayuda cuando se quiere sacar un producto nuevo al mercado. Los siguientes son los productos más renombrados del holding:

- Químicos de especialidad – Ardrex, provee un completo rango de productos globalmente reconocidos especialmente desarrollados para el uso en los programas de mantenimiento de aviones, yendo de limpiezas diarias hasta un completo mantenimiento del avión.
- Químicos de especialidad – Los productos Gardo (como Gardoclear y Gardobond), proveen un completo proceso de soluciones para todos los pasos

de tratamiento químico de superficies metálicas y que se comercializan para las aplicaciones de clientes individuales.

- Aditivos de rendimiento – Granufin, el pigmento granulado de óxido de hierro patentado, el cual provee ventajas significativas en términos de manejo del producto, consistencia del color y el fácil uso si se aplica con el sistema de dispensado Granumat.
- Aditivos de rendimiento – Preserve y Preserve Plus, los productos de tratamiento ACQ avanzado de madera biodegradable, que se introduce como alternativa a los tradicionales productos a base de arsénico, como el CCA.
- Aditivos de rendimiento – Garamite, un aditivo a base de arcilla, que es usado en la manufactura de compuestos de fibra de vidrio que provee eficiencias y mejoras en la producción del producto final.
- Aditivos de rendimiento – Cloisite, un mineral de arcilla conocido como nanoarcilla, que es utilizado en la producción de ciertos plásticos.
- Pigmentos de dióxido de titanio – Hombitan, es reconocido como el pigmento anatase de dióxido de titanio número uno del mundo para la producción de fibras sintéticas.
- Cerámicas avanzadas – Biolox, un repuesto para componentes de articulaciones.

Una vez vistas las fortalezas de esta empresa, se enfocará en las estrategias de negocios que utilizan para hacer crecer sus ventas, flujo de efectivo y utilidades. Se enumeran a continuación:

Capitalizar las oportunidades de crecimiento del mercado: Los negocios que esperan desarrollen un crecimiento son Químicos de especialidad (incremento en la demanda por productos derivados del litio en el mercado de las baterías y la industria farmacéutica), Aditivos de rendimiento (una tendencia hacia el cemento de color y otros productos relacionados con la remodelación de casas), Aditivos de rendimiento (una creciente demanda por el uso de productos de nueva generación que sirven para preservar las maderas), Pigmentos de dióxido de titanio (se pone a la venta un nuevo nano-pigmento de dióxido de titanio que se usa para proveer protección ultravioleta para plásticos y máscaras) y Cerámicas avanzadas (una tendencia de crecimiento hacia el reemplazo de plásticos y metales con cerámicas de alto rendimiento y un incremento en el uso de sustratos cerámicos para productos electrónicos).

Enfocarse en el core business: se focalizarán en los principales negocios en los que se tiene posiciones de líderes, que tengan altas tasas probables de crecimiento y altos márgenes. Fijan metas agresivas de rendimiento para todos los aquellos que diverjan de esta tendencia para hacerlos acordes con los planes generales de la compañía.

Alcanzar un crecimiento rentable a través de la adquisición selectiva: Se intentará continuar con la compra selectiva y alianzas estratégicas para fortalecer y expandir las líneas de negocios existentes e incorporar líneas de negocios complementarias.

Reducir el apalancamiento financiero: Se cree que si la generación de fuertes flujos de efectivo a partir de un crecimiento estable dentro del core bussines, reducción de costos, ganancias de productividad y mejoras en el manejo de working capital tenderá a reducir en un futuro cercano el nivel de apalancamiento.

Los costos de investigación y desarrollo alcanzaron al 1% de las ventas netas del 2006, estos costos corresponden a modificaciones y mejoras en productos actuales. Las políticas de investigación y desarrollo se basan en asignar los recursos selectivamente basados en las necesidades y requerimientos de cada línea negocio para desarrollar nuevos productos. El objetivo de la investigación y desarrollo es crear innovadoras tecnologías y químicos con aplicaciones relevantes en relación a los mercados objetivos clave., los esfuerzos están centrados tanto en el desarrollo de procesos y productos.

Los principales hitos en la historia de esta empresa son (referencia 12):

- En 1923 comienzan las actividades relacionadas al litio, con la producción de metales y sales de litio.
- En 1970 comienza la producción de litio orgánico (butil litio), actualmente produce una línea con de 80 diferentes compuestos derivados del litio.
- Entre 1996 y 1998 Chemetall comienza a abastecer al mercado asiático e invierte en una planta productora de derivados de litio en Taiwán.
- En 1998 Chemetall compra a Cyprus foote Mineral Co. en US\$305 millones inversión que le deja plantas productoras de carbonato de litio e hidróxido de litio (Silver Peak, NV) y plantas productoras de compuestos derivados de litio (Kings Mountain, NC y New Johnsonville, TN); además el acuerdo integraba la planta de carbonato de litio ubicada en Chile.
- Desde 1999, la investigación y desarrollo está enfocada en desplegar innovaciones químicas y tecnologías con aplicaciones relevantes para sus mercados claves. Estos esfuerzos están enfocados en desarrollo de procesos, que es dónde sus productos pasan de ser ideas a finalmente fabricados y el desarrollo de nuevos productos. Sin olvidar que en cada uno de nuestros negocios se desarrolla una estrategia de proyección de largo plazo con el objetivo de desarrollar nuevas competencias y tecnologías (Referencia 55).
- En Julio del 2004, Rockwood Holdings adquiere de Dynamite Nobel, los negocios de químicos especializados y materiales avanzados los cuales se enfocan en fabricar pigmentos de dióxido de titanio, para el tratamiento de superficies y químicos derivados de litio, cerámicas avanzadas y de síntesis. Considerando que la adquisición refuerza su posición de líder competitivo aumentando su habilidad para desarrollar productos y soluciones innovadoras, expandiendo el conocimiento tecnológico reduciendo a futuro la debilidad a algún commodity en particular o algún mercado final.



- Las cantidades invertidas en desarrollo de nuevos productos corresponden aproximadamente a 1% de las ventas netas, este monto ascendió en el 2006 fue US\$45 millones, en el 2005 alcanzó los US\$41 millones, en el 2004 fue US\$19 millones y en el 2003 se gastó US\$8,7 millones; en algunos casos muy especiales se fomenta el desarrollo con otras entidades como universidades, consumidores u otras entidades. Cabe destacar que las cifras antes mencionadas son de la inversión total en la empresa, pero una parte significativa tiene relación con productos derivados del litio.

En relación con sus estrategias competitivas, Chemetall ha desarrollado dos líneas. Una que es la adquisición, que es básicamente una estrategia mediante la cual se compra una proporción mayoritaria de otra empresa o de todo el capital, con el propósito que la adquirida sea una subsidiaria dentro de la cartera de negocios de Chemetall, esto ocurrió en 1998 con la compra de Cyprus Foote Mineral Co., lo que le ha permitido a la empresa contar actualmente con alrededor del 44% del mercado de las salmueras. Esta adquisición horizontal permitió aumentar su fuerza en el mercado, aumentando su capacidad productiva, general economías de escalas y sinergias comerciales.

El acceso a los mercados europeos y asiáticos, lo ha hecho vía un crecimiento interno, es decir vía una política de inversiones, es así como ha construido la planta de Taiwán y su planta de Europa.

5.1.2 Resumen de las estrategias seguidas por FMC Corp.

En 1980 se pone en operación una planta, en Inglaterra, que produce cloruro de litio, litio metal y butil litio para los mercados de Europa y Medio Oriente. En 1985 la compañía adquiere Lithium Corporation of America (Lithco), en esa época el mayor productor mundial de litio y forma un joint venture con Honjo Chemical Company para producir compuestos derivados del litio para el mercado asiático. En 1994 FMC desarrolla un nuevo yacimiento de litio en Argentina, la planta esta lista para producir en 1997 en el Salar del Hombre Muerto. A partir del 2001 la empresa comienza el desarrollo de innovación en todas sus líneas productivas pero con una clara preferencia sobre su negocio de productos agrícolas, manteniendo casi constante los esfuerzos de desarrollo en el área de químicos especializados (donde el litio ocupa un 30% de la participación) con una inversión de US\$15.9 millones en el 2001, US\$16.6 millones el 2002, US\$16.1 millones el 2003, US\$15.1 millones en el 2004, US\$15.1 millones en el 2005 y US\$15 millones en el 2006.

FMC es una compañía química mundial que provee innovadoras soluciones, aplicaciones y productos de mercado a una gran gama de mercados finales. Opera en tres distintos segmentos de negocio: Productos agrícolas, químicos de especialidad y químicos industriales. La tabla siguiente muestra los principales productos producidos en los tres segmentos de mercado.

Tabla 39: Segmentos y productos de FMC

Segmento de mercado	Productos	Usos
Productos Agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Insecticidas ○ Herbicidas 	<p>Protección de cosechas (incluye maíz, algodón, cereales, frutas, vegetales, caña de azúcar, haba de sojas)</p> <p>Protección de cosechas (incluyendo arroz, maíz, caña de azúcar, cereales, vegetales, algodón)</p>
Químicos de Especialidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ Celulosa microcristalina ○ Carrageenan ○ Alginates ○ Litio 	<p>Ingredientes para comidas, tabletas para la desintegración.</p> <p>Ingredientes para comidas para estabilización y espesura.</p> <p>Ingredientes para comidas, excipiente farmacéutico, cuidado de heridas y usos industriales.</p> <p>Farmacéutica, polímeros, baterías, grasas y lubricantes, aire acondicionado y otros usos industriales.</p>
Químicos Industriales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Soda cáustica ○ Peroxigenos ○ Químicos fosfóricos 	<p>Vidrios, químicos y detergentes.</p> <p>Pulpa y papel, procesamiento químico, detergentes, desinfectantes, aplicaciones medioambientales, electrónica y polímeros.</p> <p>Detergentes, compuestos de limpieza y comida para animales.</p>

Fuente: Referencia 56.

Tiene operaciones productivas con plantas e infraestructura a lo largo del mundo que permiten responder rápidamente a las necesidades de clientes en cualquier parte del mundo, así si en alguna región el panorama económico es malo, en alguna otra región

es bueno, por lo que se trata de compensar los ingresos y mitigar costos de la volatilidad financiera.

La estrategia corporativa de FMC se divide en tres grandes ramas que permiten balancear la innovación y el crecimiento dentro de los negocios de químicos de especialidad y productos agrícolas, y generar grandes flujos de efectivo en el segmento de químicos industriales. Las ramas se presentan a continuación:

Encontrar el mejor grado de apalancamiento del negocio: Con esto intentan maximizar el crecimiento de los ingresos y el retorno sobre el capital manteniendo la posición líder en el mercado, reduciendo costos y manejar prudentemente los activos.

Mantener una estrategia financiera flexible: Después de un refinamiento financiero el 2005 fijaron el objetivo de estructura de capital de mantener una fuerte liquidez y mantener un continuo acceso al mercado de capitales, bajando los costos financieros después de impuestos a lo largo de toda la empresa y proveer flexibilidad a las nuevas propuestas corporativas. También se estableció un perfil crediticio por grados de inversión a través de mejoras en la liquidez y una reducción significativa en el nivel de deuda.

Enfocar el portafolio de inversiones en negocios con gran potencial de crecimiento: El objetivo es alcanzar el máximo crecimiento mientras se continúan generando retornos sobre el costo de capital. Con esto, se intenta enfocar en construir el corazón de una franquicia alimenticia, farmacéutica, de almacenamiento de energía, de protección de cosechas y control de pestes no agrícolas. El desarrollo interno continuará siendo un elemento clave de la estrategia de crecimiento.

Litio

El litio es un negocio tecnológico integrado basado tanto en productos químicos inorgánicos e inorgánicos. Estos compuestos derivados de litio se venden en una gran cantidad de mercados finales, pero se enfoca principalmente en selectos nichos con gran potencial de crecimiento, tales como químicos finos para la síntesis farmacéutica, polímeros especiales y almacenamiento de energía.

El negocio del litio se divide en tres ramas, que se explicarán a continuación:

Ingredientes de Comidas: El negocio de los biopolímeros sirve al mercado TSPS (textura, estructura y estabilidad física) de ingredientes alimenticios. Los ingredientes TSPS tienen propiedades físicas para espesar y estabilizar las comidas. Hay muchos tipos de ingredientes TSPS presentes en un variado rango de comidas (pan, carnes y otros productos). Esta industria está dispersa geográficamente, pero los mayores ingresos provienen de Europa, Norte América y Asia.

Excipientes farmacéuticos: el negocio de los biopolímeros vende al segmento de formulación química del mercado farmacéutico. Los principales mercados finales incluyen capas y colores, artículos de relleno, resguardos provisionales, saborizantes y endulzantes, desintegrantes y otros. También suplen alginatos, MCC y carboximetilcelulosa para los mercados de cuidado bucal, cosméticos y cuidado de salud.

Especialidades de Litio: El litio es un metal muy versátil con muchos mercados finales incluyendo cerámicas y cristales, producción de aluminio, industria farmacéutica, polímeros y baterías recargables y desechables. Producen una larga variedad de derivados de litio, desde el commodity carbonato de litio hasta compuestos altamente especializados como compuestos organolíticos y materiales catódicos para baterías.

La siguiente tabla resume los principales mercados para varios productos derivados del litio

Tabla 40: FMC y sus productos de litio

	Inorgánicos Primario	Inorgánicos Especiales	Baterías	Organometales	Intermedios
Químicos Finos (Productos farmacéuticos y agrícolas)	X		X	X	X
Polímeros (Elastómeros, gomas sintéticas, capas industriales)			X	X	X
Almacenamiento de Energía (Baterías no recargables, baterías de ión-litio recargables)	X	X	X		
Otros (Vidrios y cerámicas, grasas y lubricantes, tratamiento de aire, tratamiento para aguas de piscinas)	X	X			

Fuente: Referencia 56

5.1.3 Resumen de las estrategias seguidas por Sons of Gwalia

El negocio de minerales avanzados tiene como principales participantes a las minas de Wodgina y Greenbushes las cuales son las dos minas más grandes de tantalio en el mundo. Juntas tienen la capacidad de producir cerca del 50% del concentrado de tantalio del mundo. La producción de concentrado de litio desde la mina Greenbushes ha crecido para convertirse en un importante segmento para el negocio del grupo. Estos negocios son la base en la que los administradores y directores deben velar por mantener o reestructurar con el fin de proveer oportunidades clave para generar valor para los accionistas.

Dentro de este negocio de minerales avanzados, es el core business, que está centrado principalmente en Sons of Gwalia y que sus operaciones principales son la obtención y procesamiento de tantalio, litio y estaño. Las ventas de tantalio se hacen a dos compañías procesadoras de nivel mundial, que son Cabot Corp. y H.C Starck GMBH. Históricamente el grupo ha entrado en contratos de oferta de largo plazo fijando tanto el precio como la cantidad. Las ventas de litio se hacen a varios consumidores a nivel mundial a través de contratos de corto y mediano plazo.

Entre muchos proyectos de inversión, se pueden destacar U\$ 10 millones que se destinaron a mejoras en la mina de Wodgina incrementando el rendimiento a través de la renovación de su maquinaria, con el objetivo de mantener la mina operativa a un futuro de 10 años siendo una de las líderes mundiales en la producción de tantalio. También se pueden destacar U\$ 4 millones que se han aplicado a las faenas de exploración, de los cuales U\$ 2,7 millones se destinaron a la exploración de nuevas vetas de oro tanto en Wodgina, pero se incrementó el gasto para buscar otras vetas de litio en Greenbushes.

Durante el año 2006 se llevó a cabo una reestructuración operacional, gracias a la flexibilidad que brindan los contratos de proveedor de tantalio, lo que se cree proveerá una maximización del flujo de efectivo y del valor de la empresa, y una oportunidad para mantener y atraer nuevos consumidores. El resultado de esta reestructuración ha sido la maximización de la producción de tantalio con un menor costo en la mina de Wodgina y se planea expandir la producción de litio para satisfacer la creciente demanda.

Se presentará a continuación el estado de resultados de Sons of Gwalia para el 2006:

Algunos hechos importantes en la historia de Sons of Gwalia

En 1980, el depósito de espodumeno fue identificado durante las intensivas perforaciones programadas para obtener el tantalio, que uno de los principales pilares de Sons of Gwalia. A partir de 1983 el mineral de espodumeno comienza a ser explotado y para 1985 se desarrolló una planta con una capacidad de 30000 toneladas por año. Entre los años 1993 y 1994, la planta fue expandida a 100000 toneladas por año y a

Tabla 41: Ingresos y Flujo de Efectivo de Sons of Gwalia

	2006	Proyectado 2007 (primeros 6 meses)
EBIT		
Gold	11.125	-
Minerals	(18.206)	7.208
Corporate & Exploration	(34.896)	(2.493)
Total EBIT	(41.977)	4.715
Cashflow		
Gold	20.190	-
Mineral	8.850	19.494
Capital	(27.617)	(1.242)
Desarrollo de minas	(38.093)	(568)
Corporate & Exploration	(53.371)	(10.239)
Sub Total	(90.041)	7.445
Movement in Capital Working	32.095	(5.615)
Movement in Borrowings	53.989	5.000
Flujo efectivo del Grupo	(3.957)	6.830

Fuente: Referencia 72.

El EBIT y el flujo de efectivo de los minerales avanzados has sido impactado negativamente por el incremento de los costos en la minería del oeste de Australia que se debe a la disminución de la ley media del mineral. El beneficio económico depende de cuan costoso es remover los desechos para acceder al mineral, lo que ocurre es que en estos momentos se requiere remover gran cantidad de desechos para acceder al mismo nivel de mineral, lo que impacta en los costos de producción de las minas.

Algunos hechos importantes en la historia de Sons of Gwalia:

En 1980, el depósito de espodumeno fue identificado durante las intensivas perforaciones programadas para obtener el tantalio, que uno de los principales giros de Sons of Gwalia. A partir de 1983 el mineral de espodumeno comienza a ser explotado y para 1985 se desarrolló una planta con una capacidad de 30000 toneladas por año. Entre los años 1993 y 1994, la planta fue expandida a 100000 toneladas por año y a

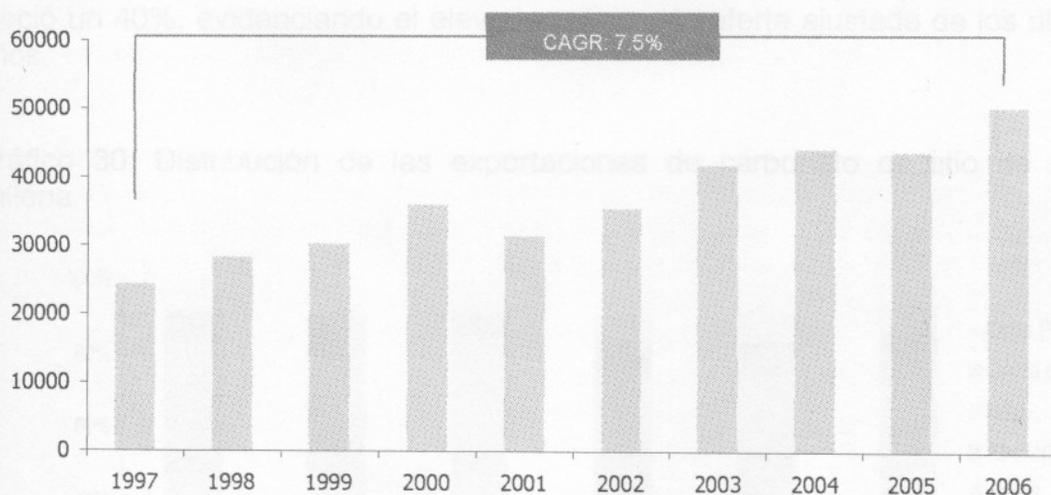
partir de 1997 la planta sufre una nueva expansión hasta las actuales 150.000 toneladas por año. En el año 2005 se iniciaron operaciones de exploración inicialmente para encontrar nuevos depósitos de oro, pero que se extendieron para el tantalio y para el litio por US\$4 millones.

5.2 Desempeño general de la industria chilena

Con el objetivo final de estudio en cuanto a definir focos estratégicos de crecimiento para la industria nacional, es necesario conocer en primer lugar su desempeño en los últimos años.

Por otro lado la industria chilena productora de litio se ha transformado desde un actor menor hasta mediados de los años 90', a ser el principal país productor de litio en su primera transformación actualmente.

Gráfico 28: Producción de carbonato de litio de la industria chilena en toneladas de carbonato de litio.



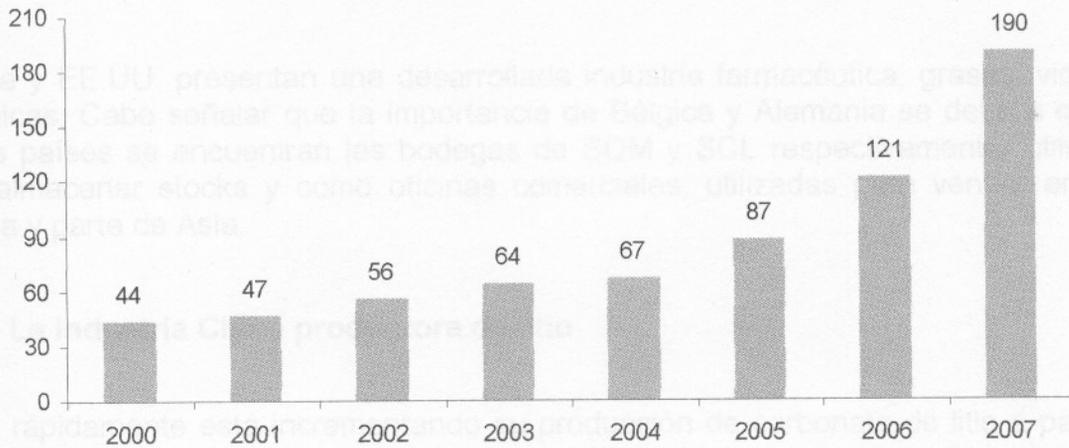
Fuente: Referencia 64.

Se puede apreciar que prácticamente se duplicó la producción nacional de carbonato de litio en 10 años, el 2006 fueron 50.035 toneladas de carbonato de litio exportado y 1997 fueron 24.246 toneladas.

En cuanto a la distribución espacial de las exportaciones se puede señalar que el principal cliente es Japón, debido a la importante industria de las baterías de litio que se desarrolla allí. Así mismo, países como China y Corea del Sur, cada vez están tomando mayor relevancia de acuerdo a la tendencia de crecimiento del uso de baterías de litio

Gráfico 29: Ingresos (FOB) de carbonato de litio de la industria chilena.

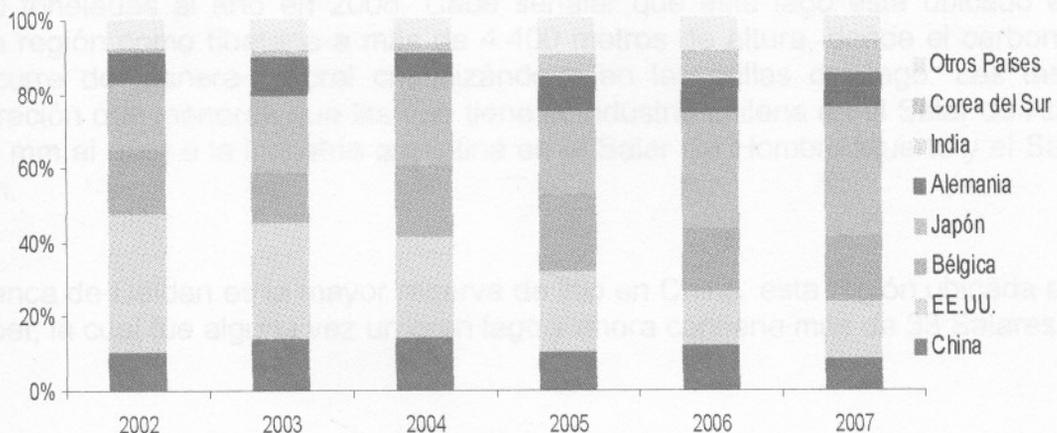
Millones
US\$



Fuente: Referencia 65.

En cuanto a los ingresos percibidos por la industria, estos han llegado a máximos históricos alcanzando aproximadamente 190 millones de dólares en 2007. Se puede notar que los ingresos crecieron 4,32 veces en ocho años y la producción solamente creció un 40%, evidenciando el elevado precio y la oferta ajustada de los últimos cinco años.

Gráfico 30: Distribución de las exportaciones de carbonato de litio de la industria chilena.



Fuente: Referencia 65.

En cuanto a la distribución espacial de las exportaciones se puede señalar que el principal cliente es Japón, debido a la importante industria de las baterías de litio que se desarrolla ahí. Así mismo, países como China y Corea del Sur cada vez están tomando mayor relevancia de acuerdo a la tendencia de crecimiento del uso de baterías de litio

en artículos electrónicos. Finalmente se debe mencionar que países como EE.UU. pierden importancia relativa a manos de países emergentes y sus industrias pujantes.

Europa y EE.UU. presentan una desarrollada industria farmacéutica, grasas, vidrios y cerámicas. Cabe señalar que la importancia de Bélgica y Alemania se debe a que en dichos países se encuentran las bodegas de SQM y SCL respectivamente, utilizadas para almacenar stocks y como oficinas comerciales, utilizadas para vender en todo Europa y parte de Asia.

5.3 La industria China productora de litio

China rápidamente está incrementando su producción de carbonato de litio a partir de salmueras y se está transformando a pasos agigantados en un actor relevante dentro del mercado mundial del litio, es más, si durante fines de los 90's SQM cambió la estructura y el comportamiento del mercado, durante los próximos años China lo hará.

Pero los recursos identificados no son muy importantes, cuentan solamente 1.000 millones de toneladas.

Existen principalmente tres depósitos de interés en salares (Referencia 23):

- El Salar de Taijinaier en la cuenca de Qaidan, en la provincia de Qinghai, al norte del Tibet..
- El Salar de Dangxiongcuo (DXC) en el sur-oeste del Tibet..
- El Salar de Zhabuye en el este del Tibet.

Otro factor que se debe considerar en estas operaciones extractivas de salmueras es

En agosto de 2005 la producción en el Salar de Zhabuye había comenzado con una capacidad de 5.000 toneladas al año, incrementando su producción hasta alcanzar las 20.000 toneladas al año en 2008. Cabe señalar que este lago esta ubicado en una remota región como tibetana a más de 4.400 metros de altura, donde el carbonato de litio ocurre de manera natural cristalizándose en las orillas del lago. Las tasas de evaporación que menores que las que tiene la industria chilena en el Salar de Atacama (3.200 mm al año) o la industria argentina en el Salar del Hombre Muerto y el Salar del Rincón.

La distancia que separa al Salar de Zhabuye de la costa es solo de 30 Km. En el caso de los recursos ubicados en el Salar de Taijinaier, se está evaluando la posibilidad de traer el concentrado con todos estos de su zona en camiones desde el salar.

La cuenca de Qaidan es la mayor reserva de litio en China, esta región ubicada al norte del Tibet, la cual fue alguna vez un gran lago y ahora contiene más de 33 Salares.

2004 Inauguró una planta piloto de cloruro de litio (LiCl) y carbonato de litio con capacidad de 500 toneladas al año en el Salar de Taijinaier que durante el 2005 entró en funcionamiento a escala industrial.

2005 La empresa CITIC Guopan inicia su plan estratégico de expansión, la primera etapa comienza en el Salar Xitajinaier en la provincia de Qinghai, proyecto de desarrollo de recursos de litio. La empresa instaló una línea de producción de carbonato de litio de 10.000 toneladas anuales. Esta nueva línea se construyó en paralelo a otra línea de fertilizantes (potasio y sulfato de magnesio) que también entraron en la producción durante el 2005. Es interesante notar que la fauna tiene

Figura 4: Salar de Dangxiongcuo, Tibet.



Fuente: Referencia 23.

Este Salar tiene una concentración de alrededor 400 mg/l o 0,04%, con una razón Mg/Li igual a 0,22, lo que desde el punto de vista de la operación de extracción es atractiva. Pero los recursos identificados no son muy importantes, contiene solamente 1.000 toneladas de cloruro de litio y en cuanto al carbonato de litio, con una recuperación eficiente cercana al 50%, la producción total esperada es del orden de 400.000 toneladas. El Salar esta ubicado a 4.400 metros sobre el nivel del mar y a unos 640 Km. de la planta de procesamiento. La compañía canadiense Sterling Group Ventures comenzará su explotación en 2009 con una capacidad de 5.000 toneladas al año.

Otro factor que se debe considerar en estas operaciones extractivas de salmueras es que es al ser un recurso líquido mucho del volumen transportado corresponde a agua, por ejemplo en Chile, después de la concentración en las piscinas o pozas solares, la salmuera de litio es bombeada a cisternas y transportada 250 Km. hasta la planta de tratamiento. En estas plantas el concentrado es tratado con soda cáustica para precipitar carbonato de litio sólido, el transporte de salmuera de litio en camiones cisternas es un proceso bastante ineficiente considerando que sólo el 6% (en peso) del concentrado es litio. Algo similar ocurre en Argentina en el Salar del Hombre muerto, pero la distancia que recorre el concentrado es solo de 50 Km. En el caso de los recursos ubicados en el remoto Tibet, se está evaluando la posibilidad de tratar el concentrado con soda antes de su viaje en camiones desde el salar.

2004. Inauguró una planta piloto de cloruro de litio (LiCl) y carbonato de litio con capacidad de 500 toneladas al año en el Salar de Taijinaier que durante el 2005 entró en funcionamiento a escala industrial.

2005. La empresa CITIC Guoan inicia su plan estratégico de expansión, la primera etapa comienza en el Salar Xitaijinaier en la provincia de Qinghai, proyecto de desarrollo de recursos de litio. La empresa instaló una línea de producción de carbonato de litio de 10.000 toneladas anuales. Esta nueva línea se construyó en paralelo a otra línea de fertilizantes (potasio y sulfato de magnesio) que también entraron en la producción durante el 2005. Es interesante notar que la faena tiene

bastante similitudes con la del Salar de Atacama, donde las empresas que explotan el Salar, no sólo extraen carbonato de litio, sino que también productos fertilizantes, yodo y potasio.

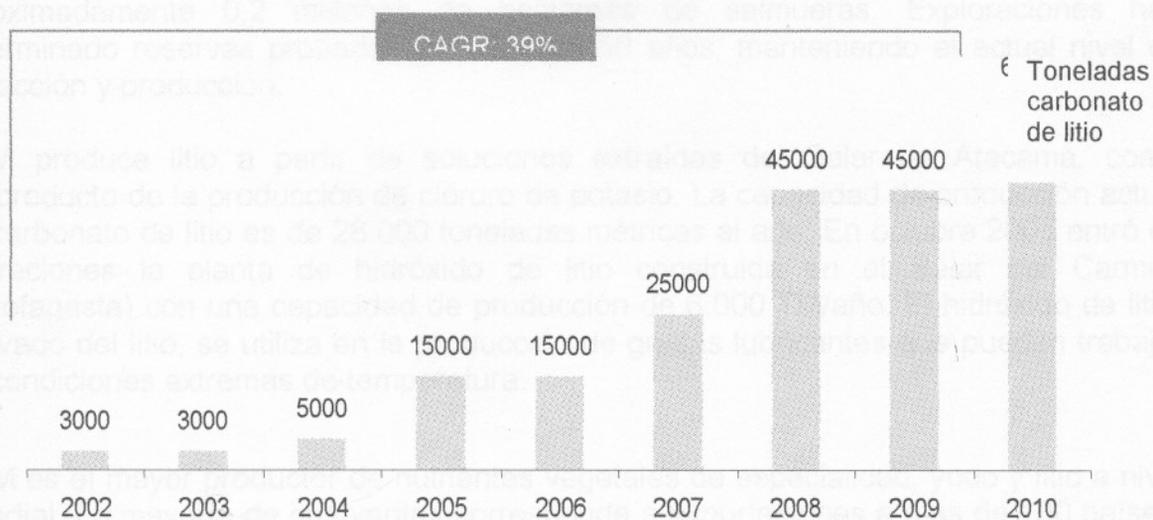
A finales de 2005, CITIC Guoan inició la construcción de una planta con capacidad para tratar 35.000 toneladas al año de carbonato de litio, con el objetivo de explotar las reservas de litio en el Salar Xitai Ginar en la provincia de Qinghai. La producción fue programada para comenzar en 2008.

2006. Una característica interesante de la producción mundial de litio es la posible aparición de China como principal proveedor. El éxito en el desarrollo de la tecnología para extraer litio de salmueras con alto magnesio ha dado lugar al inicio de la producción de carbonato de litio de los salares en las provincias de Qinghai y el Tíbet. La capacidad productiva llegará a 45.000 toneladas considerando todos los proyectos previstos.

2007. La empresa CITIC Guoan Scientific and Technical Co. inauguró oficialmente su planta con capacidad anual de tratamiento de carbonato de litio de 35.000 toneladas en Golmud, Qinghai y que alcanzara su producción de diseño durante el 2008, esta planta es por lejos la mayor del mundo, superando a las 28.000 toneladas al año que trata la planta de SQM ubicada cerca del Salar del Carmen en Antofagasta.

CITIC Guoan no es una minera tradicional, es la principal accionista del holding MGL, el mayor fabricante de cátodos de LiCoOx para baterías de ion-Li., por lo tanto existen sinergias y economías de escala entre la producción de carbonato de litio y la manufactura de baterías, que para CITIC se traduce en un cliente permanente y para MGL abastecerse de un insumo clave a en favorables condiciones.

Gráfico 31: Capacidad productiva anual China.



Fuente: Elaboración propia con datos de referencia 24, 28 y 97.

El gráfico anterior evidencia la veloz evolución e incremento de la capacidad productiva instalada en China que entre 2002 y 2010 crecerá a una tasa promedio anual del 39%, llegando a las 60.000 toneladas en 2010. Esto no solamente impactará en el precio del commodity, sino también en las estructuras del mercado mundial del litio, tema que se aborda más adelante en este capítulo.

5.4 Análisis en detalle de SQM

Dado que el foco de este estudio está en la industria chilena del litio (SQM Y SCL), SQM al ser la única de capitales chilenos (al menos en un porcentaje mayoritario) y con su casa matriz en Chile, cobra especial importancia. Sumado a aquello, es poseedora de los derechos por exploración y explotación minera del 75% del total Salar de Atacama hace necesario realizar un tratamiento con mayor detalle de su desempeño y comportamiento.

SQM explota básicamente dos tipos de yacimientos: Los depósitos de Caliche que se encuentran en el norte Chile son las fuentes naturales más grandes conocidas a nivel mundial para el nitrato de sodio y el yodo. Respecto a los nitratos, el desierto de Atacama aloja la única fuente comercialmente explotable de este mineral. Luego de ser explotado, SQM procesa el mineral de caliche hacia una variada gama de productos basados en nitrato y yodo. La empresa tiene el derecho a perpetuidad de explotar este mineral. Según estudios de exploración, las reservas probadas de caliche tienen una vida útil de 45 años, manteniendo el actual nivel de extracción y producción.

