

Riqueza mineral, historia y desarrollo de un país observados en torno al cobre chileno

BURKHART SEEGER S.*

El desarrollo de la ciencia y de la química en particular no es el fruto de algunos genios ociosos que pensaban sobre materias que a nadie más interesaban. Se debe más bien al afán del ser humano de aliviar la dura condición en que debe ganarse el sustento y defender éste de los enemigos y a que, frente al hallazgo de nuevos materiales, trataba de utilizarlos con mayor provecho que los disponibles habitualmente.

No es casualidad, sino obviamente el resultado de las propiedades de la materia, que en todas las culturas primero se hallara el oro y la plata, después el cobre, el estaño, el plomo, el antimonio y después el fierro. Sólo con el advenimiento de una ciencia bien establecida, por métodos electrolíticos, pudo obtenerse mucho más tarde el sodio, el potasio, el litio, el aluminio, el magnesio. Desde hace no más de sesenta años se usan elementos hoy tan importantes como el cromo y el molibdeno. Recién ahora irrumpen el silicio de elevada pureza y otros elementos semiconductores que son la base de los computadores o titanio y circonio, que ofrecen nuevas posibilidades técnicas. El titanio por ejemplo puede implantarse como metal en el maxilar con fines odontológicos, sin producir rechazo o usarse como ánodo industrial en

*BURKHART SEEGER S.: Químico, especializado en Química Inorgánica. Profesor del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias. Universidad de Concepción, Chile.

que hasta hace poco sólo se usaba grafito de mucho mayor resistencia eléctrica y que se desgasta o usarse como metal de reactores industriales, ya que no requiere de recubrimiento en un medio fuertemente oxidante.

Una relación entre el descubrimiento de los metales y las propiedades de ellos, como potencial rédox para reducirlos a metal desde sus combinaciones y punto de fusión de éste, puede observarse en la Tabla N° 1, que indica también que la historia valora estos descubrimientos en forma destacada al colocarles el nombre de los elementos a las edades de nuestra cultura. De la Tabla N° 1 se puede deducir que el oro en la naturaleza se encuentra al estado metálico debido a su elevado potencial de óxido-reducción, superior al del oxígeno ($E^\circ = 1.23(V)$). Como el oxígeno no es capaz de oxidarlo, se halló por lo tanto, debido a su brillo como metal, antes que los demás elementos, que por su potencial rédox menor se encuentran en la naturaleza como óxido o sulfuros opacos.

Para obtener metales de potencial muy negativo como el aluminio o los metales alcalinos, ya era necesario disponer de una sólida base científica y de los métodos y materiales desarrollados para realizar la electrólisis de sus sales fundidas. Para extraer cromo y molibdeno de potencial muy negativo y punto de fusión muy elevado fue necesario contar con aluminio metálico, que es capaz de quitarles el oxígeno a sus óxidos bajo liberación de mucho calor. Más difícil aún es transformar a los óxidos del silicio, titanio y circonio en los elementos correspondientes de suficiente pureza.

Los elementos están desigualmente distribuidos en el mundo. Es sabido que Chile es actualmente el mayor productor mundial de cobre y tiene también las mayores reservas de este metal. Pero no sólo el cobre es un elemento chileno. Además, lo son el nitrógeno en forma de salitre, el iodo, el boro, el renio y el litio.

Los elementos "chilenos" están representados en un Sistema Periódico incluido en el mural del pintor don Pedro Olmos que se encuentra en la Facultad de Ciencias Químicas de nuestra Universidad. Representa el desarrollo de la humanidad y de Chile y su relación con la Química.

Permítaseme apartarme un momento del tema para rendir un homenaje a este pintor chileno, quien falleció poco después de finalizar este su último mural. El moribundo retratado ahí que recibe oxígeno de una enfermera era en realidad él mismo. Otro gran mural suyo también relacionado con el cobre se encuentra en el Hospital del Trabajador del Mineral El Teniente en el camino de Rancagua a Coya.

