

## **SEGUNDA CONVENCION**

### **ACADEMICA DE INGENIERIA**

#### **CIVIL DE MINAS**

Entre los días 15 y 20 de octubre se efectuó la Segunda Convención Académica de Minas, organizada por el Centro de Alumnos de la especialidad y auspiciada por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. El evento fue ideado por los Alumnos del Departamento de Minas en celebración de la Semana Minera.

Manuel Montecinos, presidente de la Comisión organizadora del evento señaló que *la experiencia profesional alcanzada con posterioridad a la Primera Convención, el rebustecimiento de los vínculos y la mutua cooperación entre empresas, docentes, profesionales y estudiantes, permitirá incrementar el perfeccionamiento técnico para alcanzar los más altos niveles por el progreso de la Ingeniería Civil de Minas, y cimentar el prestigio profesional y con ello, la grandeza económica del país en beneficio de la comunidad. Asimismo – agregó – motivo de especial satisfacción para los estudiantes de Ingeniería Civil de Minas de la Universidad de Chile, constituye el hecho que, las bases fundamentales de nuestra organización ha incentivado a otras Casas de Estudios Superiores, para la realización de actividades similares.*

El presidente de la Comisión Organizadora de la Segunda Convención Académica de Ingeniería Civil de Minas, señaló que los resultados de este tipo de eventos

son importantes no tan sólo para los alumnos sino que también, para aquellos profesionales que se encuentran prestando servicios en empresas públicas y privadas. Permite un intercambio de opiniones, la reactualización de conocimientos y además, una puesta al día de los trabajos que se desarrollan en el Departamento de Minas — dijo.

Se espera que el próximo año se integren nuevos valores a la carrera y que los vínculos estudiantiles, sean cada día más sólidos y fructíferos. Cabe señalar que en esta oportunidad numerosos alumnos de la Universidad Técnica del Estado concurren a la Convención.

### Programa

La Comisión Organizadora determinó que el evento contara con dos partes: las sesiones de trabajo propiamente tales, donde expondrían sus materias los memoristas del Departamento y una segunda, en la cual intervinieran los conferencistas invitados para la ocasión.

En primer término correspondió al Ministro de Minería, Contraalmirante Carlos Quiñones, inaugurar el evento al dictar una clase magistral sobre *"La realidad actual y perspectivas del Molibdeno"*. Posteriormente intervinieron, el asesor ministerial, Hernán Buchi (*Política Económica, Inversión Extranjera e Implicancia en la Minería*); Guillermo Ugarte, Director Técnico de la Comisión Chilena del Cobre (*Aspectos Generales sobre la Minería Submarina*) y Alberto Salas (*Reemplazo de Equipos*). Además participaron los profesores de la Facultad, Doctores Jaime Cases (*Energía Solar Aplicada a la Minería*), Edgar Kausel (*Período de Retorno de Grandes Sismos Costeros Chilenos*) y Marcos Antonio Alfaro (*La Enseñanza de la Ingeniería de Minas en las Escuelas de Minas de París y de Madrid*).

### Realidad actual y perspectivas del Molibdeno

Correspondió al Ministro de Minería, Contraalmirante Carlos Quiñones inaugurar este evento académico con una clase magistral que consideramos es de interés transcribirla.