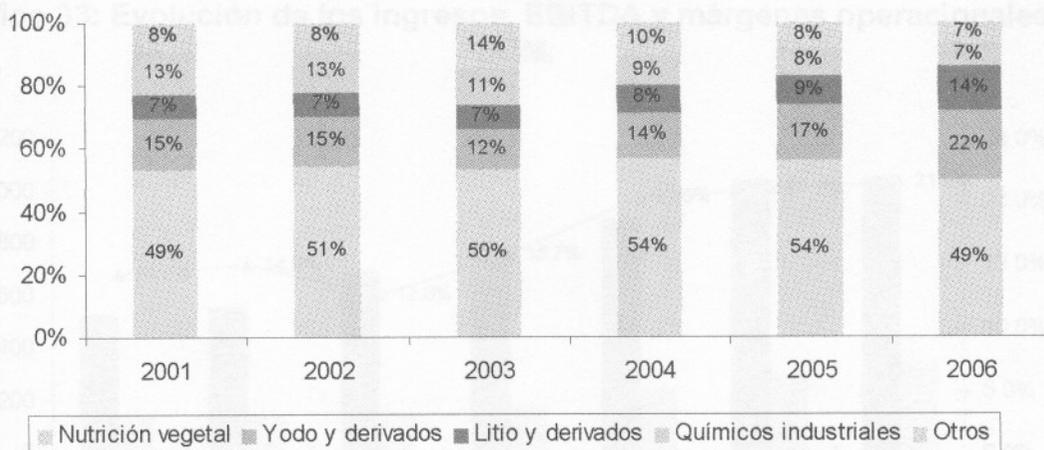
En el caso de las Salmueras, entre todos los salares conocidos del mundo, el Salar de Atacama es el que presenta las salmueras con las más altas concentraciones de litio y potasio, además de significativas concentraciones de sulfato y boro. Las salmueras del salar son el punto de partida para la producción de carbonato de litio, cloruro de potasio, sulfato de potasio, ácido bórico y cloruro de magnesio. SQM posee derechos mineros por los próximos 23 años (vence en el año 2030) que cubren un área de aproximadamente 0,2 millones de hectáreas de salmueras. Exploraciones han determinado reservas probadas por más de 50 años, manteniendo el actual nivel de extracción y producción.

SQM produce litio a partir de soluciones extraídas del Salar de Atacama, como subproducto de la producción de cloruro de potasio. La capacidad de producción actual de carbonato de litio es de 28.000 toneladas métricas al año. En octubre 2005 entró en operaciones la planta de hidróxido de litio construida en el Salar del Carmen (Antofagasta) con una capacidad de producción de 6.000 TM/año. El hidróxido de litio, derivado del litio, se utiliza en la producción de grasas lubricantes que pueden trabajar en condiciones extremas de temperatura.

SQM es el mayor productor de nutrientes vegetales de especialidad, yodo y litio a nivel mundial. La mayoría de sus ventas corresponde a exportaciones a más de 100 países. Sus principales fuentes de materia prima son yacimientos de caliche en el desierto de Atacama –los mayores depósitos de nitratos y yodo del mundo- y las salmueras del

Salar de Atacama -fuente natural comercialmente explotable con importantes concentraciones de litio y potasio-. A junio de 2006, sus ingresos provienen principalmente de la producción y comercialización de nutrientes de especialidad (50%), seguido de yodo (22%), litio (13%) y químicos industriales (9%).

Gráfico 32: Distribución anual de los ingresos de SQM según área de negocios.



Fuente: Elaboración propia con datos de referencia 20.

5.4.1 Análisis financiero de SQM

Un aspecto relevante al analizar cualquier empresa es su estado financiero, más aún si al final de estudio se plantean una serie de estrategias de crecimiento es necesario entender si la industria chilena y en particular SQM está preparada para dichos desafíos.

Tabla 42: Principales indicadores financieros de SQM.

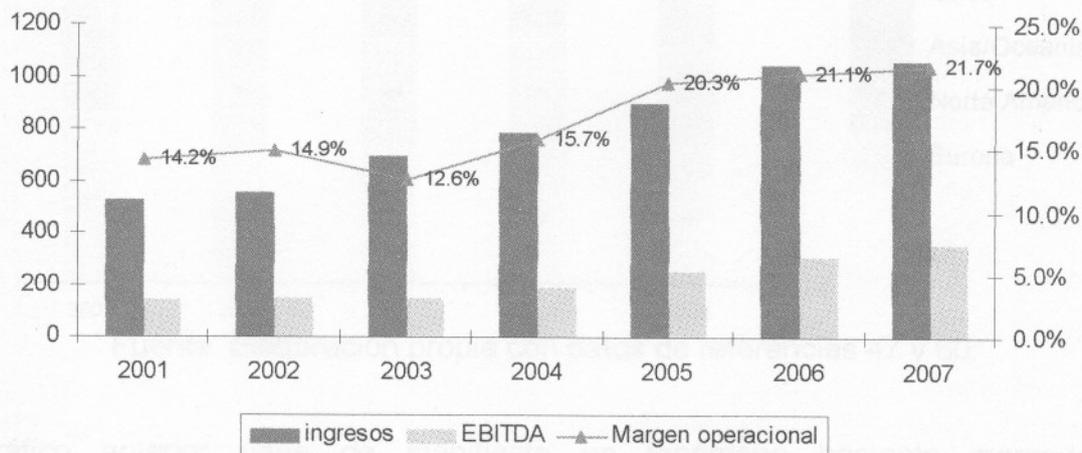
Cifras en millones de USD	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
Ingresos por ventas	526.44	553.81	691.81	788.52	895.97	1042.90	1061.00
Resultado Operacional	74.62	82.68	87.25	124.07	181.80	219.90	230.24
Utilidad	30.10	40.20	46.75	74.03	113.30	141.30	149.90
EBITDA	137.97	144.37	149.28	186.93	251.74	310.20	356.00
Mg. EBITDA (%)	26.0%	26.0%	22.0%	24.0%	28.0%	29.7%	33.6%
EBITDA/Activos (%)	9.8%	10.9%	10.9%	13.7%	15.3%	16.1%	19.0%
Activos Totales	1413.43	1322.29	1363.48	1361.37	1640.57	1920.07	1871.60
Patrimonio	831.70	849.66	889.97	948.63	1020.42	1020.10	1089.80
Margen operacional (%)	14.2%	14.9%	12.6%	15.7%	20.3%	21.1%	21.7%

(*) Estimado.

Fuente: Elaboración propia con datos de referencias 43, 44, 45, 46, 47, 66, 67, 68, 69, 70, 71.

En general todas las clasificadoras de riesgo bursátil al momento de analizar el estado de SQM (Referencias X's) señalan que actualmente se encuentra con una posición financiera sólida, prácticamente sin deuda de corto plazo y con una baja deuda de largo plazo. Tiene una política financiera ordenada que se basa en ser líderes mundiales en los negocios en los que participa, es decir, es una empresa preparada para el crecimiento.

Gráfico 33: Evolución de los ingresos, EBITDA y márgenes operacionales de SQM.



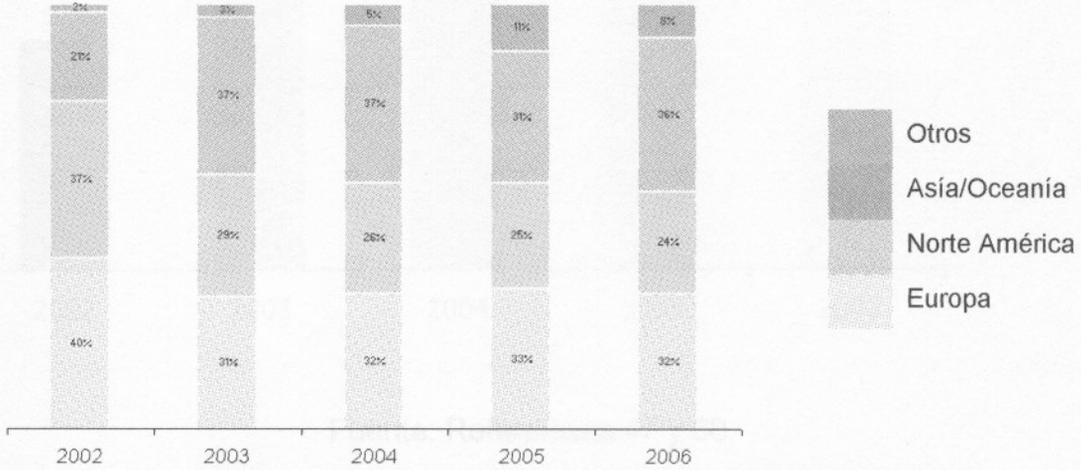
Fuente: Referencia 53, 42 y 60.

Los ingresos de la compañía alcanzaron casi los US\$1.043 millones en 2006 (+15,1%), gracias a un mejor desempeño especialmente en los negocios de litio que comercializa la compañía, con crecimientos en torno a 50% los que compensaron por mucho las alzas marginales en Nutrientes de Especialidad y Químicos Industriales por menores ventas físicas. En todos los productos se siguió observando la tendencia al alza en los precios de comercialización. El resultado operacional de la compañía totalizó US\$219,9 millones, experimentando un alza en su margen operacional desde 20,0% hasta 21,1%, explicado por el alza que han experimentado los precios, parcialmente contrarrestado por un crecimiento de los costos. El Ebitda de la empresa totalizó US\$310,2 millones (margen Ebitda de 29,7%), experimentando un alza de 23,5% respecto de igual fecha del año anterior, cuando registró un Ebitda de US\$251,3 millones (margen de 27,7%). El resultado no operacional alcanzó a una pérdida de US\$36,0 millones, no muy distinta a la pérdida de US\$34,2 millones observada a diciembre de 2005, producto principalmente de un aumento de +MMUS\$10,9 en los gastos financieros debido al aumento en la carga financiera incurrida que llegó a MMUS\$545 (+39,2%).

La tabla 42 pone en evidencia otro hecho bastante particular de esta industria, si se compara el Ebit versus el Ebitda por ejemplo para el año 2006, el Ebit fue de un 21% mientras el Ebitda casi de un 30%, por lo tanto, la amortización y depreciación de los activos son algo muy significativo, esto se traduce en la importancia de las inversiones

en activos y las economías de escalas, que finalmente se traduce en una barrera de entrada para nuevos competidores como se vio en el capítulo anterior.

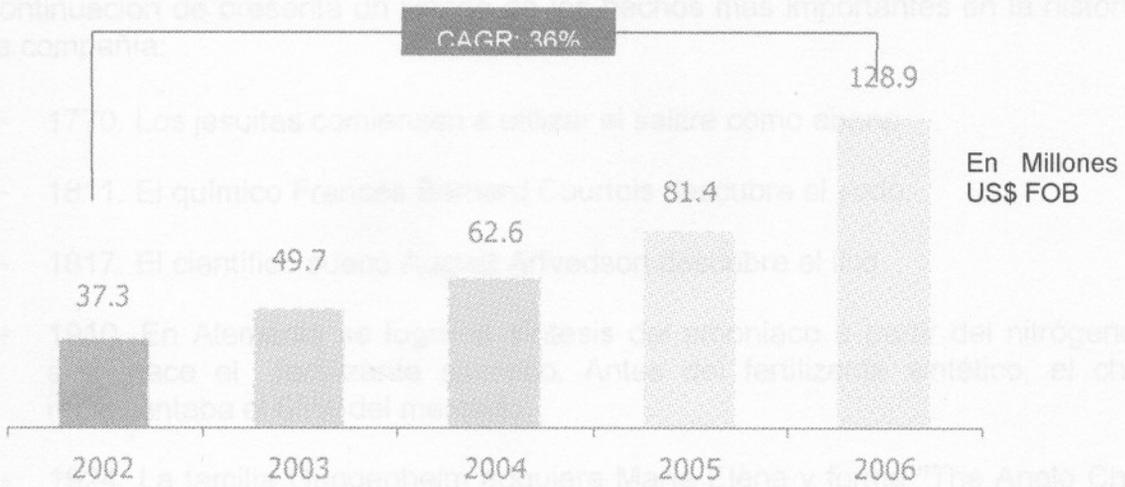
Gráfico 34: Distribución porcentual de exportaciones de litio de SQM en los últimos años.



Fuente: Elaboración propia con datos de referencias 47 y 60.

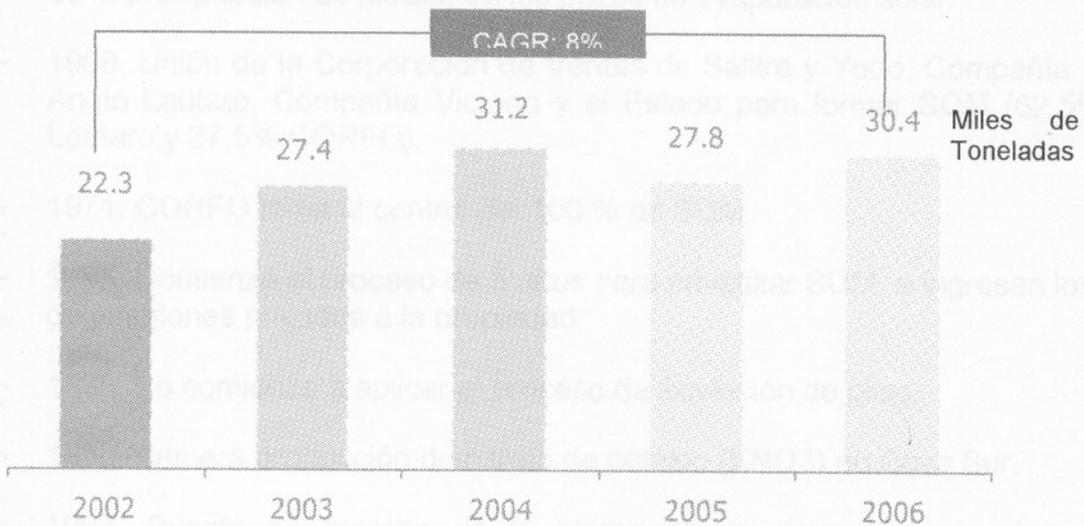
El gráfico anterior pone de manifiesto un fenómeno bastante marcado, las disminuciones de la importancia relativa de EE.UU. y Europa como destino de las exportaciones de litio, justificado debido al aumento de la demanda de los países asiáticos, en especial China y Japón debido al crecimiento del mercado de las baterías.

Gráfico 35: Ingresos por ventas de carbonato de litio por año.



Fuente: Referencias 47 y 60.

Gráfico 36: Producción anual de carbonato de litio.



Fuente: Referencias 47 y 60.

Ocurre algo similar a cuando se analizaba el global de la industria los ingresos por litio de SQM han llegado a máximos históricos alcanzando aproximadamente 129 millones de dólares en 2006. Se puede notar que los ingresos crecieron 3,5 veces en cinco años y la producción solamente creció un 36%, evidenciando el elevado precio y la oferta ajustada de los últimos cinco años.

5.4.2 Reseña histórica de SQM

A continuación se presenta un listado de los hechos más importantes en la historia de esta compañía:

- 1770. Los jesuitas comienzan a utilizar el salitre como abono.
- 1811. El químico Francés Bernard Courtois descubre el yodo.
- 1817. El científico sueco August Arfvedson descubre el litio.
- 1910. En Alemania se logra la síntesis del amoníaco a partir del nitrógeno del aire, nace el fertilizante sintético. Antes del fertilizante sintético, el chileno representaba el 65% del mercado.
- 1924. La familia Guggenheim adquiere María Elena y forma "The Anglo Chilean Consolidated Nitrate Corporation", desarrollando así el proceso de producción actual.
- 1930. El 5 de enero se inicia la construcción de la oficina salitrera "Pedro de Valdivia".

- 1951. Se construye una planta cristalizadora en Coya Sur para aprovechamiento de la precipitación de nitrato, en los pozos de evaporación solar.
- 1968. Unión de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo, Compañía Salitrera Anglo Lautaro, Compañía Victoria y el Estado para formar SQM (62,5% Anglo Lautaro y 37,5% CORFO).
- 1971. CORFO toma el control del 100 % de SQM.
- 1983. Comienza el proceso de 5 años para privatizar SQM, e ingresan los fondos de pensiones privados a la propiedad.
- 1985. Se comienza a aplicar el proceso de lixiviación de pilas.
- 1986. Primera producción de nitrato de potasio (KNO₃) en Coya Sur.
- 1993. Puesta en marcha de la planta nitrato de potasio técnico. Primera colocación de acciones en los mercados nacional e internacional, través del mecanismo de ADR.
- 1994. Participa en el proyecto minero no metálico más grande hecho en Chile, el desarrollo explotador del Salar de Atacama en el norte del país. La inversión es aproximadamente de US\$300 millones usados en la construcción de plantas de producción de cloruro de potasio, carbonato de litio, sulfato de potasio y ácido bórico.
- 1995. Segunda emisión de capital con acceso al mercado internacional a través del mercado de ADR. Se comienza a producir cloruro de potasio en el Salar de Atacama.
- 1996. Emisión de un bono público por un monto de US\$200 millones en el mercado internacional.
- 1997. Inicio de la producción de carbonato de litio.
- 1998. Inicio de la producción de sulfato de potasio y ácido bórico.
- 2000. Construcción de una nueva planta de nitrato de potasio. Ampliación de capacidad de producción de cloruro de potasio.
- 2001. Joint venture con la empresa noruega Yara Internacional ASA, lo cual permitirá aprovechar sinergias de costos en el área de Nutrición Vegetal de Especialidad. Interconexión de equipos productivos a red de gas natural.
- 2002. Construcción planta de butilitio en Bayport Texas, EE.UU. Ampliación de capacidad de la planta de carbonato de litio.
- 2003. Adquisición de las operaciones de Yara Internacional ASA en Chile, lo cual permitió alcanzar aproximadamente el 50% del mercado en Chile.

- 2004. Inicio de la construcción de la planta de fertilizantes solubles en Egipto. Firma de acuerdos para producir y distribuir fertilizantes en Tailandia y Turquía durante el 2005. Certificación ISO 9001:2000 para carbonato de litio.
- El año 2005 se invierten US\$190 millones con la cual se completó la construcción de una planta procesadora de hidróxido de litio monohidratado, con una capacidad de 6000 toneladas métricas por año, está ubicada en el salar del Carmen adyacente a las plantas de carbonato de litio existentes y se expande la capacidad de la planta de producción de carbonato de litio que llega a un total de 27.500 toneladas.
- 2006. SQM invierte US\$210 millones, pero no se realizan inversiones relacionadas con la producción de compuestos de litio. Para los años 2007 y 2008 se proyecta una inversión US\$260 millones, ampliando la capacidad de producción de las plantas de carbonato de litio hasta 40.000 toneladas, una expansión de 40% de la capacidad actual.

5.4.3 Plan de Inversiones

Con el propósito de enfrentar aumentos esperados en los volúmenes de ventas futuros, SQM invertirá un total de US\$600 millones en el periodo 2006-2008. Dichos recursos se destinarán principalmente a aumentar la capacidad de producción, para el año 2008, de nitratos y carbonato de litio en un 30% y 40%, respectivamente. Los planes consideran, además, mejorar las instalaciones productivas, reducir los costos de producción y desarrollar nuevas plantas de mezclas de NPK solubles. En enero 2006, SQM compró las operaciones de yodo de DSM en US\$72 millones. Lo anterior, sumado a inversiones propias en ampliación de capacidad permitió aumentar la producción de yodo en un 40%.

Desde la perspectiva del año, SQM ha iniciado las operaciones de su planta de yodo en 2005. Plan de inversiones por US\$450 millones para fortalecer la capacidad productiva de SQM. La iniciativa busca en un periodo de tres años aumentar en 30% las capacidades de producción de nitratos, yodo y litio. Parte importante del plan de inversiones de US\$ 450 millones que SQM tenía planificado realizar entre 2005 y 2008. Aproximadamente un 50% se desembolsó en el 2005, es decir, unos US\$ 220 millones.

Este plan de inversiones es muy importante para SQM, ya que con esto esta formulando una siguiente etapa de crecimiento, después de la consolidación de las inversiones que había realizado a fines de los años 90's. Por lo tanto, SQM esta enfrentando un nuevo plan para poder aumentar significativamente su capacidad de producción en los tres principales negocios que posee: fertilizantes de especialidad, yodo y litio. Este programa de inversiones se financiará con flujos de caja internos y deuda financiera adicional, manteniendo ratios financieros conservadores según ejecutivos de SQM. Según ejecutivos de SQM, están muy optimistas del desarrollo de la compañía y por esa razón están expandiendo sus operaciones. Además, agregan que

las demandas están muy sanas en fertilizantes de especialidad, yodo y litio, cuyas aplicaciones tradicionales de cada uno de estos negocios están creciendo muy bien, así como se están desarrollando otras nuevas.

Nuevas plantas y acuerdos comerciales

Nuevas plantas para incrementar del orden del 30% de las capacidades de producción de nitratos y yodo, es decir, vamos a pasar de un millón de toneladas de nitrato a un millón 300 mil toneladas. Continuando con la estrategia de seguir agregando valor a los productos de litio, SQM está próxima de poner en marcha una planta de hidróxido de litio en el Salar del Carmen (Antofagasta), contigua a la actual planta de carbonato de litio. La nueva instalación representó una inversión del orden de los US\$ 12 millones y se comenzó a construir a comienzos del 2004. A la vez, se está construyendo una nueva planta de prilado/granulado para aumentar la capacidad de producción.

Este proyecto contempla una inversión de US\$ 25 millones y utilizará tecnología de punta. Aquí SQM busca aumentar el tamaño de gránulo (que para ciertos clientes es algo muy beneficioso) y también bajar los costos.

En el área de nutrientes vegetales de especialidad, la compañía tiene acuerdos para producir y comercializar estos productos en el exterior. Así, en Turquía inauguró, en asociación con una empresa local, una planta de NPK. Además, en conjunto con Yara International ASA, terminaron de construir una planta de fertilizantes líquidos ubicada en Nuberia en el norte de Egipto. También tiene planificado una planta de fertilizantes solubles en Tailandia.

Desde la perspectiva del litio, SQM ha iniciado las operaciones de su planta de butil-litio ya en forma normal en Houston (Texas), Estados Unidos) y espera poder seguir expandiendo este plan de inversiones.

5.4.4 Aspectos legales

SQM desarrolla sus operaciones de acuerdo con concesiones otorgadas por la autoridad chilena, esquema bajo el cual opera el sector minero del litio en Chile, debido a que el litio está declarado como no concesible debido a su interés nuclear. SQM tiene concesiones de explotación y exploración para los yacimientos de caliche desde los que extrae la materia prima. Dicha concesión le otorga un derecho perpetuo de realizar operaciones mineras en el área de concesión sujeto a un pago anual por dicho derecho. Adicionalmente posee derechos sobre una extensa área del Salar de Atacama hasta el año 2030 y que según entrevistas (Referencia 98) con ejecutivos de la empresa manifestaron que es muy probable que dicho contrato se prolongue. Además, la compañía posee, además, derechos de agua sobre fuentes cercanas a sus

instalaciones que cubren sus requerimientos operacionales. Por otra parte, tiene una concesión para operar instalaciones portuarias en Tocopilla para el embarque de sus productos y despacho de materias primas.

5.5 Resumen de las estrategias utilizadas por las empresas

Se puede decir que dentro de las cinco principales empresas productoras de litio existen tres tipos:

Chemetall y FMC, son grandes químicas internacionales que en búsqueda de la eficiencia en costos en los años 90, tras la entrada de SQM, se “integraron verticalmente” con plantas productoras de carbonato de litio dejando de lado aquellas plantas propias y oferentes de carbonato de litio obtenido a través del mineral de espodumeno que comenzó a ser menos eficiente frente a la competencia de litio obtenido a través de salmueras. Abasteciendo de esta manera a un menor costo su propia demanda por carbonato de litio.

SQM y Sons of Gwalia, son grandes mineras que obtienen el carbonato de litio como un mineral con una participación importante, pero no demasiado significativa. La diferencia en ambas es que SQM buscó la eficiencia en costos en invertir en una nueva tecnología más barata y está comenzando a “integrarse verticalmente” con plantas productoras de derivados más complejos que ella misma desarrolló; en cambio, Sons Gwalia siguió produciendo con sus activos específicos y su ventaja en costos que le proporciona la escala y forma de producción (el litio se obtiene como un sub producto de la producción intensiva de tantalio, así los costos de extracción los paga la extracción de tantalio no la de litio).

El tercer tipo es la empresa China CITIC Guoan, principal accionista del holding MGL, el mayor manufacturero de cátodos de LiCoOx para baterías de ion-Li., por lo tanto existen sinergias y economías de escala entre la producción de carbonato de litio y la manufactura de baterías, que para CITIC se traduce en un cliente permanente y para MGL abastecerse de un insumo clave a en favorables condiciones.

5.5.1 Un análisis empírico del oligopolio del litio

En este punto se verá si algún modelo de oligopolio es aplicable a esta industria en particular. Se usará el modelo de llamado “Conjectural Variations” (Variaciones Conjeturales) (Referencia 48)

Las Variaciones Conjeturales se basan en el modelo de Cournot, donde se sabe que la mejor respuesta de una firma es una función llamada “Función de Reacción”. Esto debido a que es un juego dinámico en el cual las firmas responden al nivel de producción del rival asumiendo que el rival no cambiará esta decisión en el futuro. Si

Tabla 43: resumen de las estrategias desarrolladas por las principales empresas.

Estrategia competitiva	Industria China	Sons of Gwalia	Chemetal I GMBH	FMC	SQM	Estructura afectada
1. Abastecimiento de materias primas bajo las mejores condiciones de mercado	X	X	X	X	X	- Aumento de las barreras de entrada - Aumento de la Concentración.
2. Concentrada en segmentos de mayor potencial de crecimiento	X		X	X		- Aumenta el grado de diferenciación de los productos.
3. Concentración en el desarrollo de aplicaciones especializadas	X		X	X		- Aumento de las barreras de entrada - Aumento de la Concentración. - Aumenta el grado de diferenciación de los productos
4. Política de Precios					X	- Aumento de las barreras de entrada - Aumento de la Concentración.
5. Integración Vertical	X		X	X	X	- Aumento de las barreras de entrada - Aumento de la Concentración.
6. Aumento de la capacidad productiva	X				X	- Aumento de las barreras de entrada - Aumento de la Concentración.

5.6 La industria del litio ¿un oligopolio?

La idea de este punto es mostrar los antecedentes más relevantes que permiten definir a la industria productora de litio en su primera transformación como un oligopolio.

5.6.1 Un análisis empírico del oligopolio del litio

En este punto se verá si algún modelo de oligopolio es aplicable a esta industria en particular. Se usará el modelo de llamado "Conjetural Variations" (Variaciones Conjeturales) (Referencia 48).

Las Variables Conjeturales se basan en el modelo de Cournot, donde se sabe que la mejor respuesta de una firma es una función llamada "Función de Reacción". Esto debido a que en un juego dinámico en el cual las firmas responden al nivel de producción del rival *asumiendo* que el rival no cambiará esta decisión en el futuro, lo

mejor que puede hacer una firma esta dado por su función de reacción. Este supuesto es un ejemplo de lo que Bowley (1924) llamó una conjetura. La conjetura de una firma es la expectativa que tiene de cómo el rival reaccionará a cambios en su producción.

Se considerará un duopolio donde las firmas compiten en cantidades, el producto es homogéneo y los costos son idénticos. En el modelo de las Variaciones Conjeturales, el ingreso marginal de la firma es:

$$MR_i(q_i, q_j) = P(q_i, q_j) + \frac{\partial P(q_i, q_j)}{\partial Q} \cdot \frac{\partial Q}{\partial q_i} \cdot q_i$$

Donde $\frac{\partial Q}{\partial q_i}$ es la tasa de cambio en la producción de la industria que la firma i espera cuando incrementa su producción. El cambio en la producción total cuando la firma i incrementa su producción en ∂q_i es:

$$\partial Q = \partial q_i + \frac{\partial q_j}{\partial q_i} \partial q_i$$

Donde $\frac{\partial q_j}{\partial q_i}$ son las expectativas o conjeturas de la firma i tomando en cuenta la tasa de cambio en la producción de la firma j debido a cambios en la producción de la firma i . Dividiendo la ecuación anterior por ∂q_i , se obtiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial q_i} = 1 + \frac{\partial q_j}{\partial q_i}$$

Sustituyendo ésta ecuación en la ecuación del ingreso marginal, se tiene:

$$MR_i(q_i, q_j) = P(q_i, q_j) + \frac{\partial P(q_i, q_j)}{\partial Q} \cdot \left(1 + \frac{\partial q_j}{\partial q_i} \right) \cdot q_i, \circ$$

$$MR_i(q_i, q_j) = P(q_i, q_j) + \frac{\partial P(q_i, q_j)}{\partial Q} \cdot (1 + v_i) \cdot q_i$$

Donde $v_i = \frac{\partial q_j}{\partial q_i}$ son las conjeturas o expectativas de la firma i.

La condición de equilibrio en este modelo de Variaciones Conjeturales es cuando cada firma produce la cantidad que maximiza sus beneficios:

$$P(q_i, q_j) + \frac{\partial P(q_i, q_j)}{\partial Q} \cdot (1 + v_i) \cdot q_i = MC_i$$

Esta condición de equilibrio permite caracterizar el efecto en la producción de equilibrio de diferentes conjeturas o expectativas que las firmas puedan tener acerca de las respuestas de sus rivales. Expectativas de una respuesta muy agresiva de la firma j con respecto a cambios en la producción de la firma i, decanta en valores muy altos de v_i , reduciendo el ingreso marginal y la producción de equilibrio de la firma i.

Los valores de v_i se pueden representar de la siguiente manera:

- $v_i = 0$, es la conjetura o expectativa de que el equilibrio será del tipo Cournot.
- $v_i = -1$, es la conjetura o expectativa de que el equilibrio será del tipo Bertrand.
- $v_i = 1$, es la conjetura o expectativa de que el equilibrio será colusivo o monopólico.

En el año 1990, Brander and Zhang investigaban el grado de competitividad de 33 rutas aéreas duopólicas. Reescribieron la condición de equilibrio de este modelo y la dejaron expresada de la siguiente manera:

$$v_i = \frac{(P - MC_i)\epsilon}{P \cdot s_i} \text{ donde:}$$

s_i , es la cuota de mercado de la firma i.

ϵ , es el valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda.

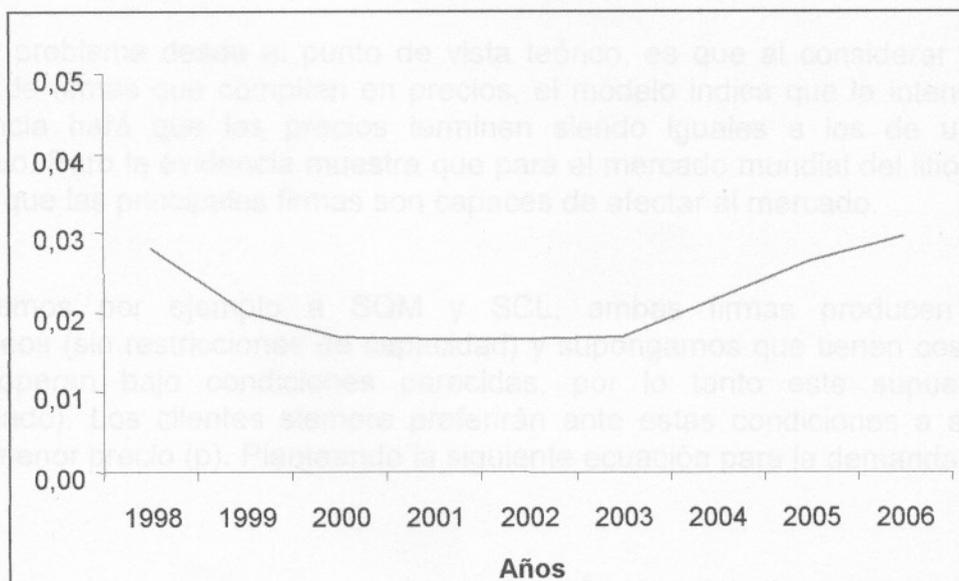
Ahora se reemplazarán los valores que hemos estimado a través del estudio, para conocer cuales son las conjeturas o expectativas de SQM con respecto a las demás firmas. Se presentará una tabla para ver como estas expectativas han evolucionado a través del tiempo.

Tabla 44: Expectativas de SQM

	Precio	Costos Marginal	Elasticidad de la Demanda	Cuota de Mercado	Expectativas
1998	1670	975,7	0,867	12,96 %	0,03
1999	1500	975,7	0,867	16,82 %	0,02
2000	1500	975,7	0,867	21,48 %	0,01
2001	1600	975,7	0,867	24,41 %	0,01
2002	1600	975,7	0,867	24,35 %	0,01
2003	1700	975,7	0,867	25,9 %	0,01
2004	1930	975,7	0,867	21,45 %	0,02
2005	2900	975,7	0,867	22,42 %	0,03
2006	4100	975,7	0,867	22,27 %	0,03

Fuente: elaboración propia con datos de las tablas 17 y 27.

Gráfico 35: Expectativas de SQM



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 37.

La información que entrega el gráfico, es que SQM espera una reacción de tipo no competitiva si de alguna forma modifica su producción, lo que nos habla de un mercado imperfecto claramente que tiende a ser un oligopolio tipo Cournot. Las expectativas muestran comportamiento estable que nos indica que no importan los shocks que impacten al mercado (con la entrada de China al mercado mundial claramente se ven afectados otros índices, pero este no se ve afectado de una manera significativa) siempre SQM esperará que sus competidores se comporten de manera oligopólica.

5.6.2 La industria del litio: un oligopolio indiferenciado

Como se ha mencionado anteriormente la industria del litio en su primera transformación cuenta con un número reducido de empresas que compiten en un mercado de un producto commodity, pero que las ventas se realizan de acuerdo a contratos entre privados, por lo tanto, los precios pueden tener variaciones, al contrario que por ejemplo el cobre que se transa en la bolsa de metales de Londres.

Paradoja de Bertrand aplicada a la industria chilena del litio

Como se mostró en el capítulo 5, el mercado mundial del litio es un oligopolio indiferenciado en su primera transformación, con cinco o seis empresas relevantes. Desde el punto de vista de la organización industrial, los temas más interesantes tienen relación con el comportamiento del precio y la eficiencia del oligopolio, las condiciones que facilitan la colusión entre las firmas y como evoluciona la estructura del mercado.

El primer problema desde el punto de vista teórico, es que al considerar un número pequeño de firmas que compiten en precios, el modelo indica que la intensidad de la competencia hará que los precios terminen siendo iguales a los de un mercado competitivo. Pero la evidencia muestra que para el mercado mundial del litio esto no se cumple y que las principales firmas son capaces de afectar al mercado.

Consideremos por ejemplo a SQM y SCL, ambas firmas producen productos homogéneos (sin restricciones de capacidad) y supongamos que tienen costos iguales (ambas operan bajo condiciones parecidas, por lo tanto este supuesto no es descabellado). Los clientes siempre preferirán ante estas condiciones a aquella que cobre el menor precio (p). Planteando la siguiente ecuación para la demanda:

$$\begin{aligned}
 & D(P_{SQM}) = \dots \\
 & D(P_{SCL}) = \dots \\
 \text{Demanda por litio } D(P_{SQM}, P_{SCL}) = & \begin{cases} D(P_{SQM}) & \text{si } P_{SQM} < P_{SCL} \\ D(P_{SQM}) & \text{si } P_{SQM} = P_{SCL} \\ 0 & \text{si } P_{SQM} > P_{SCL} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Si nos colocamos desde el punto de vista de SQM, esta maximiza la siguiente función:

$$\text{Max: } U_{SQM}(P_{SQM}, P_{SCL}) = (P_{SQM} - C) * D(P_{SQM}, P_{SCL})$$

Claramente las utilidades estarán entre los dos extremos, competencia perfecta y un monopolio. Si se supone que ambas empresas fijan sus precios sin coludirse, el equilibrio de Nash será un par de precios (P_{SQM}^*, P_{SCL}^*) tal que cada empresa maximiza sus beneficios dados los precios de la otra, es decir para el caso de SQM $U_{SQM}(P_{SQM}^*, P_{SCL}^*) \geq U_{SQM}(P_{SQM}, P_{SCL}^*)$, esto mismo hará SCL, por lo tanto el único equilibrio posible es $P_{SQM} = P_{SCL} = C$, el cual corresponde al equilibrio de competencia perfecta donde ambas empresas obtienen utilidades iguales a cero, es decir, que con sólo dos empresas se puede emular la competencia perfecta. Se sabe que esto no ocurre en la realidad, esto es lo que se llama la paradoja de Bertrand²⁶.

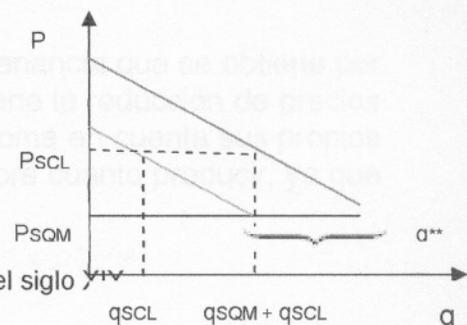
El resultado presentado anteriormente no es robusto en el largo plazo. Si SQM maximiza con $P_{SQM} = C_{SCL} - \epsilon$, con ϵ pequeño, se quedaría con todo el mercado, obteniendo ganancias de $(C_{SCL} - C_{SQM})D(C_{SCL})$.