Tabla 1. Relación entre propiedades y utilización histórica de los elementos.

a) antaño

Elemento	E° rédox (V)	P. fusión (°C)	Obtención	Edad
Au	1.50	1.063	nativo	Edad de la piedra y del cobre 4500 a 3900 a.C.
Ag	0.799	961	"	
Cu	0.34	1.083	"	
Cu	"	"	calentam. a leña de los minerales	Edad del cobre 3900 a 2100 a.C.
Cu	"	"	"	Edad del bronce 2100 a 1600 a.C.
Sn	-0.136	232	"	
Pb	-0.126	327	"	
Fe	-0.440	1.540	calentam. de óxidos en hornos especiales	Edad del hierro desde 1600 a.C.

b) en nuestro siglo

Al	-1.66	658	electrólisis de sal fundida	Desde principio de siglo con uso industrial de electricidad. Metales livianos en aviación
Mg	-2.37	657	"	
Na	-2.7	98	"	
Li	-3.045	180	"	
Cr	-0.557	1.900	aluminotermia	En los últimos 60 años aceros inoxidable y aceros de gran dureza.
Mo	-0.2	2.622		
Si elevada pureza	-1.70	1.410	volatilización como haluro, reducción por fusión de zona	En los últimos 20 años. Era de la computación moderna.
Zr	-1.53	1.850	métodos especiales Arkel de Boer	Utilización reciente pero de un gran futuro
Ti	-1.63	1.670		

Conocí a don Pedro en septiembre del año 1955 cuando viajamos tres semanas juntos en el mismo barco de Buenos Aires a Europa, él a perfeccionarse como pintor en España y Francia y yo para realizar estudios de química en la ciudad de Marburg, con ayuda de una beca de la Fundación Alexander von Humboldt. De ahí nuestra amistad.

También Sudáfrica tiene un número impresionante de elementos “sudafricanos” por su abundancia en este país. Figuran el oro, el carbono diamante, los elementos del grupo del platino: rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino; el vanadio, el cromo, el titanio, el manganeso y el uranio.

Si los dos países citados tienen tal riqueza minera, muchos otros deben tener poca. No existen por ejemplo elementos japoneses o polinésicos, por citar sólo algunos países. Si se recuerda la importancia que tuvo en la historia mundial el conocimiento de la elaboración de los metales nos asalta la siguiente pregunta. Debe haber una relación entre la riqueza mineral de un país, la historia de ese país y el estado actual de desarrollo alcanzado en la obtención y transformación en productos de mayor valor de esas riquezas. Ese desarrollo debía manifestarse también en el desarrollo tecnológico, científico y cultural general que el grupo humano debió adquirir.

Observemos el caso de Chile. Las culturas indígenas del período tardío entre 1000 y 1500 d.C., especialmente la incaica, trabajaban el oro, la plata y el cobre en el norte del país. En el Museo de la Universidad de Tarapacá en Azapa se guardan brazaletes de cobre, hachas de cobre y bronce usadas en sacrificios humanos y puntas de picana de cobre fundido. Obviamente las culturas indígenas no conocían el fierro. En el viaje al lago Chungará en el Altiplano se pueden observar pequeñas fundiciones de cobre usadas en esa época. Deben haber usado sólo minerales muy ricos de cobre nativo y oxidado que existían en abundancia.

Durante la conquista y posteriormente en la época colonial la preocupación de la actividad minera se concentraba en el oro en primer lugar, después en la plata y al final en el cobre.

Se dice que el sueño del español era ir a nuestro continente a “hacerse la América” rápidamente consiguiendo oro y con el metal volver a la patria peninsular, para vivir sin apremios por el resto de sus días.

Encina y Castedo, en su *Historia de Chile*, indican: “Los datos acumulados sobre la minería colonial permiten establecer un monto de \$2.000.000 anuales distribuidos de la siguiente forma:

Oro	\$ 1.350.000
Plata	400.000
Cobre	350.000

Con este material hacían monedas, vajillas, campanas, joyas y herramientas.

En 1803 apenas se laboraba una mina de plomo. Las de hierro aunque eran conocidas no fueron trabajadas, así como las de azogue (mercurio), que se abandonaron porque su explotación no era económica”.

La producción de cobre aumentó significativamente después de la Independencia, como puede observarse en la Tabla N° 2 y hasta 1870 fue muy superior a la de Estados Unidos.

Entre 1861 y 1880 Chile fue el mayor productor de cobre del mundo, con un 44% y un 36% de la producción mundial en los respectivos decenios, como puede observarse en la Tabla N° 3.