### Aplicaciones del Molibdeno

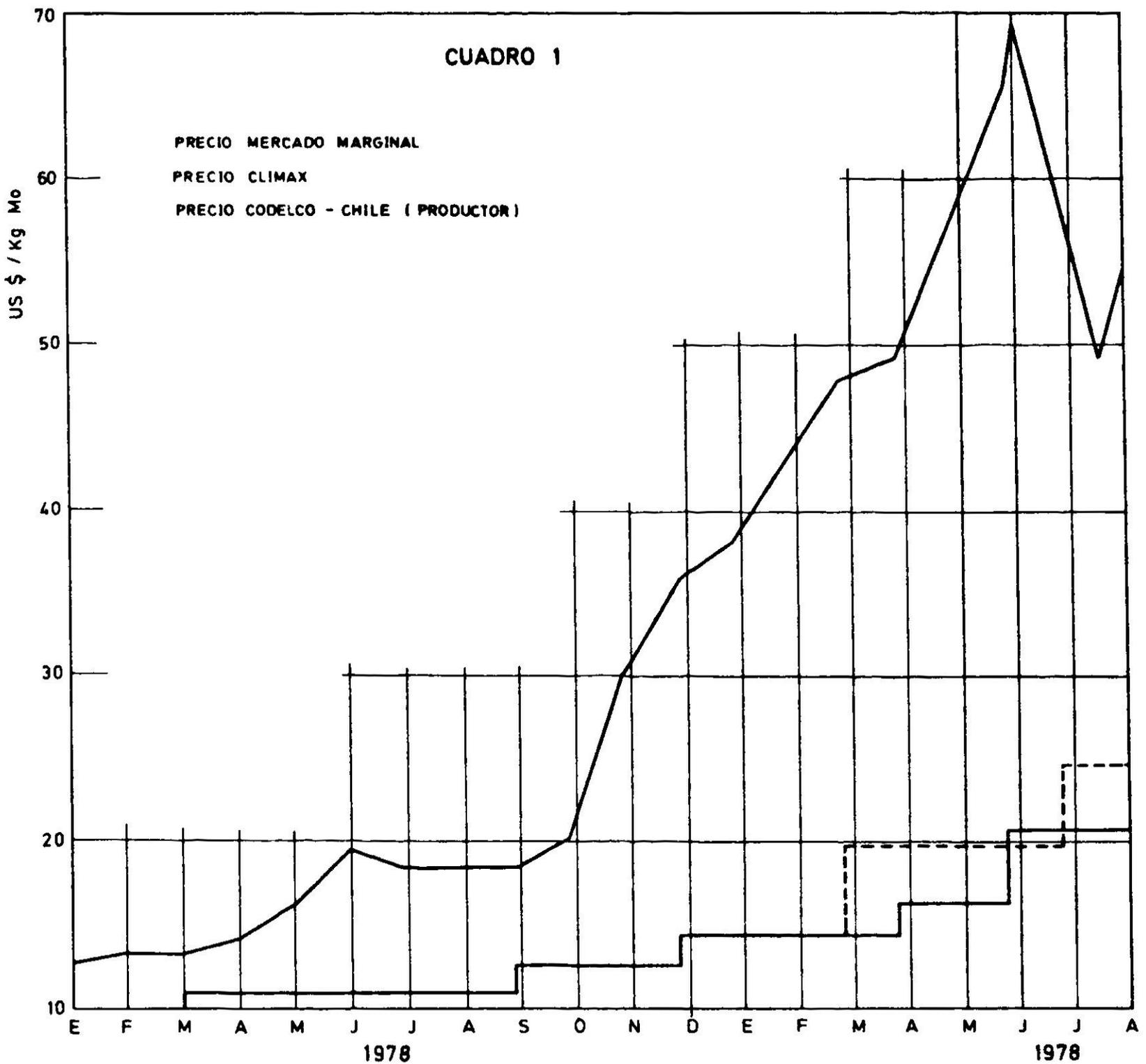
No obstante que el Molibdeno se conoce desde hace 200 años, su uso industrial se remonta sólo a las primeras décadas del presente siglo, cuando se estableció su importancia en el campo de las ferroaleaciones. La adición de pequeñas cantidades a estas aumenta su dureza, tenacidad, resistencia a la corrosión y resistencia a los cambios de temperatura.

No es extraño entonces que casi el 90% del consumo actual de molibdeno esté asociado a la industria siderúrgica. En ella se lo utiliza en la fabricación de aceros resistentes de baja aleación, aceros inoxidables, aceros rápidos para herramientas y en superaleaciones para turbinas.

También el molibdeno tiene diversas aplicaciones en la industria química, donde se lo utiliza como catalizador y en la fabricación de reactivos, pigmentos y fertilizantes. Sin embargo, estas aplicaciones representan sólo un 8% del consumo total. Finalmente el Molibdeno se usa como lubricante sólido, pues permite una buena lubricación en condiciones difíciles de presión y temperatura.

### Reservas y producción de Molibdeno

El Molibdeno es un metal relativamente escaso, que en la naturaleza no se encuentra en forma nativa sino principalmente como



Precios Oxmo período 1978-79. Cuadro presentado en Sesión de Directorio del 1º de Agosto de 1979.

molibdenita (bisulfuro de molibdeno), mineral que se obtiene de dos fuentes principales:

- a. De yacimientos porfíricos en que el molibdeno es el único o principal producto y,
- b. De yacimientos porfíricos de cobre en que el molibdeno se obtiene como sub-producto.

Las reservas identificadas de este metal ascienden a algo más de 8,6 millones de toneladas de molibdeno. Su distribución y el grueso de reservas se concentraran en cinco países, contando Chile con el 28% de éstas. Este es el primer factor que explica la importancia del molibdeno para nuestro país.

**RESERVAS MUNDIALES DEL MOLIBDENO**  
(Miles de T.M.)

	Reserva*	%
Estados Unidos	3,800	44
Chile	2,415	28
Unión Soviética	1,000	11
Canadá	750	9
Perú	230	3
Países Asiáticos	250	3
Otros	165	2
<b>TOTAL</b>	<b>8,610</b>	<b>100</b>

\* 30% en yacimientos primarios de Mo (EE.UU., Canadá).

\* 70% en yacimientos porfíricos de Cobre.

Además, sólo el 30% de estas reservas como lo indica el cuadro anterior, provienen de yacimientos primarios de molibdeno mientras que el 70% restante corresponde a yacimientos de cobre, como es el caso de todas las reservas de Chile.