Muchos especialistas han tratado de encontrar modelos que expliquen como pueden darse estos resultados, una posibilidad explorada por Edgeworth para resolver esta paradoja es mediante restricciones a la capacidad y estas no permiten que las empresas vendan todo lo que desean. Es decir, si alguna(s) de las empresas del mercado del litio no tiene actualmente la capacidad instalada ante un aumento de la demanda, la que si lo tiene puede subir el precio no obteniéndose la solución de Bertrand (esto explicaría quizás las inversiones actuales de SQM, Almiraty Resource Argentina y CITIC group en China y Tíbet). El problema de esto es que ahora se necesita una regla de racionamiento. Si la demanda por capacidad al precio P_{SQM} por ejemplo, debe existir un mecanismo de cómo van a ser asignados los recursos disponibles. Existen dos opciones:

En primer lugar, a modo de ejercicio se supondrá que P_{SQM} será menor que P_{SCL} .

Racionamiento eficiente: Este funciona asignando el bien producido por SQM a quienes tienen mayor deseo por el bien, por lo que en este caso SCL enfrentaría una demanda residual:

$$\left\{ \begin{array}{l} D(P_{SCL}) - q_{SQM}^{**} \quad \text{si } D(P_{SCL}) > q_{SQM}^{**} \\ D_{SCL}(P_{SCL}) = \quad \text{si no} \end{array} \right.$$

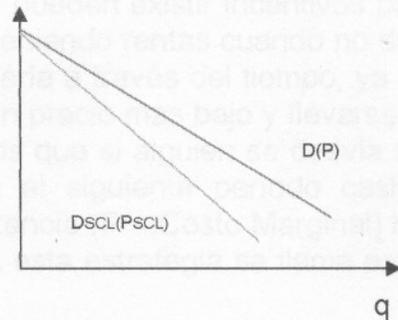


²⁶ Desarrollado por Auguste Cournot, un ingeniero francés, a mediados del siglo

Colusión

Racionamiento proporcional: Funciona asignando que la probabilidad de no comprarle a SQM, será $(D(PSQM) - qSQM^{**}) / D(PSQM)$ y la demanda es:

$$D_{SCL}(P_{SCL}) = D(P_{SCL}) * (D(P_{SQM}) - q_{SQM}^{**}) / D(P_{SQM})$$



Para este caso, la demanda que enfrentaría SCL sería más alta, por lo que preferiría este sistema, pero a diferencia del racionamiento eficiente, algunos de los clientes rechazados son aquellos con mucha demanda por el bien lo cual no se relaciona con lo que ocurre en la realidad.

Cournot Nash

Si se considera la competencia entre dos firmas que producen bienes homogéneos y cada firma entrega al mercado, en forma simultánea, cantidades del producto. La oferta del mercado determina el precio. El problema de la firma es:

$$\text{Max}_{q_i} \pi_i(q_i, q_j) = \text{Max}_{q_i} q_i p(q_1 + q_2) - c_i(q_i)$$

Si suponemos que $\frac{\partial^2 \pi^i}{\partial q_i^2} < 0$ y que $c'' > 0$, el problema tiene una solución para todo q_j .

La función $q_i = R_i(q_j)$, se denomina función de reacción que se obtiene a partir de la CPO:

$$\frac{\partial \pi_i(R_i(q_j), q_j)}{\partial q_i} = p(q_i + q_j) - c'_i(q_i) + q_i p'(q_i + q_j) = 0$$

De la ecuación anterior el primer término corresponde a la ganancia que se obtiene por vender una unidad más y el segundo término el costo que tiene la reducción de precios sobre las unidades marginales. Hay que notar q cada firma toma en cuenta sus propios beneficios y no los de la industria al tomar las decisiones sobre cuanto producir, ya que al tomar en cuenta la industria produciría demasiado.

Colusión

Otra opción es analizar si en el mercado hay presencia de colusión, ya que los oferentes son pocos, sus productos son sustitutos y pueden existir incentivos para que eleven el precio final por sobre el costo marginal obteniendo rentas cuando no deberían obtenerlas. Lo complicado de la colusión es mantenerla a través del tiempo, ya que las firmas pueden tener incentivos a desviarse, cobrar un precio mas bajo y llevarse todo el mercado obteniendo rentas monopolísticas (suponemos que si alguien se desvía se lleva todo el mercado), a lo que la firma perjudicada al siguiente período castigue la desviación bajando el precio hasta el nivel de competencia ($P = \text{Costo Marginal}$) hasta el infinito obteniendo ambas empresas rentas nulas. A esta estrategia se llama estrategia gatillo y es como se comparará el mercado.

SQM y SCL, producen un producto sustituto perfecto. Se Supondrá que tienen los mismos costos marginales en cada período y levantaremos el supuesto de restricción de capacidad. Definiremos π^C como las rentas de colusión, π^M como las rentas de desviarse del acuerdo (las rentas de monopolio), π^B como las rentas de competencia (que es el castigo por desviarse de la colusión) el juego es infinito y φ como un factor de descuento intertemporal.

La solución colusiva se obtendrá si:

$$\pi^C \frac{1}{1-\varphi} > \pi^M + \pi^B \frac{1}{1-\varphi}$$

Si a través de los años el valor presente de los beneficios de colusión son mayores al valor de desviarse en un período más el castigo a perpetuidad, por lo tanto, la combinación de precios colusiva será sostenible en el tiempo. Si esta inecuación no se cumple, una de las firmas tiene los incentivos a desviarse y la combinación de precios colusivos no será sostenible.

Evidencia empírica de colusión entre las empresas expuestas es nula y podemos decir a priori que ambas empresas podrían estar coludidas. Pero se observará el mercado para intentar refutar la colusión. A partir del 2002 el precio del carbonato de litio comenzó a subir por sobre el costo marginal de SQM (cuando entró SQM al mercado bajó los precios a niveles que suponemos será el competitivo), lo que podría considerarse evidencia de colusión, pero este aumento se debe a un ajuste de la demanda mundial por el litio que a aumentado más rápido que la oferta, ya que debido a las restricciones de las plantas productivas las empresas no pueden responder tan rápido a este aumento de la demanda producida principalmente por la entrada de China al mercado Mundial. Además podemos agregar que SCL no tiene proyectos de inversiones para ampliar sus plantas productivas, en cambio SQM en el 2008 la planta de producción aumentará un 40% de capacidad lo que nos indica que seguirá su competencia en precios bajos.

Podemos también inferir que debido a sus estrategias corporativas, su factor de descuento intemporal sea distinto en ambas empresas; o sea, su valoración de los beneficios futuros y presentes (o más cercanos en el tiempo) sea distinta para cada empresa, así la estrategia de SQM que en el mercado del litio es ser el líder en precios y mantenerlos lo más bajo posible nos indica que su valoración por el futuro es muy baja (ϕ cercano a 0, una estrategia de corto plazo), en cambio, la estrategia corporativa de Chemetall es desarrollar nuevas tecnologías y productos en todos sus negocios esta estrategia es de más largo plazo que valora más los beneficios futuros que los presentes (ϕ cercano a 1). Por lo que en un posible escenario colusivo los precios serían insostenibles debido a las distintas valoraciones intertemporales de los beneficios que posee cada empresa por su estrategia corporativa.

Debido a las características del mercado, donde el precio que se cobra no es determinado por la demanda (no se transa en ninguna bolsa de metales), si no más bien son contratos privados entre los demandantes y los oferentes; pone dificultades para observar el verdadero precio que cobran las empresas lo que incentiva aún más el comportamiento de desviarse del acuerdo colusivo, al no ser fácil observar el precio, el castigo puede demorar más de un período y una empresa puede disfrutar de beneficios monopólicos por más tiempo, lo que no facilitaría el equilibrio del acuerdo colusivo.

Estas empresas son multiproducto, a parte de producción de carbonato de litio producen yodo y nitrato de potasio; debido a que operan en el mismo Salar de Atacama, pueden establecer contratos colusivos que no sólo contengan al litio sino también los otros productos, así es más fácil alcanzar los acuerdos colusivos. Si los castigos se pueden extender a otros mercados pueden ayudar a evitar que el acuerdo se desmorone. Por ejemplo es posible alcanzar acuerdos colusivos en mercados donde $\delta > 1/2$, porque se puede amenazar con castigos en otros mercados donde $\delta < 1/2$, lo que permite sustentar el acuerdo colusivo. Consideremos el caso de SQM y SCL, que además producir carbonato de litio producen yodo. Supondremos que los δ en cada mercado son distintos y $\delta_{\text{litio}} = \delta$, $\delta_{\text{yodo}} = \delta^2$, con $\delta^2 < 1/2 < \delta$. Las firmas se prometen castigos en ambos mercados en caso de abandonar el acuerdo colusivo, si un agente se desvía, le conviene hacerlo en ambos mercados y la condición para mantener el acuerdo colusivo queda:

$$2 \frac{\pi^m}{2} \leq \frac{\pi^m}{2} (\delta + \delta^2 + \delta^3 + \dots) + \frac{\pi^m}{2} (\delta^2 + \delta^4 + \delta^6 + \dots)$$

Evidencia en contra de este comportamiento no existe, por lo que tenderíamos a pensar que las empresas pueden estar coluditas.

Mercados Desafiables

El concepto de mercado desafiante es que no debieran existir los mercados monopólicos, ya que a los precios existentes una empresa podría entrar cobrar un precio más barato y quedarse con todo el mercado (estrategia Hit and Run) y una vez que la empresa incumbente compita en precio, hasta que ambas no obtenga beneficios, y la última en entrar opte por salirse del mercado. Ante esta amenaza, la empresa incumbente nunca subirá los precios más allá del costo marginal.

Se considerará un mercado por un bien homogéneo (LCE), con m firmas activas y $n-m$ posibles firmas entrantes, con $C(q)$, $C(0) = 0$:

1. Una configuración de firmas en a industria es un vector de cantidades $\{q^1, q^2, \dots, q^m\}$ y un precio p .
2. Una configuración de firmas es factible si la oferta es igual a la demanda en el precio p y las firmas tienen utilidades no negativas.
3. Una configuración de firmas es sostenible si a pesar que las firmas activas no cambian su comportamiento, ningún entrante podría obtener beneficios por, es decir, no puede existir un precio p^e y una cantidad q^e de un potencial entrante tal que $p^e < p$ y $q^e < D(p^e)$ con $(p^e * q^e) < c(q^e)$.
4. Un mercado perfectamente desafiante es uno en que una configuración factible (sin pérdidas ni exceso de oferta o demanda) es sostenible.

Se puede concluir decir que el escenario que se vivió entre 1997 y 1998 puede describirse como un mercado desafiante, en donde existían empresas que cobraban un precio muy alto y tenían posiciones muy privilegiadas extrayendo litio de mineral de espodumeno. En ese contexto la entrada de una firma con una nueva tecnología más barata bajó los precios (suponemos que cercano a su costo marginal), obteniendo una posición fuerte en el mercado, eliminando a aquellas empresas menos eficientes. Sólo algunas empresas pudieron enfrentar este nuevo escenario y las demás cerraron debido a su insolvencia.

Pero las condiciones para que un mercado sea desafiante es que los costos hundidos deben ser pequeños y los precios deben cambiar en forma lenta ante la entrada. La inversión para que SQM pudiera explotar el Salar de Atacama fue de US\$300 millones y se podría decir que gran parte de esta inversión es específica (construir una planta en el Salar de Atacama para obtener distintos productos a través de la salmuera, no tiene muchos usos alternativos) por lo que una estrategia de Hit and Run es muy improbable en el mercado del litio, es mas una inversión a largo plazo debido a los grandes costos hundidos que se requieren. La respuesta de los precios fue inmediata (este comportamiento de los precios le da la capacidad a la empresa incumbente de reacción inmediata) y a la baja hasta el año 2002 lo que le da más poder a las firmas incumbentes, ya que pueden neutralizar la entrada con una baja en los precios a penas se visualice al posible entrante. Además la respuesta de las empresas que existían en el mercado fue cambiarse rápidamente de giro tecnológico dejando de lado la obtención

de litio por espodumeno por litio obtenido por salmueras (FMC desarrolló El Salar del Hombre Muerto en Argentina y Chemetall compró a SCL) dejando sólo a las empresas de mayor escala la producción de litio por espodumeno (Sons of Gwalia). Se podría concluir que, más que un mercado desafiante fue un cambio tecnológico lo que produjo el escenario del 1996-1998, ya que debido a las características del mercado (inversión con altos costos hundidos y respuesta inmediata de los precios ante shocks endógenos y exógenos al mercado) no es un mercado perfectamente desafiante.

Entrada de Firmas

Existen cuatro factores según Bain (Referencia 50) que afectan la entrada de las empresas:

- Economías de escala.
- Ventaja absoluta en costos (investigación y desarrollo, Learning by Doing).
- Ventajas de la diferenciación de producto (patentes, buenos nichos de mercado).
- Problemas para conseguir capital.

Así a partir de estos factores Bain definió comportamientos que bloquean la entrada:

- La entrada esta bloqueada, si las firmas que están en el mercado no cambian su comportamiento respecto a lo que harían sin amenaza de entrada y a pesar de esto no hay entrada.
- La entrada está prevenida si las firmas establecidas adaptan su comportamiento para impedir la potencial entrada de nuevas firmas.
- La entrada está acomodada si las firmas establecidas adaptan su comportamiento a la entrada de nuevas firmas.

La solución de Stackelberg:

Se usará un modelo de dos etapas, en donde las firmas primero eligen capacidad y luego precios, la firma establecida elige su capacidad o capital (K_1) y luego la firma 2 elige K_2 . Los beneficios de las firmas son:

$$\pi^1(K_1, K_2) = K_1(1 - K_1 - K_2)$$

$$\pi^2(K_1, K_2) = K_2(1 - K_1 - K_2)$$

En este caso se tiene que: $\frac{\partial \pi^i}{\partial K_j} < 0$, aumentos en la capacidad del rival perjudica a la

empresa. Además $\frac{\partial^2 \pi^i}{\partial K_j \partial K_i} < 0$, el valor marginal de la capacidad cae con los aumentos

de capacidad de la otra firma, lo que induce a invertir en capacidad. Si se supone que no existen los costos hundidos, en el segundo período la firma 2 resuelve el problema de maximización de sus beneficios dado el valor de K_1 , y obtiene:

$$K_2^* = R_2(K_1) = \frac{1 - K_1}{2}$$

La firma 1 sabiendo como va a reaccionar la firma 2, resuelve:

$$\text{Max } K_1(1 - K_1 - \frac{1 - K_1}{2})$$

De donde se obtienen: $K_1 = \frac{1}{2}$, $K_2 = \frac{1}{4}$, $\pi^1 = \frac{1}{8}$, $\pi^2 = \frac{1}{16}$.

El resultado es que los beneficios de la empresa 1 son mayores que en el equilibrio de Cournot, por lo que actuar primero tiene un valor. Se observa que la empresa 1 acumula más capacidad que en el juego simultáneo de manera de hacer menos

atractiva la inversión de la otra firma (aprovechando la condición $\frac{\partial^2 \pi^i}{\partial K_j \partial K_i} < 0$). Es

importante señalar que es esencial en el análisis que la inversión debe ser irreversible. Si se pudiera cambiar este comportamiento en el segundo período, reduciría su capacidad, lo que llevaría inevitablemente al equilibrio de Cournot. Por lo que, la decisión de actuar primero tiene valor cuando una vez tomada la decisión de capacidad, ésta no se pueda revertir. Si no fuera así, dejaría tener ventaja aquel que actúa primero. La firma 2 siempre entra, pero es siempre acomodada. Este modelo no es aplicable en el contexto de oligopolio del litio, ya que en dicho mercado existen costos hundidos.

Pero si tenemos en cuenta el hecho de los costos hundidos el modelo entrega la siguiente predicción. Si existen rendimientos crecientes, la entrada no siempre ocurre. Ahora se supone que existe un costo hundido fijo de entrada (f) que ya ha sido incurrido por la firma 1. Los beneficios de la firma 2 serían:

$$\pi^2(K_1, K_2) = \begin{cases} K_2(1 - K_1 - K_2) - f & \text{si } K_2 > 0 \\ 0 & \text{si } K_2 = 0 \end{cases}$$

Supongamos un valor para $f = \frac{1}{16}$. De esta forma si la firma quisiera comportarse como en equilibrio de Stackelberg, la firma 2 obtendría $\pi^2 = \frac{1}{16} - f > 0$ y entraría al mercado.

Como el costo fijo no influye en las decisiones de cuanto invertir, sino sólo en la decisión de entrar o no al mercado, el equilibrio que resulta es el de Stackelberg original.

En este caso la firma 1 podría prevenir la entrada, es decir, invertir más para hacer inviable la entrada de la firma 2. Consideremos el nivel de inversión requerido para que la firma 2 no entre al mercado. Se requiere que:

$$\text{Max } K_2(1 - K_1 - K_2) - f$$

Se obtiene que es necesario que $K_1^p = 1 - 2\sqrt{f}$ para prevenir la entrada.

Si contrastamos este caso con la realidad que se vive ahora en el mercado del litio, donde SQM (uno de los mayores productores de carbonato de litio y derivados en el mundo) se ve enfrentado a la entrada de empresas de origen chino que prometen producir, a plena capacidad, cerca de 45.000 toneladas de carbonato de litio y derivados para el 2008. La jugada que está realizando SQM es ampliar la capacidad productiva de su planta de 28.000 toneladas a 40.000 toneladas de carbonato de litio y derivados, precisamente lo que tiene contemplado este modelo para poder, de alguna manera, impedir que las empresas chinas entren en el mercado.

Pero un análisis más profundo nos indica que es debido al crecimiento de la demanda que tanto SQM (expandiendo su capacidad) y las empresas chinas (entrando al mercado) comiencen a reaccionar para no quedar rezagadas en el mercado del litio. Además, sabemos que el explosivo aumento, y futuras proyecciones de crecimiento, de la demanda por carbonato de litio se debe a que China entró al comercio internacional lo que de alguna forma favorece a las empresas que abaratarían el costo de transporte para las empresas chinas que demandan carbonato de litio. Por lo que el modelo, no explicaría cabalmente el comportamiento de los agentes en el mercado mundial del litio bajo las condiciones que se están dando actualmente.

Este modelo, en ausencia de un shock externo, es el que más se acerca a la realidad del mercado mundial de LCE.

5.7 Análisis FODA de la industria chilena productora de litio

Las empresas se rigen y dirigen basadas en diversas estrategias de negocio, un proceso de planeación estratégica el que consiste en desarrollar y mantener un ajuste estratégico entre los objetivos y recursos de la empresa y sus oportunidades cambiantes de mercado (suponiendo que existen relaciones de coherencia entre lo que pasa en el mercado y los resultados de la empresa).

Hay muchos y muy diversos modelos de estrategias para llevar al éxito de una empresa, sin embargo hay una estrategia que es el principio básico de cualquier estrategia, el FODA o DOFA; para llevarla a cabo, que consiste en realizar un análisis externo que para potenciar oportunidades y minimizar las amenazas del entorno, y un análisis interno que busca identificar las fortalezas y contrarrestar las debilidades, con lo cual se podrá formular la postura estratégica de la empresa.

¿Qué se entenderá por FODA?, es la sigla usada para referirse a una herramienta analítica que permite trabajar con toda la información sobre la empresa y su industria, la cual es útil para examinar sus Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. En este estudio se realizó el análisis interno de la industria chilena en su conjunto (SCL más SQM) dentro de una industria productora de litio a nivel mundial y un análisis externo considerando el entorno donde compite esta industria a nivel global. Esto representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares de la industria nacional y el entorno en el cual compite, enfocándose hacia los factores de éxito de las empresas chilenas.

Desde un punto de vista metodológico se ira desde lo general a lo particular, es decir, se muestra en primer lugar el análisis de ambiente externo, las amenazas y oportunidades. En segundo lugar, se realiza un análisis interno de la industria chilena, sus fortalezas y debilidades.

5.7.1 Oportunidades y amenazas

Este punto se refiere al análisis externo, las oportunidades que ofrece el mercado y las amenazas que deben enfrentar las empresas en el mercado mundial del litio. Aquí se tienen que aprovechar esas oportunidades y minimizar o anular las amenazas, circunstancias sobre las cuales la industria nacional tiene poco o ningún control directo.

Oportunidades

1. Desarrollo de nuevos productos comerciales del litio alineados con nuevos usos o de acuerdo a nuevos requerimientos de los clientes para los actuales productos comercializados.
2. Desarrollo y penetración en nuevos mercados. Como se verá en el capítulo siguiente, los nuevos consumidores finales de bienes a partir de litio y en particular las nuevas empresas maquiladoras de litio se desarrollarán en países emergentes, en especial en el Asia Pacífico, China e India. Este trabajo plantea que la industria nacional deberá desarrollar ofertas de valor y estrategias diferentes para capturar estos nuevos clientes.
3. Adquisiciones de nuevos yacimientos mineros para ampliar los recursos y reservas disponibles.
4. Integración vertical con empresas desarrolladoras de productos de litio más complejos.
5. El crecimiento en especial de la industria de la baterías y en segundo lugar el de los vidrios y cerámicas, plantean oportunidades nuevas de aumentar los volúmenes de ventas actuales.

Amenazas

1. Aumento la capacidad productiva de competidores. Pese a que esta amenaza es particularmente baja respecto a nuevos actores, debido fundamentalmente a la disponibilidad de yacimientos económicamente rentables de explotar y las elevadas inversiones que son necesarias para desarrollar la producción a gran escala. La amenaza para la industria chilena tiene relación con el acelerado crecimiento de la industria China productora de litio y aunque no posee las mismas favorables condiciones que el Salar de Atacama, esta más cerca de los principales mercados futuros (Japón y China), además del hecho que su principal empresas CITIC está verticalmente integrada hacia delante hacia la producción de baterías de litio, desarrollando con esto interesantes economías de alcance y sinergias financieras. Todo esto sumado a los altos precios actuales, harían que la industria nacional perdiera su liderazgo indiscutido en la producción de carbonato de litio a manos de las 60.000 toneladas proyectadas por China para el 2010.
2. Baja diferenciación de Productos. Como se ha mostrado a lo largo de este trabajo, se observa un bajo grado de diferenciación de los productos desarrollados por la industria nacional. Además SQM, al contrario de sus grandes competidores, no se encuentra integrado de ninguna forma hacia la producción de productos más complejos a partir de litio y concentra sus ventas en el carbonato de litio.
3. Productos sustitutos. Debido a que los productos desarrollados tanto por SQM como por SCL son relativamente homogéneos, existe una alta probabilidad de sustitución, la cual aumenta en escenarios como el actual donde el precio esta alto. El desarrollo de productos diferenciados reduce la posibilidad de sustitución, debido a que estos se adecuan a las necesidades particulares de clientes específicos, por el cual se puede cobrar un precio mayor y genera lealtad con el bien o servicio el servicio extra detrás.

4. Aumento de la intensidad de competencia en el mercado. El aumento de la capacidad productiva China y de SQM en Chile, sumado al inicio de la explotación en el Salar del Rincón proyectan un escenario bastante competitivo para el carbonato de litio en los próximos años, esto podría traer importantes mermas en las utilidades a la industria nacional. Recordando lo ocurrido con la entrada de SQM al mercado en 1996-1997, que implicó una reducción del 43% en el precio, traspasando de esta manera una parte importante de la ventaja en costos que tenían los productores de litio a partir de reservas de salmueras a los clientes. Esto podría ocurrir de nuevo si la intensidad de la competencia se incrementa significativamente.

5.7.2 Fortalezas y debilidades

Al evaluar las fortalezas de la industria chilena se puede tomar en cuenta la siguiente clasificación:

Fortalezas Comunes

Estas tienen relación con fortalezas que son poseídas por varias industrias productoras de litio, no solamente la chilena.

1. Diversificación de ingresos. Las ventas están diversificadas tanto por área de negocios (Nutrición vegetal de especialidad, yodo y derivados, litio y derivados, químicos industriales, entre otros), como por zona geográfica. La mayoría de sus ventas se realizan fuera de Chile, a más de 100 países.
2. Producción integrada. Las empresas son productores integrados de nitratos, potasio, sulfatos y litio de las salmueras del Salar de Atacama. Esto le otorga flexibilidad en la producción de los diferentes productos que comercializa, de acuerdo con las condiciones de mercado imperantes.
3. Red de distribución. Entre SQM y SCL mantienen una red de distribución a nivel mundial compuesta por más de 40 filiales, con oficinas comerciales, bodegas y plantas de mezclas, por medio de las que comercializa sus productos en más de 100 países. Además; ambas empresas mantienen importantes acuerdos de distribución global que le permiten aumentar su alcance y reducir costos. Pese a ser una importante barrera de entrada el tener acceso a los canales de distribución, no es definitiva, SQM cuando ingreso al mercado del litio lo logró con precio bajo y aprovechando las redes desarrolladas por su negocio de fertilizantes vegetales.
4. Adicionalmente, la industria nacional tiene ventajas en cuanto a disponibilidad de agua, autoabastecimiento de materias primas, infraestructura de transporte, administración de recintos portuarios y calidad y cantidad de reservas.
5. Excelente escenario en precios de venta de litio. Para éste y el próximo año. Esto permitirá compensar una estructura de costos menos favorable.

Fortalezas Distintivas

Pero existen fortalezas que solamente son poseídas por las empresas chilenas. La explotación de estas fortalezas distintivas generalmente logra una ventaja competitiva y obtienen utilidades económicas por encima del promedio de su industria a nivel global.

1. Reservas. La industria chilena posee concesiones de explotación y exploración sobre salmueras subterráneas en el Salar de Atacama, las que contienen las mayores concentraciones de litio del mundo, además de altas concentraciones de sulfato, potasio y boro.
2. Costo de producción. SQM y SCL son los productores de más bajo costo de obtención de cloruro y carbonato de litio, esto se traduce en un significativo ahorro de costos para las empresas. Adicionalmente, los recursos obtenidos del Salar de Atacama presentan una baja cantidad de magnesio, disminuyendo significativamente los costos de procesamiento.
3. Condiciones climáticas. El desierto de Atacama presenta las mejores condiciones de evaporación que requieren los procesos para la obtención de los distintos productos, tanto intermedios, para su propio uso, como finales que comercializa la empresa. Además, presenta características climáticas favorables que permiten explotar durante todo el año.
4. Posición de líder y experiencia. La industria Chilena como líder del mercado tiene poder para incidir en el precio y en algunos clientes importantes, beneficiándose de una competencia global y una producción centralizada.

Estas fortalezas distintivas, traducidas en ventajas competitivas serán temporalmente sostenibles, cuando subsisten después que cesan todos los intentos de la competencia por imitar su estrategia.

Debilidades

Las debilidades se refieren básicamente a desventajas competitivas, las cuales se presentan cuando no se implementan estrategias generadoras de valor.

1. Costo de cambiar de proveedor y lejanía de los mercados de destino. El costo de cambio de proveedor es relativamente bajo, a pesar de que son sólo pocas las empresas proveedoras en esta fase de transformación, sus productos son muy homogéneos. Además, la lejanía de Chile respecto a los principales mercados de destino encarecen las importaciones de litio por los altos costos de transporte.
2. Riesgo cambiario. Las fuertes ventas en los mercados internacionales, sumado a un porcentaje de la estructura de costos en moneda nacional, exponen a la industria a pérdidas frente a cambios en la cotización de distintas monedas.
3. Energía. La empresa tiene contratos a largo plazo para suministro de electricidad y gas natural. Sin embargo, desde el 1º de abril de 2004 se han presentado sucesivos cortes en el suministro de gas argentino. En el largo plazo se introduce una

- condición de incertidumbre respecto de los aspectos regulatorios y decisiones políticas que se adopten en Argentina. Cabe destacar que los costos relacionados con energía representan casi un 10% de los costos de producción. Sin embargo, la compañía tiene la opción de remplazar gas por diesel a un mayor costo asegurando la continuidad de las plantas productivas.
4. Pobre investigación y desarrollo. Al contrario de empresas como FMC, Chemetall o CITIC en China, que destinan importantes recursos anualmente al desarrollo de nuevos productos derivados del litio. Como se ha mencionado anteriormente estas empresas se encuentran integradas verticalmente.
 5. Baja importancia relativa del litio dentro del producto final. En general los productos finales que contienen litio, lo utilizan en pequeñas fracciones, es decir, su importancia relativa respecto al bien terminado no es crítica.

Mundial de Comercio (Referencia 73).

Es más, los costos de explotación en 2006 respecto del año anterior aumentaron producto del aumento de los costos de la energía, principalmente producto a la reducción en el abastecimiento de gas desde Argentina, debiendo la industria incrementar su uso en petróleo, commodity cuyo precio ha aumentado fuertemente los últimos años, aumento en el precio de las materias primas incrementado los costos de todas las líneas de producción.

6 Lineamientos estratégicos de crecimiento para la industria chilena productora de litio

Los capítulos anteriores han permitido entender el mercado mundial del litio, sus reservas a nivel global, caracterizar las empresas y su comportamiento, analizando las estructuras que definen sus desempeños. Todo esto servirá de base y sustento para plantear los lineamientos o focos estratégicos de crecimiento para la industria nacional.

Lo primero es fijar la teoría sobre la cual se desarrollaran las propuestas y sus argumentos. Se entenderá por estrategia *al conjunto de compromisos, actos integrados y coordinados cuyo objetivo es explotar las competencias centrales y conseguir una ventaja competitiva* (Referencia 77). Esta ventaja competitiva es sustentable cuando la empresa (o en este caso la industria chilena) aplica una estrategia que crea valor que otras no son capaces de imitar o consideran que es demasiado costoso hacerlo y con esto obtener utilidades superiores al promedio de la industria a nivel mundial.

Por lo tanto el objetivo de las estrategias de crecimiento es aprovechar los recursos, las capacidades y las competencias centrales de la empresa para alcanzar sus metas en un entorno competitivo que ofrece oportunidades, pero también amenazas.

Para esto en primer lugar se estudiará el comportamiento de la economía mundial y su relación con el mercado del litio, luego se analizan los escenarios futuros más probables

para este mercado (y para los productos-mercados principales) y las tendencias de consumo futuras. Finalmente proponer estrategias de crecimiento con foco en la creación de valor; la idea de esta metodología es ir desde lo más general a lo más particular y de esta forma plantear resultados más robustos, confiables y aplicables.

6.1 Una mirada a la economía mundial

La marcha de la economía mundial es un importante factor a la hora de estudiar el crecimiento de cualquier industria, en particular la de los commodities como lo es el litio (y el carbonato de litio). Por esta razón, se realizó un análisis de las expectativas futuras a nivel global utilizando como principales fuentes el Banco mundial y la Organización Mundial de Comercio (Referencia 73).

Pese al importante aumento de los precios del crudo durante el año 2006, el ritmo de crecimiento económico mundial se mantuvo fuerte, el producto mundial bruto creció un 4% durante ese año. El crecimiento económico mundial en 2005 fue de un 3,5%, frente al 5,0% en 2004. Sin embargo, pese a los riesgos por el precio del crudo y una posible desaceleración de EE.UU., las perspectivas siguen siendo particularmente positivas para los próximos años.

Se anticipa que la economía mundial se desacelere en el 2007 después de tres años de crecimiento históricamente alto, se espera que el crecimiento global se disminuya a un ritmo de 3,3% en el 2007. Un debilitado mercado de vivienda en Estados Unidos es un factor importante en la disminución de la actividad económica mundial, según el informe anual de la ONU: World Economic Situation and Prospects 2007 (Situación y perspectivas para la economía mundial 2007). Se anticipa que el enfriamiento del auge de la vivienda deprima la demanda de consumidores y disminuya el crecimiento de la economía estadounidense a una tasa de 2,2% en el 2007. En contraposición se encuentra la recuperación económica en Japón y Europa.

Las economías de Asia oriental continúan liderando el crecimiento económico en el mundo en desarrollo, registrando un promedio de 7,7% en el 2006. China registró una tasa de crecimiento de más de 10%. El crecimiento en Asia meridional, liderado por la India, también ha sido fuerte con una cifra de 6,7% en el 2006. Las perspectivas son que el crecimiento permanecerá fuerte, con las economías de Asia oriental expandiéndose a una tasa promedio de 7,5% mientras las de Asia meridional experimentarán una leve desaceleración en el 2007.

El rendimiento de los países menos adelantados (no desarrollados) permanece notablemente fuerte, alcanzando un promedio de casi 7% en el 2006, sobre todo en los países productores de petróleo y exportadores de otros minerales se benefician de los altos precios de productos básicos como es el caso de Chile (y la industria productora de litio). Se anticipa que el crecimiento en estos países permanezca igualmente fuerte a fines de 2007 y durante todo el 2008.

Se espera que el crecimiento en Europa, que sobrepasó las expectativas en el 2006, se modere a un ritmo de alrededor del 2% en el 2007 y en Japón, que también experimentó un crecimiento robusto en el 2006, se desacelere a menos del 2% en el 2007.

En la tabla siguiente se puede observar los crecimientos esperados por regiones del globo y por países, para poder fijar una primera aproximación en cuanto al foco de las estrategias de crecimiento y los mercados más atractivos.

Tabla 45: Resumen del crecimiento mundial del PIB.

Crecimiento real del PIB ^a	2005	2006	2007E	2008E	2009E
El mundo	3,5	4	3,3	3,6	3,5
Partida por memoria: el mundo (Ponderación PPA) ^b	4,7	5,3	4,7	4,8	4,7
Países de altos ingresos	2,6	3,1	2,4	2,8	2,8
Países de la OCDE	2,5	2,9	2,3	2,7	2,7
Zona euro	1,3	2,7	2,5	2,2	2
Japón	2,6	2,2	2,3	2,4	2,1
Estados Unidos	3,2	3,3	1,9	3	3,1
Países no pertenecientes a la OCDE	5,8	5,7	4,9	5,1	5
Países en desarrollo	6,7	7,3	6,7	6,2	6,1
Asia Oriental y el Pacífico	9	9,5	8,7	8	7,9
China	10,2	10,7	9,6	8,7	8,5
Indonesia	5,7	5,5	6,3	6,5	6,4
Tailandia	4,5	5,3	4,5	4,5	5
Europa y Asia Central	6	6,8	6	5,7	5,8
Rusia	6,4	6,7	6,3	5,6	5,8
Turquía	7,4	6	4,5	5,5	5,4
Polonia	3,5	6,1	6,5	5,7	5
América Latina y el Caribe	4,7	5,6	4,8	4,3	3,9

Brasil	2,9	3,7	4,2	4,1	3,9
México	2,8	4,8	3,5	3,7	3,6
Argentina	9,2	8,5	7,5	5,6	3,8
Oriente Medio y Norte de Africa	4,3	5	4,5	4,6	4,8
Egipto	4,6	6,9	5,3	5,4	6
Irán	4,4	5,8	5	4,7	4,5
Argelia	5,3	1,4	2,5	3,5	4
Asia Meridional	8,7	8,6	7,9	7,5	7,2
India	9,2	9,2	8,4	7,8	7,5
Pakistán	7,8	6,6	6,4	6,3	6,1
Bangladesh	6	6,2	6	6,1	6,4
África al Sur del Sahara	5,8	5,6	5,8	5,8	5,4
Sudáfrica	5,1	5	4,4	5,2	4,9
Nigeria	6,9	5,6	6,4	6,6	5,9
Kenya	5,8	5,9	5,1	5,2	4,9
Países en desarrollo	2005	2006	2007E	2008E	2009E
excluidos los países en transición	6,9	7,4	6,7	6,3	6,1
Excluidos China e India	5,2	5,9	5,3	5	4,9

Cuadro de pronósticos: Fuentes y notas

Nota: PPA = paridad del poder adquisitivo; E = estimado

^a PIB en dólares constantes del año 2000; precios y tipos de cambio de mercado del año 2000.

^b PIB medido en función de factores de ponderación de la paridad del poder adquisitivo del año 2000.

Fuente: Referencia 82.