Tabla N° 2. Producción de cobre en Chile en el siglo XIX

N°	Promed. anual (años)	Chile (ton)	(USA)	N°	Promed. anual (años)	Chile (ton)	(USA)
1	1801/10	1.525		6	1851/60	21.800	(3.360)
2	1811/20	1.525		7	1861/70	45.490	(9.860)
3	1821/30	2.744		8	1871/80	46.600	(18.940)
4	1831/40	4.574		9	1881/90	35.700	(74.300)
5	1841/50	8.960	(243)	10	1891/1900	23.200	(197.100)

Tabla N° 3. Participación de Chile en la producción mundial de cobre.

N°	lapso de tiempo	producción mundial (%)
1	1851-1860	32
2	1861-1870	44
3	1871-1880	36
4	1881-1890	16
5	1891-1900	6

El cobre se presenta en la naturaleza sobre todo en dos tipos de minerales:
oxidados y
sulfurados

Al primer grupo pertenecen los minerales de la Tabla N° 4 y al segundo los de la Tabla N° 5.

Tabla N° 4. Minerales oxidados de cobre.

N°	Fórmula	Nombre	Color
1	Cu_2O	cuprita	rojo
2	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$	malaquita	verde
3	$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$	azurita	azul
4	CuSiO_3	crisocola	verde
5	$\text{Cu}_4(\text{SO}_4) \cdot (\text{OH})_6$	brocantita	verde esmeralda a negruzco
6	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	calcantita	azul

Tabla N° 5. Minerales sulfurados de cobre.

N°	Fórmula	Nombre	Color
1	Cu_2S	calcosita	gris plomo
2	CuS	covelita	negro índigo
3	CuFeS_2	calcopirita	amarillo bronceado
4	Cu_5FeS_4	bornita	rojo cobrizo a pardo
5	Cu_3AsS_4	enargita	negro grisáceo
6	$(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$	tenantita	gris o negro
7	$(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	tetraedrita	rojo cobrizo o pardo

Los minerales oxidados se encuentran o han estado en contacto atmosférico y generalmente se sitúan en la parte superior de yacimientos que a mayor profundidad son sulfurados.

Los primeros son solubles en ácidos, los segundos, insolubles y es más difícil extraer el cobre de ellos, como lo demuestra la práctica y lo confirma el cálculo usando los valores de los equilibrios químicos correspondientes.

El cobre también puede encontrarse ocasionalmente como nativo, es decir, como metal, ya que el potencial de óxido-reducción indica que es bastante noble y en un clima seco se conserva como tal.

Al comienzo en Chile sólo se explotaban minerales de cobre de elevada ley y hasta aproximadamente 1840 sólo minerales oxidados.

Charles Darwin, el conocido naturalista que visitó nuestro país a bordo del “Beagle”, capitaneado por Fitz-Roy, cuenta en su diario el día 18 de agosto de 1834:

“Estaban los mineros chilenos tan convencidos de que las piritas de cobre (llamaban así a los minerales sulfurados) no contenían un solo átomo de metal, que se reían de la ignorancia de los ingleses; los cuales a su vez se burlaban de los chilenos y les compraban los más ricos filones por unos cuantos dólares.

Es rarísimo que en un país en que desde hace tanto tiempo se explotaban tantas minas no se haya descubierto un procedimiento sencillo como tostar suavemente la mena para desalojar el azufre antes de la fundición”.

Los extranjeros introdujeron de esta forma el método pirometalúrgico, la reducción por el fuego de los minerales sulfurados de cobre o “piritas de cobre” de la Tabla N° 5.

Tabla N° 6. Matrícula Universidad de Chile (1886 y 1891)(según Encina y Castedo).

N°	Carrera	N° Alumnos	
		1886	1891
1	Leyes	422	417
2	Medicina	290	159
3	Farmacía	122	
4	Bellas Artes	104	75
5	Ciencias Fís. y Matemáticas	30	80
Total		968	731

A pesar de la importancia de la riqueza minera de Chile el interés de la juventud, que refleja el futuro, no consideraba a la minería como digna de interés. Un resumen de la matrícula en la única universidad del país, la Universidad de Chile, hace poco más de 100 años, en el año 1886, ordenado según el número de estudiantes (columna 1, Tabla N° 6), lo corrobora.