Las proporciones anteriores prácticamente se invierten al considerar el origen de la producción en el presente. En efecto, actualmente los yacimientos primarios de molibdeno representan el 65% de producción del mundo occidental, aún cuando sólo operan cinco minas de este tipo, en Estados Unidos y Canadá, cuyas concentraciones van de 0.15% a 0.40% de Mo. El resto de la producción proviene de yacimientos de cobre que contienen Mo en concentraciones de 0.01 a 0.06%, operando muchas minas bajo el 0.02%. Los yacimientos chilenos tienen concentraciones superiores, siendo 0.04% en Chuquibambilla y El Teniente, lo que representa una ventaja en cuanto a costo de producción.

Cualquiera sea el origen del mineral, la recuperación del molibdeno comienza en una planta de concentración donde se obtiene concentrado de molibdenita. Naturalmente los procesos y etapas de flotación, concentración y purificación dependen de las características y complejidad del mineral que se trate.

El concentrado es el primer producto comerciable de molibdeno. No obstante, se transa muy poco como tal, pues su uso industrial directo es mínimo ya que contiene impurezas, especialmente azufre, que impiden su utilización en las industrias siderúrgicas y químicas.

Por ello, el grueso del concentrado se refina mediante procesos de tostación y conversión que lo transforma en trióxido de molibdeno, producto de uso masivo en aquellas industrias. Este proceso de conversión representa un valor agregado del orden del 10%. Parte del trióxido de Mo se convierte, mediante un proceso de reduc-

ción, en ferromolibdeno que es una aleación requerida en ciertos procesos siderúrgicos, particularmente en plantas con tecnología más antigua.

La producción de molibdeno en el mundo occidental alcanzó a 84.700 toneladas en 1978 y provino prácticamente de tres países del continente americano:

Estados Unidos	68.4	%
Chile	15.6	%
Canadá	14.8	%
Otros países	restante 1.2	%

Del mundo socialista no se dispone de cifras oficiales, pero estimaciones indirectas sitúan la producción de la Unión Soviética en 10.000 toneladas anuales y de China, en 1.500 toneladas al año. Con ello la producción mundial habría alcanzado unas 100.000 toneladas en 1978.

En lo que respecta a empresas productoras, se tiene que el 90% de la producción del mundo occidental corresponde a sólo cinco empresas y la mitad de ésta, a una sola compañía, Climax Molybdenum, que fue la pionera en el desarrollo de este metal y que ha tenido un rol dominante en la industria del molibdeno. CODELCO-CHILE, el único productor primario del país, es actualmente la segunda empresa en importancia en esta industria.

## Consumo y Comercio Internacional del Molibdeno

La demanda por molibdeno se concentra fundamentalmente en los países más industrializados, toda vez que éste se ocupa, principalmente, en la fabricación de aceros especiales y otras aleaciones requeridas por industrias de alta tecnología (industria de máquinas - herramientas, industria aeroespacial, industria del petróleo).

El consumo del año 1978 ascendió a 87.100 toneladas y su distribución geográfi-

ca aparece en el cuadro siguiente:

PRODUCCION Y CONSUMO DE MOLIBDENO

	Producción		Consumo	
	T.M.	°/o	T.M.	°/o
Estados Unidos	58.000	68,4	30.800	35,4
Canadá	12.500	14,8	1.800	2,1
Sub América	13.900	16,4	2.000	2,3
Chile	(13.200)	(15,6)	—	—
Europa Occidental	—	—	29.500	33,9
Japón	—	—	11.800	13,5
Bloque Oriental	?		6.800*	7,8
Otros	300	0,4	4.400	5,0
	84.700	100,0	87.100	100,0

\* Cifra indica sólo consumo proveniente de importaciones desde el Occidente.

En él se puede apreciar que los centros de producción y consumo no coinciden, con la excepción de Estados Unidos y Canadá, países que además de ser autosuficientes tienen excedentes considerables para la exportación. Los países europeos, Japón y otras naciones industrializadas, se abastecen desde aquellos países y desde Chile.

Otro punto que merece destacarse en este cuadro, es el hecho de que el bloque socialista debe importar desde Occidente, ya que la producción de la Unión Soviética se estima no es suficiente siquiera para sus propias necesidades.

