



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

116
Lej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**IMPORTANCIA DE LOS MINERALES
METÁLICOS EN EL MERCADO MUNDIAL:
PERIODO 1960-1990**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

VIRGINIA PAULA PORRAS RUIZ

DIRECTORA DE TESIS:

ANA ESTHER CECEÑA MARTORELLA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

A mi madre: Por el amor y la valentía con la que me dio mi primera formación.

A mi padre: Por su amor y ternura.

A mis hermanas: Por su infinita generosidad

A mis hermanos: Por el cariño y la confianza que me han brindado.

Le agradezco con especial afecto a Andrés Barreda, mi maestro y amigo los conocimientos y el cariño que generosamente me brindó.

A Ana Esther Ceceña, que con su paciencia, conocimientos y amistad me ha apoyado los últimos años, le estoy infinitamente agradecida.

A Leticia y Edgar por su alegre amistad.

A Benjamín por su amor, generosidad y ternura.

A mis amigos de Mixcalli por el cariño y la solidaridad que me han brindado.

A la Cauilla y a Marquitos por la esperanza compartida cotidianamente

A Miguel Adame por el gran amor, amistad, alegrías y los viajes compartidos y por los que aún nos falta compartir.

Quiero también agradecer al jurado que ha leído el presente trabajo por el interés mostrado y las observaciones que me han hecho para una mejor continuación de este.

Finalmente le agradezco a Dinorah la corrección final del presente trabajo

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. LOS METALES MATRICES.....	11
HIERRO Y ACERO.....	11
<i>Esbozo histórico del hierro y el acero.....</i>	<i>12</i>
<i>Proceso de producción y purificación del hierro y el acero.....</i>	<i>20</i>
<i>Obtención del acero.....</i>	<i>22</i>
<i>Producción y circulación del hierro y el acero 1960-1990.....</i>	<i>31</i>
<i>Reservas mundiales de hierro en 1990.....</i>	<i>45</i>
ALUMINIO Y BAUXITA.....	48
<i>Características y usos del aluminio.....</i>	<i>52</i>
<i>Obtención del aluminio.....</i>	<i>53</i>
<i>Aleaciones e innovaciones en el uso del aluminio.....</i>	<i>55</i>
<i>Producción, y circulación de aluminio y bauxita de 1960 a 1990.....</i>	<i>59</i>
COBRE.....	73
<i>Obtención del cobre.....</i>	<i>75</i>
<i>Aleaciones del cobre.....</i>	<i>77</i>
<i>Producción y circulación del cobre 1960-1990.....</i>	<i>78</i>
CAPÍTULO 2. METALES DE ALEACIÓN DE USO COMÚN O GENERALIZADO.....	88
MANGANESO.....	88
<i>Usos y aleaciones del manganeso.....</i>	<i>88</i>
<i>Reservas de manganeso.....</i>	<i>88</i>
TUNGSTENO.....	89
<i>Obtención, usos y aleaciones del tungsteno.....</i>	<i>90</i>
<i>Reservas de tungsteno.....</i>	<i>92</i>

CAPÍTULO 3. METALES DE ALEACIÓN DE USO GENERAL Y DE USOS ESPECIALES

(SUPERALEACIONES)..... 93

NÍQUEL 93

Obtención y aleaciones del níquel..... 95

Reservas de níquel..... 96

MOLIBDENO..... 98

Obtención, cualidades y usos del molibdeno 99

Reservas de molibdeno..... 100

COBALTO 101

Usos del cobalto 103

Reservas de cobalto 105

CROMO..... 107

Usos y aleaciones del cromo..... 108

Reservas de cromo..... 109

CAPÍTULO 4. METALES PARA MICROELECTRÓNICA..... 111

SILICIO..... 111

Obtención, usos y cualidades del silicio..... 111

MINERALES DEL GRUPO DEL PLATINO..... 112

Usos y aleaciones de los MGP..... 114

Reservas de minerales del grupo del platino 116

CAPÍTULO 5. EL METAL DE RECUBRIMIENTO 118

ZINC..... 118

Obtención, usos y aleaciones del zinc 118

Reservas de zinc..... 120

VISIÓN GENERAL DE LA PRODUCCIÓN Y CIRCULACIÓN DE LOS MINERALES ABORDADOS EN LOS CAPÍTULOS 2, 3, 4 Y 5. PERÍODO 1960-1990.....	122
PRIMERAS CONCLUSIONES:	125
EL PROBLEMA DE LA SUFICIENCIA MATERIAL-METÁLICA EN LOS POLOS DE DESARROLLO INDUSTRIAL Y EL MANTENIMIENTO DE LA HEGEMONÍA ECONÓMICA, O DE CÓMO LA "VIEJA" DIVISIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO ES AÚN VIGENTE.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	162

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es un primer acercamiento a un objeto de estudio que ha sido poco explorado en México y que tiene gran importancia para la reproducción general del sistema productivo capitalista. Los metales constituyen, en gran medida, el esqueleto material en que se fundan los actuales procesos productivos. Es para todos evidente que los metales se encuentran prácticamente en cualquier lado. Resulta entonces extraño que, dada la importancia de estos materiales casi no existan estudios profundos acerca de ellos.¹

Esta investigación representa una primera aproximación al estudio de estos materiales. Esta consiste en una visión global del lugar que ocupan los metales en los procesos productivos en los que participan. Es también una primera organización y presentación de información estadística de su producción y consumo en el mundo en los años 1960-1990. En este trabajo se encuentran las líneas teóricas generales en las que abundaré en un segundo nivel de mi investigación y que representa una parte de mi trabajo a desarrollar en la maestría que estoy iniciando. Estas líneas básicas son: la división internacional del trabajo y el papel que desempeñan los países tradicionalmente productores de materias primas.² La otra línea general es la discusión de la gestión de la hegemonía mundial. Por supuesto que para desarrollarlas es menester una actualización de la información que para la presente investigación se realizó, por lo que es la primera tarea a desempeñar.

Otro nivel de la investigación que apenas se esboza en la presente es el que se refiere a las empresas productoras de estos materiales, esta parte será retomada y profundizada

¹ Desafortunadamente, hace poco he conocido algunos trabajos de la maestra Laura Palomares Esquivel, una de las pioneras del tema en México. Con lo que he leído de esta autora puedo darme cuenta de que marca importantes pautas de investigación para el estudio y profundización de la importancia estratégica de los metales en la gestión y el desarrollo de la economía mundial.

² En el proyecto de maestría que actualmente desarrollo, pongo especial énfasis en el lugar de América Latina y de México en la división internacional del trabajo.

para el caso del continente americano en el trabajo de la maestría. En esta tesis sólo se emplea alguna información de algunas empresas como apoyo para el objetivo de dar una visión primera y general del mercado mundial del metales. Al estudiar los movimientos de las empresas productoras de materias primas, conjugado con el resto de la investigación, será posible entonces profundizar en el mercado mundial de materias primas como uno de los mecanismos para contrarrestar la caída tendencial de la tasa de ganancia.

Con este primer trabajo quiero resaltar el hecho de que los metales intervienen en la producción de máquinas-herramienta, generación y distribución de energía, transporte, construcción, almacenaje, e incluso en la reproducción de la fuerza de trabajo, aunque de manera un tanto indirecta. Los metales se han convertido en un material importante por su uso cada vez mayor en la conservación de alimentos. Es el caso por ejemplo del aluminio, que brinda la posibilidad de poder conservarlos por mucho tiempo en latas, factor esencial para adecuar la reproducción de la fuerza de trabajo a los requerimientos del proceso de valorización. Tenemos entonces que los metales intervienen en la mayor parte del proceso de producción y en la mayoría de los procesos productivos (aunque también tienen mucha relevancia en la esfera doméstica y de oficina).

Al hacer hincapié en la producción de una de las bases materiales del proceso productivo, intento también contribuir a un análisis general que vuelva al ámbito de dicho proceso como fundamento de la reproducción general del sistema capitalista.

Un estudio del mercado mundial de metales es esencial en estos momentos debido a varias cuestiones que es conveniente resaltar. En primer lugar el hecho de que el fundamento material-metálico del proceso de producción se ha visto cuestionado debido al creciente uso de materiales avanzados (también llamados "nuevos" materiales), lo que ha provocado una tendencia a restar importancia a los, digamos de "uso tradicional", sin embargo lo que está

pasando es que muchos de los avanzados están compuestos de los metales ya conocidos, sólo que con altísimos grados de pureza, o bien en nuevas combinaciones o aleaciones que brinden las cualidades requeridas para los procesos productivos de vanguardia. Se ha observado también que el creciente uso de algunos materiales avanzados ha provocado un mayor consumo de los que llamaremos de uso tradicional o generalizado, como por ejemplo en el caso de los cables de cobre, que se han tendido al lado de las fibras ópticas, lo que se explicará más adelante. De esta manera, los metales se están readecuando y su importancia no se mina, siguen ahora, como en los últimos dos siglos, siendo relevantes.

Otra cuestión que hace necesario el análisis del mercado mundial de metales tiene que ver con las posibilidades que su producción y consumo brindan -como partes constitutivas del capital constante- para paliar la caída tendencial de la tasa de ganancia, provocada por el desarrollo de las fuerzas productivas técnicas que gestionan los capitalistas de vanguardia en búsqueda de la plusvalía extraordinaria.

Por otro lado, esa posibilidad de contar con los metales necesarios para la gestión y el desarrollo industrial tiene que ver con los importantes problemas que se presentan en el terreno de la hegemonía mundial. Esto significa que en el acceso a los metales esenciales también se plantea la posibilidad de liderar al planeta.

El mantenimiento o la posibilidad de la supremacía económica, política, militar, tecnológica, cultural, etc., no se reducen ni se acaban, evidentemente, en la obtención de los materiales metálicos necesarios para los procesos productivos, hay otros elementos igual de importantes para el funcionamiento de dichos procesos. Por un lado está el desarrollo de las fuerzas productivas técnicas y por otro la fuerza de trabajo.

Estos componentes del proceso de producción se abordan en una investigación más amplia del mercado mundial, dentro de la que se circunscribe la presente.

Es dentro de esta visión total que se inscribe este trabajo y que abarca una pequeña parte del mercado mundial: el de las materias primas mineral-metálicas en los últimos treinta años³.

Así, este avance pertenece a un estudio más extenso en el que participa un amplio grupo de investigadores, y que se ha visto plasmado en diversos trabajos y libros. Este equipo ha trabajado durante los últimos cuatro años bajo la coordinación de Ana Esther Ceceña y Andrés Barreda Marín y los niveles que abarca son los que a nuestro juicio representan las partes sustanciales para la reproducción del sistema capitalista en el mundo: materias primas metálicas y energéticas, tecnología de punta, fuerza de trabajo y medios de subsistencia.

Como corolario, ese trabajo tiene una investigación acerca de los agentes concretos que producen y consumen estas mercancías, las empresas transnacionales.

De vuelta al tema que aquí nos ocupa, debemos remarcar que el problema del abastecimiento de minerales metálicos en el mundo se vincula directamente con el de la medida territorial y localización geográfica de las regiones en el planeta.⁴ Es claro que existen países y regiones que se encuentran "favorecidos" por su situación geográfica, y otros que tienen entre sus principales limitantes la escasez territorial o una mala ubicación en cuanto a situación geológica y geográfica.⁵ En el abastecimiento de metales existen entonces

³ Ana Esther Ceceña y Paula Porras. "Los minerales como elemento de superioridad estratégica" en Ana Esther Ceceña y Andrés Barreda (coord.), *Producción estratégica y hegemonía mundial, Siglo XXI*, México, 1995.

⁴ Aunque no sólo del planeta tierra, debemos recordar que una buena parte de las investigaciones hacia el espacio exterior van encaminadas a la posibilidad de explotar recursos de otros planetas o de la luna, por ejemplo, la extracción del anortosito, del que se puede obtener aluminio. También se puede explotar titanio, e incluso oxígeno, que se extrae de los óxidos de que se componen los suelos de la luna. Otro objetivo son los asteroides, de donde se piensa obtener hidrógeno, oxígeno, agua, platino y aleaciones de níquel y hierro. Ver Mander Jerry. *En ausencia de lo sagrado*. Editorial cuatro vientos, Santiago de Chile, 1994, página 173.