El crecimiento de los países en desarrollo registró un aumento del 7,3% en 2006, y por cuarto año consecutivo estas economías superaron el 5,5%. Los países que mostraron un crecimiento muy acelerado, como China (10,7%) e India (9,2%), contribuyeron decisivamente a lograr este resultado. Pero aun excluyéndolos del cálculo, los países de ingreso bajo y mediano crecieron un 5,9% y el producto interno bruto (PIB) de todas las regiones en desarrollo aumentó más del 5%.

Esta firme demanda de los países en desarrollo se reflejó en un mayor crecimiento de las exportaciones de los países de ingreso alto, lo cual fue la principal causa del aumento del PIB en esos países, que llegó al 3,1%. En conjunto, el crecimiento mundial fue del 4% (5,3%, si se utilizan ponderaciones de paridad del poder adquisitivo (PPA)).

Con toda la información anterior, se puede concluir que para crecer en el futuro, el foco para la industria chilena del litio no sólo debe estar en los mercados tradicionales (EE.UU., Europa y Japón), sino que en los países emergentes asiáticos, en especial en **China e India**.

6.2 La economía mundial y su efecto sobre el precio de los commodities

La hipótesis que se plantea en este estudio, luego de analizar el mercado mundial del litio, su estructura y comportamiento es que el mayor riesgo para el crecimiento de la industria chilena es seguir produciendo un producto commodity, indiferenciado y subordinando su crecimiento al desempeño de la economía mundial, colocando a las empresas productoras en una posición de vulnerabilidad ante los escenarios futuros. Este punto fue construido principalmente luego de analizar estudios e informes del Banco Mundial, el Fondo Monetario Internacional, Mckinsey&Company y un análisis internacional del Banco Central de Chile respecto a los efectos de China en la economía mundial (Referencia 82, 99, 100 respectivamente).

Los commodities como el carbonato de litio, son productos muy homogéneos, es decir, muy similares entre sí y su precio es indiferenciado entre los distintos productores. Esto es tan así, que de hecho existe un único precio para los commodities a nivel internacional. Por ejemplo, si se observa que el precio del litio está por ejemplo en US\$ 4,1 por Kg., este sería el precio con el que cualquier comprador o vendedor debiera operar. Algunas pequeñas diferencias, podrían ser el reflejo de costos de transacción, intermediación y transporte (incluido seguros). Vale la pena señalar que existen contratos entre las empresas y los clientes que fijan precio y cantidad, pero estos nunca exceden el año de duración (Referencia 98).

La evidencia muestra que cuando la economía mundial está en plena expansión, es decir, cuando se espera que en promedio en el mundo la riqueza real tienda a incrementarse, el precio de los commodities también aumenta (Referencia 100). La razón de esto está en el crecimiento de los países más industrializados. Estos son los grandes compradores de materias primas (commodities) que utilizan como insumos

para la elaboración de productos de mayor valor agregado. Si el mundo tiende a ser más rico, es porque tiende a demandar más productos elaborados y, en consecuencia, se demandan mayores insumos para la fabricación de dichos bienes. No es menos cierto que lo contrario también ocurre, cuando la economía mundial tiende a frenarse, disminuye la demanda por commodities, ya que se prevé una menor demanda por productos elaborados. Ello tiene como consecuencia una disminución en los precios de estas materias primas. Para justificar y ejemplificar estos comentarios se presenta a continuación el análisis de dos eventos antagónicos que afectaron el desempeño de la economía a nivel mundial y los precios de los commodities: *La crisis asiática y la irrupción de China*.

6.2.1 La crisis asiática

Esta fue nombrada como la “crisis de tercera generación”, la cual tiene la idea básica de las profecías autocumplidas. Por ella se entiende que cuando todos quienes poseen depósitos esperan algún descalabro bancario en el futuro, la estrategia óptima de estos es retirar su dinero de los bancos inmediatamente. Los bancos no están disponibles para pagar a todos a la vez, por lo tanto el sistema bancario colapsa. Similarmente, un bajo tipo de cambio (TC) fijo, si todos los poseedores de moneda creen que el Banco Central (BC) no podrá cubrir con toda la moneda extranjera, ocurrirá una corrida y el TC colapsará. Aunque el BC tenga reservas suficientes, igual no alcanzará ya que el público buscará convertir toda su liquidez en moneda extranjera.

La crisis estuvo representada por economías grandes, por lo tanto, los efectos de la crisis se extendió mucho más allá de sus propias fronteras. Comenzó en julio de 1997 en Tailandia y, en la segunda mitad del año, se extendió gradualmente y, en forma secuencial, a casi todos los mercados emergentes de Asia: Indonesia, Filipinas, Malasia, Hong Kong, la provincia China de Taiwán, Singapur y, finalmente a la República de Corea en noviembre del mismo año. Cayeron países con deudas de corto plazo elevadas en relación con sus reservas (Tailandia, Indonesia, Malasia y la República de Corea) y economías con una situación de reservas muy sólida (Hong Kong y Singapur); países con elevados déficit en cuenta corriente en relación con el PIB (Tailandia y Malasia); países con déficit moderados (República de Corea e Indonesia); e incluso economías con superávit significativos (Singapur y Hong Kong).

Aunque las causas de las crisis son distintas, lo interesante (al menos desde el punto de vista de este estudio) fueron las consecuencias inmediatas similares: devaluación de las monedas, reducción de los niveles de vida de los ciudadanos, menor confianza en el crecimiento económico mundial en general y **caída de los precios de los commodities**, esto último explicado por la reducción del ingreso per capita en Asia y Rusia, lo cual reduce la demanda para las exportaciones del resto del mundo. Esta reducción en la demanda de dos grandes economías produce un exceso de oferta de los productos en el mercado internacional y los precios internacionales bajan. Para los productos exportables hay dos efectos: menos ventas a Asia y Rusia y menores precios en los otros mercados mundiales por el **exceso de oferta**. Para el mercado del litio lo

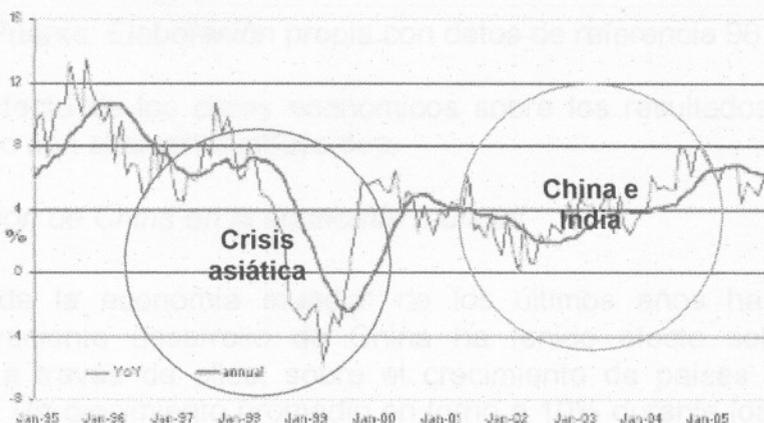
anterior estaba agudizado debido a que coincidió con la reciente entrada de SQM al mercado incrementando el efecto de exceso de oferta, lo que se vio reflejado en los bajos precios para el litio durante ese periodo.

Chile y sus industrias padeció el efecto de la crisis con un incremento del déficit comercial, impactando particularmente las grandes turbulencias de la economía coreana, sorprendiéndolo con una marcada caída del precio los commodities como el carbonato de litio y el valor exportado (en 1998 el precio de U\$1,79/Kg. y US\$20,8 millones FOB en ventas). El PIB se vio azotado por la disminución del mismo y cayeron las reservas internacionales.

La apertura a capitales incrementó la vulnerabilidad del país y los expuso a shocks externos, que para el caso del litio se vio reflejado en un descenso de la demanda sumado a un exceso de oferta, Chile estuvo muy expuesto al contagio y al comportamiento de inversores internacionales. Todo esto está determinado por las características de la industria chilena productora de litio, que es netamente exportador de commodities. A más de 10 años de la crisis asiática, el escenario mundial es diferente y el incremento en la cotización de sus productos (en especial el carbonato de litio) han favorecido las arcas de la industria chilena, pero por otro lado, el aumento del precio del petróleo ha incrementado los costos de producción. Si bien el valor del litio atraviesa máximos históricos, el del crudo, el gas natural y en general todos los tipos de combustibles también se ha elevado drásticamente, utilizados intensivamente en los procesos de producción.

A continuación se presenta un gráfico del comportamiento de la actividad económica chilena y su dependencia a los shocks mundiales.

Gráfico 36: Actividad económica Chile, 1995-2006 (crecimiento porcentual del PIB)

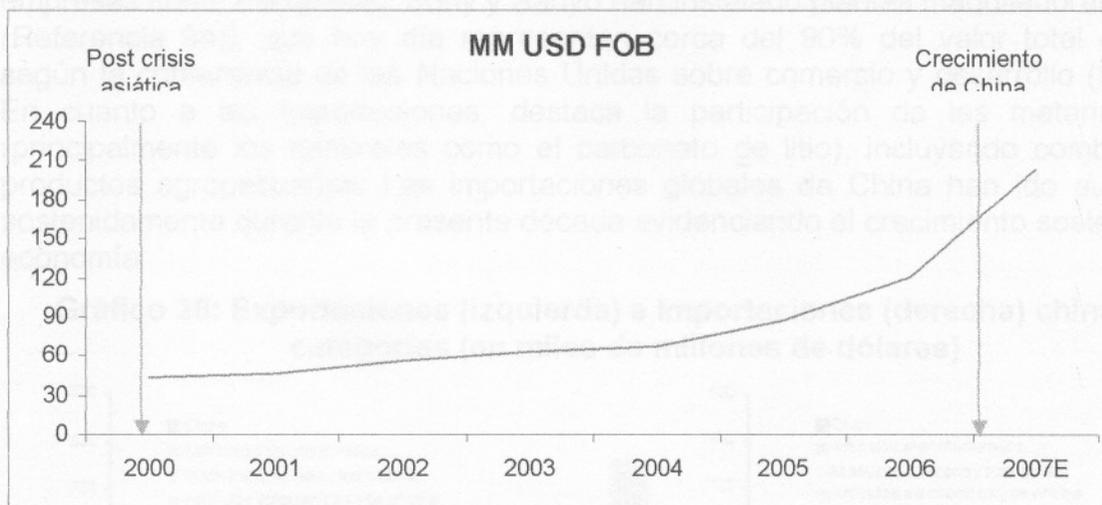


Fuente: Referencia 100.

La evidencia empírica muestra la alta vulnerabilidad de la industria chilena al ciclo económico debido, en parte, a su dependencia al precio de los commodities que produce y que presentan escaso valor agregado (Referencia 101). Los episodios como el de la crisis asiática tienen un impacto negativo significativo en la tasa de inversión y en la tasa de crecimiento de la productividad y, por ende, en la tasa de crecimiento de largo plazo de la industria nacional. Luego de haber analizado esto y al tener en cuenta que Chile y su industria productora de litio es muy vulnerable a los shocks externos, es importante remarcar que deben aplicarse “políticas diferentes”, con ello quiere decirse que no sólo basta con ahorrar en épocas donde las condiciones internacionales son favorables y usar esos recursos cuando se desacelera el crecimiento, sino más bien elaborar e implementar políticas y estrategias de crecimiento totalmente diferentes que permitan sortear dichas crisis en forma más apropiada.

Lo anterior es de observa en forma gráfica para la industria chilena del litio. Básicamente con la misma capacidad instalada y producción la industria nacional obtuvo ingresos diametralmente opuestos el año 2000 versus el año 2006:

Gráfico 37: Ventas FOB de carbonato de litio por año en millones de dólares



Fuente: Elaboración propia con datos de referencia 96.

Se observa el efecto de los ciclos económicos sobre los resultados de la industria productora de litio son altamente influyentes.

6.2.2 Irrupción de China en la economía mundial

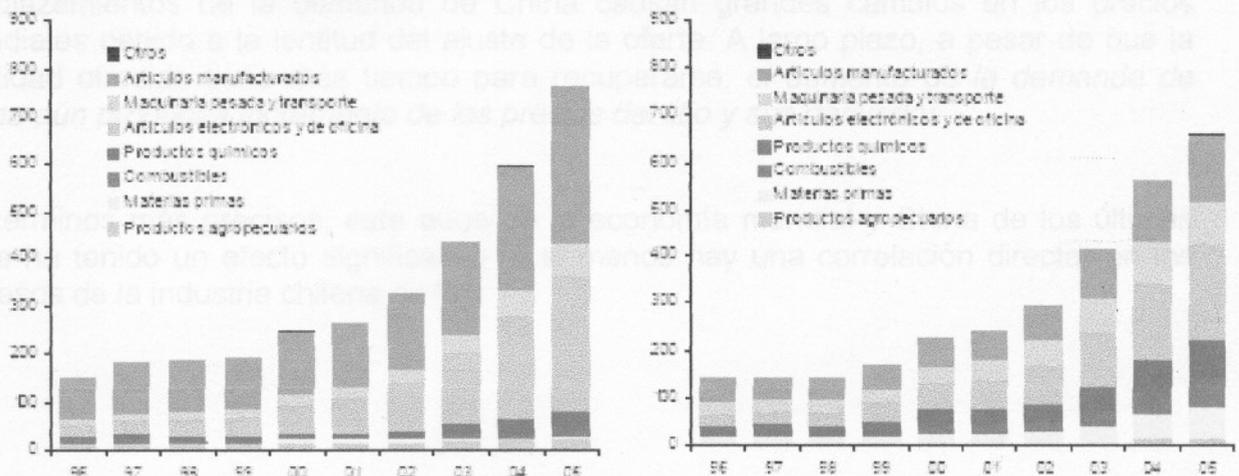
El crecimiento de la economía mundial de los últimos años ha tenido un claro catalizador, el reciente desarrollo de China ha tenido efecto sobre el precio de commodities y, a través de ellos, sobre el crecimiento de países como Chile y su industria minera. Un crecimiento promedio en torno a 10% durante los últimos 20 años, ha hecho de China un jugador clave en el desarrollo económico mundial. En la actualidad representa la cuarta economía mundial según datos de la Organización Mundial de Comercio (OMC) (Referencia 102), medida a paridad del poder de compra, y se ha convertido en el principal consumidor de productos básicos.

Según el Banco Central de Chile, el análisis de los efectos de la producción de China sobre precio de commodities como el carbonato de litio, muestra que el rol de esta economía ha sido clave, particularmente desde el 2000 a la fecha. En efecto, la evolución del precio de metales, combustibles y productos agrícolas está explicado de manera significativa por la incorporación de la producción industrial de China. Especialmente importante es el efecto que produce sobre los metales como el cobre o el litio (y sus derivados), en alguna medida sobre petróleo y combustibles.

Para efectos de medir el impacto que China ha tendido sobre América Latina, cabe distinguir en esta región dos tipos de países: aquellos en los que una fracción importante de sus exportaciones corresponde a manufacturas, y por tanto en ese ámbito han pasado a ser competidores de China, como es el caso de México especialmente y Brasil, y aquellos que exportan principalmente commodities, y que por tanto han visto incrementada su demanda externa, como es el caso de Chile.

Las exportaciones chinas han pasado ha concentrarse principalmente en manufacturas y productos electrónicos (cerca del 40% de las baterías de litio se fabrica en China y empresas como Panasonic, Sony y Sanyo han instalado plantas maquiladoras en China (Referencia 94)), que hoy día representan cerca del 90% del valor total exportado, según la conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo (UNCTAD). En cuanto a las importaciones, destaca la participación de las materias primas (principalmente los minerales como el carbonato de litio), incluyendo combustibles y productos agropecuarios. Las importaciones globales de China han ido aumentando sostenidamente durante la presente década evidenciando el crecimiento sostenido de la economía.

Gráfico 38: Exportaciones (izquierda) e Importaciones (derecha) chinas por categorías (en miles de millones de dólares)



Fuente: UNCTAD, 2006 (Referencia 103).

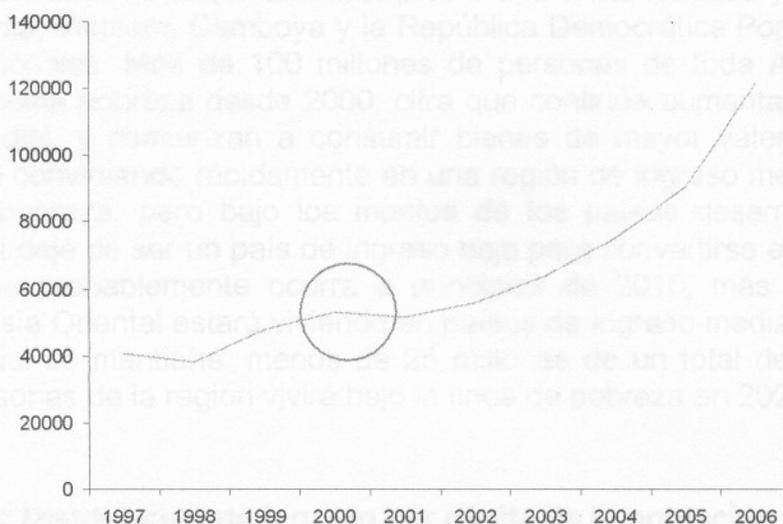
Se observa claramente la importancia creciente dentro de sus importaciones de las materias primas, al contrario estas ya casi han desaparecido dentro de las categorías que exporta. China se transformo en un importador neto de materias debido a su creciente industria maquiladora, que para el caso del litio son principalmente para la industria de las baterías y grasas.

Comparaciones de China con otras economías asiáticas que enfrentaron un proceso de desarrollo económico similar en el pasado (como Japón y Corea) indican que esta demanda seguiría creciendo en el tiempo, de mantenerse las altas tasas de crecimiento de la actividad económica (Referencia 104), es decir, este crecimiento no es algo puntual o esporádico, es más según el Banco Mundial China presenta patrones similares al Japón de los 50's y Corea del Sur de los 70's. Sin embargo, también deja a las economías con mayor exposición a shocks de términos de intercambio, lo que plantea otros riesgos a considerar para la industria chilena productora de litio que exporta un producto indiferenciado.

Los estudios en este tema son bastante escasos. Uno de ellos es Bloodgood (2006) (Referencia 100), que hace una revisión completa sobre los distintos intentos de estimar el efecto de China en el precio del petróleo, minerales, productos forestales y residuos ferrosos, además de hacer una descripción de la estructura de comercio en estos bienes. En este trabajo se indica que el aumento de la demanda de China por petróleo y minerales (medido como el aumento del consumo de China) origina un incremento de los precios de 12-37% y **8-52%** respectivamente, durante el período entre 1995 y 2004, de acuerdo a varios estudios previos mencionados en su artículo. Sin embargo, a la hora de realizar sus propias estimaciones, hace especial hincapié en el cálculo de la elasticidad de la oferta, el cual es tomado como dato de otros estudios. Establece para el caso de los minerales como el litio o el cobre, que en el corto plazo, incrementos o desplazamientos de la demanda de China causan grandes cambios en los precios mundiales debido a la lentitud del ajuste de la oferta. A largo plazo, a pesar de que la cantidad ofrecida tiene más tiempo para recuperarse, *el aumento de la demanda de China aún producirá incremento de los precios del litio y sus derivados.*

En términos más precisos, este auge de la economía mundial y China de los últimos años ha tenido un efecto significativo (o al menos hay una correlación directa) en los ingresos de la industria chilena de litio.

Gráfico 39: Exportaciones chilenas de carbonato de litio (en miles de dólares FOB)



Fuente: Banco Central.

A partir del 2001, se observa un cambio de pendiente en la curva de exportaciones chilenas de carbonato de litio y que corresponde a una situación post crisis asiática, de recuperación de las economías a nivel mundial y la irrupción de China como un actor relevante del comercio internacional.

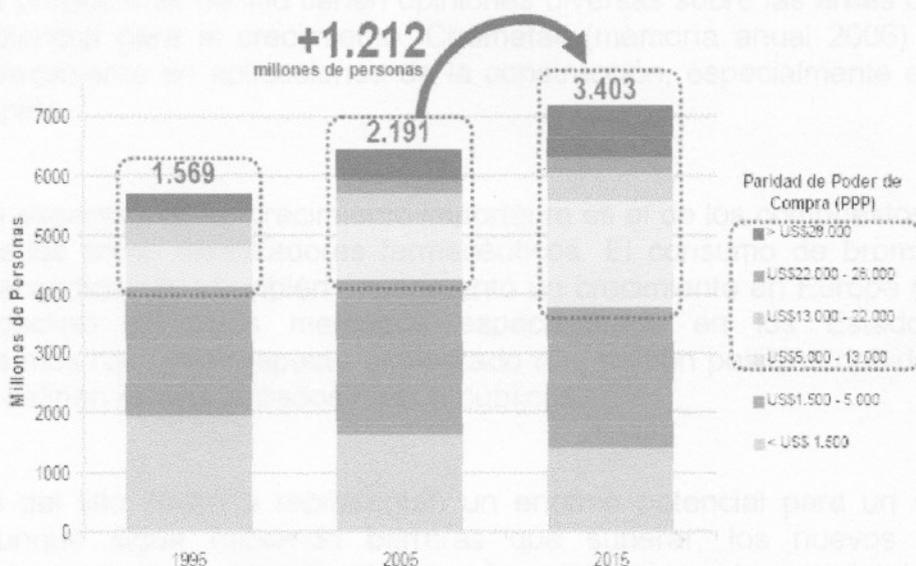
A modo de síntesis, se puede mencionar que los países exportadores de commodities como es el caso de Chile y su industria del litio, en tanto, han registrado un significativo crecimiento de sus exportaciones, lo que ha impactado positivamente sobre su desempeño económico. Lo anterior se apoya en el hecho de que, tal como se ha mostrado en los párrafos anteriores, un factor importante detrás del aumento son los precios de commodities durante los últimos años, especialmente de metales y minerales, que en parte obedece al fuerte incremento de la demanda proveniente de China, y que tendería a perdurar durante los próximos años.

6.3 Nuevos consumidores finales

Cada una de las industrias que utilizan el litio como insumo, presentan demandas que dependen directamente del consumo del cliente final, es decir, la cantidad de litio que requerirá en el futuro la industria de las baterías, farmacéutica, grasas, etc., dependerá de la cantidad por demandada por esos bienes por los consumidores finales en los distintos mercados. Por lo tanto, el crecimiento del ingreso per cápita en algunas regiones del globo sumado al aumento de la población tendrán como consecuencia potenciales nuevos clientes de productos de litio.

Desde hace 10 años Asia de manera constante ha incrementado su PIB, tiene menos pobres y un mayor protagonismo a nivel mundial (Referencia 99). El ingreso per cápita ha aumentado bastante respecto del nivel previo a la crisis Asiática y algunos países, como China, India, Vietnam, Camboya y la República Democrática Popular Lao, crecen a tasas excepcionales. Más de 100 millones de personas de toda Asia Oriental han salido de la extrema pobreza desde 2000, cifra que continúa aumentando según datos del Banco Mundial, y comienzan a consumir bienes de mayor valor agregado. Asia Oriental se está convirtiendo rápidamente en una región de ingreso medio (están sobre la línea de la pobreza, pero bajo los montos de los países desarrollo). De hecho, cuando Vietnam deje de ser un país de ingreso bajo para convertirse en uno de ingreso mediano, lo que probablemente ocurra a principios de 2010, más del 95% de los habitantes de Asia Oriental estará viviendo en países de ingreso mediano. Si la tasa de crecimiento anual se mantiene, menos de 25 millones de un total de cerca de 2.000 millones de personas de la región vivirá bajo la línea de pobreza en 2020.

Gráfico 40: Distribución de ingreso per cápita de la población del mundo.



Fuente: WIDER (ONU) y Referencia 82.

El gráfico anterior muestra que en los próximos 10 años crecerá en más de 1.200 millones el número de personas con un ingreso per cápita superior a los US\$5.000, es decir, dejarán de sobrevivir y comenzarán a escoger los productos que consumen, **habrá 1.200 millones de potenciales clientes nuevos.** Quizás puede surgir la pregunta ¿Qué tiene que ver esto con el mercado del litio?, la respuesta es lógica, habrá una mayor demanda por productos con valor agregado, entre ellos baterías, fármacos, aire acondicionado, etc., por lo tanto, la industria nacional productora de litio, no sólo debe ver esto como un desafío en términos de su capacidad productiva futura, sino que la conclusión más poderosa es el desafío de entender las necesidades (explícitas y latentes) de estos nuevos consumidores finales y como estos afectaran las

líneas productivas, los procesos, los mercados y los requerimientos de las empresas que utilizan litio como insumo para la elaboración de sus productos.

6.4 Perspectivas de consumo futuro para el litio

Aunque los mercados tradicionales siguen siendo importantes para la industria del litio, las baterías están ganando rápidamente importancia y podrían muy pronto ser el mercado principal para los materiales de litio de todas las clases.

El mercado global para las baterías de litio ha experimentado un aumento en más de un 20% por año en los últimos años. Las baterías de ión-litio y de polímero-litio parecen ser las de mayor potencial de crecimiento. El mercado mundial para estas baterías recargables fue estimado en unos US\$4 mil millones en 2005 (Referencia 26). Otros mercados de litio también están creciendo pero a tasas más bajas que las baterías. Los productores de litio tienen opiniones diversas sobre las áreas que ofrecen un mayor potencial para el crecimiento. Chemetall (memoria anual 2006) divulgó un importante crecimiento en aplicaciones de la construcción, especialmente en concreto de fijación rápida.

Otro uso que experimentó un crecimiento importante es el de los compuestos orgánicos de litio utilizados como catalizadores farmacéuticos. El consumo de bromuro de litio para el aire acondicionado también experimentó un crecimiento en Europa (Referencia 56), pero declinó en otros mercados especialmente en los Estados Unidos. Estimaciones más robustas respecto al mercado real no son posibles debido a que los detalles que definen estos mercados no son públicos.

Las baterías del litio llevan a representar un enorme potencial para un crecimiento continuo. Aunque sigue habiendo barreras que superar, los nuevos desarrollos tecnológicos han permitido obtener cátodos más estables de este material. Las mejoras en su funcionamiento han sido significativas, la densidad de energía de las baterías de ión-litio son dos veces mayores que cuando fueron introducidas en 1991 (Referencia 26).

Baterías más grandes del litio están siendo incorporadas en productos nuevos. En 2006, fabricantes de herramientas industriales (sierras, taladros, perforadoras, etc.), Milwaukee Electric Tools Corp., Dewalt Industrial Tool Co. y Robert Bosch Tool Corp., introdujeron líneas completas de las herramientas diseñadas utilizando las baterías de ión-litio. Se espera que eventualmente substituyan las herramientas que usan baterías de níquel-cadmio. Las baterías de ión-litio entregan hasta un 50% más energía, tiempos en marcha más largos y más ciclos de carga en comparación con las baterías de níquel-cadmio, pero a un precio superior.

Aunque los vehículos eléctricos híbridos (HEVs) utilizan actualmente casi exclusivamente las baterías de hidruro de níquel, los mayores fabricantes de automóviles han anunciado planes para desarrollar las baterías del ión-litio para ser usadas en las generaciones futuras de este tipo de vehículos. General Motors Corp., Toyota Motors Corp. y Volkswagen AG trabajaban en tecnologías de ión-litio. Además, el aumento del interés por los vehículos híbridos enchufables (PHEVs), que tendrían periodos de conducción puramente eléctrica más prolongada, significando esto que las baterías necesarias serían perceptiblemente más grandes que las para los HEVs que funcionan en la actualidad. El uso de las baterías de ión-litio en HEVs y PHEVs podría generar enormes aumentos en la demanda por litio. Mientras que continué aumentando la demanda y los precios del litio, los recursos de este mineral que habían sido considerados no rentables tendrán un nuevo atractivo para la producción de carbonato de litio.

6.5 Proyecciones para la demanda mundial de litio

El objetivo de este apartado es estimar la demanda de LCE para los siguientes 20 años. La metodología será usar la función de demanda estimada en el capítulo de análisis de las estructuras de mercado para proyectar valores de los usos que contiene esta función a modo de crecimientos porcentuales anuales. Los valores de los crecimientos porcentuales anuales, se obtendrán de las siguientes referencias: 2, 26, 28 y 37.

Se considerarán tres escenarios posibles: optimista, pesimista y normal, los cuales utilizarán distintos crecimientos porcentuales anuales que dependerán, como se mencionó anteriormente, de las referencias, de influencias macroenómicas y de tendencias de los mercados internacionales. Estas proyecciones no representan datos exactos, sino que deben usarse como referencia con lo que pueda ocurrir con el mercado del litio hasta el 2028. El punto de partida será el estado del mercado hasta el 2007, como lo indica la tabla 25.

En Primer lugar recordando la función de demanda que se estimó anteriormente y sirve como input para este análisis es:

$$Y_{LCE} = -0,867 \text{ precio} + 7,098 \text{ Bat} + 0,106 \text{ VyC}$$

Donde:

Bat = Cantidad de toneladas de LCE que se ocupan en la fabricación de baterías secundarias.

VyC= Cantidad de toneladas de LCE que se ocupan en la fabricación de vidrios y cerámicas.

Precio= precio por tonelada de LCE.

A continuación se presentan las proyecciones que se realizaron en cada estado de la naturaleza que se definió al comienzo del apartado.

6.5.1 Proyección conservadora

Para esta proyección se tomará como supuesto que todas las variables de la ecuación crezcan al ritmo de la economía mundial, se tomará la referencias 57 y se proyectará un crecimiento de un 4% hasta el 2015, y desde el 2016 hasta el 2028 el crecimiento será de un 3%. A continuación se presentarán las estimaciones:

Tabla 47: Proyecciones Normales.

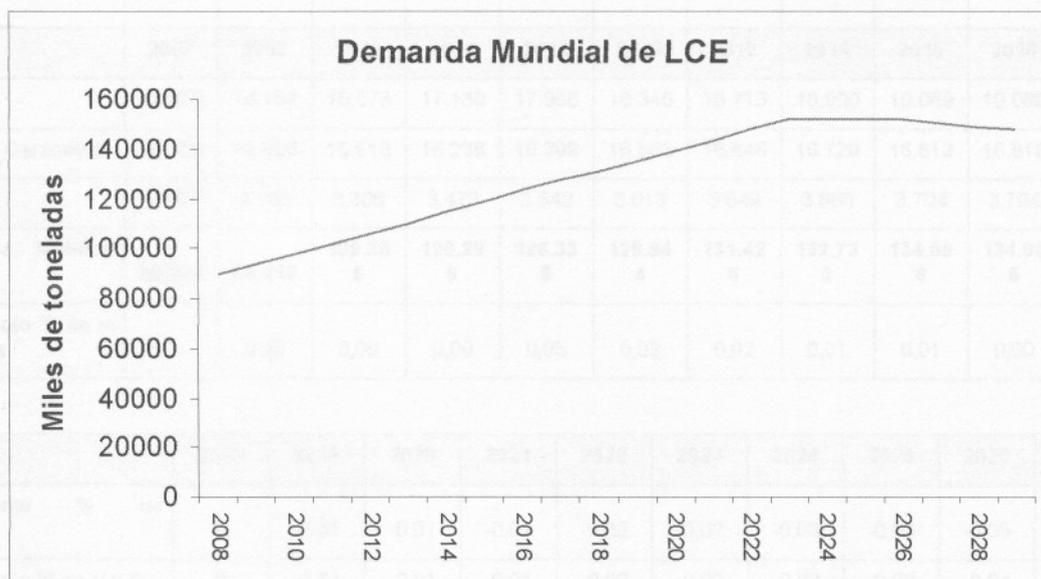
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Crecimiento % de baterías		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Crecimiento % de V y C		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Crecimiento % del Precio		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Baterías	12.870	13.385	13.920	14.477	15.056	15.658	16.285	16.936	17.613	18.142	18.686
Vidrios y Cerámicas	15.300	15.912	16.548	17.210	17.899	18.615	19.359	20.134	20.939	21.567	22.214
Precio	3.000	3.120	3.245	3.375	3.510	3.650	3.796	3.948	4.106	4.229	4.356
Demanda Mundial de LCE	90.000	93.987	97.746	101.656	105.723	109.951	114.349	118.923	123.680	127.391	131.213
Crecimiento % de la demanda		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Crecimiento % de baterías	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	-0,01	-0,01	-0,01
Crecimiento % de V y C	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	-0,01	-0,01	-0,01
Crecimiento % del Precio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	-0,01	-0,01	-0,01
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Baterías	19.247	19.824	20.419	21.031	21.662	21.662	21.662	21.662	21.446	21.231	21.019

Vidrios y Cerámicas	22.881	23.567	24.274	25.002	25.752	25.752	25.752	25.752	25.495	25.240	24.988
Precio	4.486	4.621	4.760	4.902	5.050	5.050	5.050	5.050	4.999	4.949	4.900
Demanda Mundial de LCE	135.149	139.203	143.379	147.681	152.111	152.111	152.111	152.111	150.590	149.084	147.593
Crecimiento % de la demanda	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 42: Demanda mundial de LCE caso conservador



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 47.

Esta proyección muestra un escenario que promete un crecimiento lento, pero es más sostenido a través del tiempo. Llegando a su punto más alto el año 2022 con una demanda de 152.000 toneladas de LCE. A este nivel de demanda, se prevé que los productores tienen el tiempo para reaccionar y no dejar que se desequilibre la oferta con la demanda, sobre todo SQM y las empresas Chinas que en este escenario tendrían en conjunto aproximadamente el 65% del mercado (SQM a finales del 2008 amplía su capacidad de producción a 40.000 toneladas de LCE y las empresas chinas se estiman producirán 60.000 toneladas de LCE (Referencias 25 y 58)) e incluyendo a los demás participantes del mercado, la estructura no cambiaría mucho, ya que al tener el mercado en equilibrio es difícil que se abran nuevos yacimientos.

Fuente: Elaboración propia

6.5.2 Proyección pesimista

En el escenario pesimista se consideró que la tasa de crecimiento de las baterías es de un 10% hasta el 2010, es decir la mitad del crecimiento promedio de los últimos años.

Para los vidrios y cerámicas crecerán un 2% hasta el 2010 y el precio crecerá un 5% hasta el 2010. A continuación se presentarán las estimaciones:

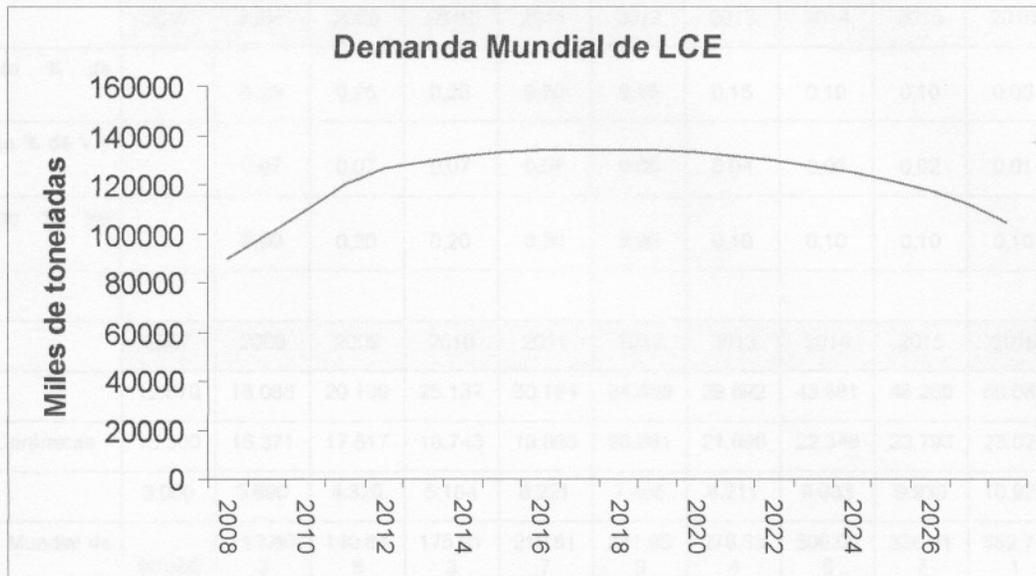
Tabla 48: Proyección Pesimista

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Crecimiento % de baterías		0,10	0,1	0,1	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0
Crecimiento % de V y C		0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,005	0,005	0,005	0	0
Crecimiento % del Precio		0,05	0,05	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,005	0	0
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Baterías	12.870	14.157	15.573	17.130	17.986	18.346	18.713	18.900	19.089	19.089	19.089
Vidrios y Cerámicas	15.300	15.606	15.918	16.236	16.399	16.563	16.646	16.729	16.813	16.813	16.813
Precio	3.000	3.150	3.308	3.473	3.542	3.613	3.649	3.686	3.704	3.704	3.704
Demanda Mundial de LCE	90.000	99.410	109.355	120.299	126.335	128.844	131.426	132.732	134.066	134.066	134.066
Crecimiento % de la demanda		0,09	0,09	0,09	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Crecimiento % de baterías	0	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,05	-0,07
Crecimiento % de V y C	0	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,05
Crecimiento % del Precio	0	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,05	-0,1	-0,1
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Baterías	19.089	18.898	18.709	18.522	18.152	17.789	17.255	16.737	15.901	14.788
Vidrios y Cerámicas	16.813	16.644	16.478	16.313	15.987	15.667	15.197	14.741	14.152	13.444
Precio	3.704	3.667	3.631	3.558	3.451	3.313	3.147	2.990	2.691	2.422
Demanda Mundial de LCE	134.066	132.725	131.398	130.116	127.544	125.053	121.359	117.773	112.029	104.287
Crecimiento % de la demanda	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,05	-0,07

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 43: Demanda mundial de LCE caso pesimista.