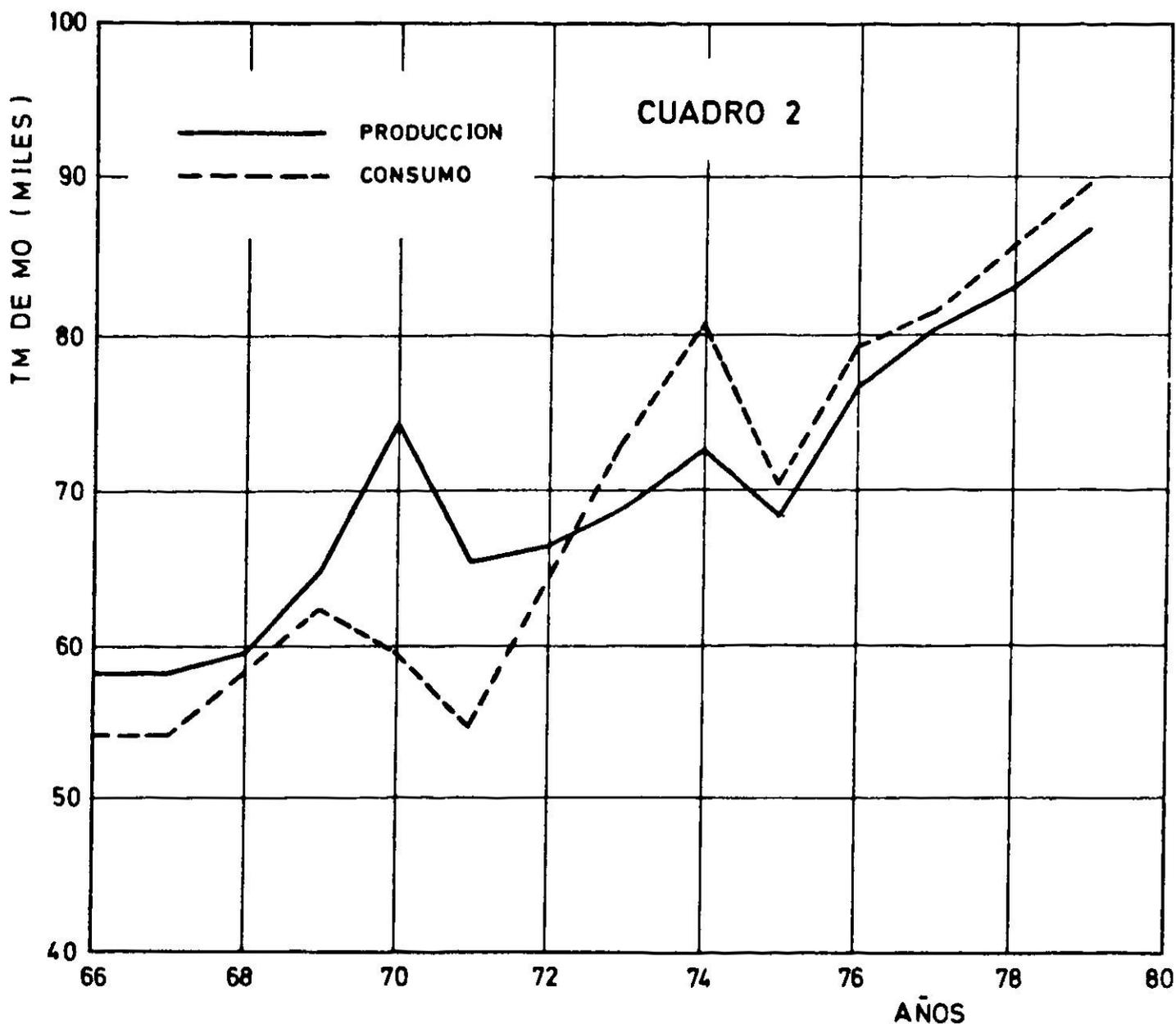
En cuanto a la comercialización del molibdeno, se tiene que alrededor del 85°/o se transa en condiciones de productor. Estas condiciones consisten en vender una calidad garantizada a precio productor y en asegurar una determinada regularidad en las entregas. Los precios de productor son diferentes para cada uno, pero muy similares entre sí, y fluctúan de acuerdo a los costos de producción de cada empresa y a la situación de demanda en el mercado. Estas condiciones de ventas se aplican a aquellos consumidores finales con quienes se tiene contratos anuales de suministros

y con los que se desea mantener una relación de largo plazo.

El saldo, o sea aproximadamente el 15°/o del molibdeno que se transa a nivel mundial, se comercializa en condiciones diferentes a las de productor, en base al mercado marginal. Dentro de este tipo de transacciones se tienen las ventas "spot" (para la entrega pronta), en las cuales se aplica el precio prevaleciente en el mercado marginal. Otro tipo de transacciones son aquellas ventas que implican compromisos a mediano plazo, hasta seis meses, en las cuales se aplica un precio intermedio, generalmente el precio marginal menos un descuento. Este tipo de ventas corresponde, en general, a los requerimientos de los consumidores pequeños y a necesidades ocasionales o adicionales de los grandes consumidores.

### Evolución de la industria en la década de 1979

Para una mejor comprensión de la situación actual y futura de esta industria es conveniente analizar, someramente, lo que en ella ha ocurrido en la década del 70.



Producción y consumo mundial de molibdeno (años 1966 - 1979).

Hasta 1970 el mercado mundial estaba bien balanceado y en consecuencia había bastante estabilidad en los precios, toda vez que la empresa Climax, líder en esta materia, manejaba con moderación la política de precios. Ello con el fin de mantener una posición competitiva para el molibdeno y evitar la inestabilidad propia de otros metales.