⁵ En cuanto al problema de la medida territorial y el de la abundancia o escasez de recursos naturales como uno de los sustentos de la hegemonía económica mundial pueden consultarse: Ana Esther Ceceña y Andrés Barreda (coord.) *Op.cit.*, Capítulo 1 "La producción estratégica como sustento de la hegemonía mundial..."; y el artículo de Andrés Barreda, "El espacio geográfico como fuerza productiva estratégica en *El Capital de Marx*", en *La internacionalización del capital y sus fronteras tecnológicas*, coordinado por Ana Esther Ceceña, Ediciones El Caballito, México, 1995.

importantes problemas de disputa por territorios y la posibilidad de contar con uno de los elementos materiales básicos para el mantenimiento o la posibilidad de ejercer la hegemonía económica mundial.⁶

Ahora bien, este estudio no abarca todos los metales existentes en la Naturaleza, es necesario priorizar cuáles son los más importantes para la reproducción del sistema capitalista para saber cuáles interesan más a las regiones industrializadas del planeta en su lucha por el dominio económico, político y militar en el mundo. Así debemos empezar por definir cuáles son los metales estratégicos.⁷

Para determinar entre la amplia gama de metales que existen cuáles son los que se estudiarían en la presente investigación, primero se determinó, de la estructura productiva, qué ramas son las más importantes para la reproducción del sistema y qué materiales emplean. Así se priorizan, entre las ramas productivas, las que producen medios de producción; también se le da importancia a la generación y distribución de energía, y por su enorme uso para la conservación de alimentos, se toma en cuenta al aluminio.⁸

Una vez determinados los metales que intervienen en estas importantes ramas de la producción se establecieron dos criterios para la selección de los materiales que han de estudiarse. El primero se refiere a la importancia cuantitativa de estos materiales, es decir, se eligen los metales que, por su gran cantidad de consumo, son a todas luces esenciales para la reproducción del sistema productivo. El segundo criterio se refiere a la cualidad. Esto

⁶ El problema del ejercicio de la hegemonía en el mundo es precisamente una de las líneas por las que corre la investigación más amplia que he mencionado anteriormente, por lo que puede consultarse el libro citado de Ana Esther Ceceña y Andrés Barreda. También el artículo de Andrés Barreda "Europa en la actual división internacional del trabajo" en *Revista de Relaciones Internacionales* # 39, mayo-agosto 1987. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

⁷ Para profundizar en la definición de "lo estratégico" ver Ana Esther Ceceña y Andrés Barreda. Op. cit., cap. 1

⁸ Evidentemente, sin edificios que contengan a las máquinas y a los hombres no es posible llevar a cabo los procesos productivos, por lo que los metales empleados en la industria de la construcción tienen también importancia y los hemos tomado en cuenta, aunque hemos dado prioridad a los que, además de intervenir en la industria de la construcción, se vinculan con las ramas mencionadas.

significa que también serán estratégicos aquellos que por las características que brinden se adapten de mejor manera a las áreas fundamentales de los procesos productivos más importantes, por ejemplo, los que aporten dureza, resistencia (tanto mecánica como a la corrosión), flexibilidad para soportar cambios bruscos en la temperatura, peso o presión, etc. Así, se eligieron el hierro-acero, aluminio-bauxita, cobre, cromo, tungsteno, manganeso, silicio, minerales del grupo del platino, cobalto, molibdeno, níquel y zinc.

Cabe señalar que existen algunos metales que, a pesar de ser aún importantes para la estructura productiva actual, no se abordan en la presente investigación debido a que su consumo está decreciendo porque muchas de sus aplicaciones se están volviendo obsoletas, Es el caso, por ejemplo del estaño y el plomo. Hay otros que se han investigado y experimentado, con resultados muy interesantes en cuanto a las cualidades que brindan a los procesos productivos, sin embargo, debido a que, por un lado, no existe suficiente información acerca de ellos -por varias causas, entre ellas, que las cantidades en su uso son pequeñas-, y por otro lado, a que sus principales usos se dan en investigación militar y, en general, de nueva tecnología, y rebasan los límites de esta investigación, que se ha planteado abordar -en este primer nivel- los metales de uso "generalizado". Es por ello que no se profundiza en materiales como el vanadio, el berilio, e incluso el titanio, que son empleados para armamento, aviones y, en general, alta tecnología. En cuanto a los llamados materiales avanzados, entre los que encontramos a las superaleaciones (básicamente metales), *composites*⁹ que pueden ser hechos a base de cerámicas, polímeros o metales, y fibras

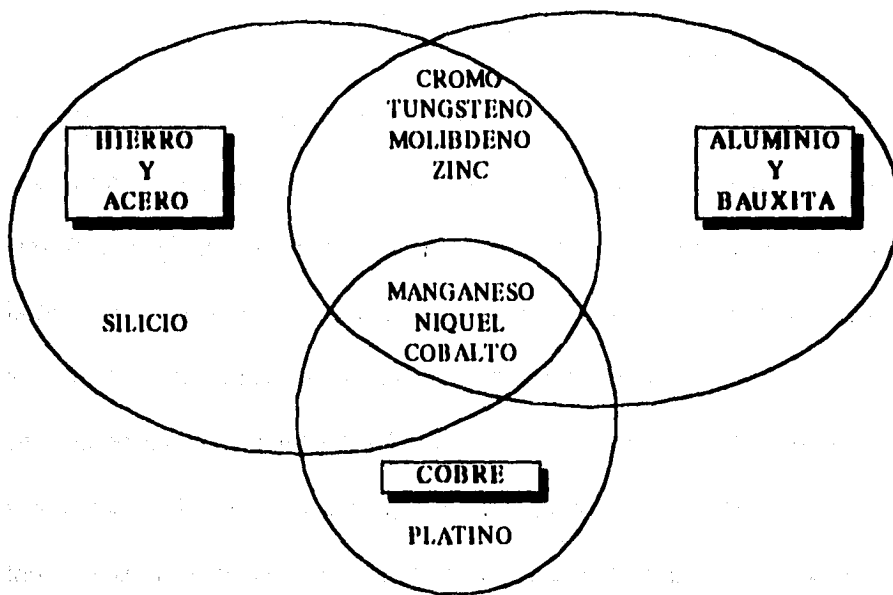
⁹ Los *composites* son también llamados compósitos y algunas veces compuestos, he empleado ese término para no confundirlo con los compuestos químicos. Los *composites* están conformados por dos materiales que no se ligan químicamente. De estos dos materiales uno es la base o matriz y el otro es el material de reforzamiento. El primero es el que predomina y puede ser metálico, de cerámica o polímero. El refuerzo se presenta generalmente bajo la forma de fibras y puede estar compuesto también de los materiales mencionados. Puede haber combinaciones entre metales, cerámicas y polímeros.

ópticas, se abordan en otra investigación que también pertenece al estudio del mercado mundial antes citado.

Todos los metales que se analizarán intervienen en la producción de maquinaria y herramientas (así como en productos de consumo final) en forma de aleaciones, y hay tantas como proporciones puedan existir de cada uno de los elementos que intervengan en las mismas. Es por esto que en la descripción de las aleaciones sólo se abordarán las más utilizadas, ya que es prácticamente imposible hacerlo en las miles que existen. Para tener una mejor idea de las posibilidades de aleación entre los metales abordados se presenta la figura 1.

FIGURA 1

IERRO-ACERO, ALUMINIO-BAUXITA Y SUS METALES DE ALEACIÓN



Llamaremos aleaciones de uso común o generalizado a las que se emplean para producir herramientas y maquinaria de "uso generalizado", es decir, con "tecnología media".

Evidentemente esta "media" se mide con base en la tecnología de los países tecnológicamente más desarrollados. Las aleaciones para usos especiales son principalmente las llamadas "superaleaciones", que participan en procesos productivos con tecnología más desarrollada. Es claro que la demanda de los materiales para superaleaciones estará a cargo de los países con un mayor desarrollo tecnológico, pero no sólo la demanda, sino también la producción y el consumo de los productos elaborados con ellas.

Las superaleaciones tienen cualidades como extrema dureza, resistencia al choque y a la corrosión, así como a cambios bruscos de temperatura. En general son versátiles y flexibles para servir a los nuevos procesos productivos, cualidades que sólo se logran mediante sofisticadas técnicas. Su consumo está encaminado hacia industrias como la aeroespacial, y especialmente hacia la vanguardia de las productoras de máquinas, transporte, química, materiales avanzados y aditamentos militares. Esto explica que su uso sea aún limitado a los llamados "países del primer mundo".

La investigación de los metales que aquí se realiza inicia con el estudio de tres de ellos, a los que llamaremos "matrices" por que son la base principal en torno a la cual se estructura el esqueleto productivo capitalista, ellos son: hierro-acero, aluminio-bauxita y cobre. En el siguiente apartado se analizan dos metales que se emplean sobre todo en aleaciones de uso común o generalizado: el tungsteno y el manganeso. En seguida se abordan los que no sólo se utilizan en aleaciones de uso generalizado, sino también en las de usos especiales, principalmente superaleaciones: níquel, molibdeno, cobalto y cromo. Los minerales del grupo del platino y el silicio se usan básicamente en la industria microelectrónica y conforman el siguiente apartado. El último de los metales que estudiamos es el zinc, y lo dejamos como un caso aparte, por ser un importante mineral para recubrimiento de varias de las aleaciones antes mencionadas. Al final de la presente investigación se dan las primeras conclusiones de

lo que hasta el momento se ha avanzado en torno al problema de la gestión de la hegemonía mundial y la división internacional del trabajo, en relación al mercado mundial de metales.

De los metales matrices en torno a los cuales se estructura el esqueleto material-metálico, será el hierro-acero al que daremos mayor relevancia por ser aún en nuestro tiempo el de mayor significación cuantitativa en el consumo y producción. En cuanto a su vigencia cualitativa podemos observar que las adiciones de otros metales, aunadas a las características inherentes al acero, posibilitan una gran adecuación y versatilidad para participar en los modernos procesos de producción, es, por ejemplo, el caso de las superaleaciones.

Regresando a la problemática planteada al inicio de esta introducción, tenemos que el abaratamiento de las materias primas y el comercio exterior son dos importantes mecanismos para contrarrestar la caída tendencial de la tasa de ganancia. Así, el mercado mundial de minerales metálicos engloba estas dos posibilidades de contrarrestar dicha caída.

Podemos entonces explicar los movimientos del mercado mundial como un mecanismo necesario para paliar la "crisis permanente" en que se encuentra el modo de producción capitalista. La búsqueda y apropiación de materias primas por parte de las potencias industriales obedece, a la lógica de desarrollo y expansión del sistema productivo. De esta manera, la división internacional del trabajo, es decir, la asignación del papel que cada nación desempeñará en el mercado mundial será determinada a partir de la necesidad específica de contrarrestar el problema de la caída tendencial de la tasa de ganancia y de la crisis en que ésta se manifiesta.

Así, es necesario un estudio del estado de los metales en el mundo, o sea, el lugar que ocupan en el proceso de reproducción del sistema y sus movimientos en el mercado

internacional, si queremos profundizar en el análisis de la fortaleza y vigencia del actual sistema productivo.

CAPÍTULO 1. LOS METALES MATRICES.

Hierro y acero

El hierro -y el acero como su derivado más importante y el material que ha venido revolucionando el uso del primero- ha sido, y es aún hasta nuestros días, el mineral metálico que ha representado el principal soporte de la instrumentalidad técnica capitalista, es por ello que se hace necesario el estudio de la evolución de su producción, circulación y reservas si queremos contribuir a un análisis actual del desarrollo de las fuerzas productivas técnicas a nivel mundial.

El hierro es uno de los metales más abundantes en la Naturaleza.¹⁰ Tenaz, dúctil y maleable, se funde a 1535°C y es de color grisáceo o negruzco. Se produce en cantidad mucho mayor que cualquier otro metal, puede ser moldeado, martillado, laminado, estirado y soldado, y es posible combinarlo con muchos otros metales; también puede ser endurecido, suavizado y vuelto a endurecer, cualidad que no posee en el mismo grado ningún otro metal. Los diferentes métodos de tratamiento y la adición de metales propios para aleación, dan al acero, que es hierro con un bajo contenido de carbón o hierro afinado, características de dureza, maleabilidad y resistencia al calor, al desgaste, a los golpes, etcétera, lo que le da la posibilidad de intervenir y formar parte de una amplia gama de procesos productivos que requieran alguna -o todas- de estas cualidades.