Un 44% correspondía a Leyes. No existía ni Ingeniería ni Química. Ya en la educación preuniversitaria, el alumno recibía una información que lo alejaba de las ciencias y la tecnología y de las necesidades de nuestro país y lo llevaba a las letras, las artes y las carreras clásicas relacionadas con nuestro ancestro cultural latino.

La falta de profesionales preparados motivó hacia fines del siglo pasado que en Chile la producción de cobre y el porcentaje en la producción mundial de cobre bajaran drásticamente, mientras que subieron la producción y el porcentaje de la producción mundial de cobre de Estados Unidos. Ellos sí se habían preocupado de desarrollar su tecnología.

En esa época afortunadamente el cobre pudo ser reemplazado por otra riqueza que atrajo ahora a los mineros chilenos: el salitre. En un país rico no es necesario ser eficiente. Si falla una riqueza aparece otra.

Chile sólo gozó de un breve plazo de opulencia con el salitre. En 1917 un físico-químico alemán, Fritz Haber, propuso un método para obtener amoníaco con nitrógeno del aire, que fue realizado con la ayuda del ingeniero C. Bosch y que permitió, por combustión del amoníaco en aire, obtener nitratos. Terminaba así el monopolio chileno del salitre y nuestro país se sumía en la crisis.

Volvía a ser importante el cobre para la economía chilena y comenzó a producirse un cambio de mentalidad. En 1884 se fundó la Sociedad Nacional de Minería, que crea la Escuela de Minas de Copiapó, destinada a formar mayordomos e inspectores de usinas. En 1891 la matrícula en la Universidad de Chile mostró los primeros signos de cambios (columna 2, Tabla N° 6). En esa época se introdujo el convertidor Manher David que permitió purificar el cobre a 98-99%, aumentar la rapidez del proceso de obtención y economizar combustible. En 1886 se creó en Paposo un establecimiento para procesar minerales pobres de cobre, pero de aún mayor contenido que los actuales considerados normales.

En 1888 se fundó la Universidad Católica, segunda universidad del país, que rompió así el monopolio universitario.

Volvió a aumentar la producción de cobre en Chile, pero esta vez liderada por Estados Unidos con su procesamiento más eficiente. En 1904 se instala en El Teniente la primera compañía norteamericana.

En 1915 los norteamericanos de otra compañía comenzaron a explotar Chuquicamata, donde se extrajo hasta 1952 exclusivamente minerales oxidados. En 1944 se obtuvieron 240.000 toneladas de cobre, a un

precio fijo y artificialmente bajo, para suplir las necesidades bélicas de Estados Unidos. Entre 1915 y 1952 fueron 4.6 millones de toneladas de cobre.

En 1916 se fundó Potrerillos, también de propiedad de una compañía del poderoso país del norte. El yacimiento se agotó en 1959, pero siguió la explotación en El Salvador, mineral cercano al anterior que se halló providencialmente.

Los norteamericanos incorporaron nuevas tecnologías y las siguieron desarrollando como líderes a nivel mundial. Se formaron grandes plantas mineras con convertidores y chimeneas que expulsan gases contaminantes a base de dióxido de azufre y óxido de arsénico a su alrededor. Siguió aumentando la producción cuprífera, si bien no el porcentaje en la producción mundial, ya que otros países como Estados Unidos mismo aumentaron su producción en mayor grado.

A fines del siglo pasado Sudáfrica, que a diferencia de Chile era un país sólo de agricultores, comenzó a dedicarse a la minería. Hoy día es el líder en la obtención de los elementos que llamamos “sudafricanos”, que le han dado solidez económica, si bien le falta la estabilidad política.

Hay dos formas de enfrentarse a una difícil situación económica en un país, con:

1. Desbordes políticos.
2. Búsqueda de nuevos conocimientos para mejorar la producción.

Ambas se practican en épocas de crisis. Basta revisar la historia en el caso de Chile después de bajar drásticamente la producción de cobre a fines del siglo pasado (Balmaceda) y después de los años veinte.

La revolución silenciosa, la única verdadera revolución que produce los verdaderos cambios, es la ciencia. Nuevos conocimientos permiten una nueva visión y desarrollo de nuevas tecnologías.

En 1919 se crea la Universidad de Concepción. En ella y por primera vez en la vida universitaria chilena se hace hincapié en fortalecer la ciencia y la tecnología. Es la primera universidad nacional que ofrece una escuela de Química Industrial como alternativa de estudio a una juventud indecisa que por intuición capta su importancia para el futuro.