Como se aprecia, entre 1970 y 1972 los productores tuvieron que acumular inventarios hasta que, en 1973-74, se produjo un considerable aumento en la demanda. Este aumento, que en parte se debió a nuevas aplicaciones de Mo en aceros de alta resistencia para tuberías de gran diámetro, usadas en oleoductos en climas hostiles (Alaska, Mar del Norte), hubo de ser satisfecho tanto a través de la reducción de los inventarios de los productores, como por entregas a partir de los inventarios

estratégicos de los Estados Unidos.

A raíz de esto, el precio del Mo comenzó a subir gradualmente pero no experimentó las alzas ni las fluctuaciones que caracterizaron a otros metales en ese período. Más bien, las alzas en el precio productor pretendían cubrir los mayores costos y la desvalorización monetaria. No obstante, el precio en el mercado marginal alcanzó pequeños premios con respecto al precio de productores fijado por Climax.

Debido a la severa recesión mundial de 1975 declinaron la demanda y la producción de Molibdeno. Sin embargo, éste se recuperó rápidamente. Así en 1976 comenzó un período de demanda creciente y sostenida que se ha mantenido hasta hoy, en niveles que ha superado a la producción, de modo que los inventarios han llegado a niveles críticamente bajos. Consecuentemente, los precios crecieron en forma

acelerada, y vertiginosamente desde fines de 1978, apareciendo altos precios en el mercado marginal que alcanza su máxima expresión en Junio del presente año.

En efecto, durante el semestre pasado las empresas siderúrgicas han tenido serios problemas de abastecimiento de Mo y algunas han tenido que comprar, hasta 1/3 de sus requerimientos, en el mercado libre. En Junio pasado los precios en este mercado llegaron hasta US\$ 70 kg, nivel tres veces superior a los precios de productor vigentes en ese entonces.

La evolución de los precios desde 1973 en adelante aparece en los siguientes cuadros (1 y 3). En ellos se puede ver la forma en que el precio productor de óxido de molibdeno ha llegado a quintuplicarse en términos nominales, en los últimos seis años. Ello, naturalmente, como consecuencia de los aumentos aún mayores del precio en el mercado marginal.

El balance que caracteriza al mercado actual se debe, por un lado, a la alta tasa de crecimiento de la demanda en los últimos tres años en el mundo occidental (6% y 7% anual), así como a la mayor demanda de los países socialistas. Por otro lado, ha habido una contracción de la oferta debido a largas huelgas en las minas canadienses de Mo y a una producción estacionaria en

diversas minas de Cobre. También, una gran mina nueva de molibdeno en Estados Unidos no ha logrado aún producir a su capacidad de diseño.

### El caso Chileno

Durante el último quinquenio, la importancia del molibdeno en la economía nacional ha crecido en forma notable. El indicador que mejor revela esta situación es, naturalmente, la creciente contribución del molibdeno a la balanza comercial.

Entre 1970 y 1973 los ingresos de exportación fueron de alrededor de US\$ 20 millones al año. En 1974 dichos ingresos alcanzan la cifra de US\$ 43 millones y continúan creciendo hasta llegar a US\$ 154.5 millones en 1978, con lo cual el molibdeno se sitúa como el segundo producto de exportación del país. Dado los altos precios a que se cotiza el producto actualmente, se estima que los ingresos de exportación más que duplicarán este año la cifra anterior.

Lógicamente este crecimiento, que no vacilamos en calificar de espectacular, se debe en parte importante a la evolución que han experimentado los precios. Sin embargo, también ello se debe a otros tres