Estas particularidades, aunadas a un costo de producción menor que el del cobre, el del aluminio y el del estaño, lo han convertido en un metal esencial para la fabricación de

¹⁰El primer elemento que se encuentra en la Naturaleza es el oxígeno, seguido por el silicio, el aluminio, y después el hierro.

herramientas, maquinaria, equipo de transporte y eléctrico, e instrumentos telegráficos y telefónicos, y que se utilice ampliamente en la industria de la construcción y en otras.

Aunque es uno de los minerales más abundantes en la Naturaleza como ya se mencionó, no existe en estado puro. La magnetita, el oligisto (hematites roja y hematites parda), la limonita y la siderita son los que contienen mayores porcentajes de hierro. Los tres primeros son óxidos que en estado puro contienen de 60 a 70% de este metal, y la siderita es un carbonato con 50% de él. También de los sulfuros es posible obtener hierro, sin embargo, el fundido o el acero con las trazas del azufre que se obtiene resulta especialmente frágil. Es importante señalar los porcentajes de contenido en los minerales debido a que es uno de los factores esenciales para su explotación.

Esbozo histórico del hierro y el acero.

Hace aproximadamente 3400 años, el pueblo hitita, localizado en Asia Menor, logró reducir óxido de hierro a partir del mineral llamado hematites, obtuvo pequeñas cantidades de hierro bruto pastoso, que no lograba fundir por falta de suficiente temperatura, pero mediante la técnica del forjado, que consiste en golpear el metal hasta darle la forma deseada, fue posible fabricar armas de filo cortante y herramientas metálicas, lo que significó un proceso revolucionario en los instrumentos de trabajo y de guerra. Ernest Mandel señala que con el uso del arado de reja de hierro hubo un aumento de la productividad del trabajo agrícola, y se incrementó también la población. El alza de la productividad del trabajo ocasiona a su vez un mayor excedente de la producción, y quienes se apropian de él buscan espacios afines a sus necesidades de intercambio y de concentración de riqueza y poderío, así como lugares de habitación adecuados a su estatus. De esta manera surgen las ciudades. El uso de

instrumentos metálicos (principalmente de hierro) y el crecimiento de la población contribuyen al impulso de técnicas artesanales y a la separación de la ciudad y el campo¹¹

A comienzos de la Edad Media aparece en Cataluña el "horno catalán" que asegura la totalidad de la producción europea durante este período. Este horno es una adaptación del primero que existió y que consistía en un agujero en el suelo, en el que se ponía el mineral con carbón de leña y se le prendía fuego. El horno catalán iba a menudo acompañado de una forja (instalación para caldear y ablandar el metal) que permitía la cimentación del hierro, es decir, su recarburación al estado sólido a medida que era producido. El hierro se vinculó inmediatamente a las actividades centrales de las sociedades de la época, agricultura y guerra, mediante su aplicación en la fabricación de instrumentos para la labranza y las armas.

Debido a que este metal se hace cada vez más importante para la producción de instrumentos de trabajo y armas, fue necesario buscar métodos que permitieran obtener mayores volúmenes. Durante el siglo XIV se emplearon los "altos hornos" y se obtuvo el arrabio (hierro de primera fusión con alto contenido de carbón). Para mediados del siglo XVII se inventó el "horno de reverbero" o pudelaje, que permitió ya la obtención del acero (en bolas pastosas). En esa época el hierro y el acero, además de los usos anteriores, se aplicaron en la producción de instrumentos para la fabricación de telas, objetos aún manuales, pero que ya permitían vislumbrar la revolución técnica que vendría un siglo después, acompañando y propiciando la complejidad productiva.

Al reducir los niveles de carbón al hierro, éste se transforma en acero. Existen diferencias entre lo que es el hierro, la fundición (también llamada hierro colado) y el acero. El primero, si es 100% puro, es un material relativamente plástico, con un alto punto de fusión y

¹¹ Ernest Mandel. *Tratado de Economía marxista*, tomo 1, México, Era, 1974

no contiene carbono. La fundición es la aleación que se obtiene mediante la mezcla íntima del mineral de hierro con el combustible (carbón), contiene aproximadamente 4% de carbón y tiene un punto de fusión más bajo que el hierro puro. Los aceros tienen características intermedias entre el hierro puro y la fundición, combinan la ductilidad del primero con la rigidez del segundo. Es por esto que el acero representó un avance con respecto al hierro, funciona como un material plástico, especialmente dúctil, característica valiosa para la elaboración barata de piezas resistentes.

Hasta el siglo XVIII se emplea un método de obtención de acero que consiste en juntar barras de hierro forjado en cajas de hierro colado con un poco de carbón y se calienta a unos 1000° C durante una semana. Con la Revolución Industrial sobreviene una revolución correlativa en los métodos de producción y afino del hierro. A mediados de ese siglo, Benjamin Huntsman fundió las barras de acero en un crisol, las vació y laminó, y obtuvo un acero de mejor calidad debido a que con la fusión la escoria se pierde. Con el invento del convertidor Bessemer en 1856 la producción de acero se convirtió en una opción económicamente viable. Con este método se obtiene acero con mayor rapidez y en forma líquida, sin embargo, el siguiente avance técnico, en 1866, el llamado "horno Martin-Siemens" al tener un proceso de solera abierta permite una mejor vigilancia y por lo tanto una mejor calidad de acero.

Estos métodos permitieron la obtención del hierro y del acero necesarios para el nacimiento y desarrollo de la gran industria, se pudo satisfacer así la demanda para la producción de máquinas, ferrocarriles, barcos, etc., que durante este período dieron cuenta de la enorme expansión de la economía capitalista.

El método Bessemer, pero sobre todo el Martin-Siemens, fueron la base de la producción de acero en este período histórico, durante el cual no se realizaron modificaciones

importantes a los métodos productivos de este material. No es sino hasta mediados del presente siglo que observamos cambios en ellos.

A partir de 1950 podemos mencionar los siguientes avances tecnológicos: "Los convertidores al oxígeno, como el LD (iniciales de las ciudades austríacas Linz y Donowitz) y el BOF (basic oxygen furnace)¹², que reciben una descarga de oxígeno por la parte superior. Estos convertidores reducen a una décima parte el tiempo que requiere cada vaciada de acero en el Martin-Siemens. Además, la productividad del trabajo se eleva de 1.2 a 2 toneladas por hora/hombre en los hornos Martin-Siemens, a unas 3 a 5 toneladas por hora/hombre en los convertidores BOF. Estos convertidores han desplazado muy rápidamente a los de hogar abierto".¹³ El cuadro 1 muestra la importancia que adquieren estos hornos en Estados Unidos en el período 1965-1978.

CUADRO 1

Producción total de acero crudo por tipo de horno en E. U. A. (%).

Año	B.O.F	Horno de hogar		Total
		abierto	Horno eléctrico	
1965	17.50	72.00	10.50	100.00
1970	48.20	36.50	15.30	100.00
1975	61.60	19.00	19.40	100.00
1978	60.90	15.60	23.50	100.00

Fuente: Annual Statistical Report: American Iron and Steel Institute, 1978 (W.D.C. AISI, 1979), cuadro 26, p. 55.

Tomado de Crandall, Robert. The U.S. steel industry in recurrent crisis. The Brookings Institution. EUA, 1981, p.7.

¹²Según otros autores, en realidad el convertidor LD es el mismo que el BOF, sólo que en Estados Unidos de América se le llama *basic-oxygen* y fuera de ese país se le conoce como LD. Ver William Hogan, **World steel in the 1980's** Lexington Books. E. U. A.

¹³ Isabel Rueda et al. **El capitalismo ya no es de acero**. México. Quinto Sol-IEc, 1990, p. 16.

La obtención de aceros de alta calidad es posible gracias a la firma austriaca Linz-Dorowitz que emplea oxígeno casi puro (99.9%) como agente descarburador. De este modo, ya en 1952 se combinan alta calidad con mayor productividad.

Otro método de afino del acero se realiza en los llamados "hornos eléctricos" en los que las altas temperaturas que se necesitan para realizar la purificación se obtienen mediante electricidad. Con este mecanismo se produce una fundición de acero muy fluida (lo apropiado para conseguir aleaciones uniformes). El inconveniente en su uso es que representan un fuerte consumo de energía por lo que se usa principalmente para aceros especiales. Los hornos eléctricos trabajan con chatarra y hierro esponja, la que es transformada en los aceros mencionados.

A partir de la década de los 70 se observó en la industria siderúrgica una concentración en torno a un reducido número de centros automatizados de gran rendimiento, que emplean poca mano de obra y muy calificada. El desarrollo tecnológico, basado en la compresión de tiempos del proceso productivo, no es muy viable en algunos pasos de la producción siderúrgica, principalmente por limitaciones físicas, químicas y económicas. Un ejemplo de estas limitaciones técnicas es que "el afino... difícilmente podrá realizarse en menos de 20 minutos a causa de las cinéticas de reacción que impone la química-física..."¹⁴ Sin embargo, sí hay etapas en la fabricación de láminas de acero que pueden ser "quemadas", por ejemplo, la colada continua directa permite ahorrarse el proceso de formación de lingotes y el posterior recalentamiento de los mismos para la formación de las láminas, con este procedimiento se pueden obtener láminas muy delgadas directamente del convertidor. También se automatiza el proceso productivo mediante "la aplicación de modelos

¹⁴ Jean Pierre Birat. "Los aceros en chapas delgadas" en *Mundo Científico* #123 España 1992 pp. 308-316.

físicos en tiempo real a partir de medidas realizadas in situ [lo que] permite obtener grandes precisiones en la composición química,..., en la geometría de los productos,..., o en las propiedades mecánicas".¹⁵ Igualmente se realizan mejoras técnicas en la búsqueda de fuentes de energía, además del carbón, la energía eléctrica, el carbón en polvo, etc.

Parte de esta automatización comprende el mayor uso de la "chatarra" en la obtención del acero.

Sin embargo, los tiempos de elaboración de los productos siguen siendo largos y aún no se puede reducir a un mes el tiempo transcurrido entre un encargo y la entrega del producto. Es por esta razón que se intenta reducir lo más posible el tiempo de producción mediante la anulación de algunas fases del proceso. Se han dado dos vertientes en este sentido, la primera es la "reducción-fusión", que pretende suprimir la aglomeración y la coquería en el proceso de obtención de la fundición. La segunda es la colada continua directa de productos delgados (de 10 a 100 veces más delgados que los lingotes planos). Los grandes grupos siderúrgicos como SMS y MDH en Alemania, CLECIM en Francia o Mitsubishi en Japón son los que han desarrollado esta vertiente del desarrollo tecnológico

En términos generales la colada continua consiste en convertir el acero refinado aún caliente, en láminas delgadas sin haber pasado por la formación de lingotes, es decir, se anulan los pasos de formación y enfriamiento de éstos y su posterior recalentamiento para la formación de láminas delgadas. Los moldes usados para la obtención de chapas delgadas consisten en paredes móviles que pueden ser cilindros, cintas u orugas encaradas, que se mueven simétricamente y que son enfriadas con agua. La dificultad principal para estos programas ha consistido en la necesidad de introducir varias toneladas de acero líquido, antes

¹⁵Op. Cit. pág. 311.

de que se enfríe, en un espacio muy reducido. Se han seguido las investigaciones de estos procedimientos y la sociedad MDH ideó un tubo refractario en lugar de la lingotera y en Italia se montó una minifábrica basada en ese sistema.

Para la obtención de las chapas delgadas hay varios problemas que se han tenido que resolver, como las diversas temperaturas a que son sometidos los cilindros y que van de 2 a 300°C/cm, lo que puede provocar deformaciones en las chapas, que no deben ser mayores de 30 µm. Otro problema es el tamaño de los cilindros, ya que mientras más grandes sean mayores serán las tensiones y deformaciones térmicas, pero es importante que los cilindros sean lo más grande posible (entre 1 y 1.5 m. de diámetro). También hay que observar el problema del cierre lateral de los cilindros que debe ser de material refractario para evitar la solidificación del acero, y resistente a las deformaciones de los propios cilindros y a las temperaturas. Es por estos problemas que se han realizado análisis de materiales y de mecanismos de solidificación y movimiento de los fluidos.