Deriva en una Escuela de Ingeniería Química, que en los años 60 y posteriores se amplía a ingeniería metalúrgica, eléctrica, mecánica, electrónica e industrial.

Es ésta la Universidad que crea también las primeras carreras de las ciencias básicas: matemáticas, física, química y biología e institutos dedicados a estas disciplinas sin “apellidos”. Antes estos ramos se estudiaban sólo como complemento para carreras económicamente sustentadas, como medicina, farmacia, agronomía, ingeniería o pedagogía.

Permítaseme un recuerdo personal. A fines de los años cuarenta y principios de los cincuenta, cuando fui estudiante, era de rigor en la Universidad una huelga larga de sus estudiantes por conseguir cambios y reformas. Apenas entré, se produjo la primera. Entre el temario figuraba invariablemente implantar el estudio de las ciencias básicas como profesiones independientes. Con la creación de los Institutos Centrales correspondientes a las ciencias mencionadas, a fines de 1959, el sueño se hizo realidad.

Fue también un sueño personal, pues había vuelto justo para esa fecha de Alemania con el Diploma de Químico y el Doctorado y reinicié mi actividad en Concepción con la creación del nuevo Instituto Central de Química.

Ya en el año 1947 se había creado en Concepción la Sociedad Chilena de Química, que edita una revista científica, el *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*. Desde hace pocos años aparece, además, la revista *Química e Industria*. Realiza la Sociedad congresos y jornadas científicas en forma periódica y entre sus temas figura invariablemente el cobre.

Pero volvamos a la evolución de la minería de este metal. Durante la Segunda Guerra Mundial y de la guerra de Corea, la minería del cobre estaba firmemente en manos de Estados Unidos. El precio del cobre se mantuvo bajo para ayudar a financiar el gasto bélico e incluso nuestros gobernantes dependían de los ejecutivos extranjeros de las grandes minas para controlar la inflación y planificar las inversiones.

En cada huelga de los universitarios de esa época se protestaba contra ese estado de cosas. Chilenización y nacionalización del cobre eran gritos de batalla de los movimientos políticos para combatir la falta de recursos y la extrema pobreza.

Todos recordamos lo que tuvo que sufrir el país, en última instancia, por no apoyar en la forma debida a la formación de una juventud en el campo de la ciencia y de la tecnología de las riquezas mineras y de otras actividades productivas. En ellas yacía una riqueza insospechada, muy cerca de los ojos famélicos de gente sin perspectivas y de la vista de algunos fanatizados por promesas políticas sin base real.

A fines del 69 y principios del 70 estuve tres meses en Alemania, invitado por la Fundación Alexander von Humboldt. Trabajé algún tiempo en el Instituto Max Planck de Físico-Química de Goettingen, dirigido por el Prof. Manfred Eigen. Este científico había desarrollado métodos para medir la velocidad de reacciones químicas rápidas, que antes de él no se podían medir y recibió por ello el Premio Nobel de Química. Su campo de investigación resultó ser de enorme trascendencia para comprender los procesos químicos, por ejemplo en los seres vivos, pero también de los tratamientos industriales. Su colaborador que desarrolló los equipos que posibilitaron las medidas fue el Prof. Leo De Mayer. En una conversación con él, durante una reunión social cuando habló de su país natal, Bélgica, recordé repentinamente una foto muy anterior, de mi estadía de becario Humboldt en Alemania. Fue en una reunión en Bonn en que fueron presentados los becarios extranjeros, ordenados según el orden alfabético de los países de su proveniencia, al presidente de la República Federal de Alemania y al presidente de la Fundación de entonces, Prof. Werner Heisenberg. Aparece Leo De Mayer, como estudiante becario Humboldt de Bélgica al lado mío, becario de Chile. Conmigo estaban el actual profesor de la Universidad de Chile, ingeniero Günther Joseph y el médico Prof. Fernando Tag Espina (Q.E.P.D.). También estuve en Marburg donde había estudiado como becario y al viajar a Bonn, a la sede de la Fundación Alexander von Humboldt a visitar a su Director, el Dr. Heinrich Pfeiffer, lo hice en un vehículo en que viajaban Eckhard Schmidt, licenciado en Química del primer curso de nuestro Instituto de Química de la Universidad de Concepción –recuerdo que fue el mejor estudiante– y becario del Servicio Alemán de Intercambio Académico (D.A.A.D.), y el profesor patrocinante de su tesis de Doctorado, el Prof. H. Ringsdorf, profesor en el área de los Polímeros. El objetivo fue conseguir el financiamiento de un ambicioso plan para el desarrollo de la Química de los Polímeros en Concepción. Este convenio permitió el intercambio de profesores y estudiantes de ambos países y dotó generosamente, no solamente al Departamento de Polímeros sino a todo el Instituto de Química, de equipos y materiales cuya falta nos había limitado enormemente. Este convenio permitió después que nuestro Instituto pudiera realizar un programa de Doctorado en Química, el primero del país y de nuestro subcontinente y que hoy ya tiene una firme tradición.