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 48.

En esta proyección, se ve un crecimiento explosivo de la demanda hasta el 2012, llegando a un nivel de 134.000 toneladas en el 2015 con un crecimiento de la demanda mundial muy exiguo del 3% entre el 2012 y el 2015. Después, se puede apreciar una senda estable entre el 2015 y el 2020, para luego a partir del 2020 la demanda comienza a decaer hasta niveles muy cercanos a la producción del 2007 en el año 2027. En este escenario, se puede predecir un exceso de oferta, con SQM y China, teniendo en conjunto un 65% de la oferta de litio, y los demás oferentes superando la demanda con efectos sobre los precios, que tenderán a la baja. Lo que imposibilitaría la entrada de nuevos yacimientos y eliminando a las empresas mas ineficiente en costos.

6.5.3 Proyección optimista

Como se muestra en el gráfico 14, y en las referencias 33 y 34, la tasa de crecimiento de las baterías promedio de los últimos 5 años es de un 25% y se estima que tendrá este crecimiento hasta el 2010. Para los vidrios y cerámicas, con el nuevo impulso de los nuevos productos, se prevé que crecerá a un ritmo de 7% hasta el 2010. El precio, como lo muestra el gráfico tiene una tendencia al alza, con un crecimiento de un 20%. A continuación se presentarán las estimaciones:

Gráfico Tabla 46: Proyecciones Optimistas

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Crecimiento % de baterías		0,25	0,25	0,25	0,20	0,15	0,15	0,10	0,10	0,05	0,00
crecimiento % de V y C		0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
Crecimiento % del Precio		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Baterías	12.870	16.088	20.109	25.137	30.164	34.689	39.892	43.881	48.269	50.683	50.683
Vidrios y Cerámicas	15.300	16.371	17.517	18.743	19.868	20.861	21.696	22.346	22.793	23.021	23.021
Precio	3.000	3.600	4.320	5.184	6.221	7.465	8.211	9.033	9.936	10.929	10.929
Demanda Mundial de LCE	90.000	112.803	140.848	175.913	210.817	241.959	278.334	306.006	336.417	352.711	352.711
Crecimiento % de la demanda		0,20	0,20	0,20	0,17	0,13	0,13	0,09	0,09	0,05	0,00

Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 46.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Crecimiento % de baterías	0,00	0,00	-0,02	-0,02	-0,05	-0,05	-0,10	-0,10	-0,15	-0,20
crecimiento % de V y C	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04
Crecimiento % del Precio	0,00	0,00	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Baterías	50.683	50.683	49.669	48.676	46.242	43.930	39.537	35.583	30.246	24.197
Vidrios y Cerámicas	23.021	23.021	22.791	22.563	22.112	21.670	21.236	20.599	19.981	19.182
Precio	10929	10.929	9.837	8.853	7.968	7.171	6.454	5.808	5.228	4.705
Demanda Mundial de LCE	352.711	352.711	346.439	340.216	323.661	307.894	277.288	249.717	212.270	169.701
Crecimiento % de la demanda	0,00	0,00	-0,02	-0,02	-0,05	-0,05	-0,11	-0,11	-0,18	-0,25

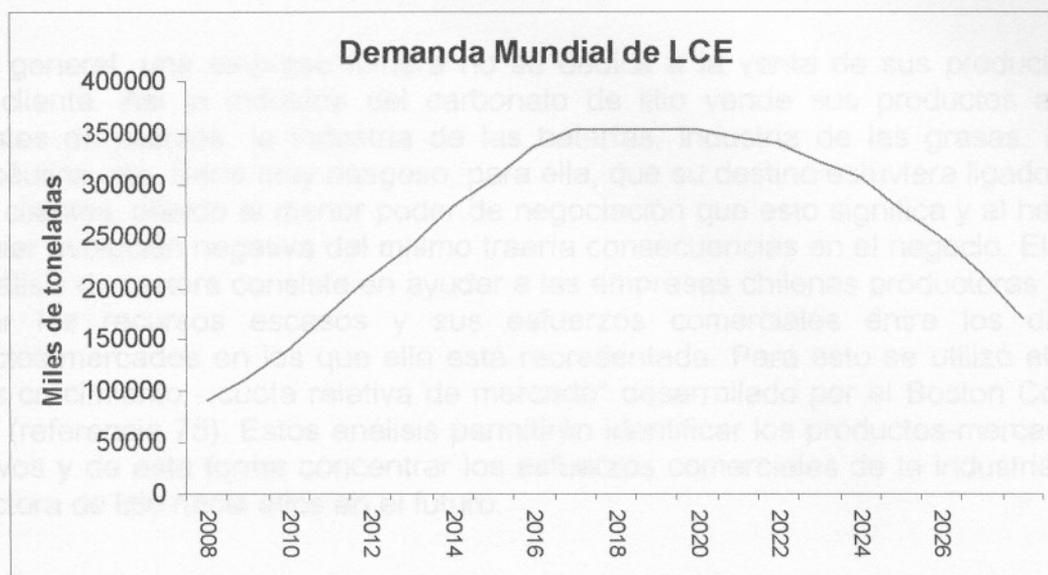
Fecha de consumo se desconoce

Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis competitivo de los productos-mercados

Si se considero todos los productos-mercados descritos en los capítulos anteriores, se tendrá un conjunto o una cartera de productos-mercados (Referencia 74). Si se determina la posición estratégica de cada producto-mercado en función de dos variables independientes, el atractivo del mercado en el cual opera y la competitividad

Gráfico 41: Demanda Mundial de LCE caso optimista



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla 46.

Según esta proyección optimista, la demanda mundial presentará un crecimiento muy pronunciado de un 20% anual hasta el 2010, alcanzando su nivel más alto el año 2016 con un crecimiento acumulado de 125% con 352.000 toneladas de LCE. En esta etapa, se espera que exista una gran brecha entre demanda y oferta (ni China, ni SQM ampliando su capacidad podrían hacer frente a este crecimiento de la demanda), lo que se reflejaría en un precio estimado de la tonelada de LCE de casi U\$11.000 dólares (140% más alto que el 2007). Lo que se apreciaría en este estado de la naturaleza, es la apertura de plantas productoras de LCE que en este momento son inviables (como Bolivia, Brasil, República del Congo) aprovechando los altos precios del commodity.

Siguiendo las predicciones de la referencias 23, que indica que el litio alguna vez se debe acabar o el precio va estar muy alto, que va a ser posible encontrar algún tipo de sustituto, la demanda comenzaría a caer lentamente hasta el 2024. A partir de esa fecha el consumo se desplomaría.

6.6 Análisis competitivo de los productos-mercados

Si se consideran todos los productos-mercados descritos en los capítulos anteriores, se tendrá un portafolio o una cartera de productos-mercados (Referencia 74). Si se determina la posición estratégica de cada producto-mercado en función de dos variables independientes: el atractivo del mercado en el cual opera y la competitividad

de la industria chilena en el producto-mercado considerado, se pueden inferir focos para los esfuerzos comerciales de las empresas nacionales.

Por lo general, una empresa minera no se dedica a la venta de sus productos a un único cliente. Así la industria del carbonato de litio vende sus productos a grupos diferentes de clientes: la industria de las baterías, industria de las grasas, industria farmacéutica, etc. Sería muy riesgoso, para ella, que su destino estuviera ligado a uno o pocos clientes, debido al menor poder de negociación que esto significa y al hecho que cualquier evolución negativa del mismo traería consecuencias en el negocio. El objetivo del análisis de cartera consiste en ayudar a las empresas chilenas productoras de litio a asignar los recursos escasos y sus esfuerzos comerciales entre los diferentes productos-mercados en los que ella está representada. Para esto se utilizó el modelo "Matriz crecimiento - cuota relativa de mercado" desarrollado por el Boston Consulting Group (referencia 75). Estos análisis permitirán identificar los productos-mercados más atractivos y de esta forma concentrar los esfuerzos comerciales de la industria chilena productora de litio hacia ellos en el futuro.

6.6.1 Matriz crecimiento-cuota del mercado de referencia

El modelo de matriz crecimiento - cuota relativa de mercado se basa principalmente en dos ejes, uno la tasa de crecimiento del mercado de referencia, del producto-mercado seleccionado, que en otras palabras señala la "atractividad" del mercado en función de su crecimiento pasado y esperado. El segundo eje tiene relación con la cuota de mercado del competidor más importante utilizado como referencia para la competitividad.

Según el Boston Consulting Group (BCG), el crecimiento de un sector es determinante para averiguar si un sector es dinámico y sólo estas industrias son las que disminuyen sus costos y permiten la creación de ventajas competitivas sostenibles y duraderas. La tasa de crecimiento se calcula como:

$$\text{Tasa crecimiento año } i \text{ (Ri)} = \frac{\text{Total año } i - \text{Total año } i-1}{\text{Total año } i-1}$$

La cuota de mercado relativa de cada empresa referida a un determinado competidor se calcula como:

$$\text{Cuota de mercado año } i \text{ (qi)} = \frac{\text{Ventas empresa año } i}{\text{Ventas competidor año } i}$$

mercado de las empresas, se puede hablar de diferentes tipos de empresas, por ejemplo empresas seniles, aquellas con una gran cuota de mercado, que generan importantes ventas, pero que tienen pocas actividades de crecimiento. Es decir, son empresas rentables sin problemas a corto plazo. Sin embargo, en el largo plazo su desempeño será diferente debido a la falta de productos estrellas y deberá buscar nuevos productos a través de investigación, adquisición, fusión, etc. En el otro extremo están las empresas con una

cartera juvenil, es decir, no tienen una amplia cartera de productos y no genera grandes fondos, el principal problema es que al no tener fondos sus productos no pueden pasar a estrella y se convierten eventualmente en peso muerto (en el futuro). Debe reorientarse para encontrar productos generadores de fondos que permitan equilibrarse.

Antes de entrar en el detalle del análisis para la industria chilena productora de litio, vale la pena señalar que hay dos supuestos detrás de la matriz del BCG:

- **Efecto experiencia:** Una cuota de mercado relativamente elevada implica una ventaja competitiva en términos de costos en relación a los competidores, así por ejemplo SQM tiene una ventaja sobre FMC debido a sus diferentes cuotas de mercado; inversamente, una cuota de mercado relativa baja implica una desventaja en términos del costo unitario. Lo anterior supone que si la empresa ha sido eficiente en lograr una cuota de mercado significativa, también lo ha sido para controlar sus costos y aumentar su productividad. Esta primera hipótesis implica que el competidor más poderoso tendrá una rentabilidad más elevada, y así podría generar ventajas, que se traducirán en una mayor facilidad para obtener mayores flujos de caja.
- **Necesidad de liquidez:** Todo mercado que se encuentra en expansión o crecimiento, como es el caso del mercado de las baterías de litio, implica una necesidad elevada de esfuerzos y recursos para el crecimiento de la demanda por litio debido a este mercado; inversamente, la necesidad de liquidez o recursos es débil para los productos de litio orientados hacia mercado del aluminio que viene en franco retroceso. Por lo tanto, los esfuerzos comerciales y de desarrollo de productos (o servicios) no deben ir hacia este mercado.

Estas dos hipótesis se pueden traducir en que la necesidad de recursos o esfuerzos (para crecer) dependerá si la empresa se encuentra o no en los cuadros de crecimiento alto, esto será lo contrario para aquellos productos relacionados con mercados estancados.

Figura 6: Matriz crecimiento-cuota de mercado.



Fuente: Elaboración propia con información de la Referencia 75.

Sobre la base de las hipótesis previamente planteadas se puede categorizar los distintos productos-mercados del litio de acuerdo a la siguiente tipología (Referencias 74 y 75):

- 1. Vacas lecheras.** Productos cuyo mercado de referencia está en débil crecimiento, pero para los cuales la empresa posee una cuota de mercado relativamente elevada. Constituyen una fuente de financiación para sostener las actividades de diversificación o de investigación. El objetivo estratégico es "cosechar". Además como no precisan grandes reinversiones para mantener su posición competitiva, serán el principal soporte del departamento de I+D. Las estrategias deben ir encaminadas a mantener su dominio del mercado, incluyendo pro supuesto las inversiones en tecnología necesarias para sostener su liderazgo. Para la industria del litio, en esta categoría se considerará al producto-mercado de las cerámicas y vidrios, que históricamente ha sido el principal cliente de carbonato de litio con porcentajes del 31% en el 2002 o 22% en el 2006, pese a que está en franco retroceso, sigue siendo una de las principales fuentes de ingresos para la industria chilena y cuenta con un importante número de clientes en EE.UU. y Europa.
- 2. Perros.** Los productos cuya cuota de mercado es débil en un mercado que envejece. Mantener esfuerzos comerciales o de desarrollo de productos nuevos para avivar ese mercado se traduce generalmente en un desgaste financiero sin esperanza de mejora. Además cuenta con un costo de oportunidad que genera la propia inmovilización de recursos de la empresa que podrían ser invertidos más adecuadamente en otras actividades. La industria chilena productora de litio debe considerar si hay buenas razones para mantener los esfuerzos comerciales para conseguir más clientes en esos negocios o mejor concentrarse en otros con mejores perspectivas. En esta categoría se considerará al producto-mercado

ligado al aluminio, debido a que siempre ha representado una proporción menor de las ventas y además presenta una tendencia hacia la baja, en 2006 su porcentaje de participación estuvo entorno al 5%.

3. **Dilemas.** Son los productos-mercados con débil cuota de mercado relativa, pero con expansión rápida y que exige importantes fondos para desarrollar estrategias comerciales para captar los nuevos clientes y sus requerimientos. Si no son apoyados con importantes asignaciones financieras, estos productos evolucionarán progresivamente hacia la situación de perros a medida que se desarrolle su ciclo de vida o la competencia ganará esa cuota de mercado nuevo. El objetivo prioritario es entonces desarrollar y explotar esta creciente cuota de mercado o retirarse dejándosela a la competencia. Un dilema para la industria chilena es el producto-mercado de los polímeros y fármacos, que es un uso relativamente, relacionado fuertemente con la industria química y medica, pero que ha tenido un interesante crecimiento, ha casi duplicado su importancia relativa desde un 4% en 2001 a un 9% en 2006, pero aún es un uso menor y que requiere del desarrollo de alianzas con las grandes químicas multinacionales de manera de entender las nuevas especificaciones o formatos en que requieren sus insumos de productos de litio.

4. **Estrellas.** Productos-mercados que son líderes, el cual está en crecimiento rápido. Exigen medios financieros importantes para mantener el crecimiento y los lazos comerciales con los clientes; pero, debido a su ventaja competitiva, generan beneficios importantes y tomarán en el futuro el relevo de los productos "vacas lecheras". Las estrategias apropiadas irán dirigidas a proteger la posesión de la cuota de mercado de la industria nacional, mediante la reinversión de los beneficios en forma de reducción de precios, mejoras de la calidad del producto, incremento de la cobertura del mercado o énfasis en las políticas de comunicación. Particular atención debe prestarse a la captación de nuevos clientes en los mercados emergentes, fuente determinante para el crecimiento futuro de este producto-mercado. El objetivo estratégico es mantener e incrementar la cuota de participación en el producto-mercado. Claramente el producto-mercado de las baterías recargables se puede considerar en esta categoría, debido a que su importante crecimiento promedio de los últimos años (aumento su importancia relativa desde un 7% en 1998 a un 20% en 2006) y al potencial de desarrollo que tiene, debido a la diversificación del uso de las baterías de litio a otros productos como automóviles, perforadoras, celulares, etc.

Existe también una propuesta respecto a una quinta área en la matriz original (Referencia 75), ésta servirá para posicionar los productos-mercados que en fase de investigación y/o desarrollo (I+D), es decir, los que eventualmente podrían transformarse en relevantes en el futuro. Esta quinta posición es fundamental a la hora de evaluar el equilibrio completo del mercado del litio, ya que la industria productora

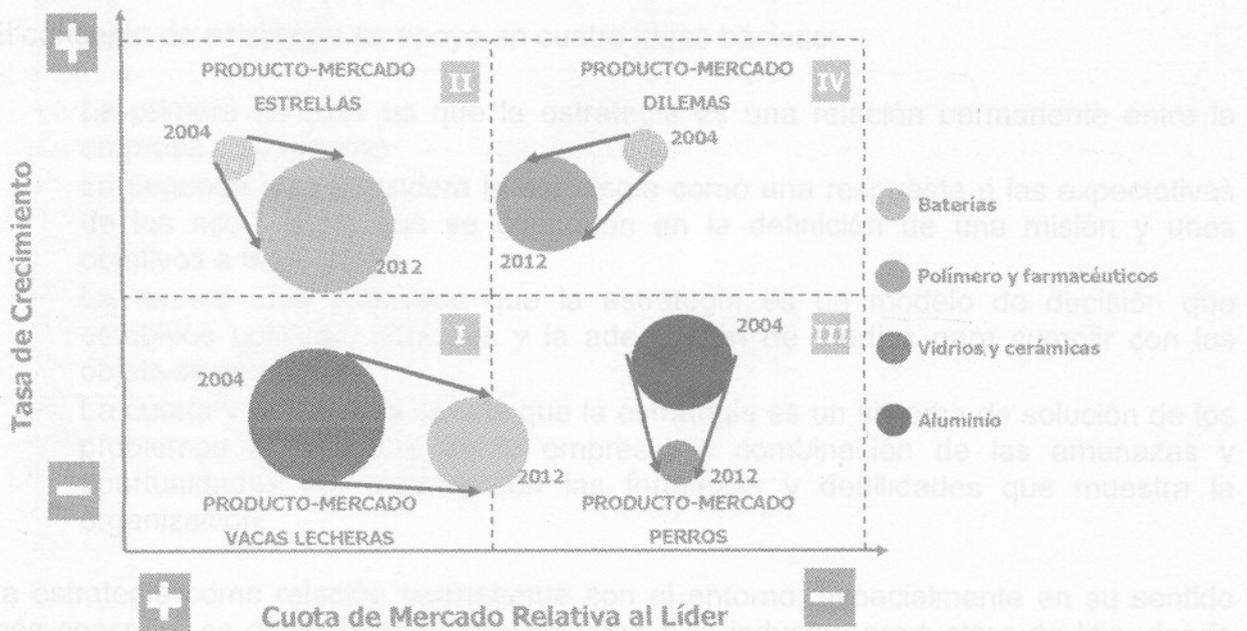
puede estar olvidando estos potenciales nuevos clientes (fabricantes de estos nuevos productos que utilizan litio como materia prima) futuros, es decir, no basta con “mirar” los clientes actuales, sino es necesario prestar atención a la necesidades de los clientes futuros como serán la industria de los automóviles por ejemplo.

6.7 Focos estratégicos de crecimiento

a) Evolución de la matriz crecimiento-cuota del mercado de referencia

Este punto pretende proyectar la evolución de los productos-mercados asignados a cada una de las categorías anteriores, para finalmente concluir cuales deben ser los de mayor interés en términos de esfuerzos comerciales y de desarrollo de productos para la industria chilena del litio. Para esto se utilizarán los puntos anteriores de este mismo capítulo, es decir, las perspectivas futuras para el consumo de litio y las proyecciones de la demanda.

Figura 7: Proyecciones para los principales productos-mercados entre las cifras 2004 y las estimaciones hacia 2012.



Fuente: Elaboración propia con datos de las tablas 41, 42 y 43.

Se observa de la figura anterior que de acuerdo a las estimaciones realizadas y proyecciones de los expertos, las baterías de litio debieran transformarse en la nueva “vaca lechera” para la industria productora de litio, desplazando a los vidrios y cerámicas que crecen paulatinamente a tasas menores. Si en la actualidad la industria de la producción de polímeros y fármacos con compuestos de litio esta en una posición expectante, se prevé que para el 2012 se acerque al cuadrante de estrella, esto esta relacionado con las importantes inversiones en investigación y desarrollo que destinan

las principales químicas farmacéuticas (Referencia 58). Respecto al aluminio, históricamente ha representado una proporción menor de las ventas y las proyecciones no señalan un quiebre de esta tendencia.

6.7 Focos estratégicos de crecimiento

El concepto de estrategia viene a ser la respuesta de la empresa a las fuerzas influyentes del entorno. Entendiendo que la formulación de la estrategia empresarial se apoya siempre en la necesidad de responder eficientemente y de actuar con eficacia en un entorno (genérico y específico) complejo, con grandes cambios y sujeto a periodos de crisis. Se la estrategia como el patrón o modelo de decisiones de una empresa que determina y revela sus objetivos, propósitos o metas, que define las principales políticas y planes para lograr esos objetivos y el tipo de negocio que la empresa va a perseguir, la clase de organización económica y humana que es o intenta ser, y la naturaleza de la contribución económica y no económica que intenta aportar a sus accionistas, trabajadores, clientes y a la comunidad. Viene a definir los negocios en que una empresa competirá y la forma en que asignará los recursos para conseguir una ventaja competitiva.

El concepto de estrategia se apoya en cuatro ideas básicas:

- La primera de ellas es que la estrategia es una relación permanente entre la empresa y su entorno.
- La segunda idea considera la estrategia como una respuesta a las expectativas de los accionistas, que se concretan en la definición de una misión y unos objetivos a largo plazo.
- La tercera idea establece que la estrategia es un modelo de decisión que establece políticas, acciones y la adecuación de medios para cumplir con los objetivos generales.
- La cuarta y última idea señala que la estrategia es un sistema de solución de los problemas estratégicos de la empresa, o combinación de las amenazas y oportunidades del entorno con las fortalezas y debilidades que muestra la organización.

La estrategia como relación permanente con el entorno, especialmente en su sentido más concreto, es decir, referido en este caso a la industria productora de litio, donde compete, se compone de 4 elementos principales, los cuales fueron definidos por vez primera por H. I. Ansoff (Referencia 77), autor precursor del pensamiento estratégico. Dichos elementos son:

1. Campo de actividad. Engloba el conjunto de productos y mercados que constituyen la actividad económica actual de la empresa. Las posibles combinaciones determinan las llamadas "unidades de negocio".
2. Vector de crecimiento. Es el conjunto de combinaciones posibles entre productos y mercados actuales o nuevos en los que la empresa puede basar su desarrollo.

3. Ventaja competitiva. Serían las características diferenciadoras de la empresa sobre la competencia que bien reducen sus costes o diferencian mejor sus productos por lo que pueden defender y mejorar su posición competitiva.
4. Efecto sinérgico. Efecto expansivo que produce una adecuada combinación de los elementos de la estrategia o de ella con las acciones ya existentes en la empresa, de forma que puede producir que el todo sea mayor que la suma de las partes.

Todos los elementos anteriores, sirven para entender el alcance de la estrategia, teniendo en cuenta que esto representa una forma de planificar, dirigir y controlar los problemas estratégicos de la empresa (en este caso la industria chilena) y buscar su adaptación ante los retos del cambio del entorno.

6.7.1 Focos estratégicos para la industria chilena del litio

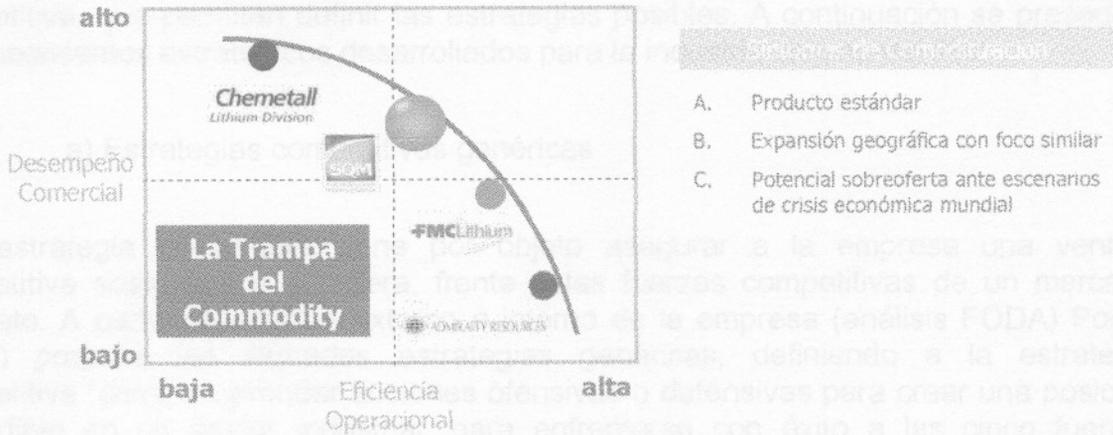
En la industria chilena del litio se tienen respuestas extraordinariamente sólidas para entender por que ha sido rentable en estos últimos 10 años. ¿Qué hace rentable a las empresas SQM Y SCL? En primer lugar un excelente yacimiento, de alta ley y características que permiten una buena recuperación metalúrgica, clima privilegiado (alta tasa de evaporación y baja pluviosidad), tecnologías modernas en la explotación y procesamiento eficientes. En otras palabras lo normal y que se deben seguir haciendo, *el negocio core*. Sin embargo y luego de los capítulos anteriores, este trabajo plantea que no es suficiente si lo que se busca es crecer de manera sostenible.

Como se ha mencionado anteriormente una buena estrategia busca crear valor, una rentabilidad superior. ¿Superior a qué? Generalmente es en comparación con la competencia, en este caso, con otros productores de litio en su primera transformación. Por otro lado, el benchmark tradicional es respecto al mercado de capitales. Las empresas productoras como SQM o SCL al vender productos 100% commodities son empresas tomadoras de precio, y por lo tanto, centran sus esfuerzos en reducir los costos, eficiencia operacional. Es decir, utilizan la clásica estrategia de liderazgo en costos (Referencia 77).

Acá surge el primer gran inconveniente, cuando se define una estrategia, la industria chilena del litio (y en general la industria minera) se hace siempre una pregunta: ¿Quiénes son los competidores relevantes? Con el objetivo de descubrir las ventajas competitivas sobre ellos. Pero dado que se produce carbonato y/o hidróxido de litio commodity, en realidad no se compete contra otras compañías productoras (o al menos no en primer lugar), la evidencia muestra que en 2000 (post crisis asiática) o en 2007 (crecimiento de China) con prácticamente los mismos actores en el mercado mundial, los resultados de las empresas son diametralmente opuestos, por que en la industria del litio las empresas participantes no compiten entre sí, sino *contra el precio, los ciclos económicos, las tasas de interés, las políticas económicas de algunos países consumidores (por ejemplo China), las apuestas especulativas de los participantes en*

los mercados de derivados financieros, etc. Estas definiciones anteriores representan el espíritu central de las propuestas planteadas por este trabajo. La figura siguiente expone de manera esquemática la encrucijada para el crecimiento la producción únicamente de productos commodities.

Figura 8: Barrera para el crecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior y de manera cualitativa plantea el hecho que cualquier crecimiento proyectado, cuando el producto que se vende es por ejemplo carbonato de litio commodity, existen barreras naturales para crecer como son la baja diferenciación (alto riesgo de sustitución) y la dependencia constante a los ciclos económicos y de las industrias clientes.

Por lo tanto, no basta con la visión tradicional de situarse en los cuartiles inferiores de la curva de costos de la industria para ser realmente competitivos, sino que también deben aprovecharse las asimetrías del mercado, las cuales no son internas y mientras duran llevan a una rentabilidad superior como es el caso de los últimos años donde un incremento inesperado en la demanda por litio para la industria de las baterías y los productos farmacéuticos, sumado a una oferta ajustada han provocado un incremento significativo en los precios.

Este esta línea, este documento señala la necesidad de una actitud estratégica proactiva, es decir, no basta con la actitud pasiva de esperar las asimetrías, sino que se debe tratar de crear estas que constituyen ventajas competitivas para la empresa. Bajo este punto de vista, no es posible concentrar los esfuerzos de la industria, al menos de la forma que lo hace la industria del petróleo y formar una especie de OPEP del litio, con poder para controlar la oferta, debido a muchas razones, la más poderosa es que el litio tiene múltiples sustitutos dependiendo del uso industrial; y como vimos en el capítulo anterior al analizar las posibilidades de colusión, la importancia relativa del litio

dentro de la estructura de costos de los bienes finales no permite ejercer a priori grandes presiones a los clientes.

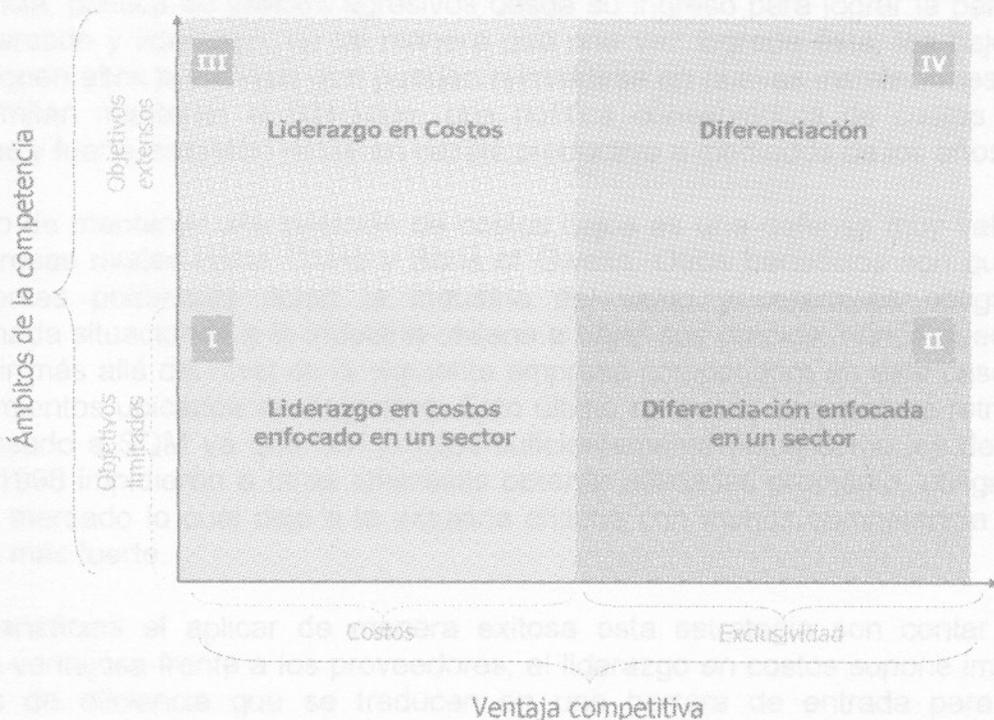
6.7.2 Propuestas estratégicas para la industria chilena del litio

Según Menguzzato y Renal, 1991 (Referencia 105), existen dos alternativas fundamentales: el concepto de ciclo de vida de la empresa y el concepto de estrategia competitiva, que permiten definir las estrategias posibles. A continuación se presentan los lineamientos estratégicos desarrollados para la industria chilena del litio:

a) Estrategias competitivas genéricas

Una estrategia competitiva tiene por objeto asegurar a la empresa una ventaja competitiva sostenible y duradera, frente a las fuerzas competitivas de un mercado concreto. A partir del análisis externo e interno de la empresa (análisis FODA) Porter (1982) propone las llamadas estrategias genéricas, definiendo a la estrategia competitiva "como emprender acciones ofensivas o defensivas para crear una posición defendible en un sector industrial, para enfrentarse con éxito a las cinco fuerzas competitivas y obtener así un rendimiento superior sobre la inversión para la empresa". Las tres estrategias genéricas son: liderazgo en costes, diferenciación, enfoque o alta segmentación (y las combinaciones entre ellas).

Figura 8: Estrategias competitivas genéricas.



Fuente: Elaboración propia a partir de referencia 75.

Estas estrategias de negocios pretenden crear diferencias entre la posición competitiva de la industria chilena y la de sus competidoras. Por lo tanto, para posicionarse se debe decidir si se quiere desempeñar las actividades de manera distinta a los rivales o si se quiere desempeñar actividades distintas a las de ellos.

En particular la industria de las baterías, las de los farmacéuticos o cualquier otra obtendrán valor cuando la industria nacional productora de litio consiga usar sus ventajas competitivas. En este sentido la propuesta tiene dos líneas paralelas, una es continuar con un liderazgo en costos para las actividades productivas centralizadas y una diversificación de las características de los productos de litio.

1. Mantener estrategia de liderazgo en costos en el proceso productivo

Esta estrategia se basa en el desarrollo de un conjunto de actividades integradas que trata de producir productos de litio de características adecuadas para los diferentes clientes al costo más bajo posible, en comparación con el de los competidores. Esta es quizás la estrategia más común de la actividad minera en general.

Más aún, esta es la principal estrategia utilizada en particular por SQM desde su ingreso al mercado mundial del litio, respaldada en el acceso a un yacimiento de excelentes características mineralógicas, un diseño adecuado de los procesos productivos (pozas de evaporación, sistema de transporte y plantas productivas modernas y eficientes), búsqueda constante de economías de escala y efecto experiencia, política de precios agresivos desde su ingreso para lograr la participación en el mercado y liderazgo, de tal manera que una vez lograda ésta, los bajos costos proporcionen altos beneficios que pueden reinvertirse en nuevas instalaciones y equipo que permitan mantener el liderazgo, una política conservadora de costos y gastos indirectos y fuerte inversión inicial en capital productivo a mediados de los años 90's.

El hecho de mantener una posición de costos bajos es una defensa muy valiosa ante las empresas rivales como China y Sons of Gwalia. Otros beneficios son que pese a que clientes poderosos como la industria del vidrio y cerámicas obliguen ante determinadas situaciones a la industria chilena a bajar sus precios, nunca pueden estas rebajas ir más allá del nivel de la siguiente empresa competidora en este caso China o los yacimientos ubicados en Argentina. Esto último ha traído importantes retribuciones en el pasado a SQM ya que con precios suficientemente bajos como los de los años 1997 y 1998 impidieron a otras empresas obtener utilidades promedio, obligándolas a salir del mercado lo cual dejó a la industria chilena con menos competencia y en una posición más fuerte.

Otros beneficios al aplicar de manera exitosa esta estrategia son contar con una posición ventajosa frente a los proveedores; el liderazgo en costos supone importantes desafíos de eficiencia que se traducen en una barrera de entrada para posibles entrantes.

Los riesgos para la industria chilena son que básicamente esta ha sido su única estrategia competitiva, lo que le ha permitido a empresas como FMC, Chemetall e

incluso CITIC desarrollar innovaciones en los productos debido a sus modelos de negocios de integración hacia delante en la línea productiva, es así como estas empresas comercializan una serie de productos derivados de litio que generan importantes ganancias a las cuales la industria chilena y en particular SQM no tiene acceso. Sumado a esto, el concentrarse demasiado en reducir costos a expensas de los niveles competitivos de diferenciación, se podrían traducir en resultados negativos en el futuro si los clientes cambian sus requerimientos respecto a la materia prima, es decir, una inflexibilidad ante cambios en la demanda o ante una innovación tecnológica que permita por ejemplo hacer rentable los recursos de Bolivia.