#### EVOLUCION DE LA PRODUCCION Y EXPORTACIONES CHILENAS DE MOLIBDENO

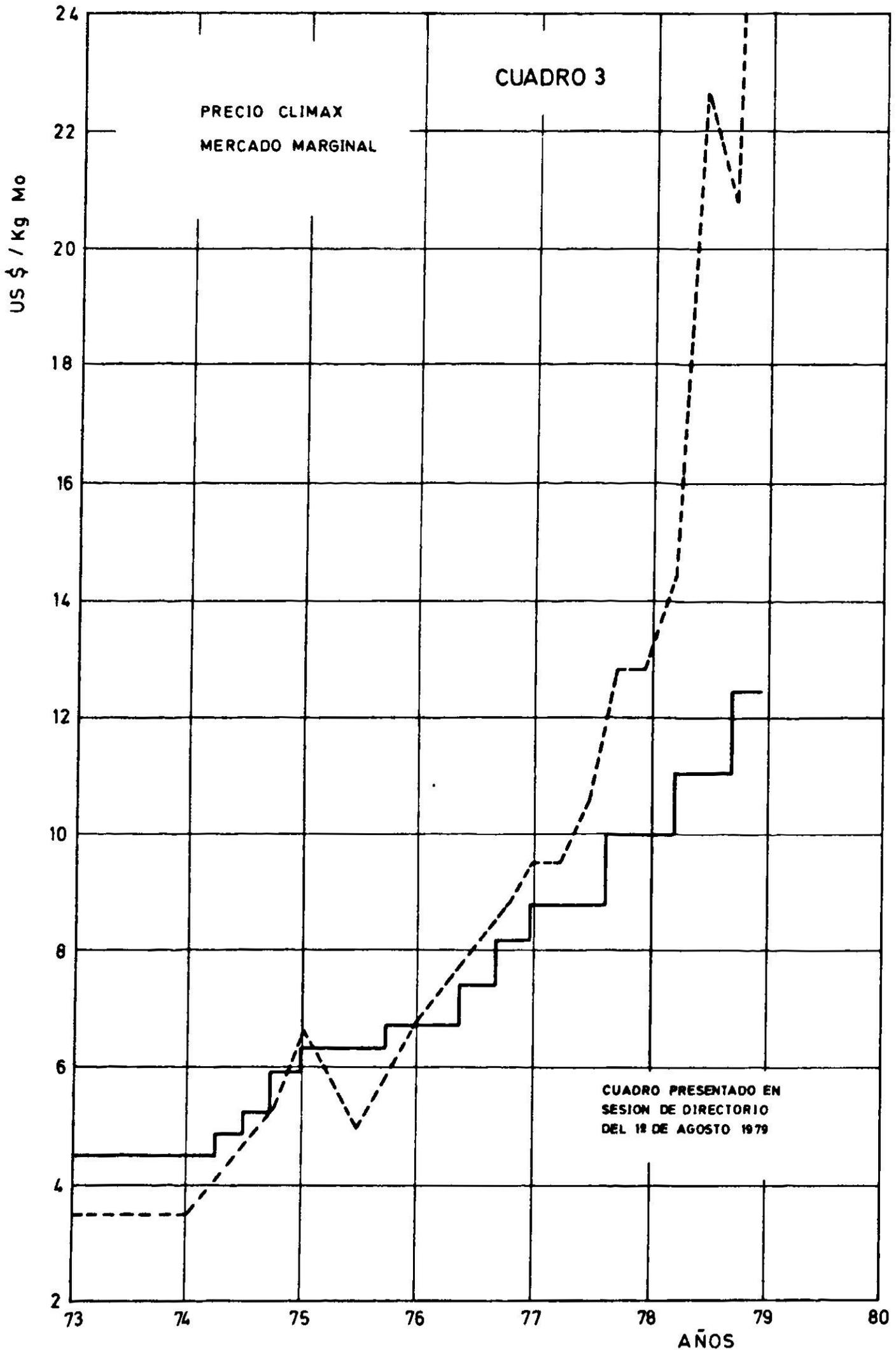
Año	Disponibilidad de concentrados T.M.	% Productos finales CODELCO	Ingresos de Exportación US\$
1976	10.475	29	79.6
1977	10.545	44	106.7
1978	12.700	48	154.5
1979	12.500	63	350.0*
<b>Promedios</b>			
1969 - 1973	5.544		20.3
1974 - 1978	10.514		91.5

\* Estimación.

factores relacionados con la política productiva y comercial aplicada en este período, cuyos efectos se pueden apreciar en el siguiente cuadro

En primer lugar, ha habido incrementos importantes de la producción de concentra-

dos, la cual subió de un promedio del orden de 5.500 toneladas anuales en el quinquenio 1969-73, a 10.514 toneladas/año en el quinquenio 1974-78. Este incremento de producción se debió en parte a la puesta en marcha de nuevas plantas de recuperación



de molibdenita en Chuquicamata (1975) y en Andina (1976), y en parte al aumento de la producción de cobre que logró CODELCO-CHILE en esos años.

El segundo factor es la política de integración vertical que ha venido aplicando CODELCO-CHILE con la finalidad de vender, progresivamente, productos de mayor valor agregado, es decir, óxido de molibdeno y ferromolibdeno en vez de concentrados. En la tercera columna del cuadro se puede ver cómo ha aumentado el porcentaje de productos finales que vende esa empresa, llegando éste a 63% durante el presente año.

Actualmente, CODELCO le vende concentrados sólo a la industria nacional, representada por la empresa convertidora Molybmet S.A. Esta empresa convierte el concentrado en óxido y ferromolibdeno, productos que comercializan casi totalmente en el exterior. Además, Molybmet procesa a maquila un volumen importante de concentrados para CODELCO-CHILE.

El tercer factor que explica los mayores ingresos de exportación, lo constituye la política de ventas que ha venido aplicando CODELCO-CHILE, en sentido de vender directamente a los consumidores finales. También una parte importante de las ventas se realizan en condiciones diferentes a las de productor, aprovechando, de esta manera, la favorable coyuntura del mercado.

### Perspectivas futuras

Existe bastante consenso entre los observadores de la industria de ferroaleaciones en cuanto a que, lo más probable, es que permanecerá la estrechez de oferta de molibdeno hasta 1982. Hacia 1983 se espera la puesta en marcha de nuevas minas primarias de molibdeno, en Estados Unidos y Canadá, con lo que el mercado lograría

balancearse.