El año 1974 pude desarrollar junto a la memorista y ex becaria C.B. una

nueva síntesis de un polímero soluble en agua, aplicando principios del mecanismo de una reacción inorgánica en el campo de los polímeros. Esta síntesis permitió obtener un polímero más conveniente que los producidos por las grandes firmas internacionales para la electro-obtención del cobre.

Actualmente y desde hace varios años nuestro grupo de trabajo desarrolla un nuevo proceso de obtención de cobre desde los minerales sulfurados, que denominamos de *oxidación catalítica*. Permite la disolución o lixiviación de los concentrados de estos minerales, basado en acelerar la reacción de oxidación de los sulfuros a iones de cobre solubles, por oxígeno, y tiene la ventaja frente al método pirometalúrgico en uso que no produce humos y gases tóxicos y no requiere de combustibles. O sea, eliminaría el grave problema de la contaminación atmosférica y las enfermedades profesionales a que se expone el personal que ahí labora.

En Chile el desarrollo de tecnologías relacionadas con el cobre que se realiza por profesionales del país es cada vez mayor y sólo el buen dominio de ellas hará que el cobre pertenezca verdaderamente a los chilenos.

Chile desde mediados de los años setenta reconquistó el primer lugar como productor de cobre del mundo y actualmente produce alrededor de un 20% de este metal a nivel mundial.

Sin creer ya en el camino fácil de la promesa política y con afán de superación y de un espíritu de trabajo encomiables, la juventud en los últimos años se volcó al estudio y jóvenes empresarios comenzaron a levantar empresas de la nada.

Recuerdo un caso que es digno de recordar. Un estudiante de bioquímica, G.Sch., quien hizo su tesis conmigo a fines de los sesenta sobre el mecanismo de una reacción, trabajó simultáneamente en el Centro de Computación de nuestra Universidad para financiar sus estudios. En ese tiempo los computadores eran enormes artefactos que calentaban toda una sala con sus tubos electrónicos. Pero ya se calculaban los sueldos del personal con ellos. Para hacer la labor más expedita desarrollaba nuevos programas "software", lo que le permitió aplicarlos al estudio de las velocidades de reacción de su tesis, pero también a ayudar a muchos investigadores de diferentes campos del saber a obtener nuevos y mejores resultados. El fue posteriormente el primer jefe de software no americano de un observatorio americano: el de Cerro Tololo. Sus sucesores en el Centro de Cómputos de la Universidad de Concepción fueron contratados posteriormente por los bancos y produjeron ahí una verdadera revolución en el sistema de control.

Hoy, Chile es uno de los exportadores importantes de software, también hacia Estados Unidos.

El estado envidiable de la economía chilena que resiste e incluso crece a pesar de la actual crisis mundial, es el fruto del esfuerzo desplegado en los últimos años por profesionales chilenos en una labor silenciosa y de mucha dedicación.

Sin embargo, no olvidemos la lección de nuestra historia de que el éxito se consigue sólo con gran esfuerzo y con la aplicación consecuente de la ciencia y de la mejor tecnología, ojalá creada en el propio país y no sólo por determinadas decisiones políticas.

Para terminar con mis divagaciones sólo me resta un pensamiento final.

Para obtener y trabajar el cobre en forma eficiente deben tenerse conocimientos del cobre. Para tener conocimientos del cobre deben dominarse bien las ciencias básicas.

Para conseguir conocimientos y experiencia científica es necesaria una estrecha relación entre los científicos y entre maestros y alumnos.

LITERATURA