Finalmente, al mantener precios demasiado bajos para el carbonato de litio se tendrá problemas en el futuro para revertir las expectativas de los clientes sobre lo que es un precio "razonable".

2. Estrategia de diferenciación de las características de los productos

Esta propuesta estratégica consiste en el desarrollo y producción de los actuales productos derivados de litio, carbonato de litio, cloruro de litio e hidróxido de litio con características diferentes a las actuales, tal que los clientes perciban que les resulta valioso, lo que permite cobrar un precio superior por él.

Más específicamente, esto es: desarrollo de diferentes granulometrías, volúmenes y concentraciones (Ley media y porcentaje de humedad) de acuerdo a los requerimientos específicos de los clientes, esto no es sólo a nivel agregado (por ejemplo carbonato de litio para la industria de las grasas), sino también de acuerdo a las necesidades clientes importantes. Es decir, el "raw material" que es actualmente, los clientes deben procesarlo de acuerdo a sus actuales procesos productivos, distribución granulométrica, porcentaje de humedad, concentración, tamaño de los paquetes, etc.

Para cada uno de estos, es importante reflejar claramente una amplia gama de elementos para distinguir su producto de la competencia; de esta forma debe optarse por: Potenciar las características intrínsecas del producto: calidad, diseño, tecnología e innovación.

Con esta estrategia la industria consigue aislarse de la rivalidad competitiva, genera lealtad de los clientes blindándose de cierta forma ante la posibilidad de nuevos entrantes y una menor sensibilidad al aumento de los precios. Además esto permite disminuir la probabilidad de que los clientes se cambien a productos sustitutos que ofrecen características diferentes, pero que cumplen la misma función.

No es necesario o más bien imperativo destinar una excesiva cantidad de recursos a un departamento de investigación y desarrollo, es desafío es de que manera en conjunto con los clientes se generan alianzas estratégicas para dichos fines. No obstante, esta estrategia tiene ciertos riesgos competitivos como puede ser la entrada de imitadores en el mercado que oferten unos precios algo menores. Otro es que los clientes podrían

decidir que la diferencia entre precio del carbonato de litio especial y la del producto commodity es demasiado grande; este efecto se reduce si el mismo producto nuevo surge de un desarrollo conjunto entre los clientes y la industria nacional.

3. La estrategia de enfoque hacia los mercados de clientes con más proyecciones de crecimiento

Básicamente esta propuesta de valor es complementaria a la anterior y plantea que el desarrollo de productos con nuevas características debe ser para aquellos clientes que tienen proyecciones de crecimiento interesantes, es así como acá el foco deben ser productos derivados de litio para clientes de las industrias de las baterías y de los polímeros y fármacos. Alineado con lo anterior, los esfuerzos de las áreas comerciales deben estar en la búsqueda de nuevos clientes para estos productos y la generación de alianzas estratégicas permitiendo la generación de los beneficios planteados en el punto anterior.

b) Estrategias según el ciclo de vida del producto-mercado

En este punto hay que diferenciar que tanto el detalle de las acciones o políticas para cada uno de los mercados dependerá de sus estados actuales y las proyecciones futuras. Es así como se diferencia entre productos-mercados emergentes, maduros y en declive. Estas diferencias están directamente relacionadas con el ciclo de vida de esos mercados.

- Acciones para productos-mercados emergentes

Para los productos-mercados de las baterías y los polímeros y productos farmacéuticos se deben realizar importantes esfuerzos comerciales, generar nuevos productos en conjunto de acuerdo a sus necesidades, desarrollo de alianzas estratégicas y de oficinas comerciales.

- Acciones para productos-mercados maduros

Según el análisis competitivo realizado anteriormente el mercado de los vidrios y cerámicas está en un estado maduro, históricamente ha representado la mayor proporción de utilización de litio, pero está comenzando a presentar signos de retrocesos. Se deben reforzar los actuales lazos con los clientes actuales, pero no incurrir en grandes gastos ni recursos para buscar nuevos.

Por lo tanto, esto consiste en una reducción de inversiones en aquellas actividades poco o nada rentables, reduciendo costos y generando una liquidez que será utilizada para sanear la empresa y reemprender de nuevo el crecimiento.

b) Estrategias para industrias en declive

Estas se aplican ante fases de inestabilidad para tratar de frenar caída de las ventas y de los beneficios, incrementando la eficiencia de empresa y saneando su situación económico-financiera. Para el producto-mercado del aluminio está en franco retroceso y las proyecciones y estimaciones de los expertos no prevén una situación distinta para el futuro. Por lo tanto la recomendación para la industria chilena productora de litio es a la supresión de algunos activos o el empleo de los recursos asignados a este mercado, buscando mayor eficacia, reducción de costos en existencias y de personal, etc.

c) Estrategias de crecimiento para la industria chilena del litio

2. Aprovechar los activos actuales

El crecimiento puede desarrollarse mediante crecimiento interno, es decir, recurriendo a la inversión en nuevos equipos productivos, nuevas instalaciones, etc., está ha sido luego del liderazgo en costos la estrategia utilizada sistemáticamente por la industria chilena productora de litio para crecer, aumentar la capacidad productiva instalada, manteniendo los productos ofrecidos e incluso los mercados de consumo. Este trabajo no plantea alejarse de esta, sino más del origen que gatilla el aumento de capacidad, es decir, que no solo responda a un crecimiento de la economía mundial, sino también al desarrollo de nuevos productos, de nuevos mercados y diversificación. Un segundo tipo de crecimiento es el externo, esto es, la adquisición, fusión u otras alternativas.

3. Participación en otros mercados y/o en otros países

Estas estrategias contrariamente a las anteriores, están más orientadas a aumentar la participación de la industria chilena en los mercados en los que opera, a extender su ámbito de acción a otros mercados y/o a dotar a la empresa de nuevos productos.

4. Adquisición de nuevas capacidades productivas

1. Adquisición de las pertinencias mineras de SCL o SQM

La adquisición horizontal es una estrategia mediante la cual una empresa compra un interés mayoritario, o todo el capital de otra, con el propósito de que la adquirida sea una subsidiaria dentro de su cartera de negocios. Por lo tanto, si SQM comprará a SCL o viceversa, la empresa resultante no solo aumenta su capacidad productiva (del orden las 50.000 toneladas), sino que tendría acceso privilegiado y único al mejor yacimiento de litio en salmueras conocido, aumenta ostensiblemente su fuerza de mercado pudiendo cobrar precios superiores a los de la competencia, desarrollo de economías de escalas y sinergias productivas con las instalaciones de la empresa adquirida.

5. Creación de nuevas capacidades productivas

Según un estudio hecho por el Harvard Business Review (HBR) (Referencia 106) cuando los activos de la empresa adquirida son un complemento a las de la adquiriente, la adquisición tiene más éxito. Cuando los activos se complementan, la integración de las operaciones, en este caso de SQM o SCL, tiene más probabilidad de crear sinergias. Además esto puede crear capacidades y competencias centrales exclusivas como por ejemplo la explotación del Salar de Atacama (y sus condiciones privilegiadas). Este estudio también plantea que muchas de las adquisiciones exitosas son las que

otorgan la mayor importancia a la innovación y las inversiones permanentes en actividades de investigación y desarrollo.

Muchos de los problemas que eventualmente se desarrollan durante las adquisiciones como la evaluación incorrecta del blanco elegido, la incapacidad de crear sinergias o dificultades para la integración de los procesos para este caso son mínimos. Ambas empresas se encuentran en el Salar de Atacama con todas las condiciones favorables que se han señalado anteriormente, sus procesos productivos son prácticamente idénticos y compiten en los mismos mercados de clientes.

2. Aprovechar los activos actuales

La industria nacional debe aprovechar el creciente aumento de la demanda por litio y los favorables precios para desarrollar proyectos de exploración en el Salar de Atacama para impulsar un crecimiento sustentable en el largo plazo. Actualmente SQM tiene contrato por la explotación y exploración de cerca del 85% del Salar de Atacama y SCL el 15% restante.

Actualmente se explotan los primeros 40 metros del salar de los 200 metros explorados (al menos por SQM). Por lo tanto, si consideramos que se estima que la profundidad alcanza los 10 Km. de profundidad, existen atractivas oportunidades y posibilidades de aumentar las reservas (Referencia 98).

Exploración en otras latitudes: la exploración continua permite expandir las reservas y recursos, hecho que permite tener una industria sustentable en el largo plazo.

3. Penetración en el producto-mercado de las batería de litio (agregar anexos Baterías)

A lo largo de este trabajo se ha evidenciado la importancia del producto-mercado de las baterías de litio en el aumento de la demanda (crecimiento promedio anual del 20%), el incremento sostenido que ha tenido el precio (desde 1,5 US\$/Kg. en 2000 a más de 3,2 US\$/Kg. en 2006). Además las proyecciones y perspectivas para este mercado según todos los expertos son muy interesantes y plantean la necesidad de realizar importantes esfuerzos en post de conseguir una buena participación de este mercado.

En esta perspectiva, la estrategia de la industria chilena debe ser capturar una gran proporción de este mercado, a través de la generación de alianzas estratégicas con esas empresas manufactureras de baterías (Sanyo y Panasonic ya tienen plantas instaladas en China), en particular con aquellas instaladas en China que se proyectan como las más atractivas.

Dado todo esto, se propone que la industria evalúe el desarrollo una plataforma de negocios con estas empresas, desarrollando productos customizados de acuerdo a sus necesidades, instalar oficinas comerciales en China y Japón, y una bodega con stock con productos críticos para estos clientes.

4. Desarrollo de nuevos productos en alianza con empresas químicas multinacionales

Esta es una estrategia de cooperación, más específicamente una alianza estratégica complementaria vertical, esto quiere decir, son acuerdos de negocios que permitirán a la industria chilena del litio compartir recursos y destrezas, complementando sus operaciones para obtener ventajas competitivas para el desarrollo de productos a partir de litio como polímeros y fármacos.

De esta forma, la industria chilena aporta todo su "know how" en el desarrollo de derivados de litio a un precio competitivo, con características específicas para la elaboración de productos químicos actuales o nuevos. Esto puede ir más aya y desarrollar en conjunto los insumos necesarios para determinados productos derivados de litio en condiciones específicas que mejora los márgenes o las características del producto desarrollado por la empresa química. Todo esto conlleva a compartir tanto los riesgos como los beneficios, además de asegurar la venta de una importante parte de la producción de litio.

Todos estos esfuerzos estimulan e incentivan la demanda por productos de litio y se toma una actitud proactiva en esta línea. Hasta el momento la actitud de la industria chilena es más bien pasiva y el incentivo de la demanda por ejemplo para el caso de los remedios o fármacos de litio, vino exclusivamente desde las empresas que los fabrican (Referencia 26).

5. Alianza estratégica entre SQM y SCL

Muchas empresas mineras realizan asociaciones con otras que comparten ubicación geográfica, recursos hídricos o incluso el yacimiento. Así por ejemplo la empresa de oro Meridian dueña de la mina de El Peñón ha participado con éxito conjuntas rentables, una de estas asociaciones fue la operación minera con AngloGold en la mina Jerritt Canyon en Nevada Estados Unidos, la cual produjo 1,68 millones de onzas de oro para Meridian desde 1981 hasta 2003 y proporcionó el flujo de caja clave para mantener el crecimiento de Meridian (Referencia 86) y actualmente se está enfocando en asociaciones con empresas de exploración, las que permitirán aprovechar y diversificar las probada experticia en exploraciones de la empresa por todo el mundo con un mayor número de socios.

Un caso mucho más cercano es el de la División Andina de Codelco con la División Los Bronces de Anglo American, ambas se dividen la explotación de un importante yacimiento de cobre, Andina explota desde el sector que da hacia Los Andes en la V Región, mientras que Los Bronces lo hace desde la Región Metropolitana, es decir ambas divisiones conforman prácticamente una sola gran mina. El Plan de Negocios de Codelco del año 2006 (Referencia 87) señala que existen conversaciones y el interés por trabajar con Anglo American para explotar en conjunto el yacimiento, con un plan minero conjunto, compartiendo botaderos y expandiendo los tranques de relave, cosa que desde 1970, fecha en que comenzaron las explotaciones del yacimiento, no se ha realizado.

Dado todo esto, la propuesta estratégica tiene relación con explotar en conjunto SQM y SCL las reservas del Salar de Atacama, desarrollando un plan minero mancomunado aprovechando de esta manera las múltiples sinergias en las operaciones de extracción de la salmuera, las piscinas o canchas de evaporación, el manejo de relaves y las etapas de procesamiento.

6. Desarrollo de los mercados de China e India

La diversificación internacional es una estrategia que crea valor a la industria chilena del litio debido a que permite expandir las ventas de sus productos en distintos países y regiones geográficas. Una exitosa implementación de este tipo de estrategias permite aumentar las ventas y las ganancias de las empresas al contar con una cartera de clientes nueva, es más algunas investigaciones (Referencia 79) han demostrado que a medida que la se desarrollan nuevos mercados las utilidades de la empresa aumenta.

Lo interesante es concentrar los esfuerzos para abrir nuevos mercados a la demanda por litio, mercados emergentes como el Asia Pacífico, China o India, deben ser el foco según los antecedentes explicados en los primeros puntos de este capítulo, de formas creativas para aumentar la demanda y promocionando las bondades del litio con los consumidores finales o clientes (ejemplo: en las baterías de litio las mismas empresas productoras de baterías se han encargado de hacerlo). Esto corresponde a una visión distinta de observar y analizar la industria minera del litio, desde el punto de vista de sus usos en la industria de las baterías, la industria química, industria de las grasas, etc., lo que permite no estar tan expuesto a los shocks de demanda o ciclos de la economía mundial. Además estas dos naciones China e India en el futuro tendrán las principales industrias maquiladoras del mundo, entre India y China para el 2025 tendrán más del 45% del PIB mundial a los ritmos de crecimiento actuales (Referencia 102).

Abrir nuevos mercados permite tiene muchos efectos positivos, puede permitir importantes economías de escala y la experiencia, las ventajas de la ubicación, un mercado más grande y la posibilidad de estabilizar las ganancias (Referencia 80).

d) Estrategias de diversificación

La estrategia de diversificación supone para la empresa el desarrollo de nuevos productos para los mercados en los que ya opera o la comercialización de los productos actuales en nuevos mercados, o bien del desarrollo de nuevos productos para nuevos mercados. Estos dos aspectos ya están expuestos en las propuestas anteriores, pero cabe mencionar las razones detrás de la diversificación en nuevos productos de litio y el desarrollo de los mercados chino e indio.

Razones de la diversificación: La diversificación le permitirá eventualmente a las empresas chilenas reforzar su competitividad, al generar economías de alcances por ejemplo con la estrategia de adquisición mencionada anteriormente, compartir actividades y transferir competencias centrales. Esto es lo que se llama diversificación relacionada.

Al contar con una mayor gama de productos desarrollados en función de las necesidades de los clientes actuales y futuras aumenta la fuerza de mercado y bloquea a los rivales compitiendo en varios mercados.

e) Innovación y competitividad

En general, la minimización de costos y la rigidez de la industria minera son argumentos esgrimidos por las empresas mineras y los tomadores de decisión como detonantes de los malos resultados durante crisis como la ocurrida post crisis asiática, sin llegar a asumir en ningún caso que dichas crisis no tienen su origen en una mala gestión de sus negocios de la que serían directamente responsables. La justificación de estas situaciones nada deseables estaría en una serie de factores externos que escapan al control de las empresas, por ejemplo, los altos costos energéticos, las altas inversiones necesarias para crecer, etc. Sin embargo, el problema de la competitividad es cada vez más un problema de competencia poco convencional. Las soluciones no surgen porque los nuevos competidores sean cada vez más eficientes que los líderes del pasado, sino porque son significativamente más heterodoxos. Descubren las nuevas soluciones porque están dispuestos a olvidarse de lo antiguo y mirar más allá (Referencia 109).

Así pues, una alternativa eficaz para incrementar la competitividad de una industria a largo plazo, consiste en fabricar productos de alto valor agregado, fundamentalmente innovadores. Esta prioridad competitiva se consigue con independencia del tamaño empresarial, si bien son necesarias dos tipos de actuaciones:

- 1.- Desarrollar una estructura organizativa flexible, que facilite la creatividad y participación de los trabajadores en la obtención de productos de alto valor añadido.
- 2.- Invertir en tecnología y formación.

Lo primero es definir que se entenderá por innovación la creación de valor único, más específicamente, como la capacidad de las organizaciones para crear valor

sistemáticamente, interpretando y anticipando las necesidades de sus clientes (Referencia 78). Otros autores como Drucker plantean que la innovación es un hecho social y de mercado, que intenta mejorar la propuesta de valor, donde el consumidor no sólo es el destinatario final, sino que también es el juez que determina el éxito o fracaso de la misma. Pero la innovación no solamente es desarrollar nuevos productos, también es mejorar los procesos productivos, introducir nuevas tecnologías, creación de nuevos diseños, cambios en la organización, nuevos planes de comercialización o incluso innovación en los modelos de negocio de las empresas, este último caso es el principal responsable de los resultados de empresas como Dell, Toyota y 3M. Esta forma de concebir la competitividad empresarial, basada en la capacidad de innovar, resulta cada vez más necesaria para hacer frente a los constantes cambios que impregnan los mercados actuales. Cualquier innovación permite disfrutar a la empresa que la desarrolla, de una situación de monopolio transitorio en el mercado que le reporta beneficios extraordinarios, y que acabará cuando los competidores directos, atraídos por esos beneficios, acaben imitándola e incorporen dicha innovación en sus productos.

En segundo lugar, se debe explicitar la diferencia entre innovación: el invento y la innovación. La distinción entre ambos se debe fundamentalmente a Schumpeter (Referencia 78) quien consideraba que los inventos no tienen por qué conducir necesariamente a innovaciones. Para que un invento pueda ser considerado una innovación debe ser comercializado en el mercado, es decir, la innovación transforma conocimiento en valor. Con esta premisa, existirán inventos que no serán comercializados de forma inmediata, lo más normal es que desde la gestación hasta la comercialización del invento transcurra un tiempo, e incluso otros que nunca llegarán a ser comercializados.

Básicamente las innovaciones pueden ser calificadas de radicales o incrementales. La innovación radical tiene relación con un cambio en la función de producción de carácter histórico, es decir, es un cambio en la manera de hacer las cosas. Este tipo de innovación se caracteriza porque suele abrir nuevos mercados y productos, creando grandes dificultades a las empresas competidoras y puede suponer la base para la entrada con éxito de nuevas empresas e incluso la redefinición de la industria. Por su parte, las innovaciones incrementales son mejoras que se realizan sobre la tecnología existente, es decir, introducen cambios relativamente menores en los productos y procesos actuales, explotan el potencial del diseño establecido y refuerzan el dominio de las empresas que lo comercializan.

¿Por qué Innovar?

La hiper-competitividad de la economía mundial actual ha provocado que la innovación no sea una opción para las empresas que compiten en el mercado global, si no que por el contrario, es un imperativo para toda empresa que pretende crecer y ser rentable. Según el Centro de Comercio Internacional (CCI) (Referencia 110) "La innovación ha sido un factor decisivo del éxito de todas las empresas exportadoras más prósperas. Todo esfuerzo serio y sostenido por impulsar innovaciones implica hacer inversiones y correr riesgos. Pero sus frutos son tangibles. En medio de la vorágine de cambios que vive el mundo comercial, la innovación no es sólo una cuestión de rentabilidad para el

exportador, sino también de supervivencia". La innovación es un factor esencial del éxito de las exportaciones, algunos de los motivos principales son:

Protección de las partes de mercado: La protección de las ideas innovadoras mediante patentes o derechos de autor es prácticamente imposible. Para mantener su competitividad, los exportadores de servicios están obligados a innovar constantemente, lo que, siendo ya difícil en el contexto nacional, adquiere una complejidad aún mayor en un marco de diferencias culturales y de criterios de comparación internacionales.

Aumento de las partes de mercado: La innovación puede asentar firmemente la solidez de una empresa y facilitar su entrada en el mercado exportador. Las ventajas competitivas residen en la capacidad para conseguir, asimilar y aplicar nuevas informaciones sobre la evolución de las necesidades y problemas de los clientes, sus prioridades, la oferta de los competidores y las tecnologías auxiliares de suministro. En el mercado exportador, como es el caso de las empresas chilenas productoras de litio, la rentabilidad suele estar relacionada con la oferta de un nuevo servicio. La experiencia muestra que los clientes están dispuestos a pagar hasta un 10% más por un servicio eficaz para una necesidad hasta entonces no satisfecha, según la CCI. Este porcentaje permite recuperar los costos adicionales de desarrollo y oferta de dichos servicios para la exportación, sin arriesgar la rentabilidad.

Mejora de la preparación para exportar:

La innovación incide de tres formas en la capacidad para exportar:

- Mayor aprovechamiento de los recursos. Las innovaciones pueden ser necesarias para atender con mayor eficacia la demanda de los clientes.
- Aumento de la competitividad. La oferta de servicios o de sistemas de prestación de servicios que son nuevos en el mercado de exportación se traduce en una gran ventaja y rentabilidad.
- Flexibilidad cultural. Para adaptar la oferta a las normas culturales del mercado de exportación será probablemente necesario cambiar algunas características del servicio o de su prestación, es decir, habrá que innovar.

Más eficiencia, menos rotación del personal, mejor imagen:

Las economías se benefician de la innovación, que genera crecimiento y nuevos puestos de trabajo. Ahora bien, ¿ocurre lo mismo con las empresas? ¿Hay otras ventajas, además de conservar o aumentar las partes de mercado? Absolutamente sí. Algunas de estas ventajas son las siguientes:

- Mayor eficacia operacional. Las innovaciones orgánicas bien escogidas pueden ayudar a reducir los costos de producción y aumentar las utilidades.

- Mayor fidelidad del personal. La voluntad de innovar puede servir para motivar y fidelizar al personal calificado. En muchas economías, la búsqueda de trabajadores especializados es una tarea difícil para las empresas de servicios. El desafío que representa la concepción de nuevas ideas y la satisfacción de contribuir a su éxito pueden constituir un gran estímulo para el personal especializado, y un factor decisivo para su permanencia en la empresa. Esta ventaja favorece a su vez la fidelidad de los clientes, que prefieren tratar con una empresa cuyo personal conocen.
- Mejora de las competencias del personal. Un beneficio imprevisto que las empresas de servicios sacan de las innovaciones se refiere a que sus empleados aprenden nuevas formas de colaboración entre sí o de interacción con los clientes. Esto suele traducirse en un mayor respeto por las ideas ajenas y en una mayor satisfacción de la clientela.
- Mejora de la imagen en el mercado. Cuando los clientes se enteran de las innovaciones, se consolida la reputación de la empresa, que puede aspirar a ser considerada como líder en el mercado.

7 Comentarios y conclusiones

Las principales conclusiones y comentarios de este trabajo son las siguientes:

La demanda y la producción de LCE, en este momento, están en equilibrio. Cualquier posible shock tanto de oferta como de demanda pondrá presión en los precios, lo que caracterizará el mercado en el corto y mediano plazo. Si existen presiones al alza en los precios las empresas expandirán su capacidad y se abrirán yacimientos que ahora son ineficientes, si existen presiones a la baja en los precios las empresas menos eficientes en costos saldrán del mercado cayendo la producción. Si no existen presiones, el escenario más probable es que se mantenga el equilibrio al ritmo del crecimiento del producto mundial. Además, el nivel de reservas de litio asegura recursos suficientes para seguir a mediano plazo con las tendencias tanto de la demanda, a largo plazo el escenario más probable es que los recursos y reservas económicamente más rentables disminuyan, debido a la disminución de las leyes medias de los yacimientos actuales produciendo un alza en los costos de producción lo que generará alzas en los precios del LCE contrayendo finalmente la demanda. Cuando el precio sea demasiado alto, se tenderá a buscar productos sustitutos, a menos que haya algún quiebre tecnológico que permita procesos productivos más eficientes que los actuales.

Chile posee las mayores reservas mundiales de litio en salmueras, las cuales se encuentran en el Salar de Atacama. Además estas presentan comparativamente las mejores condiciones a nivel global, no solo por sus niveles de concentración de litio, sino también por el clima que acompaña al yacimiento, una bajísima humedad, una tasa de evaporación promedio anual en torno a los 3.200 mm y una pluviosidad promedio menor a los 15 mm al año.

El mercado mundial de LCE es claramente un oligopolio con productos homogéneos, ya que el análisis de los indicadores, de las estructuras y del comportamiento de los agentes evidencia la existencia de fallas en el mercado. Estas fallas tienden a estar entre un monopolio y la competencia perfecta, las empresas poseen poder de mercado y una posición privilegiada gracias a las barreras de entrada que existen.

La estimación del costo marginal es importante por que nos da una estimación del precio, los márgenes operativos y utilidades, además de poder hacer proyecciones de costos dependiendo de los distintos escenarios de la economía local como mundial. SQM al ser la empresa líder en costos, la estimación de este parámetro no entrega, con bajo grado de incertidumbre, una aproximación a los costos de SCL ya que ambas trabajan el mismo salar y tienen tecnologías similares. Además podemos apreciar el límite competitivo, ya que las empresas rivales fijan el precio en función de la demanda residual de SQM.

Se comprueba la estructura oligopólica del mercado, más específicamente, el tipo de comportamiento que se espera de los competidores es el de Cournot, y el modelo que más se asemeja al verdadero comportamiento de los agentes es el de Stackelberg (Cournot en dos etapas, que en la primera etapa se fija la cantidad a producir y en la segunda etapa se compiten en precio por los contratos de corto y mediano plazo, tomando en cuenta los costos hundidos). La lógica detrás del modelo es que las empresas productoras de LCE manejan estratégicamente el nivel de producción decidiendo la cantidad anualmente teniendo en cuenta las tendencias del mercado (no ocupan toda su capacidad a menos que se requiera) dejando brechas entre su producción potencial y su producción actual. Una vez decidida la producción, se calculan los costos y luego fijando los precios con los cuales salen a competir por los contratos a corto y mediano plazo. Dejando las brechas de producción, comentadas anteriormente, como una especie de barrera a la entrada. Este comportamiento lo siguen las empresas productoras de LCE, las empresas que además producen derivados más específicos de litio, tienen también objetivos de largo plazo que se enfocan en el desarrollo e investigación de nuevos productos, procesos y tecnologías para satisfacer mercados más profundos y complejos que los productos de litio en su primera transformación.

La estimación de la función de demanda mundial de LCE, entrega que la elasticidad precio de la demanda es -0.867 lo que demuestra que la demanda es inelástica. Los demandantes tienden a no dar mucha importancia al precio en las decisiones de compra, lo que muestra una gran necesidad por tener el producto casi sin darse cuenta de lo que pagan por él, así una subida en el precio a mediano plazo no impactará en la cantidad demandada. Esto da pie a que las empresas chilenas productoras del commodity puedan tener a mediano plazo una estrategia de desarrollo de nuevos productos, más específicos y complejos, que respondan a las necesidades de clientes determinados. Con esto se logrará reducir los costos de procesos de los demandantes, creando valor para tanto para los clientes como para los mercados finales formando alianzas estratégicas a largo plazo.

Como plantea Australia Research (Referencia 75) existen diferentes formas de apropiarse de los excedentes que sin duda genera (y generará) la industria chilena del litio, las famosas rentas económicas. Pese a que en los últimos años los precios han alcanzado precios altos, ocurre un hecho que se potencia durante los ciclos de desaceleración de la economía, las rentas económicas se disipan en la competencia entre las empresas o más bien se traspasan al precio (dado que todos los productores venden un producto estándar), y de este a los clientes. Esto sin lugar a dudas es beneficioso desde el punto de vista de la sociedad, pero dado que el análisis de este trabajo es desde el punto de vista de la industria nacional, estos excedentes o al menos una parte importante no queda en manos de los accionistas. La estrategia planteada en el párrafo anterior permite blindarse, de cierta manera, ante escenarios de crisis o shocks adversos en la economía local y mundial.

Se puede decir que dentro de las cinco principales empresas productoras de litio existen tres tipos:

Chemetall y FMC, enfocadas en una estrategia de largo plazo que es desarrollar producto, procesos y tecnologías innovadoras que le permitan satisfacer las necesidades específicas de sus múltiples consumidores.

SQM y Sons of Gwalia, enfocadas en una estrategia de corto y mediano plazo vendiendo materias prima a grandes conglomerados, preocupándose más en la eficiencia de costos. Este es el punto débil ya que estas empresas no están protegidas de forma alguna contra fluctuaciones negativas de la economía.

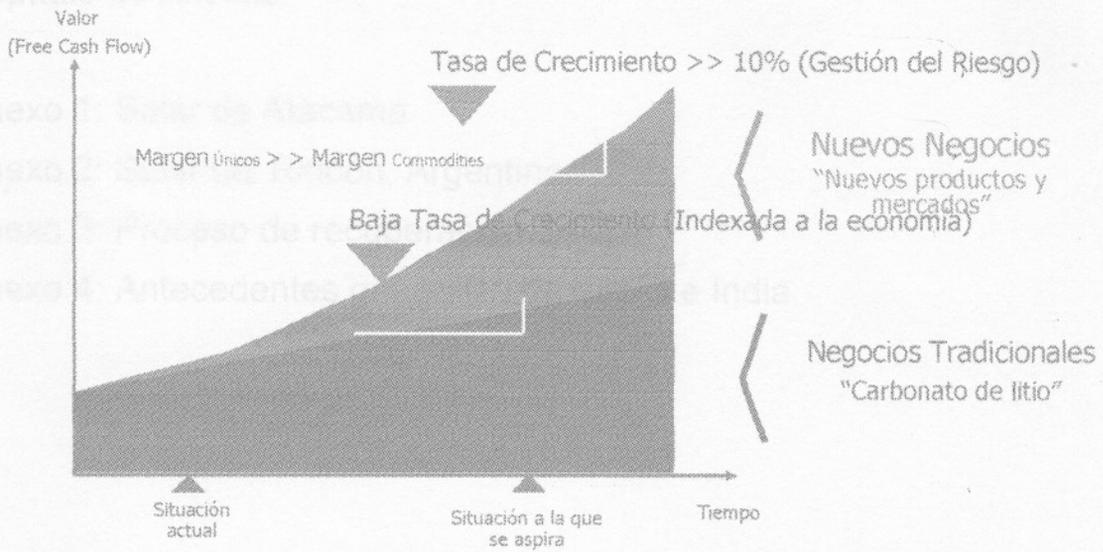
El tercer tipo es la empresa China CITIC Guoan, principal accionista del holding MGL, enfocada en una estrategia de mediano plazo que es expandir su capacidad productiva para abastecer industrias internas que demandan litio, no se preocupa por la eficiencia de costos ni del desarrollo de nuevos productos.

Del análisis de los usos del litio, las proyecciones y estimación de la demanda, se puede concluir que la demanda por litio es impulsada por mercados finales con productos de gran valor agregado asociado a procesos y tecnologías innovadoras y muy avanzadas, y los mercados finales con productos tradicionales (aluminio, vidrios y cerámicas) ven caer su participación en la demanda. El ejemplo más claro es el mercado de los vidrios y cerámicas que desde una participación de más del 50% en los años 90, cae a casi el 15% en el 2004, pero con el impulso de los LCD, nanocerámicas y otros productos avanzados comienza una nueva alza en la demanda.

De acuerdo a lo señalado a lo largo de este trabajo una manera de crecer es el desarrollo de nuevos productos y la otra, es la búsqueda de nuevos mercados. La diversificación internacional es una estrategia que crea valor y permite expandir las ventas hacia distintos países y regiones geográficas, en esta línea y de acuerdo a lo analizado la demanda por productos de litio se incrementará en los mercados emergentes como son el Asia pacífico, China e India. Por lo tanto, una buena parte de los esfuerzos comerciales de la industria chilena productora de litio deben ir a capturar esos nuevos clientes.

En síntesis lo que se ha señalado en este trabajo en términos estratégicos no es abandonar el negocio core y la explotación y venta de productos como el carbonato de litio. Todo lo contrario, es potenciarlo y acompañarlo de nuevos negocios relacionados que se hagan cargo de las asimetrías del mercado, permitan protegerse, al menos en parte, ante crisis económicas mundiales, ganar fuerza de mercado, etc. Esto de manera gráfica se ve en la siguiente figura:

Figura 9: Desarrollo del negocio core y crecimiento con nuevos negocios.



Fuente: Elaboración propia con material de la Referencia 85.

Por lo tanto la propuesta en términos generales es seguir e incluso potenciar aquellas estrategias que permiten el desarrollo del negocio core, que es la exportación de carbonato de litio. El punto distinto tiene relación con aplicar esfuerzos en otros ámbitos para el desarrollo de nuevos negocios que permitan el crecimiento sostenido.

Capítulo de Anexos:

Anexo 1: Salar de Atacama.

Anexo 2: Salar del Rincón, Argentina.

Anexo 3: Proceso de recuperación del litio.

Anexo 4: Antecedentes generales de China e India.

Mientras al norte del portezuelo del Cajón la línea divisoria oriental de la cuenca prácticamente coincide con las altas cumbres de la frontera con Bolivia, en 50 Km

Al sur de dicho portezuelo sigue en toda su extensión en territorio chileno coincidiendo con una línea de volcanes antepuestos de la Alta Puna, que la separa de cuencas endorreicas interiores del altiplano chileno. Al poniente, la cordillera de Uspallata que en su sector norte recibe el nombre de cordón Barros Arana, la separa de las cuencas andinas occidentales y de la hoya del río Loa.

La zona Almeida constituye la divisoria con el salar de Punta Negra.

El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente tal, en el cual subsisten algunas lagunas remanentes. La extensión humada alcanza aproximadamente a 1.500 km², lo que representa un 10% de la superficie total, con una altitud media de 2.400 m s.n.m. (metros sobre el nivel del mar). Constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, cuyas principales vías de escurrimiento desembocan en la cuenca norte del salar a través de los ríos San Pedro y Vilama. El río San Pedro es el principal aporte superficial al Salar de Atacama, ya que existen importantes aportes subterráneos por todo el límite oriental, un gran número de pequeños aportes generados en vertientes que caen desde el oriente y también por el extremo sur.

1.1 Sistema hidroclimático

Clima

La cuenca del Salar de Atacama está bajo la influencia del tipo climático denominado desierto templado de altura. Este subtipo climático, se localiza por sobre los 2.000 metros de altura, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10°C. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.

ANEXO 1

EL SALAR DE ATACAMA

1. Salar de Atacama

La cuenca del salar de Atacama se desarrolla al centro de la II región de Antofagasta y es, la tercera en tamaño. Posee una superficie aproximada de 15.620 Km², con su mayor longitud en sentido N-S de 210 Km. y un ancho máximo de 110 Km.

Mientras al norte del portezuelo del Cajón la línea divisoria oriental de la cuenca prácticamente coincide con las altas cumbres de la frontera con Bolivia, en 50 Km.

Al sur de dicho portezuelo sigue en toda su extensión en territorio chileno coincidente con una línea de volcanes antepuestos de la Alta Puna, que la separa de cuencas endorreicas menores del altiplano chileno. Al poniente, la cordillera de Domeyko que, en su sector norte recibe el nombre de cordón Barros Arana, la separa de las cuencas arreicas occidentales y de la hoya del río Loa.

La sierra Almeida constituye la divisoria con el salar de Punta Negra.

El fondo de la cuenca de Atacama está ocupado por el salar propiamente tal, en el cual subsisten algunas lagunas remanentes. La extensión húmeda alcanza aproximadamente a 1.500 km², lo que representa un 10% de la superficie total, con una altitud media de 2.400 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar). Constituye la base de equilibrio de una profusa red de drenaje, cuyas principales vías de escurrimiento desembocan en la cabecera norte del salar a través de los ríos San Pedro y Vilama. El río San Pedro es el principal aporte superficial al Salar de Atacama, ya que existen importantes aportes subterráneos por todo el límite oriental, un gran número de pequeños aportes generados en vertientes que caen desde el oriente y también por el extremo sur.