La rama de la producción de aceros inoxidable es la que se muestra más interesada en estas formas de laminación. En Europa podemos mencionar a Ugine, Krupp e ILVA, en Japón a NSC, Nippon Metal, Nippon Stainless, Nishin Steel, Pacific Metals, y otros y en Estados Unidos la Allegheny-Ludlum.

En lo que a chapas delgadas se refiere, se realizan investigaciones para la colada sobre un solo cilindro, para obtener chapas aún más delgadas.

Las investigaciones para ahorrar etapas en la producción de objetos de acero también se han dado en el nivel del acabado de las láminas. Se ha investigado el procedimiento de laminación en frío (también llamado skinpass o laminación batida en frío), para ver las posibilidades de "quemarlo", es decir poder evitarlo, ya hay instalaciones de esto como las de la sociedad Ugine del grupo francés Usinor-Sacilor, o la Nippon Steel, en Hikari, Japón.

En tiempos recientes observamos un avance continuo en los procesos de producción y purificación del hierro y el acero. Podemos hablar del uso de la nueva tecnología, mediante la observación y el control del proceso productivo con computadoras, para lograr ahorros de tiempo, materias primas, energía, control de la fuerza de trabajo, etc. y dan cuenta de un alto grado de calidad del producto. La industria siderúrgica puede obtener aceros de gran pureza, con las cualidades requeridas por la alta tecnología y a costos relativamente bajos¹⁶.

Al igual que otros metales, los aceros se estudian para agregarles o quitarles características necesarias o nocivas a las exigencias tecnológicas del nuevo patrón productivo. Es aquí donde hacen su aparición los llamados materiales avanzados, que vienen a perfeccionar¹⁷ a los materiales tradicionales y para cuya producción se combinan principalmente la química, la física, la biología, las matemáticas y la metalurgia.

¹⁶ El uso de tecnología desarrollada por supuesto que se da también en el nivel de la exploración de los recursos naturales de la tierra y no sólo a nivel de la producción y refinamiento. "Ya hay 139 satélites en órbita. La mayoría...son operados por corporaciones ocupadas en el mapeo de los recursos terrestres. Mediante equipos fotográficos que son capaces de captar... con luz infrarroja y otras técnicas espectroscópicas, los minerales ocultos bajo la superficie de todo el planeta". Mander, Jerry Op. cit, pág 175

¹⁷ Este perfeccionamiento de los materiales se basa, en parte, en nuevas combinaciones de los minerales metálicos que se han utilizado "tradicionalmente" en los procesos de producción, pero con mayores niveles de pureza y nuevas o mejores cualidades, lo que se manifiesta en una relativa disminución cuantitativa de su uso. Por otro lado, hay sectores de la producción que permiten sustituir los metales por materiales fabricados con polímeros, arcillas, productos químicos, etcétera.

Proceso de producción y purificación del hierro y el acero¹⁸

Es importante describir detalladamente este proceso de trabajo, ya que su estudio nos permitirá definir cuáles son los países que tienen la posibilidad de producir estas materias primas básicas y observar la relación que existe entre el grado de industrialización de una nación y la producción de hierro y acero.

El hierro puro sólo se usa con fines especiales por su blandura y difícil fusibilidad. Las diferentes clases de hierro industrial contienen siempre otros elementos como: carbono, silicio, manganeso, etc.

El hierro puro o ferrita es, como ya se dijo, un metal maleable, de 7,8 g/cm³ de densidad y 1535 °C de punto de fusión; en sentido industrial el hierro se considera puro cuando su contenido en carbono es inferior a 0,05%. Entre este valor y el de 1.7% se extiende la familia de los aceros, con algunas propiedades variables que dependen del contenido en carbono, pero con características comunes, como son la maleabilidad y la posibilidad de ser templados. Entre 1,7% y 6,7% de carbono se encuentran las fundiciones que no son maleables.

¹⁸Lo que se describe a continuación es el proceso general. Debemos aclarar que para la obtención del acero se emplean principalmente cuatro métodos: Martin-Siemens, Bessemer, L-D y el eléctrico. El primero consiste en depositar chatarra de acero, piedra caliza y limonita en la solera del horno, se calienta y se agrega aire previamente calentado, en un segundo momento se añade arrabio o bien hierro esponja, se observan los procesos de transformación química y con un tiempo de cinco horas para el primer momento y de seis para el segundo se pueden obtener hasta 200 toneladas de acero, dependiendo de la cantidad de materia prima empleada. El procedimiento Bessemer consiste en una descarburación mediante aire caliente se queman el carbono y otras impurezas; el proceso se lleva un cuarto de hora para 20 toneladas, pero el producto no tiene una calidad satisfactoria, es por esto que el horno Martin-Siemens lo desplazó; en la actualidad se emplea el mismo principio del Bessemer, con la descarburación mediante oxígeno puro. El convertidor Linz-Donowitz utiliza oxígeno 99.5% puro como agente descarburador, éste se inyecta por medio de un tubo-lanza que penetra por la boca del convertidor, desapareciendo el nitrógeno. El horno eléctrico es un gran recipiente, revestido interiormente de material refractario, por la tapa superior penetran 3 electrodos; como materia prima se emplea la chatarra y el hierro esponja, que al fundirse hace saltar el arco eléctrico entre la masa y los electrodos, y se alcanzan así temperaturas muy elevadas que proporcionan una fundición de acero muy fluida.

Los metales férricos se obtienen a partir de los minerales que contienen hierro, considerados explotables cuando su contenido en este metal es superior a 25%. En sus procesos de obtención son de gran importancia los combustibles, el principal de los cuales es el coque metalúrgico. Éste tiene una densidad aproximada de 1.5 g/cm³ y un poder calorífico de unas 7,000 Kcal/Kg, con una resistencia al aplastamiento del orden de 120-170 kg/cm².¹⁹ Desempeñan también un importante papel en todo el proceso las sustancias que actúan como fundentes, cuya misión, entre otras, es combinarse con la ganga,²⁰ de difícil fusión, y hacerla líquida a las temperaturas adecuadas de trabajo (1300°C), con lo que se forma la escoria, que se separa de la fundición por diferencia de densidad. La elección del fundente ha de hacerse de acuerdo con el tipo de ganga que contenga el mineral, lo importante es obtenerla con un punto de fusión lo más bajo posible para que su separación sea más sencilla.

Los altos hornos constan de cinco zonas, que resumen los pasos que se observan en el proceso de obtención del hierro: reducción de los óxidos, absorción del calor, fusión del hierro, combustión del coque y recogido de la fundición. Describiré en términos generales lo que pasa en cada momento.

- 1) Reducción de óxidos: se obtiene hierro metálico bajo la forma de esponja sólida.
- 2) En la zona de absorción de calor se forma escoria líquida y el hierro continúa en forma sólida esponjosa.
- 3) En la zona de fusión el hierro se funde y fluye en estado líquido hacia la solera.

¹⁹Es importante la resistencia al aplastamiento porque los hornos en que se obtiene el hierro son de aproximadamente 30 metros de altura, 8 de diámetro interior y unos 1400 metros cúbicos de volumen, y como se explicará en seguida, en el horno se introducen el mineral, el combustible y el fundente a la vez, lo que implica un enorme peso

²⁰La ganga es una impureza que contiene el mineral y que le da cualidades no deseadas, por lo que es necesario reducirlas al mínimo para, de esta manera, obtener el metal con las características demandadas.

- 4) En la zona de combustión ingresa aire calentado a 700°C. El oxígeno se combina con el carbono, y se libera energía térmica, dada la abundancia de coque se forma monóxido de carbono que asciende por la columna del alto horno.
- 5) En la parte más baja de éste se halla el crisol, donde se recoge el hierro fundido.

Hasta aquí queda descrito, en términos generales, el proceso de obtención de hierro de primera fusión o arrabio, que es una de las bases de la producción del acero²¹ que se describirá en seguida.

Obtención del acero.

El contenido de carbono de una fundición es siempre superior al de un acero, por lo tanto el proceso de obtención de éste se basa esencialmente en la reducción del carbono de la fundición original mediante una fase de oxidación, en la que el carbono se combina con el oxígeno para formar monóxido y bióxido de carbono. Paralelamente, otros elementos presentes en la fundición y susceptibles de ser oxidados pueden entrar en la reacción y ser eliminados en el curso del proceso. La acción del oxígeno se extiende también al hierro: así se forma óxido de hierro, compuesto no deseable en el acero por la pérdida de calidad que produce en él. Por ello, a la fase de oxidación sigue otra de reducción que permite disminuir al mínimo el contenido de óxido de hierro. Este conjunto de operaciones de oxidación y de reducción recibe el nombre de afino.

Durante la primera fase del afino, el carbono, el manganeso, el silicio y el fósforo, que se encuentran contenidos en el mineral o veta de mineral de hierro, reaccionan con el

²¹Mediante el procedimiento de reducción directa se obtiene un hierro llamado esponja y se emplea como alternativa al arrabio e incluso conjuntamente con él. Este procedimiento se desarrolló en México, se llama HYL III y consiste básicamente en usar el gas que se desprende de las coquerías como agente reductor en la obtención de hierro esponja, este proceso permite reducir el consumo energético y el hierro obtenido puede emplearse en convertidores de arco eléctrico, BOF, de inducción y altos hornos.

oxígeno. La facilidad con que cada elemento se combina con el oxígeno no sólo depende de la afinidad que tengan con éste, sino de la naturaleza de los productos de la reacción y de la velocidad de la misma, ocurre así que a temperatura elevada el carbono se oxida fácil y rápidamente, y el óxido de carbono puede liberarse sin problema por su naturaleza gaseosa. Los óxidos generados por los otros elementos pasan a formar parte de la escoria fusible, que se separa por su menor densidad. Cabe señalar que el óxido de hierro actúa también como puente de oxígeno, porque tanto el silicio como el manganeso capturan el del óxido de hierro y ellos, a su vez, se oxidan.

En la segunda parte del proceso hay que eliminar el óxido de hierro presente, para lo que se añade al baño un compuesto o elementos de mayor afinidad por el oxígeno que por el hierro, usualmente ferromanganeso o silicio, según la composición del acero que se busque. En cualquier caso, y como se ha indicado antes, los óxidos de estos elementos pasan a formar parte de la escoria por su insolubilidad en el baño y su menor densidad. En los hornos eléctricos de arco el proceso es susceptible de mejorarse por adición de carbono, que no sólo actúa como desoxidante, sino que en presencia de una escoria rica en cal y a alta temperatura actúa como desulfurante.

Una vez salido el acero, se puede convertir en lingotes o bien puede ser sometido a la colada continua directa. Los procedimientos posibles son entonces:

A) El lingoteo, que ya es poco utilizado.

B) La colada continua que es el moderno procedimiento combinado de colada y conformación que se emplea comúnmente

Los lingotes obtenidos (procedimiento (A)) no son utilizables industrialmente sin previas transformaciones, tanto geométricas como estructurales. Estas transformaciones se efectúan mediante los llamados "procesos de conformación", de los cuales la forja y el

laminado permiten la obtención de semiproductos y productos acabados bastos o toscos, y otros que consisten en estampar, convertir al metal en hilos, embutir metales etc. proporcionan productos acabados de tipo específico y depurado. El moldeo es un proceso de conformación que se efectúa con el metal en estado líquido y que consiste en emplear moldes de arena o de metal para obtener las piezas de las formas deseadas.

Cuando el material se obtiene mediante colada continua directa, es sometido a procesos finales de laminación en caliente y para algunos productos también en frío, para así obtener los productos finales.

Por las adiciones que se hacen a los aceros podemos clasificarlos en dos grandes grupos: al carbono y aleados.

Los aceros al carbono son aquellos que contienen fundamentalmente éste, elemento, que regula las cualidades mecánicas de los primeros. En ellos aparecen contenidos sensibles de elementos como manganeso, silicio, fósforo y azufre, pero su presencia es sólo resultado de las materias que intervienen en el proceso de obtención y no adiciones específicas para modificar las propiedades del acero.

En los aceros aleados, por el contrario, aparte del carbono se hallan otros elementos, que se añaden para modificar alguna o algunas de sus propiedades. Para emplear uno u otro material para las aleaciones, se toman en cuenta, además de las características que brindan al combinarse, los costos de producción y la abundancia o escasez del mismo. De esta manera, hay aleaciones que presentan cualidades "superiores" a otras, sin embargo, no son económicamente viables debido a los costos de producción.