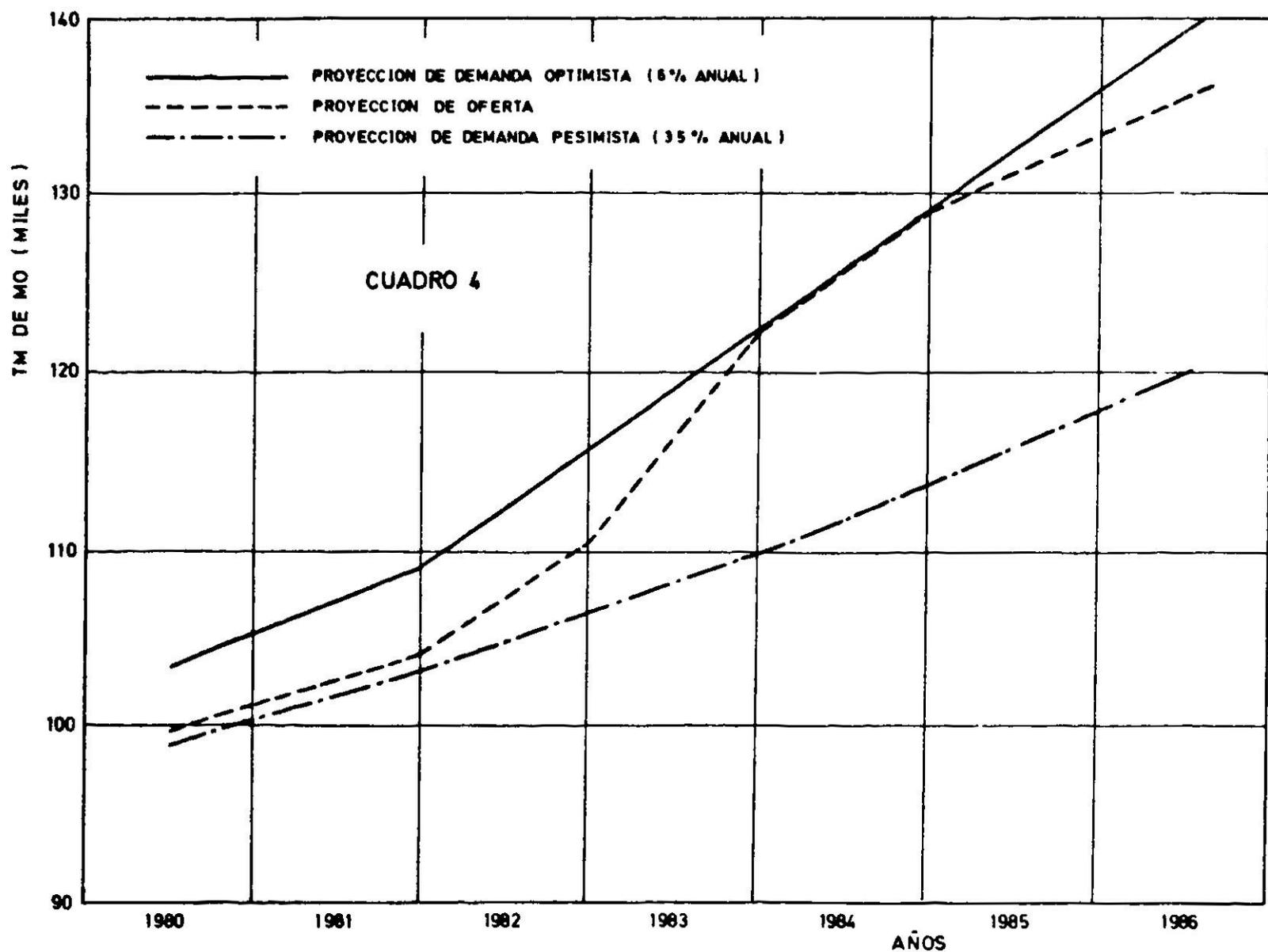
La criticidad de esta estrechez dependerá fundamentalmente del ritmo de crecimiento de la demanda en los próximos tres años. En la figura del siguiente cuadro aparecen dos curvas de demanda proyectada, una "optimista", que corresponde a una tasa de crecimiento anual de 6%, y otra "pesimista" para una tasa de sólo 3.5%. Se puede apreciar que entre ambas curvas se sitúa la proyección de oferta.

La tasa de crecimiento de la demanda en el futuro dependerá del crecimiento económico que experimenten los países industrializados, en los cuales los avances tecnológicos están requiriendo, cada día más, acero y aleaciones especiales. También cabe esperar una tasa de crecimiento superior a la media mundial en los países en desarrollo, que en conjunto hoy representan un porcentaje muy bajo del consumo total de molibdeno. Así, de no ocurrir una grave crisis económica en el mediano plazo la demanda tendería a crecer a un ritmo más bien alto.