1.1 Sistema físico natural

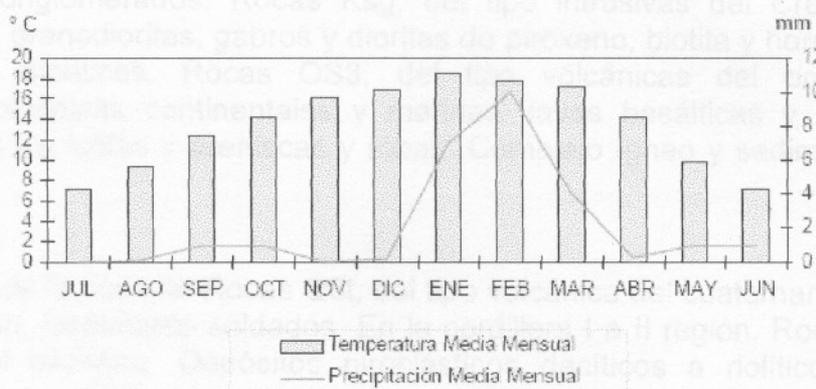
Clima:

La cuenca del Salar de Atacama está bajo la influencia del tipo climático denominado desértico marginal de altura. Este subtipo climático, se localiza por sobre los 2.000 metros de altitud, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10°C. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.

En relación a los montos de precipitación, éstas son aquellas registradas por la estación de San Pedro de Atacama localizada en el sector norte de la cuenca a 2.450 metros de altitud (22° 55' latitud sur, 68° 12' longitud oeste). La precipitación media anual registrada es de 27,8 mm.

La temperatura media anual registrada por la estación anterior es de 13,4°C. En la gráfico 1, se presentan los montos de precipitación y temperaturas medias mensuales del sector norte de la cuenca registrada por la estación San Pedro de Atacama.

Gráfico X: Diagrama Ombrotérmico sector norte Salar de Atacama



Fuente: Dirección General de Aguas de Chile, Referencia 90.

Geología y volcanismo

La geología de la cuenca del Salar de Atacama posee diversas formaciones rocosas entre ellas destacan:

- Salar de Atacama: Rocas MQs, del tipo sedimentaria del mioceno-cuaternario. Depósitos evaporíticos sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles diatríticos finos, localmente borax y/o litio.

- Zona poniente de la cuenca: Rocas MP1c, del tipo sedimentarias del mioceno superior-pleistoceno. Secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales; conglomerados, areniscas y limonitas. Rocas OM1c, del tipo sedimentaria del oligoceno-mioceno. Secuencias sedimentaria continental parálicas o aluviales: conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón.

- Zona norte de la cuenca: Rocas Ms3t, del tipo volcánicas del Mioceno superior.

Ignimbritas dacíticas a riolíticas y depósitos piroclásticos asociados a estratovolcanes. Rocas P3t, del tipo volcánicas del Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados. Rocas MP1I, de sedimentarias del Mioceno superior-Plioceno. Secuencias sedimentarias lacustres, en partes fluviales y aluviales, limos, arenas, conglomerados, calizas y cenizas.

• Zona sur de la cuenca: Rocas OM1c, del tipo sedimentarias del oligoceno- mioceno. Secuencias sedimentaria continental parálicas o aluviales: conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón. Rocas P3t, del tipo volcánicas del Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados. Rocas TrJ3, del tipo volcánicas del Triásico Jurásico inferior. Secuencias volcánicas continentales y transicionales, lavas, domos, brechas, basálticas a riolíticos con intercalaciones de areniscas y conglomerados. Rocas Ksg, del tipo intrusivas del Cretácico superior. monzodioritas, granodioritas, gabros y dioritas de piroxeno, biotita y hornblenda pórfidos andesíticas y dioríticos. Rocas OS3, del tipo volcánicas del ordovícico-silúrico. Secuencias volcánicas continentales y marinas: lavas basálticas y andesíticas con intercalaciones de lutitas y areniscas y tobas. Complejo ígneo y sedimento de Cordón de Lila.

• Zona oriente de la cuenca: Rocas Q3t, del tipo volcánica del cuaternario. Depósitos de flujo piroclástico, localmente soldados. En la cordillera I a II región. Rocas P3t, del tipo Volcánicas del plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados. Rocas CP2, del tipo volcano-sedimentaria del carbonífero-pérmico. Secuencia volcánica continentales rocas epiclásticas con intercalaciones de lavas andesíticas y tobas riolíticas. (Referencia 89).

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán Tatio (Campo hidrotermal, pleitoceno-Geiser, erupción cuaternaria con probable actividad holocena de tipo hidrotermal), Licancabur (Estratovolcán del holoceno sin registro de su última erupción) que se ubican al interior de la cuenca y del volcán Lascar (Estratovolcán histórico cuya última erupción se registra posterior a 1964) y Simbad, que se ubican en los alrededores de la cuenca. (Referencia 90).

Hidrogeología

La cuenca hidrogeológica de la cuenca del Salar de Atacama se extiende desde la latitud 22°20' hasta la latitud 24°10' sur.

La litología asociada a la cuenca es principalmente de dos tipos, uno de ellos corresponde a rocas volcánicas, fracturadas, constituidas por coladas, tobas y brechas con intercambio de sedimentos clásticos continentales, de los períodos terciarios y cuaternarios caracterizados por una permeabilidad media. Otro tipo corresponde a aquellos depósitos no consolidados, rellenos, conformado por sedimentos fluviales,

Geomorfología

El Salar de Atacama se emplaza en una fosa prealtiplánica que en este sector, alcanza los 35 km de amplitud E – W y 90 km N – S. Esta gran fosa es uno de los rasgos morfológicos más interesantes del extremo norte de Chile, posee un exacto alineamiento N – S, marcado por el acento tectónico de su origen y carácter endorreico.

El Salar de Atacama, de edad pliocénica, es la cuenca salina más representativa de la Gran Fosa. Hacia ella concurren las aguas de sistemas hidrográficos prealtiplánicos, tales como el río San Pedro y el río Vilama que proceden del norte.

Dentro del Salar, en su borde occidental, se desarrolla el llano de la Paciencia, el que, hacia el norte, transige en los cerros de Purilactis a una orografía más accidentada. En el límite sur de salar de Atacama se desarrolla la unidad morfoestructural conocida como la Cordillera de Domeyko.

La precordillera de Domeyko se origina en el oligoceno como una serranía baja, pero su altura y envergadura actuales corresponden a las dislocaciones tectónicas pliocénicas, luego de las grandes efusiones de liparitas que sepultan las cordilleras altiplánicas. La Falla del Bordo, en el flanco oriental, indica la línea sobre la cual subió esta precordillera empinándose sobre una flexura de gran curvatura (Referencia 92).

Suelos

Los suelos que posee esta cuenca son muy escasos ya que está constituida prácticamente en su totalidad por el cuerpo salino del Salar de Atacama. Se ha identificado sólo una unidad taxonómica que corresponde al tipo Entisol ubicada en la zona adyacente al salar.

El tipo de suelo Entisol, se caracteriza por su carencia de horizontes bien desarrollados, poco evolucionados por la aridez de la zona, su alto contenido salino y pH elevado. Pueden ser suelos jóvenes que no han tenido tiempo de desarrollarse o bien viejos, en sentido geológico, pero que no han desarrollado horizontes por corresponder a materiales resistentes a la meteorización. Se presentan virtualmente en todos los climas sobre superficies fisiográficas recientes, ya se trate de empinadas pendientes sujetas a intensa erosión o sobre planos de sedimentación en donde se han depositado los materiales recién transportados.

También pueden encontrarse sobre superficies fisiográficas antiguas, en donde por la intervención del hombre se ha destruido el perfil del suelo o bien cuando se trata de materiales resistentes que no han permitido su desarrollo.

La información referente a los usos del suelo en la cuenca se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificación Usos del suelo Cuenca del Salar de Atacama

Cuenca del Salar de Atacama (Ha)	Usos del Suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
1.562.000	Praderas	100.311	6
	Terrenos agrícolas	264	0,02
	Plantaciones forestales	3.371	0,2
	Áreas Urbanas	<156,25	0
	Minería Industrial	<156,25	0
	Bosque nativo o mixto	0	0
	Otros Usos *	362.970	23,8
	Áreas sin vegetación	1.095.084	70

* Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral-pradera, rotación cultivo-pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves-glaciares y humedales (ref 9).

Fuente: Referencia 88.

Uso agrícola

La superficie destinada a este tipo de uso en la cuenca es muy reducida, sólo alcanza las 264 Ha equivalentes al 0,02% del total de la superficie total de la cuenca. [Ref.2.9]. Las zonas de la cuenca que poseen terrenos de uso agrícola, se emplazan próximos a la localidad de San Pedro de Atacama donde los principales cultivos son las plantas forrajeras y praderas artificiales. [Ref. 2.10]

Uso forestal

El uso del suelo de tipo forestal comprende 3.371 Ha equivalentes al 0,2% de la superficie total. Las plantaciones forestales se emplazan en el sector de la Reserva Nacional Los Flamencos, entre las localidades de San Pedro de Atacama y Toconao. Las especies forestales de esta zona corresponden a Tamarugos.

Uso urbano

El uso del suelo de tipo urbano, comprende una superficie menor a 156,25 Ha. [Ref. 2.9]. El único asentamiento humano que posee población urbana en la cuenca, corresponde al ayllu de San Pedro de Atacama. Esta localidad posee un total de 4.969 habitantes y el 39% de ella es urbana (938 habitantes). La localidad de Toconao es un asentamiento clasificado como Aldea, es decir, corresponde a una entidad rural.

Uso minero

La actividad minera de esta cuenca se caracteriza por las explotaciones de litio, sodio, bórax y potasio por las empresas mineras SCL y SQM. Sus faenas mineras se emplazan próximas al poblado de Toconao (sector nororiente de la cuenca) y al poblado de Peine (sector sur).

Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad

La cuenca del Salar de Atacama posee sólo un área bajo protección oficial perteneciente al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE), correspondiente a la Reserva Nacional los flamencos. Este sitio posee una superficie de 20.806 Ha equivalentes al 1,3% de la superficie total de la cuenca. La cuenca del Salar de Atacama no posee sitios de Conservación de la Biodiversidad (Referencia 90).

Para esta cuenca no se han detectado derechos de agua otorgados a comunidades indígenas.

Sin embargo, se estima que a futuro estén claramente establecidos los derechos otorgados por la DGA a las comunidades indígenas de las distintas etnias de la segunda región. Esto de acuerdo al convenio DGA-Conadi, "Convenio Marco para la Protección, Constitución y Reestablecimiento de los derechos de Agua de Propiedad Ancestral de las Comunidades Aymaras y Atacameñas, 1987", que responde al reestablecimiento de los derechos ancestrales de agua.

* Tasa de evaporación (3.200 mm/año) y Climas (15 mm/año)

Fuente: Referencia 86

PARAMETROS	UNIDAD	MINIMO	MAXIMO	CLASE 0	SELECCION
FISICO-QUIMICOS					
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1869	3430	<600	Obligatorio
DBO ₅	mg/L	si	si	<2	Obligatorio
Color Aparente	Pt-Co	si	si	<16	No
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,5	9,4	>7,5	Obligatorio
pH	unidad	7,1	8,8	6,5 - 8,5	Obligatorio
RAS	-	6,3	11,8	<2,4	Si
Sólidos disueltos	mg/L	si	si	<400	No
Sólidos suspendidos	mg/L	si	si	<24	Obligatorio
ΔTemperatura	°C	-	-	<0,5	No
INORGANICOS					
Amonio	mg/L	si	si	<0,5	No
Cianuro	ug/L	si	si	<4	No
Cloruro	mg/L	511,0	756,9	<80	Si
Fluoruro	mg/L	si	si	<0,8	No
Nitrito	mg/L	si	si	<0,05	No
Sulfato	mg/L	250,0	437,6	<120	Si
Sulfuro	mg/L	si	si	<0,04	No
ORGANICOS	-	si	si	-	No
ORGANICOS PLAGUICIDAS	-	si	si	-	No
METALES ESENCIALES					
Boro	mg/l	<1	22	<0,4	Si
Cobre	ug/L	<10	80	<7,2	Si
Cromo total	ug/L	<10	<10	<8	No
Hierro	mg/L	<0,01	3,25	<0,8	Si
Manganeso	mg/L	<0,01	0,94	<0,04	Si
Molibdeno	mg/L	<0,01	0,02	<0,008	Si
Niquel	ug/L	<10	<10	<42	No
Selenio	ug/L	<1	<1	<4	No
Zinc	mg/L	<0,01	<0,01	<0,096	No
METALES NO ESENCIALES					
Aluminio	mg/L	<0,01	4,40	<0,07	Si
Arsénico	mg/L	0,04	0,89	<0,04	Si
Cadmio	ug/L	<10	<10	<1,8	No
Estaño	ug/L	si	si	<4	No
Mercurio	ug/L	<1	<1	<0,04	No
Plomo	mg/L	<0,01	<0,01	<0,002	No
MICROBIOLOGICOS					
Coliformes Fecales (NMP)	Gérmenes/100 ml	si	si	<10	Obligatorio
Coliformes Totales (NMP)	Gérmenes/100 ml	si	si	<200	No

- Tasa de evaporación (3.200 mm/año) y □luvia (15 mm/año)

Fuente: Referencia 88.

El ratio de conversión de las reservas de 5,32, lo que supone una reserva de 7,46 millones de toneladas de carbonato de litio, considerando un precio de 6000 dólares por tonelada (2003 citado por precio Minerales Industriales) da un valor histórico de 44,7 billones. El ratio de conversión para el cloruro de litio es 11,12 y para el hidróxido de litio es 1,43 veces.

Durante el 2007 se proyectó la planta piloto, el estancaje de revestimientos de plantas y se instalaron otros importantes equipos. El proyecto requiere una inversión total de US\$106,4 millones para su construcción.

ANEXO 2

SALAR DEL RINCÓN ARGENTINA

1. Salar del Rincón

Admiralty Resources NL compañía Australiana anunció durante el 2007 que su equipo técnico ha completado la estimación de las reservas del Salar del Rincón, proyecto en el norte de Argentina. De esta forma aparece un nuevo actor (menor) en la escena de productores de litio a nivel mundial. (Referencia 111).

Resumen de las Reservas del Salar:

Tabla 1: Reservas expresadas en Li metálico (recuperación metalúrgica esperada del 75%).

	Baja	Esperada	Alta	Incertidumbre
	Miles de toneladas			
Reservas Probadas	746	911±53	1098	±10%
Reservas Probables	288	492±72	762	±25%
Total Reservas	1035	1403±126	1861	±15%

Fuente: Referencia 111.

Esta última estimación de reservas ha aumentado el tamaño del depósito respecto al cálculo previo de recursos inferidos que estaban en torno a las 253000 toneladas, es decir, un aumento de 5,5 veces. Las reservas de potasio también han aumentado de 4,728 millones de toneladas a 50,8 millones de toneladas. Estas reservas tendrán una duración aproximada de 400 años en la actual meta de producción de 17000 toneladas al año de carbonato, cloruro e hidróxido de litio.

El ratio de conversión de litio de carbonato de litio es de 5,32, lo que supone una reserva de 7,46 millones de toneladas de carbonato de litio, considerando un precio de 6000 dólares por tonelada (2006 citado por precio Minerales Industriales) da un valor histórico de \$ 44.7 billones. El ratio de conversión para el cloruro de litio es 6,12 y para el hidróxido de litio es 1,49 veces.

Durante el 2007 se construyó la planta piloto, el estanque de revestimientos de plástico y se instalaron otros importantes equipos. El proyecto requiere una inversión total de US\$106,4 millones para su construcción.

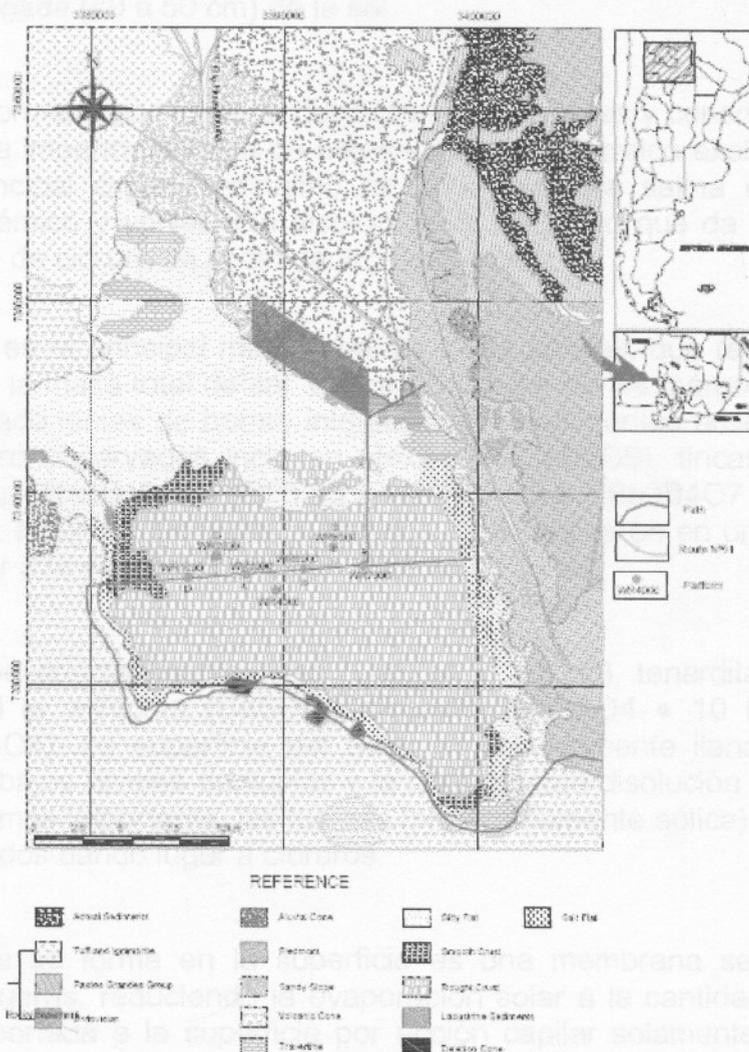
Ubicación y Geología

Ubicado en la provincia de Salta, Argentina, el Salar del Rincón está situado entre $24^{\circ} 06' S$ y $67^{\circ} 04' W$, a una altura de 3.740 metros sobre el nivel del mar.

Cubre un área de 280 km², que drena un área de aproximadamente 2200 km². Rincón tiene un régimen hidrológico endorreico sin salida de escape de agua de la cuenca (cuenca cerrada).

El margen oeste del Salar está ubicado por sobre los 5600 metros de altura en el cerro Rincón, un estrato-volcán andesítico del pleistoceno, mientras que hacia el NNW colinda con una vasta llanura riodacítica de la edad Pliocénica, la principal fuente de litio y boro. Un enriquecimiento de fuentes de aguas termales a lo largo del margen oriental y occidental proporciona nuevos recursos de litio y sales de boro enriquecido.

Figura 1: Salar del Rincón



Fuente: Referencia 111.

El Salar recibe corriente de aguas procedentes de tres fuentes principales:

- El Río Catua, con un flujo máximo de drenaje estacional en la superficie de 30000 l/h de alimentación en el NE de la margen cuenca.
- El drenaje de Huaytiquina, una serie de arroyos efímeros originarios de la Cordillera Principal, a través de una amplia llanura aluvial en el margen de NNO de la cuenca.
- La Quebrada del Rincón, una corriente que tiene un flujo permanente de ≈ 3000 l/h, en parte alimentados por fuentes termales, y en parte por el deshielo de la nieve Cerro Rincón (estrato-volcán).

La evaporación anual en el Salar es de 3000 mm, que se sitúa entre los más altos del mundo, que es típico de la región extremadamente árida en la que está ubicado, una región conocida como la Puna. La porosidad va desde un 20% a un 30% de sal cristalina en el cuerpo, la mayoría de la masa del Salar son salmueras salinas supersaturadas protegidas de la evaporación extrema de la Puna por una corteza relativamente delgada (40 a 50 cm) de la sal.

La cuenca esta formada por rocas andesíticas impermeables y consolidados ordovícico sedimentarios. La impermeabilidad de estos estratos endorreico explica el régimen del depósito. El principal órgano cristalino es una salmuera salina en un estado de cristalización dinámica y volver a la disolución de equilibrio que da lugar a complejas mezclas de sales de cloruro de sodio dentro de la matriz.

La Halita (NaCl) es el principal mineral de las fases sólidas, que representan entre el 85% y el 90% de la masa total de sal. Cerca del interior de los márgenes de las playas, Se han desarrollado lentes de borato intersticiales y sedimentos arcillosos salinos. Los minerales de boro observados incluyen ulexita (NaCaB_5O_9), tincal, un complejo de borato tincalconita ($\text{Na}_6\text{B}_{12}\text{O}_{15}(\text{OH})_{12,8}\text{H}_2\text{O}$) y bórax ($\text{Ba}_2\text{B}_4\text{O}_7 \bullet 10 \text{H}_2\text{O}$). En el interior del Salar, algunos minerales sulfatados de cristalizaron en una solución salina, de manera similar a la evaporación en un sistema lacustre.

El depósito posee principalmente yeso ($\text{CaSO}_4 \bullet 2 \text{H}_2\text{O}$), tenardita (Na_2SO_4), y en menor cantidad la anhidrita (CaSO_4), mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \bullet 10 \text{H}_2\text{O}$) Y glaubirita ($\text{CaSO}_4 \bullet \text{Na}_2\text{SO}_4$). La superficie del Salar es relativamente llana y rugosa, como resultado de los bajos niveles de lluvias y la consiguiente disolución de las sales en la superficie y, aún más importante, las fuerzas (preferentemente eólica) que erosionan los minerales sulfatados dando lugar a cloruros.

Esta corteza que se forma en la superficie es una membrana semipermeable que protege las salmueras, reduciendo la evaporación solar a la cantidad de solución que puede ser transportada a la superficie por acción capilar solamente. El nivel freático comienza de 40 a 50 cm por debajo de la superficie.

Exploración

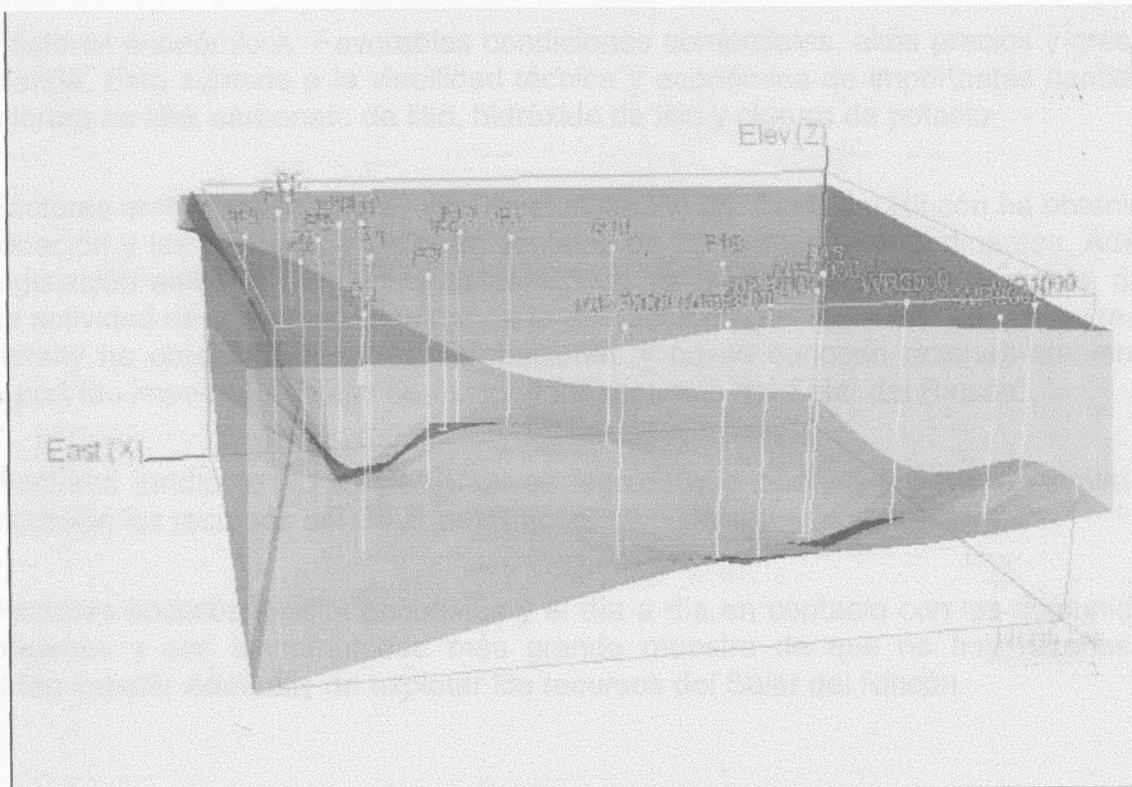
En junio de 2005, Geos Mining Co., evaluó los resultados de una campaña exploratoria anterior (sondajes realizados en entre 1998 y 1999, realizado con sondajes de diámetro de 14 pulgadas). El análisis de los pozos muestreados, que representan unas 65 hectáreas de la parte sur del Salar, presentaron recursos inferidos por 253.000 toneladas de litio (expresado como litio metal) y 4,8 millones de toneladas de potasio (expresado como potasio metal), con una porosidad promedio estimada del 8%.

En 2006, Admiralty realizó un programa de perforación con el objetivo de:

- Explorar completamente el Salar del Rincón. Cabe señalar que la perforación de sondajes en el centro del salar es una tarea que exige considerables obras civiles para hacer accesible la muy rugosa superficie de salar en esa zona.
- Determinar la composición química de las salmueras del salar.
- Establecer la porosidad efectiva de la Salar.
- Establecer las características de los recursos geohidrológicos del salar.

En resumen, este último estudio exploratorio consistió en una campaña de sondajes en el centro del salar, más específicamente siete pozos de producción de gran diámetro (pozos WR, de 300 mm de diámetro, en la Figura 1), cada uno con dos pozos de pequeño diámetro para la observación de los estudios piezométrico (pozos PPR, de 60 mm de diámetro).

Figura 2: Perfil de sondajes.



Fuente: Referencia 111.

Las reservas de litio y potasio

Los resultados del estudio mencionado en el punto anterior, permitieron cuantificar de manera más precisa la magnitud de las reservas de litio y potasio en el salar. Para efectuar la conversión de recursos a reservas, los siguientes criterios deben tenerse en cuenta:

a) Viabilidad Comercial: Durante 2005 y 2006, Admiralty realizó amplias pruebas metalúrgicas con el fin de determinar los parámetros óptimos para el proceso de extracción y separación de cloruro de litio, cloruro de potasio y cloruro de magnesio de las salmueras contenidas en el salar. Los estudios (2007) establecieron que:

- Los parámetros de ingeniería para un proceso de extracción de ingeniería factible en el salar.
- Evaluación técnica y económicamente es viable, para extraer los cloruros de litio y potasio del salar.
- Viabilidad técnica y económica para producir importantes cantidades de carbonato de litio e hidróxido de litio.
- No es comercialmente viable la extracción de magnesio o de sales de magnesio desde las salmueras del salar.
- Otras sales, como el cloruro de sodio, producidas en forma relativamente pura como co-producto, durante el proceso de recuperación de litio y el potasio, no son de interés económico.

b) Factores económicos: Favorables condiciones comerciales, altos precios y creciente demanda. Esto sumado a la viabilidad técnica y económica de importantes cantidades de cloruro de litio, carbonato de litio, hidróxido de litio y cloruro de potasio.

c) Factores ambientales: El proyecto de explotación del Salar del Rincón ha obtenido la aprobación y los permisos medio ambientales de las autoridades pertinentes. Además la legislación ambiental argentina establece un sistema de permisos constante, donde cada actividad de desarrollo requiere de la aprobación en el momento en que se realiza. Admiralty ha obtenido todas las aprobaciones y no se conocen razones ambientales que podrían impedir Admiralty de explotar los recursos del Salar del Rincón.

d) Factores jurídicos: No existen motivos legales que podrían impedir a Admiralty la explotación los recursos del Salar del Rincón.

e) Factores sociales: Social encuestas y el día a día en contacto con las comunidades aborígenes y con la comunidad más grande muestra de que no hay razones que podrían impedir Admiralty de explotar los recursos del Salar del Rincón.

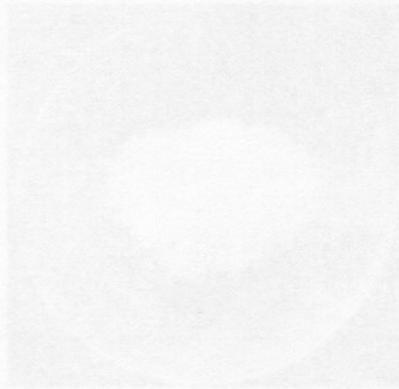
f) Factores políticos: Los gobiernos provinciales y de la nación han manifestado explícitamente su apoyo al proyecto y no hay razones que podrían impedir Admiralty de explotar los recursos del Salar del Rincón.

PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL CLORURO DE LITIO

En resumen, estas evaluaciones y estudios de viabilidad han tenido en cuenta los procesos mineros, metalúrgicos, económicos y de comercialización, jurídicos, ambientales, sociales y gubernamentales que permiten la factibilidad de la extracción de las reservas del Salar del Rincón.

La solución de cloruro de litio, corresponde a una salmuera natural (solución salina más concentrada), la que se somete a diversos procesos de concentración, separación del cloruro de potasio, extracción de solvente y remoción del boro presente en la salmuera.

Figura 1: Cloruro de litio



Fuente: Referencia 117

El proceso de recuperación de la salmuera comprende las siguientes etapas:

- Desde el Salar de Atacama se extrae salmuera mediante bombas situadas en diversos puntos.
- Esta salmuera es bombeada hacia pozos de evaporación, para aprovechar la alta tasa de evaporación (3.200 mm/año) y bajo nivel de lluvia (15 mm/año), produciéndose la concentración de la salmuera. Proceso que tarda meses e implica el traslado y movimiento de la salmuera, de una poza a otra, durante el proceso, alrededor de las vacas.
- Las pozas de evaporación se separan en función de la sección del salar desde donde se extraen y los productos a los que darán origen. Son construidas sobre la superficie del Salar, para lo cual es necesario demoler y aplanar la costra salina, sobre la cual se coloca una capa de grava fina y otra de arcilla compactada, haciendo ambas un espesor total de alrededor de 20 cm. Sobre la última capa se coloca una geomembrana (PVC de 0,5 mm de espesor), tanto en los diques de separación como en el fondo de las pozas. En el caso de los diques, construidos con grava fina, se aplica una capa de

ANEXO 3

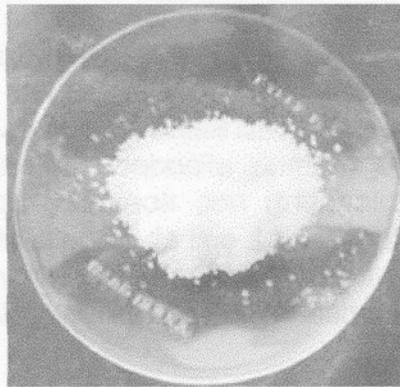
PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL CLORURO DE LITIO

1. Proceso de recuperación de cloruro y carbonato de litio en el Salar de Atacama.

- Luego de extraer la salmuera, se produce la evaporación de las sales que darán origen al cloruro de potasio. Estas se procesan en la planta y dan origen al cloruro de potasio final.

La solución de cloruro de litio, corresponde a una salmuera natural (solución salina muy concentrada), la que se somete a diversos procesos de concentración, separación del cloruro de potasio, extracción de solvente y remoción del boro presente en la salmuera.

Figura 1: Cloruro de litio.



Fuente: Referencia 112.

El proceso de obtención de la salmuera comprende las siguientes etapas:

- Desde el Salar de Atacama, se extrae salmuera mediante bombas situadas en diversos puntos.

- Ésta salmuera es bombeada hacia pozas de evaporación, para aprovechar la alta tasa de evaporación (3.200 mm/año) y bajo nivel de lluvia (15 mm/año), produciéndose la concentración de la salmuera. Proceso que tarda meses e implica el traslado o movimiento de la salmuera, de una poza a otra, durante el proceso, alrededor de 25 veces.

- Las pozas de evaporación se separan en función de la sección del salar desde donde se extraen y los productos a los que darán origen. Son construidas sobre la superficie del Salar, para lo cual es necesario demoler y aplanar la costra salina, sobre la cual se coloca una capa de grava fina y otra de arcilla compactada, haciendo ambas un espesor total de alrededor de 20 cm. Sobre la última capa se coloca una geomembrana (PVC de 0,5 mm de espesor), tanto en los diques de separación como en el fondo de las pozas. En el caso de los diques, construidos con grava fina, se aplica una capa de

arcilla de 12 cm de espesor sobre el talud interior desde la cima hasta la base, compactada con rodillo.

- La remoción del boro desde la salmuera concentrada se efectúa mediante un proceso
- En el caso del litio, la salmuera es ingresada al sistema MOP (murlato o cloruro de potasio). En este sistema la salmuera es concentrada para generar cloruro de potasio y litio. El proceso se inicia con el llenado y concentración de la salmuera. (En esta etapa la concentración de Litio está bajo 0,2%).

- Luego de una serie de pozas, se produce la cosecha de las sales que darán origen al cloruro de Potasio. Éstas se procesan en la planta y dan origen al cloruro de potasio final.

- Otra parte de la salmuera sigue el proceso exclusivo del litio. En este caso la salmuera, algo más concentrada (bajo 0,9%), se pasa a otras pozas solares y sigue con el proceso de concentración.

Durante el proceso de evaporación las siguientes sales precipitan en las pozas, en forma secuencial, luego son cosechadas y descartadas como impurezas: halita (NaCl), silvinita ($\text{NaCl} + \text{KCl}$), carnalita ($\text{KCl} \times \text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) y bischofita ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$). Con motivo de la aplicación del denominado proceso 6% Li, en las pozas de mayor concentración precipita además una carnalita de litio ($\text{LiCl} \times \text{MgCl}_2 \times 7\text{H}_2\text{O}$). A objeto de recuperar el litio que contiene, se deposita primero esta sal en una plataforma de drenaje; luego es repulpeada y lavada con una salmuera saturada en cloruro de magnesio, pero no saturada en cloruro de litio. La bischofita ($\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) no disuelta se separa por centrifugación y se desecha. El total de sales que precipita en las pozas y que son retiradas mediante cargadores frontales y camiones.

- Una vez que se ha alcanzado la concentración requerida (bajo 6% Li, 1,8% Mg, 0,8% B, 35,2% Cl y densidad 1,32 gr/cm³), la salmuera se envía a la planta de carbonato de litio en Antofagasta en camiones cisternas, para ser tratada finalmente con carbonato de sodio para precipitar el litio en forma de carbonato de litio.

Figura 2: Pozas de evaporación de SQM.



Fuente: Referencia 112.

- En dicha planta, la salmuera es tratada para la remoción de boro.

2. Proceso de extracción y remoción de Boro:

- La remoción del boro desde la salmuera concentrada se efectúa mediante un proceso de extracción por solventes, en el cual un solvente orgánico inmiscible con la salmuera, le extrae el boro selectivamente, en un proceso multietapa y contra corriente.

El proceso consta básicamente de dos etapas:

a) Extracción, en donde se extrae el boro a la salmuera y;

b) Remoción, en donde se regenera el solvente orgánico el cual se recircula al proceso.

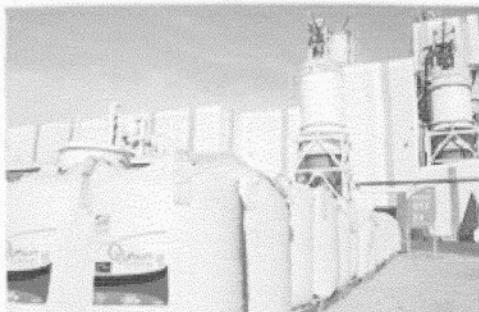
- Extracción:

La salmuera con alto contenido de boro, que es recibida desde el Salar de Atacama, se alimenta a mezcladoras decantadoras donde se mezcla con un solvente orgánico (pH bajo 2 acidulando con ácido clorhídrico), el cual le extrae sucesivamente el boro hasta quedar con menos de 30 ppm.