Los elementos empleados en las aleaciones del acero responden a criterios cualitativos en cuanto a las características que brindan en los procesos productivos a que son

destinados y -ligado a esto- a criterios que los hacen convertirse en "estratégicos" para los más importantes países productores de medios de producción.

Los cada vez más complejos procesos productivos, y el uso de herramientas más sofisticadas, hacen necesarios materiales que brinden características más específicas para responder a las peculiaridades que el desarrollo tecnológico requiere, tales como: mayor dureza, elasticidad, y resistencia a la corrosión, a altas o bajas temperaturas, y a elementos químicos, ligereza; o bien materiales que combinen varias de estas características a la vez. Un problema correlativo a las innovaciones tecnológicas en la búsqueda de mayor ligereza de los materiales, es que ésta brinda la posibilidad de un gran ahorro energético, no debemos olvidar que, hasta el momento, el problema del suministro energético -petróleo, gas, electricidad, energía nuclear- ha representado, para los países desarrollados una importante dificultad a resolver.

El criterio de lo "estratégico" que los países tecnológicamente desarrollados, y principalmente E.U.A, han determinado, se refiere al uso de minerales en defensa nacional e industria. La preocupación de esos países, se basa en que ante la falta de suministro de minerales para las áreas consideradas estratégicas, no se tengan sustitutos apropiados.

El problema de la posibilidad de falta de suministros remite a la cuestión, por un lado, de las relaciones entre naciones, y por otro, a la situación económica, política y social interna de los países proveedores de minerales estratégicos para la industria y defensa de los países industrializados. La Office of Technology Assessment del Congreso de Estados Unidos plantea que el depender de una o pocas naciones abastecedoras del mineral estratégico los hace vulnerables a las perturbaciones locales de los países en cuestión. El otro problema es el que se refiere a las relaciones internacionales y al hecho de que las reservas de algún

mineral estratégico se encuentren en alguna nación "no amiga". Y por último, toman en cuenta un eventual bloqueo del transporte marítimo del mineral en caso de guerra.

Existe un gran número de minerales de los que carece Estados Unidos de América, como estaño, berilio, cadmio, cobalto, cromo, manganeso, níquel, minerales del grupo del platino, etc., pero son cuatro los que se consideran más importantes: cromo, cobalto, manganeso y minerales del grupo del platino.²²

Las principales aleaciones del acero quedan enumeradas en seguida; esta lista que presento tiene un orden por grado de importancia, tanto cuantitativamente, es decir, las aleaciones más utilizadas, como cualitativamente, refiriéndonos a las que brinden las cualidades que mejor se adecuan a las necesidades productivas de la industria tecnológicamente más desarrollada.

- **Cromo.** Es el elemento más frecuentemente utilizado en las aleaciones de acero y la base de una importante gama de aceros especiales. Las características que brinda son: aumento de la resistencia y tenacidad del acero, le confiere propiedades anticorrosivas y estabiliza el tamaño del grano, retardando su crecimiento.
- **Manganeso.** Se emplea en virtualmente todos los tipos de acero, aumenta el temple de los mismos así como su dureza y resistencia al desgaste; una importante cualidad es que interviene como desoxidante.
- **Níquel.** También se le emplea en los aceros aleados. Actúa de forma similar al cromo, y además eleva la resistencia del acero a la fatiga y la ductilidad, sobre todo a muy bajas temperaturas (para las más bajas se emplea una aleación que contenga cromo y níquel).

²²Ver OTA, *Strategic materials technologies to reduce U.S. import vulnerability*, Washington, D.C. mayo de 1985. Y Peter Harben. "Strategic minerals" en revista *Earth*, vol. 1 #4, julio de 1992.

- **Silicio.** Se usa como desoxidante y aumenta el límite elástico del acero y su resistencia al desgaste.
- **Molibdeno.** Se encuentra en muchos aceros aleados, incrementa la resistencia y la dureza y contribuye a que éstas se mantengan altas, incluso a temperaturas relativamente elevadas.
- **Cobalto.** Ejerce una influencia más intensa que el molibdeno respecto al mantenimiento de características a altas temperaturas.
- **Volframio o tungsteno.** Es otro de los elementos que, al reforzar la dureza del acero, permiten que ésta se mantenga a elevadas temperaturas
- **Titanio.** Actúa como un afinador del grano, mantiene su estabilidad a elevadas temperaturas y es un buen desoxidante.
- **Vanadio.** Se comporta de forma similar al titanio aunque su actividad es más enérgica.
- **Azufre.** Convenientemente adicionado constituye con el manganeso un compuesto (sulfuro de manganeso) homogéneamente disperso en la masa del acero en forma de inclusiones plásticas, que facilitan la maleabilidad del acero. Sólo en este caso es deseable la presencia del azufre, ya que confiere fragilidad en caliente al acero.

Estas aleaciones sirven a una amplia gama de usos en la industria, por su destino productivo podemos englobar a los aceros en: para la construcción, para herramientas e inoxidable

Aceros para la construcción

Se les usa mucho en la fabricación de dispositivos mecánicos, la construcción de máquinas, y la industria automotriz y aeronáutica. Aunque los simples aceros al carbono pueden utilizarse para la construcción, se emplean más frecuentemente los aleados debido a

las mejores características que brindan. Los elementos más comunes en la aleación para aceros de construcción son cromo, níquel y molibdeno. Hay una amplia gama de ellos que permiten responder a empleos muy diversos.

En los aceros de construcción se desarrolla un tipo con características especiales, que tienen que responder a las necesidades que exige la tecnología avanzada, como la aeronáutica y la aeroespacial. Existe un grupo de aceros especiales llamados de "alta resistencia" que soportan elevados pesos, pero el problema no es sólo éste, sino que conserven suficiente ductilidad. La solución a ello es la adición de elementos como silicio, vanadio y molibdeno.

Aceros para herramientas

Se distinguen por su gran duración y su buena resistencia al uso. Los aceros al carbono son aún utilizados en la fabricación de herramientas, pero ya son insuficientes en muchos casos. A pesar de su dureza, su resistencia no es mucha, tampoco su resistencia a temperaturas que van más allá de 250° C; por estos inconvenientes se emplean aceros aleados. Debido a la diversidad de las condiciones de trabajo en que participan existe gran cantidad de estos aceros para herramientas, en las que se introduce un número importante de elementos de aleación para disminuir las insuficiencias del acero al carbono. Se pueden considerar dos grandes grupos de aceros para herramientas: Los que trabajan en frío y los que trabajan en calor.

Aceros inoxidable

Son resistentes a los ataques químicos de la atmósfera o de diferentes reactivos. Existe una amplia lista de aceros aleados que pueden resistir el ataque de los reactivos más severos, como los ácidos clorhídrico o nítrico concentrados. El cromo es el elemento de aleación esencial de todos ellos y es el que le da la característica de inoxidable, también se

añaden otros elementos en la estructura como el níquel y el molibdeno; el titanio y el niobio evitan cierto tipo de ataques.

Los aceros inoxidable se emplean mucho, no sólo en la industria química, sino también en el transporte, la industria nuclear, etcétera.

Aceros refractarios

Podemos decir que estos aceros son del tipo de inoxidable, tienen resistencia química y mecánica a temperaturas elevadas y se emplean para evitar la deformación progresiva del metal al ser sometido a ellas, así como a carga durante tiempo prolongado.

Hay diferentes tipos de acero refractario para cada temperatura y carga. Para las temperaturas que rebasan los 500° C debe considerarse también la resistencia a la oxidación por aire. Ésta se obtiene gracias a la adición de cromo. Los aceros refractarios se utilizan para aparatos a presión que funcionan en ambiente de calor, como las calderas y las tuberías. Otros aceros incluyen a la vez cromo, molibdeno y vanadio; tienen los mismos usos, pero sobre todo se usan para las piezas gruesas de fragua.

A partir de los 700° C se dispone de superaleaciones. Tienen como base la combinación de hierro, cromo, níquel y eventualmente cobalto. Para un endurecimiento se usa frecuentemente molibdeno, titanio, niobio y aluminio.

Más allá de los 950° C no se puede considerar a los materiales de este tipo. Se entra en el dominio de las cerámicas o de los metales de alto punto de fusión, como el molibdeno. Esto último concierne al caso de que los metales sean no sólo sometidos a altas temperaturas, sino también a violencias mecánicas. Cuando sólo importa la resistencia a alteraciones químicas se emplean los aceros aleados señalados anteriormente.

Hasta aquí la descripción de los procesos de producción, desde el hierro hasta los aceros más avanzados. Esta breve explicación, aunada al análisis de la información

estadística que se presentará más adelante, permite vislumbrar que debido a que la producción de hierro no entraña procedimientos de gran desarrollo tecnológico, es posible que corra a cargo de países industrializados con reservas, como Estados Unidos, Canadá, la Unión Soviética etcétera, o bien países de mediana industrialización, como Brasil y Venezuela, o incluso la India y Sudáfrica. Sin embargo, no se puede decir lo mismo de la producción de acero, que además del empleo de una tecnología más avanzada necesita un mercado para su realización. Aunque en este nivel debemos aclarar que hablaremos de dos tipos de productores de acero, los que producen objetos de consumo final con un uso de tecnología "media" y que obtienen productos como varillas, alambres, etcétera y los que producen aceros especiales, que son empleados y son producto de tecnologías de punta.

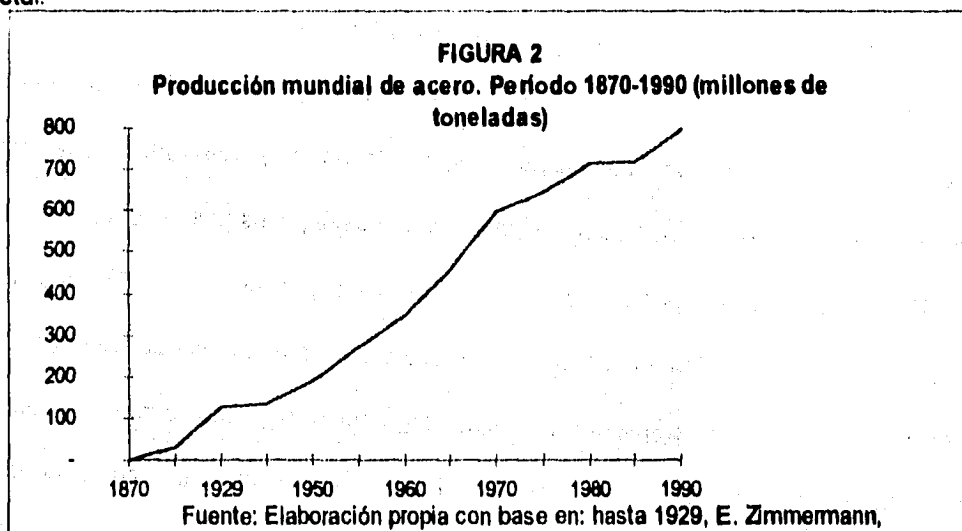
Debido a que la mayor parte de la producción de hierro se destina a la producción de acero, y ésta a su vez a la producción de maquinaria y productos de consumo final tanto de tecnología media como de punta, los países no productores de estos objetos, como India, Brasil o Suecia, exportan su hierro hacia países productores de los objetos señalados, entre los que destacan, por ser grandes importadores de hierro y productores de acero: Japón, Alemania, Francia, Estados Unidos y Reino Unido. Dentro de estas mismas naciones encontramos a las que realizan investigaciones en torno a innovaciones en la producción de aceros especiales o de superaleaciones, como Japón, Alemania y Francia.

Lo anterior hace vislumbrar una división internacional del trabajo, en la que los países con un mediano grado de desarrollo tecnológico estén en posibilidad de producir sólo los objetos que no requieran el uso de nueva tecnología -alambres, tubos, láminas- y los industrializados sigan siendo los productores de productos elaborados con aceros especiales, es decir mantengan la hegemonía tecnológica dentro de sus fronteras. Por demás resulta

comentar que la tecnología de punta en esta rama de la producción -como en cualquier otras de uso exclusivo de empresas japonesas, alemanas, francesas y estadounidenses.

Producción y circulación del hierro y el acero 1960-1990

La figura 2 muestra que la producción del acero a nivel mundial, del último cuarto del siglo pasado hasta 1970, muestra un crecimiento espectacular. Esto no se observa en ningún otro metal.