Si se considera que históricamente el consumo creció a una tasa de 4.5% anual, pero lo ha hecho a 6% en los últimos tres años, entonces de la posición de la curva de oferta en la figura, se desprende una favorable perspectiva para los productores en los próximos tres años.

Por otro lado, la escasez y altos precios alcanzado por el molibdeno han incentivado la búsqueda de sustitutos, entre los que hay que mencionar el vanadio y el tungsteno, entre otros metales menores. Por ejemplo, el molibdeno puede sustituirse por vanadio y tungsteno, en aceros para herramientas. En cambio, se estima muy improbable que sea reemplazado en la fabricación de aceros inoxidables, que constituye un consumo importante de molibdeno.

Con todo, es difícil predecir el grado de sustitución que eventualmente pudiera ocurrir. Ello no sólo depende de los precios



Proyección oferta/demanda molibdeno años 1980-1986.

relativos de las características propias de los distintos metales, sino también de factores estratégicos relacionados con la seguridad de abastecimiento. A este respecto, cabe decir que la producción de estos metales está controlada, en general, por pocos países.

Como consecuencia de las continuas alzas de precio, y del nivel de demanda pronosticado para el futuro previsible, últimamente también se ha intensificado la exploración de nuevos yacimientos de molibdeno. La mayor actividad se ha centrado en Alaska y en el Norte de Canadá. Otras exploraciones se han efectuado en Australia, Groenlandia y China. Sin embargo, los yacimientos más promisorios que se han descubierto no podrán entrar en producción en el mediano plazo.

Finalmente, en lo que se refiere a Chile, la producción se mantendrá en sus actuales niveles en los próximos años. Ello se debe

a que el molibdeno es un subproducto del cobre y, por lo tanto, su volumen de producción depende del nivel de producción del cobre. Por la misma razón, una mayor producción de molibdeno en el futuro se lograría con la puesta en marcha de nuevos yacimientos cupríferos.

En todo caso se puede razonablemente pronosticar que el molibdeno continuará siendo, por mucho tiempo, un activo valioso para el país.



Hasta ahí fue la exposición del Ministro de Minería, Contralmirante Carlos Quiñones en la clase magistral que dictó al inaugurar la Segunda Convención Académica de Ingeniería Civil de Minas. Recalcó el Secretario de Estado que la exportación del Molibdeno significarán ingresos de alrededor de 350 millones de dólares para el país, durante el presente año.

Posteriormente, en otra sesión, el Director

Técnico de la Comisión Chilena de Cobre, Guillermo Ugarte, expuso a los alumnos y profesionales asistentes al evento, aspectos generales de la Minería Submarina.

En esta charla se presentó una descripción general de los nódulos marinos que contienen manganeso, níquel, cobre y cobalto, su origen, ocurrencia y reservas estimadas, el estado actual de la tecnología necesaria para extraerlos desde los fondos marinos y oceánicos, la situación jurídica envuelta por el hecho de estar situados en los fondos marinos extrajurisdiccionales y un análisis del impacto que tendría su explotación sobre los productores terrestres de cobre.

Las estimaciones del número de sitios marinos de primera generación, vale decir, las porciones de área submarina que contienen suficientes nódulos, de suficiente ley, como para ser explotados comercialmente con la tecnología posible de obtener en un futuro próximo, varían considerablemente: desde un mínimo de 28 sitios hasta un máximo de 185 cada uno, capaz de producir tres millones de toneladas de nódulos anuales durante 25 años. Esto implica producciones de alrededor de 700.000 ton. de manganeso, 35.000 ton. de níquel, 33.000 ton de cobre y 5.000 ton. de cobalto, por sitio minero y por año.

El impacto de la explotación de estos nódulos sobre los productores terrestres de cobre dependen críticamente de la existencia de algún mecanismo regulador de la producción. La no existencia de él implicaría (en el caso de que se den las condiciones

económicas o estratégicas que se requieren para que entren en operación estos sitios mineros), que hacia el año 2.000 un gran porcentaje del cobre para el consumo occidental podría provenir del mar. Un mecanismo regulador podría reducir este efecto a que un 5<sup>o</sup>/o menos de este consumo provenga de explotaciones submarinas. De ahí la importancia de que las disposiciones al respecto, que están siendo discutidas en la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el derecho del Mar, sean aprobadas y que la Conferencia misma tenga éxito.

Por último presentamos un extracto del memorista del Departamento de Minas, Andrés Hevia, quien en una sesión de trabajo expuso su tema titulado *Estudio de la eficiencia de un purificador oxicaláltico*. Expresó que la utilización de equipo diesel en minería subterránea trae consigo el problema de los gases tóxicos, producidos por los motores, principalmente el monóxido de carbono.

Para eliminar el monóxido de carbón se usa el purificador oxicaláltico, pero su eficiencia es función de la temperatura de los gases de escape. En este trabajo se estudia esta eficiencia considerando la temperatura de los gases, y las revoluciones del motor y se concluye que para lograr una buena eliminación de Co debe trabajarse a temperaturas superiores a 145°C.