- Remoción:

El solvente orgánico, cargado con boro proveniente de la etapa de extracción, ingresa a la etapa de remoción, donde es mezclado con agua alcalinizada, para ser regenerado y poder ser realimentado al proceso. El proceso se desarrolla en contracorriente.

Figura 3: Planta Salar del Carmen de SQM.



Fuente: Referencia 31.

En la segunda etapa, la salmuera libre de boro (10 ppm aprox.) es tratada para eliminar todo el magnesio contenido en ella en dos fases de purificación, como carbonato de magnesio e hidróxido de magnesio, respectivamente. Para ello, la salmuera concentrada se diluye primeramente en un reactor hasta un contenido de 1,0% Li con licor madre reciclado (90°C) desde la etapa de precipitación del carbonato de litio, agregándose también una cierta cantidad de solución de ceniza de soda, para evitar la precipitación de carbonato de litio. Alrededor de un 85% del magnesio presente en la salmuera precipita como carbonato de magnesio, que se separa por filtración,

repulpeándose con licor madre y bombeando la pulpa obtenida a una poza de descarte. La solución resultante de dicha filtración, que contiene el magnesio remanente, se trata en un reactor en caliente (80°C) con una solución de carbonato de sodio y cal apagada, precipitando el magnesio como hidróxido junto con carbonato de calcio, compuestos que son filtrados y repulpeados con licor madre para su envío a una poza de descarte.

El carbonato de litio se obtiene por precipitación en caliente (alrededor de 85°C) entre la salmuera purificada, que es una solución de cloruro de litio (1% Li) prácticamente libre de magnesio (1 ppm) y una solución de carbonato de sodio al 32% en peso. El producto final, una vez separado del licor madre por filtración, es luego lavado y secado en horno rotatorio. Se puede comercializar en cristales o se compacta, tritura y clasifica para ser vendido en forma de gránulos. La pureza del producto es cercana al 99,5%, aunque el mercado sólo exige 99,1%. Se envasa indistintamente en bolsas de papel de 50 lb y 30 kg, maxisacos de 1000 kg, así como en tambores de 100 kg.

Cabe señalar que un factor importante en la extracción del litio a partir de salmueras es la razón Mg/Li., si esta razón es elevada encarece los costos de extracción y disminuye la eficiencia del proceso (el Salar de Uyuni en Bolivia presenta una razón alta de Mg/Li).

Tabla 1: PIB en 1990-2005 en miles de millones de dólares de 2000, según medida de poder de compra (PPC).

País	1990	2000	2005	Factor
Bangladesh	120,65	190,87	253,29	2,10
Camboya	13,81	23,99	32,66	2,36
China	1800,46	4369,57	7687,85	4,03
Hong Kong, China	118,43	173,53	214,54	1,84
India	1368,18	2460,57	3412,91	2,49
Indonesia	370,48	624,57	758,06	2,05
Japón	2776,36	3326,53	3527,49	1,27
Corea del Sur	429,36	760,54	944,53	2,20
Laos	4,26	6,29	11,56	2,71
Mongolia	3,94	3,86	5,14	1,30
Barmania	53,24	88,08	90,99	2,74
Nepal	20,10	32,32	37,12	1,85
Pakistán	167,16	265,94	334,75	2,00
Filipinas	219,91	305,11	305,52	1,60

ANEXO 4

ANTECEDENTES GENERALES DE CHINA E INDIA

1. Antecedentes generales de China e India

China e India más sus países limítrofes, multiplicaron su Producto Interior Bruto real por 2,34 en el período 1990-2005, lo que implica una tasa media de crecimiento del 3.4% anual, mientras que el conjunto del mundo según los datos de la tabla 1, multiplicó su PIB real por un factor de 1.64, lo que implica una tasa media del 1.98% anual (Referencia 82).

El PIB real por habitante se multiplicó por un factor igual al cociente entre el factor del PIB y el factor de la población. Como el PIB creció más que en el conjunto del mundo y la población en el conjunto de estos países se multiplicó por un factor 1.22, similar a la media mundial, según los datos de la tabla 2, el resultado es que el PIB por habitante creció también más que en el conjunto mundial, como muestran los datos de la tabla 3.

Tabla 1: PIB en 1990-2005 en miles de millones de dólares de 2000, según paridad de poder de compra (PPC).

País	1990	2000	2005	Factor
Bangladesh	120,65	190,67	253,29	2,10
Camboya	13,81	23,69	32,66	2,36
China	1900,46	4959,67	7667,85	4,03
Hong Kong, China	116,43	173,59	214,54	1,84
India	1368,19	2460,57	3412,91	2,49
Indonesia	370,48	624,57	758,06	2,05
Japón	2776,36	3326,53	3527,49	1,27
Corea del Sur	429,30	760,54	944,63	2,20
Laos	4,26	8,29	11,56	2,71
Mongolia	3,94	3,86	5,14	1,30
Birmania	33,24	59,08	90,93	2,74
Nepal	20,10	32,32	37,12	1,85
Pakistán	167,16	265,94	334,75	2,00
Filipinas	219,91	305,11	365,52	1,66

Singapur	34,45	95,40	116,45	3,38
Sri Lanka	40,42	70,20	80,03	1,98
Tailandia	233,14	385,77	491,32	2,11
Vietnam	70,34	158,15	227,24	3,23
Total	7923	13904	18572	2,34
Mundo	32565	44075	53285	1,64

Fuente: Referencia 82.

En la tabla 1 los países con los mayores factores de crecimiento han sido China con 4.03, Singapur con 3.38 y Vietnam con 3.23. Los otros 15 países han tenido en general un factor superior a la media mundial (1.64), con sólo dos excepciones (Japón explicable por su ya elevado nivel de PIB por habitante, y Mongolia, país que ha experimentado una mala evolución del PIB real en el período 1990-2000, según los datos disponibles, pero que ha mejorado mucho su ritmo de crecimiento en el período 2000-2005, con una tasa del 5.7% anual). Destacan claramente los PIB de China e India como los mayores mercados en dinero hacia donde apuntar los esfuerzos comerciales, se descartó Japón dado que hoy en día es el principal destino de las exportaciones de carbonato de litio desde Chile.

China e India no sólo son los dos países más poblados del mundo, sino que además son los que presentan las mejores perspectivas de crecimiento económico a nivel mundial.

Tabla 2: Población en 1990-2005 en millones de personas.

País	1990	POB00	POB05	Factor
Bangladesh	108,28	128,92	141,82	1,31
Camboya	9,10	12,74	14,07	1,55
China	1133,68	1262,64	1304,50	1,15
Hong Kong, China	5,70	6,67	6,94	1,22
India	849,52	1015,92	1094,58	1,29
Indonesia	178,23	206,26	220,56	1,24
Japón	123,54	126,87	127,96	1,04
Corea del Sur	42,87	47,01	48,29	1,13
Laos	4,14	5,28	5,92	1,43

Mongolia	2,19	2,40	2,55	1,17
Birmania	42,28	47,72	50,52	1,19
Nepal	19,45	24,43	27,13	1,40
Pakistán	112,35	138,08	155,77	1,39
Filipinas	61,48	75,77	83,05	1,35
Singapur	2,70	4,02	4,35	1,61
Sri Lanka	16,99	19,36	19,58	1,15
Tailandia	56,30	61,44	64,23	1,14
Vietnam	67,60	78,52	82,97	1,23
Total	2836	3264	3454	1,22
Mundo	5091	5864	6218	1,22

Fuente: Referencia 82.

La tabla 2 muestra la evolución de la población de los 18 países durante el período 1990-2005, en millones de habitantes, y el factor de crecimiento. Se observa que el conjunto de estos países ha multiplicado su población por un factor 1.22, lo que implica una tasa de crecimiento del 1.32% anual, similar a la media mundial. Esta tasa significa una moderación importante en comparación con décadas anteriores, como puede verse en Guisán y Expósito (2003) y en otros estudios (1.69% en el conjunto de Asia y 1.99% en la India durante el período 1980-99). Esta disminución de la presión demográfica es importante para que el proceso de despegue del desarrollo económico pueda consolidarse, al favorecer, junto a otros factores, el incremento de la inversión por habitante, tanto en capital físico como en educación, y disminuir los problemas de pobreza, entre otros efectos positivos (Banco Mundial). Nuevamente los países más relevantes en términos del tamaño del mercado son China e India.

El último factor de crecimiento ha estudiar es el Producto Interior Bruto real por habitante es el cociente entre los factores de crecimiento del PIB real y de la población, resultando los valores que figuran en la tabla 3.

Los mayores factores de crecimiento del PIB real por habitante se han dado en China (3.51), Vietnam (2.63), Birmania (2.29), y Singapur (2.10), muy por encima del conjunto, mientras que varios países de bajo nivel de renta han mostrado crecimientos demasiado moderados, como es el caso de Filipinas, con sólo un factor de 1.23.

Tabla 3: PIB por habitante en 1990-2005 en dólares de 2000, según paridad de poder de compra (PPC).

País	1990	2000	2005	Factor
Bangladesh	1114	1479	1786	1,60
Camboya	1518	1859	2321	1,53
China	1676	3928	5878	3,51
Hong Kong, China	20409	26045	30896	1,51
India	1611	2422	3118	1,94
Indonesia	2079	3028	3437	1,65
Japón	22474	26220	27568	1,23
Corea del Sur	10014	16179	19560	1,95
Laos	1029	1570	1952	1,90
Mongolia	1799	1610	2013	1,12
Birmania	786	1238	1800	2,29
Nepal	1034	1323	1368	1,32
Pakistán	1488	1926	2149	1,44
Filipinas	3577	4027	4401	1,23
Singapur	12732	23744	26764	2,10
Sri Lanka	2378	3626	4087	1,72
Tailandia	4141	6279	7649	1,85
Vietnam	1041	2014	2739	2,63
Total	2794	4260	5377	1,92
Mundo	6397	7516	8589	1,34

Fuente: Referencia 82.

Los mayores factores de crecimiento del PIB real por habitante se han dado en China (3.51), Vietnam (2.63), Birmania (2.29), y Singapur (2.10), muy por encima del conjunto, mientras que varios países de bajo nivel de renta han mostrado crecimientos demasiado moderados, como es el caso de Filipinas, con sólo un factor de 1.23.

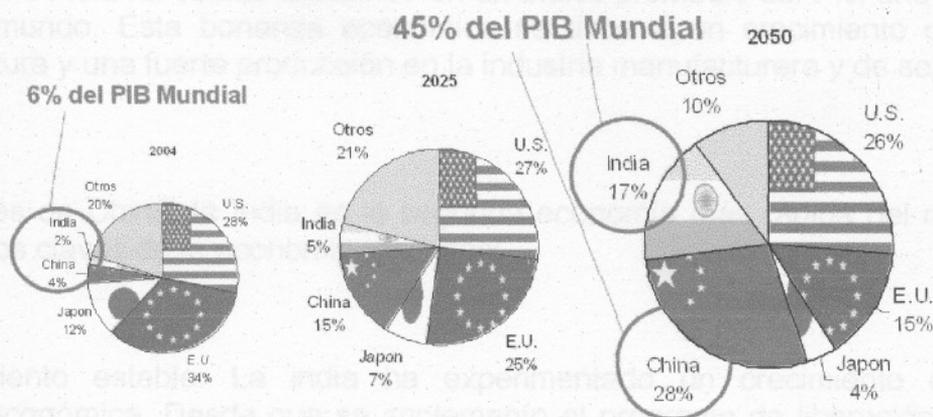
China un mercado de 1,3 mil millones de habitantes, se ha convertido en el mayor socio comercial del mundo en 2006, con importaciones superiores a los US\$ 660 mil millones. El gigante asiático demandó casi un 18% más en 2005 respecto al año anterior. (Fuente: Referencia 113)

2. República Popular China

La República Popular China cada vez con más fuerza se está transformando en un socio comercial relevante para Chile y el mundo. Desde que China inició su proceso de reforma económica, especialmente en los años posteriores a su adhesión a la OMC, ha venido trabajando para modificar su estructura institucional y jurídica, para consolidarse como uno de los actores más relevantes del sistema multilateral de comercio. China ha empleado activamente su política comercial y en materia de inversiones extranjeras para cumplir sus objetivos industriales y de desarrollo, en particular el desarrollo del sector privado. De conformidad con la Ley de Comercio Exterior, el objetivo de la política comercial de China es acelerar su apertura al mundo, desarrollar el comercio exterior y promover un sólido desarrollo económico.

El PIB de China el año 2005 fue superior a los US\$ 9,4 mil Billones (PPP), con un crecimiento del 9,3% respecto al año anterior (el PIB del país ha crecido un promedio del 9,4 por ciento al año aproximadamente, a un ritmo constantemente superior al de cualquier otra economía). Si se estudia el PIB por sector el más importante es la Industria con un 53,1%, los Servicios con un 32,5% y la Agricultura con un 14,4% (Referencia 113). Todo lo anterior evidencia la vertiginosa aceleración con que ocurren los cambios económicos en China, China representará el 15% del PIB mundial en el año 2025 y casi el 30% para el 2050.

Figura 1: Tendencia mundial de crecimiento de los principales países.



Fuente: Referencia 84.

China un mercado de 1,3 mil millones de habitantes, se ha convertido en el tercer socio comercial del mundo en 2006, con importaciones superiores a los US\$ 660 mil millones. El gigante asiático demandó casi un 18% más en 2005 respecto al año anterior (Fuente: Referencia 113).

La evolución de las cifras macroeconómicas de China demuestra una tendencia de largo plazo en el crecimiento de esta nación. Entre 1980 y 2005 China creció a una tasa promedio anual de un 9,8% (Fuente: Referencia 84), más aún, otro antecedente significativo es respecto al nuevo poder adquisitivo de los chinos, el producto per cápita de China a comienzos de 1980 era cercano a los US\$ 250, llegando a los US\$ 1.860 en 2005, esto significa un crecimiento del 7400% en 25 años. Además se espera que el ingreso por cada chino siga en alza y las estimaciones al 2010 son en torno a los US\$ 2600 per cápita, es decir, un crecimiento un 6,6% anual, permitiendo un acceso a productos de mayor valor agregado. Otra forma de analizar el dato anterior, es poniéndolo en contexto con nuestro país: En China existen hoy cerca de 100 millones de personas con un PIB per cápita igual o superior al de nuestro país, esto es, aprox. US\$ 10.000 anuales y se espera que para el 2025 este número llegue a los 600 millones. el programa de reforma económica, y desde entonces dicho crecimiento alcanza un 7% anual aproximadamente.

3. India

La economía india continúa creciendo a niveles récord. Las cifras oficiales muestran que aumentó un 9,3% el año pasado, superando las expectativas de los analistas. Este es el ritmo de crecimiento más rápido en casi dos décadas.

Por otro lado el 60% de los indios vive cerca de la línea de pobreza y no pueden permitirse gastar más en sus compras semanales. En los últimos diez años, la economía india ha estado creciendo en un índice promedio del 7%, uno de los mayores en el mundo. Esta bonanza económica se debe a un crecimiento constante de la agricultura y una fuerte producción en la industria manufacturera y de servicios.

Después de China, la India es la segunda economía más rápida del mundo. Algunos aspectos claves de la economía india son:

Crecimiento estable. La india ha experimentado un crecimiento con estabilidad macroeconómica. Desde que se implemento el programa de liberación, el crecimiento de del PBI se ha acelerado y ahora es mas del 6.8%

Economía grande y diversificada.- según el banco mundial, la india es la sexta economía más grande del mundo en términos de paridad de su capacidad adquisitiva con su PBI de más de US\$ 1 billón.

La agricultura, actividad que se emplea a dos tercios de la fuerza laboral de la india y contribuye con un tercio de PBI, ha tenido un crecimiento estable. Las reservas de

grano de la india exceden los 35 millones de toneladas y este país ha emergido ahora como un exportador de granos y de otros productos agrícolas.

La india cuenta con una base de manufactura diversificada. Los sectores industriales claves, como el de productos electrónicos (como baterías de litio), maquinaria industrial y agrícola, componentes, insumos agrícolas, químicos (industria de fármacos) y petroquímicos, fertilizantes, material para el envasado y el procesamiento de alimentos, se proyectan con un crecimiento anual de 7% a 45% para el resto de esta década.

Comercio exterior creciente. El comercio de la india ha crecido rápidamente desde que se inició el programa de reforma económica, y desde entonces dicho crecimiento alcanza un 7% anual aproximadamente.

que tienen relación con el calentamiento global. El paso lo dio Toyota en 1997 con la producción de un auto con motor híbrido de combustión interna y eléctrica a batería recargable, con el fin de reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Desde ese momento se han hecho muchas investigaciones para determinar la confiabilidad y factibilidad de este sistema de motor, llegando a la conclusión que la mejor fuente para fabricar la batería recargable que se necesita para construir este auto es de litio, ya que provee la mayor capacidad y rendimiento de todas las baterías del mercado. Mercedes también desarrolló una versión de automóvil eléctrico, usando una batería llamada ZEBRA (zero emission battery reserve activity), que es una batería de clorhidrato de níquel sodio, pero el proyecto fue abandonado después de la fusión con Daimler and Chrysler. Más tarde en 2004 se produjo un auto con células de combustible, Nissan sabiendo de este nicho de mercado, se ha mantenido el margen de la producción. (Referencia 106)

Peró se han encontrado con dos grandes problemas para el desarrollo de un auto eléctrico o híbrido que pueda realmente reemplazar a los que utilizamos actualmente de combustión interna, los más importantes son (Referencia 107)

- Tiempo de Recarga: Un problema con los EV^{EV} es el tiempo que toma recargar una batería completamente descargada. Una carga mientras el cliente descansa (preferentemente de noche) es muy cómodo, pero para viajes largos detenerse a recargar una batería completamente en el mismo tiempo que demoras en cargar gasolina sería ideal. Si las baterías se recargasen en cosa de minutos en vez de horas removería una de las principales barreras en la adopción de los EV.

- Ciclo de vida: Para que una batería sea eficiente debe tener una vida útil razonable, idealmente de 10 años o 241.000 kilómetros. Además se tiene que tener en cuenta cada vez que una batería, pierde algo de capacidad.

ANEXO 5

AUTOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS

1. Automóviles eléctricos e híbridos.

Siguiendo las tendencias y presiones de política mundial, los fabricantes de autos tienen que hacer algo con respecto a las emisiones de dióxido de carbono que se emanan a la atmósfera cada año y que tienen relación con el calentamiento global. El paso lo dio Toyota en 1997 con la producción de un auto con motor híbrido, de combustión interna y eléctrica a batería recargable, con el fin de reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Desde ese momento se han hecho muchas investigaciones para determinar la confiabilidad y factibilidad de este sistema de motor, llegando a la conclusión que la mejor fuente para fabricar la batería recargable que se necesita para construir este auto es de litio, ya que provee la mayor capacidad y rendimiento de todas las baterías del mercado. Mercedes también desarrolló una versión de automóvil eléctrico, usando una batería llamada ZEBRA (zero emission batteries reserve activity), que es una batería de clorhidrato de níquel sodio, pero el proyecto fue abandonado después de la fusión con Daimler and Chrysler. Mas tarde el 2004 se produjo un auto con células de combustible. Nissan sabiendo de este nicho de mercado, se ha mantenido al margen de la producción. (Referencia 108).

Pero se han encontrado con diversos problemas para el desarrollo de un auto eléctrico o híbrido que pueda realmente reemplazar a los que utilizamos actualmente de combustión interna, los más importantes son (Referencia 107):

- Tiempo de Recarga: Un problema con los EV²⁷ es el tiempo que toma recargar una batería completamente descargada. Una carga mientras el cliente descansa (preferentemente de noche) es muy cómodo, pero para viajes largos detenerse a recargar una batería completamente en el mismo tiempo que demoras en cargar gasolina sería ideal. Si las baterías se recargarán en cosa de minutos en vez de horas removería una de las principales barreras en la adopción de los EV.
- Ciclo de vida: Para que una batería sea eficiente debe tener una vida útil razonable, idealmente de 10 años o 241.000 kilómetros. Además se tiene que tener en cuenta cada vez que una batería, pierde algo de capacidad.

²⁷ Electric Vehicles.

- Rendimiento a bajas temperatura: Muchas baterías recargables tienen un rendimiento muy pobre a bajas temperaturas, lo ideal es que para un auto EV la batería pueda funcionar a -20°C
- Costo: Las baterías NiMH e ión litio actualmente disponibles son demasiado caras para el uso general en vehículos EV (PHEV y BEV). El desafío es bajar los costos haciendo penetrar fuertemente las baterías en los mercados.
- Se observa que existen aún barreras para la producción de vehículos híbridos y eléctricos, y se necesita aún más investigación para obtener los resultados deseados para el rendimiento de las baterías recargables de litio. El competidor más fuerte que entra al mercado son el etanol y el hidrógeno, que hasta ahora muestran mayor eficiencia y mejor rendimiento que algún posible auto eléctrico. (Referencia 108).

- Convenio de sociedad

- Contrato de sociedad

- Contrato de agencia de ventas

Los acuerdos señalados, que dieron origen a la SOCIEDAD CHILENA DE LITIO LIMITADA, se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Objeto de la Sociedad

i) Exploración del litio contenido en el Salar de Atacama.

ii) Estudio de factibilidad para la explotación del litio.

iii) Explotación, producción y venta de productos de litio que contengan 200.000 toneladas métricas de litio metálico equivalente.

iv) Producción y comercialización del magnesio que se extraiga y procese a partir de las salmueras del Salar.

2. Capital y Aportes.

i) Capital social inicial: US\$ 3.977.500.-

ii) Aporte de FOOTE.

a) La cantidad de US\$ 1.637.790.-, que representa el costo del estudio de factibilidad terminado en Septiembre de 1973.

ANEXO 6

RESUMEN ACUERDOS ENTRE CORFO Y FOOTE MINERAL CO. PARA LA EXPLOTACIÓN DE LITIO EN EL SALAR DE ATACAMA

Con fecha 13 de Agosto de 1980 la CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION y FOOTE MINERAL COMPANY llegaron a diversos acuerdos para la explotación de litio en el Salar de Atacama, los que están contenidos en los siguientes documentos:

- Convenio básico
- Contrato de sociedad
- Contrato de agencia de ventas

Los acuerdos señalados, que dieron origen a la SOCIEDAD CHILENA DE LITIO LIMITADA, se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Objeto de la Sociedad.

- i) Exploración del litio contenido en el Salar de Atacama.
- ii) Estudio de factibilidad para la explotación del litio.
- iii) Explotación, producción y venta de productos de litio que contengan 200.000 toneladas métricas de litio metálico equivalente.
- iv) Producción y comercialización del magnesio que se extraiga y procese a partir de las salmueras del Salar.

2. Capital y Aportes.

- i) Capital social inicial: US\$ 3.977.800.-
- ii) Aporte de FOOTE:
 - a) La cantidad de US\$ 1.637.790.-, que representa el costo del estudio de factibilidad terminado en Septiembre de 1979.

b) La cantidad de US\$ 550.000 en dinero efectivo para hacer frente a los gastos previos a la construcción de la Planta.

Total aporte FOOTE: US\$ 2.187.790, equivalente al 55% del capital.

iii) Aporte de CORFO:

a) La cantidad de US\$ 491.000, que representa el costo estimado de los estudios y trabajos realizados por CORFO respecto del litio al 17.1.75.

b) Transferencia de 3.343 pertenencias mineras OMA de las 32.768 de propiedad de CORFO en el

Salar de Atacama, valorizadas en US\$ 849.010.-

c) La cantidad de US\$ 450.000 en dinero efectivo, con el mismo objeto señalado en ii.b).

Total aporte CORFO: US\$ 1.790.010.-, equivalente al 45% del capital.

3. Administración.

i) La sociedad será administrada y dirigida por los socios a través de un Consejo constituido por 5 Delegados titulares y 5 suplentes, de los cuales 3 Delegados representarán a FOOTE y 2 Delegados a CORFO.

ii) CORFO se reserva los siguientes derechos:

a) Política de ventas. CORFO podrá en cualquier momento, a través de sus Delegados, oponerse a que se continúe aplicando la política de ventas vigente, siempre que esta decisión no comprometa los contratos ya convenidos.

b) Designación Gerente General.- Este será contratado por plazos de un año renovables. La renovación del contrato a cada vencimiento requerirá del voto favorable de a lo menos 1 Delegado de CORFO.

4. Duración.

El plazo de duración de la sociedad será el necesario para lograr su objetivo, con un período inicial de 30 años, prorrogable automáticamente por períodos sucesivos de 5 años, siendo el último de éstos por el plazo necesario para el cumplimiento del objeto social.

5. Área de Concesión.

REFERENCIAS

- (1) i) CORFO transfiere a la Sociedad un total de 3.343 pertenencias mineras OMA.
- (2) ii) Dado que el mineral es un cuerpo líquido, se ha estimado necesario proteger el área de concesión frente a terceros estableciendo una franja denominada *tierra de nadie* y que comprende 1.370 pertenencias mineras OMA. Respecto de esta franja de protección, CORFO se obliga a no gravar ni enajenar parte alguna de sus pertenencias, y a no realizar ni permitir en ellas explotación u obra alguna. Las patentes de estas 1.370 pertenencias serán de cargo de la sociedad.
- (3)
- (4)
- (5) iii) La transferencia de las pertenencias indicadas en i) la hace la Corporación sujeta a la condición de que al disolverse o terminar la Sociedad dichas pertenencias volverán gratuitamente y de pleno derecho al dominio de la Corporación.

Survey

- (7) 2008 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

(8) Falta.

- (9) González Letelier Alvaro. Riquezas minerales de Chile a nivel mundial. Universidad de Chile 1990.

(10) U.S. Bureau of Mines, Mines Facts and Problems.

- (11) EVALUATION OF THE POTENTIAL OF SALAR DEL RINCON BRINE DEPOSIT AS A SOURCE OF LITHIUM, POTASH, BORON AND OTHER MINERAL RESOURCES. Final Report prepared for Admiralty Resources NL and Argentina Diamonds Ltd. by Peter Pavlovic, Consultant Engineer and Jorge Fowler, Mining Engineer, December 13, 2004.

- (12) Análisis de la Estructura Mundial de la Industria del Litio y Criterios de Proyección de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad de Chile, 2003.

(13) Simposio Chileno del Litio, falta año.

- (14) Mineral Commodity Summaries 2002. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

- (15) Mineral Commodity Summaries 2003. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

- (16) Mineral Commodity Summaries 2004. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

- (17) Mineral Commodity Summaries 2005. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

REFERENCIAS

- (1) Industrials Minerals. Junio 2001.
- (2) Industrials Minerals. Junio 2007.
- (3) 2002 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- (4) 2003 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- (5) 2004 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- (6) 2005 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- (7) 2006 Minerals Yearbook, Joyce A. Ober. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
- (8) Falta.
- (9) González Letelier Alvaro, Riquezas minerales de Chile a nivel mundial, Universidad de Chile 1990.
- (10) U.S. Bureau of Mines, Minerals Facts and Problems.
- (11) EVALUATION OF THE POTENTIAL OF SALAR DEL RINCON BRINE DEPOSIT AS A SOURCE OF LITHIUM, POTASH, BORON AND OTHER MINERAL RESOURCES. Final Report prepared for Admiralty Resources NL and Argentina Diamonds Ltd. by Pedro Pavlovic, Consultant Engineer and Jorge Fowler, Mining Engineer. December 15, 2004.
- (12) Análisis de la Estructura Mundial de la Industria del Litio y Criterios de Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad de Chile, 2003.
- (13) Simposio Chileno del Litio, falta año.
- (14) Mineral Commodity Summaries 2002. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.
- (15) Mineral Commodity Summaries 2003. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.
- (16) Mineral Commodity Summaries 2004. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.
- (17) Mineral Commodity Summaries 2005. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.

- (18) Mineral Commodity Summaries 2006. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.
- (19) Mineral Commodity Summaries 2007. U.S. Department of the Interior. U.S Geological Survey.
- (20) Análisis de Riesgo para la Sociedad Química y Minera Chilena S.A. Fitch Ratings.
- (21) Aplicaciones de la energía Geotérmica a la Industria Alimentaria en Chile. Estudio de prefactibilidad económica. María Macarena Lee Castro. Universidad de Chile 2006.
- (22) Despite cost, no cooling in hot runner market. Nanofillers slow the burn by Clare Goldsberry. www.modplas.com. Enero 2007.
- (23) The trouble with Lithium, implications of future PHEV production for Lithium Demand. William Tahil Research Director of the Meridian International Research, January 2007.
- (24) China Lithium Carbonate Market forecast Report, 2008-2010. Abstract.
- (25) The Economics of Lithium, 10th edition 2006. Roskill. Abstract.
- (26) Global Li-ion Battery Market Report 2007.
- (27) Grease Industry Trends, Sandra Cowan. Citgo Petroleum Corporation.
- (28) Lithium cobalt oxide production sees growth in China. 2005.
- (29) Lithium batteries power hybrid cars of future: Saft. Andras Gerley. 2007.
- (30) The lithium industry: Its recent evolution and future prospects. Arlene Ebensperger a, Philip Maxwell b,* , Christian Moscoso c.
- (31) SQM Corporate Presentation. Marzo 2007.
- (32) SQM Corporate Presentation. Septiembre 2006.
- (33) Glass and Ceramics Industry Information. (www.primaryinfo.com/glassceramics.html).
- (34) Advanced Glasses and Glass Ceramics: Materials, processing and new developments. Abstract.
- (35) Factors Affecting U.S. Production Decisions: *Why Are There No Volume Lithium-Ion Battery Manufacturers in the United States*. Ralph J. Brodd.
- (36) Lubricant Oil and Greases (www.baotou.com).
- (37) Large and Advanced Battery Technology and Markets 2004. Abstract.
- (38) Apuntes de Econometría I, clases 1 a 25. Javiera Vásquez Nuñez. Primavera 2005.
- (39) Modelos Económicos, guía para la elaboración de modelos econométricos con EVIEWS. Antonio Pulido San Román y Julián Pérez García.
- (40) Econometría de Económicas, Casos 1 y 3. Análisis de diferentes formas funcionales en un modelo de comercio exterior. El problema de la heterocedasticidad. Curso 2004-2005. Amparo Sancho y Guadalupe Serrano.

- (41) http://www.bancopenta.cl/noticias/noticia_detalle.
- (42) SQM – B, Banchile Inversiones, departamento de estudios.
- (43) SQM Form 20 F 2002.
- (44) SQM Form 20 F 2003.
- (45) SQM Form 20 F 2004.
- (46) SQM Form 20 F 2005.
- (47) SQM Form 20 F 2006.
- (48) Industrial Organization: A Strategic Approach. Jeffrey Church and Roger Ware.
- (49) Los Índices de Concentración: Una Visión General. Luis Mariano Rodríguez.
- (50) Curso de Organización Industrial. R. Fischer. CEA-DII. Universidad de Chile.
- (51) Mineral Pricewatch.
- (52) The Economics of Lithium. Roskill 1999.
- (53) Informe de Clasificación de Riesgos para SQM. Feller Rate. Octubre 2006.
- (54) Annual Report 2006, SQM.
- (55) Annual Report 2006, Rockwood Holdings Inc.
- (56) Annual Report 2006, FMC Corp.
- (57) Perspectivas de Crecimiento Económica Mundial. Secretaria de Comunicaciones y transporte Mexicano.
- (58) China Quematical Reporter. Volumen 18, nº 23, Agosto 16, 2007. Pagina 8.
- (59) www.mineralogicrecord.org
- (60) Presentación Corporativa SQM, 2007.
- (61) Presentación Corporativa SQM, 2006.
- (62) Presentación Corporativa SQM, 2005.
- (63) Economía Industrial, Jacquemin Alex, Hipno Europea, S.A, 1982.
- (64) Información Servicio Nacional de Aduanas.
- (65) Información de ProChile.
- (66) Estado de Resultado SQM 2002.
- (67) Estado de Resultado SQM 2003.
- (68) Estado de Resultado SQM 2004.
- (69) Estado de Resultado SQM 2005.
- (70) Estado de Resultado SQM 2006.
- (71) Estado de Resultado SQM 2007
- (72) Report to Creditors, Son of Gwalia, noviembre 2006.

- (73) Perspectivas de Crecimiento Económica Mundial. Secretaria de Comunicaciones y transporte Mexicano.
- (74) China Quematical Reporter. Volumen 18, nº 23, Agosto 16, 2007. Pagina 8.
- (75) Competitividad Mundial en Minería. Programa de Economía de Minerales, Departamento de Ingeniería de Minas, Universidad de Chile. Christian Moscoso, 2006.
- (76) La empresa y la competitividad. Universitat Politècnica de Catalunya. Jaume Mussons Sellés.
- (77) Administración Estratégica: Competitividad y conceptos de globalización. Michael A. Hitt, R. Duane Ireland y Robert E. Hoskisson, 2004.
- (78) Economía de la Innovación. Ralph Landau y Christopher Freeman, 2000.
- (79) Drucker Meter, 2002. "The Discipline of Innovation". Harvard Business Review, 2002, pg. 5-10.
- (80) R. E. Hoskisson, M. A. Hitt, Managerial incentives and investment in R&D in large multiproducts firms. Organization Science. Pg. 1118-1129.
- (81) Zahra, Ireland, & Hitt, International expansion by new venture firms.
- (82) Proyecciones del PIB mundial. Banco Mundial, 2005.
- (83) <http://www.stats.gov.cn>
- (84) Fondo Monetario Internacional, Forecast 2006.
- (85) Harvard Business School Publishing, "Strategy and Innovation".
- (86) www.meridiangold.com.
- (87) Reporte Anual 2006. Codelco Chile.
- (88) SERNAGEOMIN servicio nacional de geología y minería. Mapa geológico de Chile.
- (89) VOLCANES Activos de Chile <http://povi.org/chile.htm>.
- (90) MOP, Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrológico de Chile.
- (91) IGM, Instituto Geográfico Militar. Geografía de Chile. Tomo II: Geomorfología. 1983.
- (92) Gajardo, Rodolfo. La Vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. CONAF. Editorial Universitaria. 1994.
- (93) Evaluation of the potential of Salar del Rincón brine deposit as a source of lithium, potash, boron and other mineral resources. Admiralty Resources NL, 2007.
- (94) www.batteryuniversity.com.
- (95) Chemical & Engineering News, 2006b
- (96) Estadísticas del Banco Central de Chile (www.bcentral.cl)
- (97) China Mining and Metals, Weekly, Volumen 6 capítulo 38. 2007.

- (98) Entrevistas realizadas a ejecutivos de la gerencia comercial de SQM, Diciembre 2007.
- (99) Taking Stocks: Ten Years alter the Asian Financial Crisis, The Mckinsey Quarterly, Diciembre 2007.
- (100) China, precios de commodities y desempeño de América latina: algunos hechos estilizados, Banco Central de Chile, Agosto 2007.
- (101) Diagnóstico sector minero, Consejo Nacional de Innovación para la competitividad, 2006.
- (102) Estadísticas de la Organización Mundial de Comercio (www.wto.org/english/res_e/statis_e)
- (103) www.unctad.org/statistics/handbook
- (104) China's Trade Impact on SSA: Minimising Threats and Maximising Opportunities', paper presented to Institute of Public Policy Research Conference. Kaplinsky, R., Junio 2006.
- (105) La Dirección Estratégica de la empresa. Ariel Económica. Menguzzato M. y Renal J.J. Barcelona. 1991.
- (106) Estrategias de Crecimiento, Harvard Business Review, 2004.
- (107) Peak Oil the Electric Vehicle Imperative, Meridian International Research, Octubre 2006.
- (108) Resource Investor: "A Lithium Suply Crisis", Jack Lifton, Diciembre, 2006.
- (109) Competing for the future, Harvard Business School Press, Hamel, G.; Prahalad, C.K., Boston, Massachusetts, 1994.
- (110) Cámara Comercio Internacional (CCI), 2006.
- (111) Salar del Rincón Project. Exploration and evaluation of geohydrological characteristics. Mercoaguas Consultants. Abraham, C.; and Dib Ashur, P. Julio 2007.
- (112) Rocks and Minerals Handbook, Chris Pellant, 2000.
- (113) Fuente: FMI, CIA - The World Factbook, Global Marketing, WTO.