"World resources and industries" Harper Bros, N. Y. **Statistical Yearbooks of the United Nations**, tomado de Rueda, Isabel et al. **El capitalismo ya no es de acero**, Quinto Sol, México, 1990. En adelante O.N.U. **Minerals Yearbook**, varios años.

Es necesario señalar, sin embargo, que para este periodo histórico los datos estadísticos son tan poco accesibles como confiables, debido principalmente a que no existían, hasta antes de la Primera Guerra Mundial, organismos que realizaran una recopilación y organización de los mismos. Muchos países no llevaban este tipo de estadísticas y otros se negaban a revelar datos; sumado a esto, existía el problema de que los productos no estaban bien definidos. A pesar de ello, en todos los autores consultados al respecto hay homogeneidad respecto a, que fue un periodo de enorme extensión de la

producción de hierro y acero; la muestran como un indicador importante de la industrialización fundada en máquinas y productos de consumo final de dicho material.

Las características específicas del acero lo hacen el material idóneo para el desarrollo del patrón tecnológico puesto en marcha durante este período.

Las exigencias de la industria en general tenían que ser satisfechas con incremento de la productividad del sector productor de acero, por un lado, y por otro, respondiendo a las cualidades que exige el desarrollo de las fuerzas productivas técnicas.

Las innovaciones tecnológicas en la siderurgia responden así a dos exigencias principales de este desarrollo: una mayor cantidad de acero y cualidades cada vez más específicas (mayor dureza y resistencia al calor, a la corrosión, a los golpes, etc.).

El período que comprende desde finales del siglo pasado hasta 1970 muestra, en general, un gran crecimiento de la producción de acero en el mundo; hay que aclarar que este crecimiento no ha sido uniforme durante este largo período y que, como el acero es el fundamento de la producción industrial, lo afectan directamente las crisis cíclicas del capitalismo. Sin embargo, sólo la crisis desatada en 1929 afectó severamente a la producción de acero en el mundo, lo que se tradujo en una disminución en su producción. A pesar de esto, podemos hablar de un crecimiento más o menos constante de la misma (Ver figura 2.).

En este recuento interesa particularmente detenerse en el período más reciente y verificar si se mantiene la importancia del hierro y el acero en el patrón tecnológico que se genera con la microelectrónica, así como explorar las bases de la división internacional del trabajo en este campo y sus implicaciones para el desarrollo mundial.

En el decenio que va de 1960 a 1970 hay un crecimiento porcentual de la producción de hierro a nivel mundial de 49.28% y de acero de 16.47% (ver cuadro 2, figura 3 y cuadro 3 figura 4)

FIGURA 3

Producción total mundial de hierro 1960-1990 (miles de toneladas métricas)

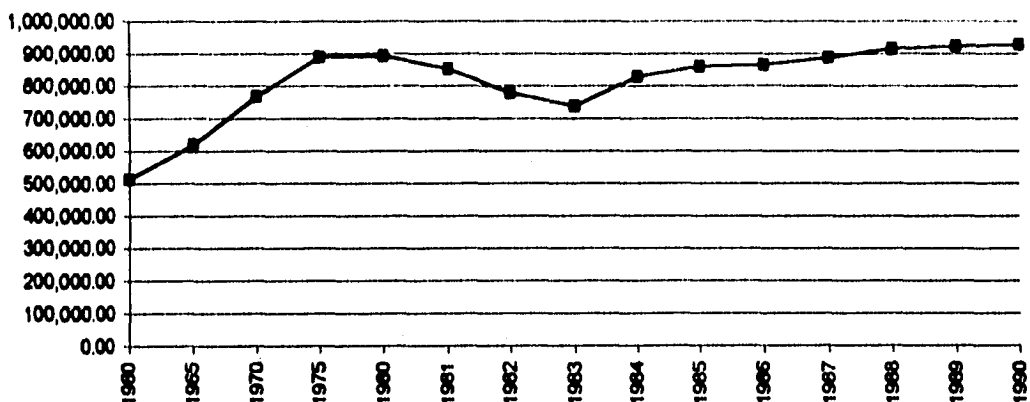
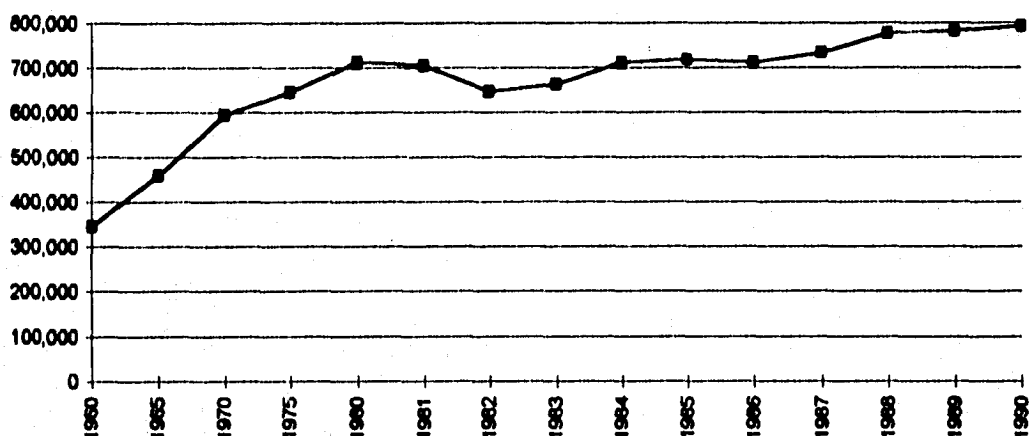


FIGURA 4

Producción total de acero en el mundo 1960-1990 (miles de toneladas métricas)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadros de producción mundial de hierro y acero 1960-1990.

Este período histórico pertenece aún al ciclo de crecimiento mundial que se observa desde 1945. De esta manera, el enorme incremento porcentual de la producción mundial de hierro y acero responde al auge tecnológico de la posguerra, periodo en que los países destruidos tuvieron primero que reconstruir y modernizar las ciudades y el aparato productivo

HIERRO*	VOLUMEN DE LA PRODUCCION		1965		1970		1975		1980		1985		1990	
	PAISES	1960	%	1965	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1990
TOTAL MUNDIAL	515,232.8	100.0	621,002.7	100.0	769,163.0	100.0	891,592.0	100.0	895,867.0	100.0	862,200.0	100.0	928,900.0	100.0
URSS	107,001.3	20.8	153,434.2	24.7	195,492.0	25.4	233,000.0	26.1	244,713.0	27.3	247,600.0	28.7	239,000.0	25.7
E.U.A.	90,202.8	17.5	88,843.3	14.3	91,201.0	11.9	80,132.0	9.0	70,730.0	7.9	49,500.0	5.7	53,900.0	5.8
FRANCIA	66,911.6	13.0	59,533.0	9.6	56,805.0	7.4	49,652.0	5.6	28,981.0	3.2				
CHINA	54,968.8	10.7	39,016.7	6.3	44,000.0	5.7	65,000.0	7.3	68,000.0	7.6	80,000.0	9.3	105,000.0	11.3
SUECIA	21,311.9	4.1	29,354.0	4.7	31,509.0	4.1	32,639.0	3.7	27,184.0	3.0	20,500.0	2.4	23,000.0	2.5
VENEZUELA	19,490.1	3.8	17,510.8	2.8									19,000.0	2.0
CANADA	19,373.2	3.8	36,251.0	5.8	47,459.0	6.2	46,868.0	5.3	48,754.0	5.4	39,500.0	4.6	34,000.0	3.7
ALEMANIA DEL OESTE	18,869.3	3.7												
REINO UNIDO	17,323.8	3.4	15,662.6	2.5										
INDIA	10,682.9	2.1	23,830.7	3.8	31,366.0	4.1	41,297.0	4.6	41,936.0	4.7	42,500.0	4.9	50,000.0	5.4
BRASIL			20,754.0	3.3	40,200.0	5.2	71,724.0	8.0	114,732.0	12.8	128,300.0	14.9	162,000.0	17.4
AUSTRALIA					51,189.0	6.7	97,652.0	11.0	95,534.0	10.7	97,400.0	11.3	112,000.0	12.1
LIBERIA					23,661.0	3.1	27,163.0	3.0						
SUDAFRICA									26,312.0	2.9	24,400.0	2.8	33,000.0	3.6
SUBTOTAL	426,135.6	82.7	484,190.2	78.0	612,882.0	79.7	745,127.0	83.6	766,876.0	85.6	729,700.0	84.6	830,900.0	89.4

* LOS DATOS SON DE HIERRO EN MENA, HIERRO EN MENA CONCENTRADO Y HIERRO EN MENA AGLOMERADO
ELABORACION PROPIA CON BASE EN:

MINERALS YEARBOOK HASTA 1981, EL RESTO FUE EXTRAIDO DEL COMMODITY YEARBOOK

LOS DATOS DE 1989 SON PRELIMINARES Y LOS DE 1990 SON ESTIMADOS

CUADRO 3

ACERO*	VOLUMEN DE LA PRODUCCION						MILES DE TONELADAS METRICAS							
	1960	%	1965	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1990	%
TOTAL MUNDIAL	345,824.6	100.0	458,731.1	100.0	594,418.0	100.0	646,416.0	100.0	713,788.0	100.0	717,886.0	100.0	793,800.0	100.0
E.U.A.	90,068.6	26.0	119,262.3	26.0	119,308.0	20.1	105,816.0	16.4	101,455.0	14.2	80,067.0	11.2	88,905.6	11.2
URSS	65,301.2	18.9	91,022.1	19.8	115,886.0	19.5	141,000.0	21.8	147,941.0	20.7	154,688.0	21.5	157,852.8	19.9
ALEMANIA DEL OESTE	34,100.7	9.9	36,821.4	8.0	45,041.0	7.6	40,415.0	6.3	43,838.0	6.1	40,497.0	5.6	40,824.0	5.1
REINO UNIDO	24,674.0	7.1	27,444.6	6.0	28,316.0	4.8	20,200.0	3.1			15,722.0	2.2	18,688.3	2.4
JAPON	22,138.4	6.4	41,161.5	9.0	93,322.0	15.7	102,314.0	15.8	111,395.0	15.6	105,279.0	14.7	108,410.4	13.7
CHINA	18,452.4	5.3	14,968.8	3.3	18,000.0	3.0	29,000.0	4.5	37,120.0	5.2	46,700.0	6.5	61,689.6	7.8
FRANCIA	17,279.4	5.0	19,340.6	4.2	23,773.0	4.0	21,492.0	3.3	23,176.0	3.2	18,832.0	2.6	19,958.4	2.5
ITALIA	8,229.2	2.4	12,680.8	2.8	17,277.0	2.9	21,836.0	3.4	26,501.0	3.7	23,744.0	3.3	26,762.4	3.4
BELGICA	7,189.6	2.1	9,169.1	2.0	12,607.0	2.1								
POLONIA	6,881.1	2.0	9,088.3	2.0	11,795.0	2.0	15,007.0	2.3	19,485.0	2.7	16,126.0	2.2		
CHECOSLOVAQUIA							14,315.0	2.2						
BRASIL									15,399.0	2.2	20,456.0	2.8	19,958.4	2.5
CANADA									15,887.0	2.2				
COREA													22,680.0	2.9
SUBTOTAL	294,314.7	85.1	380,959.6	83.0	485,325.0	81.6	511,395.0	79.1	542,197.0	76.0	522,111.0	72.7	565,729.9	71.3

* LOS DATOS DE 1975-1986 SON DE ACERO CRUDO, EL RESTO SON DE ACERO EN LINGOTES Y FUNDIDO
LOS DATOS DE 1988 SON PREELIMINARES. LOS DE 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS.

FUENTE:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK O.N.U. DE 1960 A 1986
EL RESTO SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK O.N.U. 1991

en general para, así, disminuir su rezago con respecto al nuevo patrón tecnológico que se desarrollaba principalmente en Estados Unidos, y una vez reconstruido el aparato productivo, se presentó un fenómeno de expansión de la industria.

Otro de los elementos dignos de destacar es el aumento de la demanda y producción de automóviles que se verifica a partir de 1945, ya que esta rama era, en ese tiempo, la más importante consumidora de acero en Estados Unidos, en Japón era la segunda y en el oeste europeo la tercera. "En el periodo de posguerra, en 1950, la producción mundial de vehículos de motor, incluidos carros de pasajeros y camiones, fue de 10.6 millones de unidades... para 1960, la producción se incrementa a 16.4 millones de unidades, y en los siguientes tres años hay un gran incremento en la producción a 34.2 millones de unidades para 1973, en 1975 hay un descenso a 33.3 millones y en 1978 se producen 42.5 millones."²³ Sumado a esto observamos que algunos de los países menos industrializados fueron incluidos en esta reorganización del capital mediante la inversión extranjera.

En este periodo los grandes productores de hierro son la Unión Soviética, Estados Unidos, Francia y China, que juntos constituyen un 62% de la producción mundial. Los de acero son Estados Unidos, Unión Soviética, Alemania Federal, Reino Unido y Japón, que reúnen 60% de la producción en 1960 y 67.7% en 1970 (ver figura 5). Cabe destacar que en este ciclo Alemania deja de figurar entre los diez principales productores de hierro a nivel mundial, esto se debió sobre todo a que el país sólo cuenta ya con yacimientos de bajo contenido metálico, por lo que es más conveniente importar el metal que producirlo.

Para obtener hierro a partir del mineral que lo contiene, es necesario un proceso de fundición. Para obtener acero a partir de esta fundición, hay que someterla a un proceso de

²³Hogan, S. J. Op. cit..

eliminación de carbón, que implica el uso de maquinaria un poco más especializada, es decir, hornos, convertidores, etc., lo que significa un mayor desarrollo tecnológico para la producción de acero que de hierro. En la de hierro pueden intervenir tanto los países más industrializados como los de mediana industrialización, es por esto que encontramos entre los primeros a Estados Unidos, la Unión Soviética y Francia, y entre los de mediana industrialización a China. Sin embargo, estas naciones se caracterizan no sólo porque cuentan con la infraestructura necesaria para la producción, sino también y sobre todo porque tienen la infraestructura para su consumo (ver figura 6).

En la producción de acero tenemos, en primer lugar, a los países considerados de alta industrialización y en segundo término a otros menos industrializados (China, Italia, Bélgica y Polonia). Es importante señalar que el acero, es tradicionalmente, un material esencial para el proceso de industrialización de las naciones, es por ello que se explica la producción de acero en estos lugares de mediana industrialización en donde es necesario para la conformación de la estructura material metálica de su industria (ver figura 6).

Cabe resaltar que la Unión Soviética y los Estados Unidos, que son de los primeros productores tanto de hierro como de acero, se diferencian sin embargo, en que la Unión Soviética, en este periodo, no sólo produce hierro para su autoconsumo, sino que exporta hacia Europa Central. Estados Unidos, por su parte, aunque no produce lo suficiente para su consumo, cuenta con mercados seguros para su abastecimiento, como son Canadá y Venezuela, principalmente (ver cuadro 4).

Para la década de 1970-1980 el crecimiento porcentual de la producción de hierro fue de 16.47%, lo que significa menos de la mitad del crecimiento del decenio anterior; el crecimiento del acero fue de 20.05%, que es un poco mayor al del decenio anterior. Este "desplome" del crecimiento de la producción de hierro, en comparación con el ligero aumento

de la de acero (es decir, que el hierro pierda dinamismo en su crecimiento y el acero se mantenga e incluso crezca un poco) podemos explicarlo a partir del proceso de producción del acero, ya que se lleva a cabo no necesariamente con hierro "nuevo", sino con chatarra recuperada.

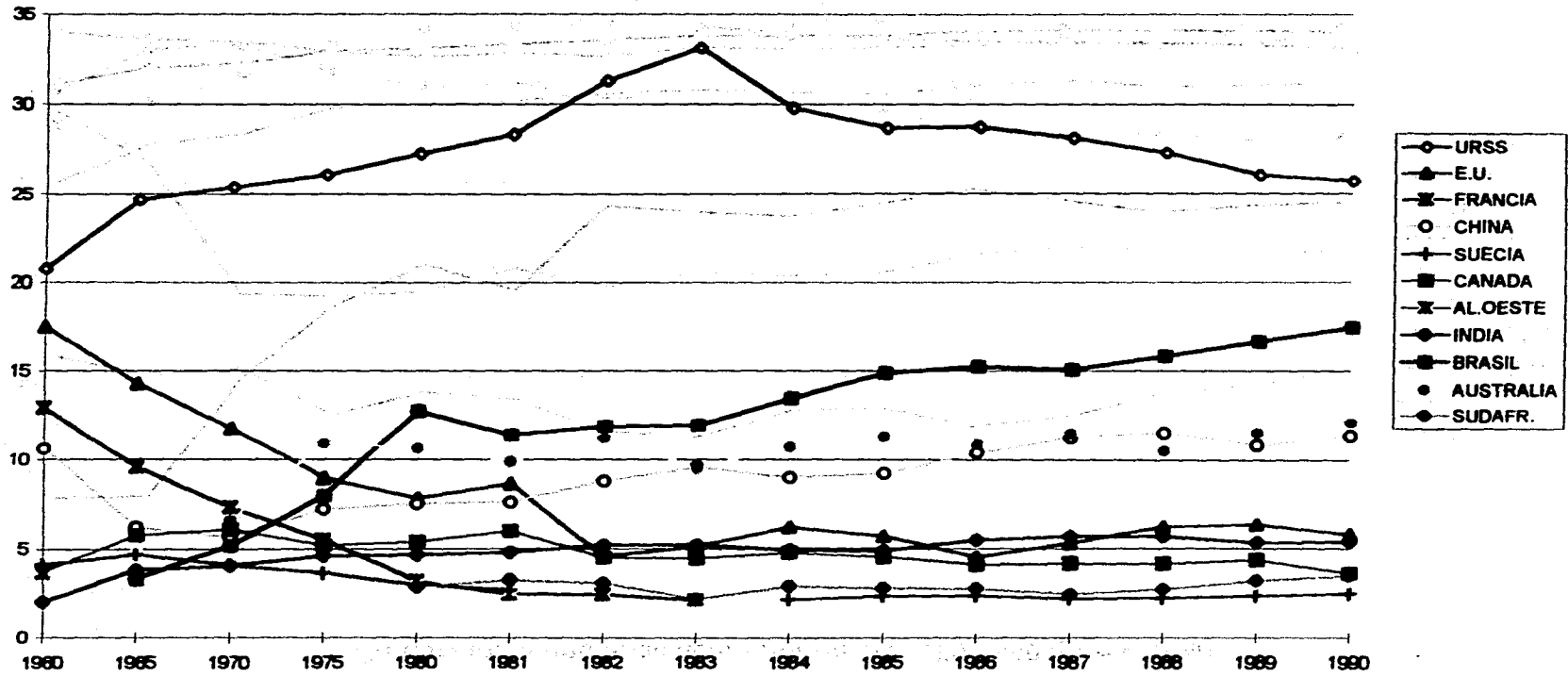
En estos años, el crecimiento porcentual de la producción de hierro ya no es tan espectacular como en el decenio pasado esto lo podemos atribuir, por un lado, a la grave crisis económica mundial que desde finales de los años 60 empieza a manifestarse. El desarrollo tecnológico que se había observado en los decenios posbélicos entra en una fase de desaceleración, y por otro lado, al inicio de la tecnología basada en la miniaturización de los medios de producción, lo que necesariamente provoca una disminución cuantitativa en el consumo y producción de hierro y acero.

En lo referente a principales productores de hierro tenemos que para 1980 se mantiene la Unión Soviética y entran con gran empuje Brasil y Australia, estos tres países constituyen un 40.1% de la producción mundial (ver figura 5). Estados Unidos y Francia pierden importancia como productores, lo que puede explicarse por el relativo agotamiento de sus reservas. En el caso de Francia, los minerales extraídos tienen cada vez menos contenido de metal, y es más rentable importarlos. La producción de Estados Unidos se basó mucho tiempo en los yacimientos de la región de Minnessota, a los que en los años 60-70 se les daban 10 años de vida. En ese tiempo, ese país decía que contaba con yacimientos de bajo contenido de hierro y de difícil acceso.

En lo que se refiere a la producción de acero, tenemos a Estados Unidos, Unión Soviética, Japón y Alemania Federal en los primeros lugares a nivel mundial. Juntos tienen 56.6% de la producción (ver figura 6). Cabe destacar que de estos cuatro países sólo la Unión Soviética no se ve obligada a importar hierro y las otras tres naciones son las principales

FIGURA 5

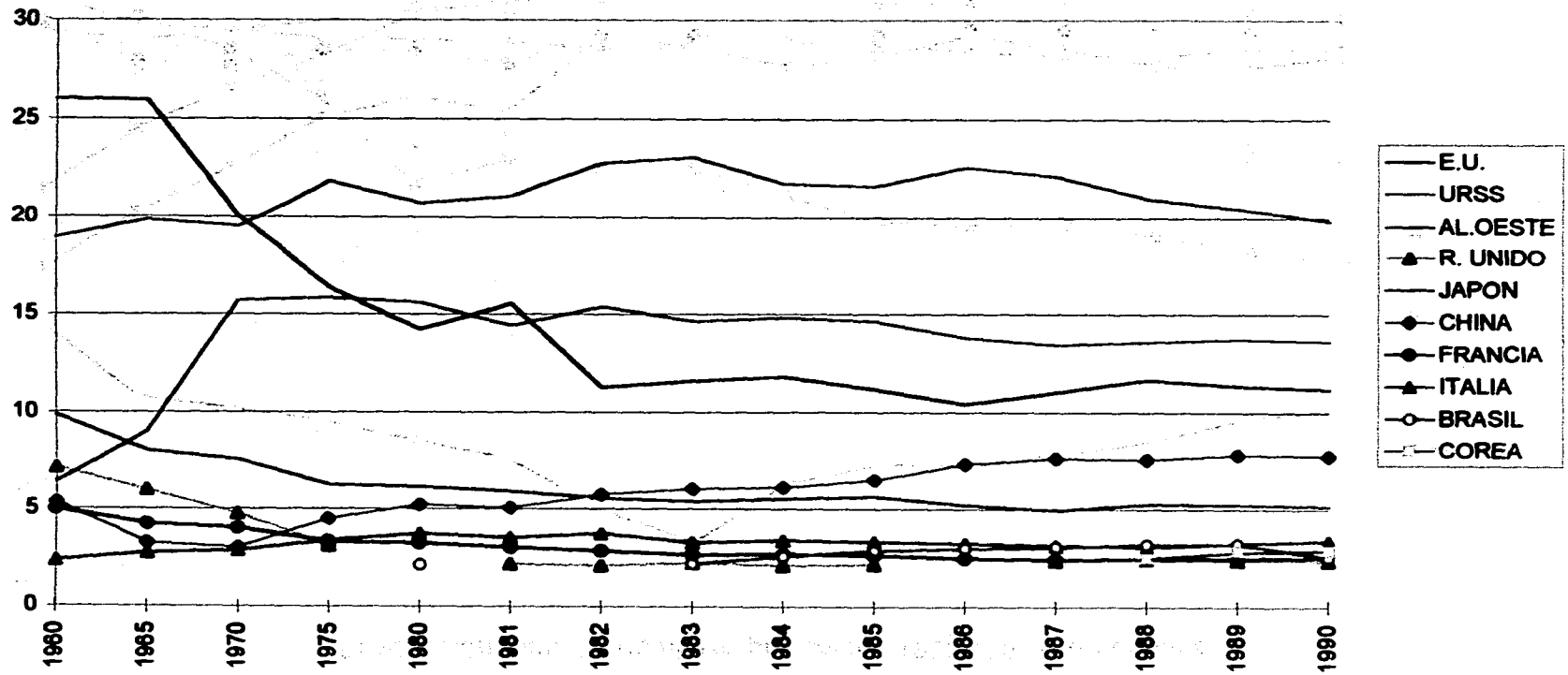
Producción mundial de hierro por países 1960-1990 (porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de hierro 1960-1990

FIGURA 6

Producción mundial de acero por países 1960-1990 (porcentual)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de acero 1960-1990.

importadoras mundiales (54.1%). Los exportadores principales son Australia, la propia Unión Soviética, Canadá y Brasil (62.6%), países que tienen en común su gran extensión territorial y que se distinguen (a excepción de la Unión Soviética) por no ser grandes productores de acero (ver cuadro 4).

Para la década que va de 1980 a 1990 la producción de hierro creció 3.68% y la de acero 11.21%.

La crisis iniciada en la década de los 60 se agudizó para ese periodo y se convirtió en la más prolongada y severa recesión por la que ha pasado el capitalismo desde los 30. Este hecho, aunado a factores como la creciente sustitución de materias primas naturales por sintéticas, así como el uso de metales con alto grado de pureza (y por ello una menor cantidad en su uso), son los factores principales por los que la cantidad de hierro producido se mantiene prácticamente estable (ver figura 3).

Como en el periodo anterior, la producción de hierro corre a cargo de la Unión Soviética, Brasil, Australia y China principalmente, para 1990 hay una gran concentración de la producción entre la Unión Soviética y Brasil, países que reúnen el 43.1% de la producción mundial. (Ver figura 6). China merece mención aparte, ya que ha aparecido siempre entre los diez principales productores de hierro, pero el metal obtenido lo emplea para su propia producción de acero, ya que no se encuentra como exportador ni como importador de hierro. Este país resuelve su demanda interna con su propia producción. La Unión Soviética, como habíamos mencionado antes, no sólo resuelve su demanda, sino que incluso exporta. Por otro lado, Brasil y Australia son naciones que producen hierro principalmente para la exportación al no encontrarse como productores importantes de acero (aunque para 1990, Brasil tiene ya 2.5% de la producción mundial).

Los principales productores de acero son la Unión Soviética, Japón, E.U. A., China y Alemania Federal, con 49.9% de la producción (ver figura 6). Los principales importadores de hierro son Japón y Alemania Federal. Es evidente que en los años 70 los principales importadores eran países con un alto grado de industrialización. Para los años 90 se perfila el reparto de las importaciones de acero entre naciones con grados variables de desarrollo tecnológico: Estados Unidos, Corea, Rumania, Reino Unido, Checoslovaquia, Italia y Francia (ver cuadro 4).

Las exportaciones de hierro se encuentran concentradas en dos países principalmente, Australia y Brasil, que juntos acaparan 51.5%.

Por su parte, los importadores de hierro o son los países más industrializados del planeta, o bien, cuentan con una base "media" de industrialización. Éstos, más algunos de los productores de hierro, son los que conforman el bloque de productores de acero, los que, aparte de tener un gran desarrollo industrial, cuentan con un mercado para el consumo de los productos elaborados con acero. Dentro de los productores de éste también observamos a los países que han sido "incorporados" a la industrialización mundial, y que han servido de maquiladores de las grandes potencias, como es el caso de Brasil y Corea.

Otro punto a resaltar aquí, es el problema que previamente se introdujo y que se refiere a la vulnerabilidad minera de los países industrializados, vinculada con el uso de los minerales para la gestión tecnológica. Esta cuestión nos remite también al asunto de las zonas de influencia o "territorios accesibles" para el abastecimiento minero de dichos países.

Si bien la Unión Soviética resultaría la menos vulnerable en lo que se refiere a tener segura su producción de hierro y acero, con el desmembramiento de esta nación en pequeños países (que actualmente se encuentran en guerras entre sí por problemas étnicos y culturales pero que también pueden tener de trasfondo una disputa territorial por los grandes

CUADRO 4

HIERRO (MENA)

VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES

MILES DE TONELADAS METRICAS

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	317,579.0	100.0	375,439.0	100.0	386,092.0	100.0	373,055.0	100.0	412,714.0	100.0
PAISES DESARROLLADOS	276,475.0	87.1	319,717.0	85.2	301,178.0	78.0	280,268.0	75.1	301,679.0	73.1
PAISES SUBDESARROLLADOS	1,987.0	0.6	3,448.0	0.9	21,054.0	5.5	30,004.0	8.0	51,727.0	12.5
G. Económica Europea	112,896.0		124,478.0		123,978.0		128,139.0		140,075.0	
EFTA*	3,139.0		4,494.0		5,710.0		5,768.0		7,069.0	
JAPON	114,843.0	36.2	131,657.0	35.1	133,721.0	34.6	124,513.0	33.4	127,709.0	30.9
E. U. A.	40,768.0	12.8	47,493.0	12.6	25,459.0	6.6	16,024.0	4.3	19,606.0	4.8
ALEMANIA FEDERAL	40,322.0	12.7	46,200.0	12.3	49,834.0	12.9	45,007.0	12.1	47,170.0	11.4
BELGICA-LUXEMBURGO	28,150.0	8.9	25,520.0	6.8	22,182.0	5.7	18,997.0	5.1	19,787.0	4.8
REINO UNIDO	17,473.0	5.5	15,783.0	4.2	8,529.0	2.2	15,405.0	4.1	19,179.0	4.6
CHECOSLOVAQUIA	12,592.0	4.0	14,565.0	3.9	12,819.0	3.3	11,268.0	3.0	9,765.0	2.4
POLONIA	12,400.0	3.9	15,400.0	4.1	20,150.0	5.2	16,973.0	4.5	13,441.0	3.3
ITALIA	11,158.0	3.5	15,649.0	4.2	16,913.0	4.4	18,295.0	4.9	18,201.0	4.4
FRANCIA	9,370.0	3.0	13,169.0	3.5	18,643.0	4.8	16,220.0	4.3	19,955.0	4.8
COREA					9,130.0	2.4	11,167.0	3.0	22,790.0	5.5
RUMANIA	6,939.0	2.2	10,879.0	2.9	15,984.0	4.1	15,207.0	4.1	13,626.0	3.3
PAISES BAJOS			7,369.0	2.0	7,586.0	2.0	8,507.0	2.3	8,153.0	2.0
CHINA							10,114.0	2.7	12,593.0	3.1
TOTAL PARCIAL	294,015.0	92.6	343,684.0	91.5	340,950.0	88.3	327,697.0	87.8	351,975.0	85.3

VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	318,035.0	100.0	380,953.0	100.0	377,234.0	100.0	376,577.0	100.0	420,269.0	100.0
PAISES DESARROLLADOS	143,472.0	45.1	166,089.0	43.6	179,110.0	47.5	164,202.0	43.6	180,769.0	43.0
PAISES SUBDESARROLLADOS	136,063.0	42.8	189,229.0	44.4	159,016.0	42.2	189,495.0	44.7	199,620.0	47.5
G. Económica Europea	18,404.0		16,188.0		9,001.0		6,843.0			
EFTA*	29,128.0		23,633.0		23,735.0		20,881.0			
AUSTRALIA	52,800.0	16.6	80,360.0	21.1	80,375.0	21.3	86,914.0	23.1	104,500.0	24.9
URSS	36,500.0	11.5	43,626.0	11.5	38,108.0	10.1	43,880.0	11.7	39,880.0	9.5
CANADA	34,164.0	10.7	36,600.0	9.6	38,992.0	10.3	32,124.0	8.5	30,222.0	7.2
BRASIL	31,020.0	9.8	72,522.0	19.0	78,958.0	20.9	91,781.0	24.4	111,641.0	26.6
SUECIA	26,179.0	8.2	20,332.0	5.3	20,998.0	5.6	18,303.0	4.9	17,462.0	4.2
LIBERIA	20,651.0	6.5	18,716.0	4.9	17,199.0	4.6	16,100.0	4.3	12,747.0	3.0
INDIA	19,355.0	6.1	22,796.0	6.0	24,768.0	6.6	28,600.0	7.6	33,478.0	8.0
VENEZUELA	19,100.0	6.0	19,400.0	5.1	11,723.0	3.1	9,032.0	2.4	14,437.0	3.4
FRANCIA	18,304.0	5.8	15,991.0	4.2	8,653.0	2.3	4,628.0	1.2		
CHILE	10,304.0	3.2	9,065.0	2.4	7,582.0	2.0	4,800.0	1.3	7,422.0	1.8
MAURITANA	8,601.0	2.7	11,600.0	3.0	8,700.0	2.3	9,333.0	2.5	11,138.0	2.7
ANGOLA	5,498.0	1.7								
PERU	9,468.0	3.0	5,574.0	1.5	4,227.0	1.1	5,242.0	1.4	4,014.0	1.0
SUDAFRICA	3,343.0	1.1			15,900.0	4.2	10,226.0	2.7	14,566.0	3.5
E. U. A.	3,110.0	1.0			5,800.0	1.5	5,114.0	1.4	5,365.0	1.3
NORUEGA	2,900.0	0.9								
SUIZA	2,898.0	0.9								
SIERRA LEONA	2,610.0	0.8								
ESPAÑA	2,345.0	0.7								
FILIPINAS					4,264.0	1.1			4,600.0	1.1
TOTAL PARCIAL	309,138.0	97.2	356,582.0	93.6	366,247.0	97.1	366,277.0	97.3	411,473.0	97.9

*European Free Trade Association

Fuente: Elaboración propia con base en: ONU International trade statistics yearbook, Estados Unidos, 1989.

CUADRO 4

HIERRO (MENA)

VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES

MILES DE TONELADAS METRICAS

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	317,579.0	100.0	375,439.0	100.0	386,092.0	100.0	373,055.0	100.0	412,714.0	100.0
PAISES DESARROLLADOS	276,475.0	87.1	319,717.0	85.2	301,178.0	78.0	280,268.0	75.1	301,679.0	73.1
PAISES SUBDESARROLLADOS	1,987.0	0.6	3,448.0	0.9	21,054.0	5.5	30,004.0	8.0	51,727.0	12.5
C. Económica Europea	112,896.0		124,476.0		123,978.0		126,139.0		140,075.0	
EFTA*	3,139.0		4,464.0		5,710.0		5,768.0		7,069.0	
JAPON	114,643.0	36.2	131,657.0	35.1	133,721.0	34.6	124,513.0	33.4	127,709.0	30.9
E. U. A.	40,768.0	12.8	47,493.0	12.6	25,459.0	6.6	16,024.0	4.3	19,606.0	4.8
ALEMANIA FEDERAL	40,322.0	12.7	46,200.0	12.3	49,834.0	12.9	45,007.0	12.1	47,170.0	11.4
BELGICA-LUXEMBURGO	28,150.0	8.9	25,520.0	6.8	22,182.0	5.7	18,997.0	5.1	19,787.0	4.8
REINO UNIDO	17,473.0	5.5	15,783.0	4.2	8,529.0	2.2	15,405.0	4.1	19,179.0	4.6
CHECOSLOVAQUIA	12,592.0	4.0	14,565.0	3.9	12,819.0	3.3	11,268.0	3.0	9,765.0	2.4
POLONIA	12,400.0	3.9	15,400.0	4.1	20,150.0	5.2	16,973.0	4.5	13,441.0	3.3
ITALIA	11,158.0	3.5	15,649.0	4.2	16,913.0	4.4	18,295.0	4.9	18,201.0	4.4
FRANCIA	9,370.0	3.0	13,169.0	3.5	18,643.0	4.8	16,220.0	4.3	19,955.0	4.8
COREA					9,130.0	2.4	11,167.0	3.0	22,790.0	5.5
RUMANIA	6,939.0	2.2	10,879.0	2.9	15,964.0	4.1	15,207.0	4.1	13,626.0	3.3
PAISES BAJOS			7,369.0	2.0	7,586.0	2.0	6,507.0	2.3	8,153.0	2.0
CHINA							10,114.0	2.7	12,593.0	3.1
TOTAL PARCIAL	294,015.0	92.6	343,684.0	91.5	340,950.0	88.3	327,697.0	87.8	351,975.0	85.3

VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	318,035.0	100.0	380,953.0	100.0	377,234.0	100.0	376,577.0	100.0	420,269.0	100.0
PAISES DESARROLLADOS	143,472.0	45.1	166,098.0	43.6	179,110.0	47.5	164,202.0	43.6	180,769.0	43.0
PAISES SUBDESARROLLADOS	136,063.0	42.8	169,229.0	44.4	159,016.0	42.2	188,495.0	44.7	199,620.0	47.5
C. Económica Europea	18,404.0		16,188.0		9,001.0		6,843.0			
EFTA*	29,128.0		23,633.0		23,735.0		20,881.0			
AUSTRALIA	52,800.0	16.6	80,360.0	21.1	80,375.0	21.3	86,914.0	23.1	104,500.0	24.9
URSS	36,500.0	11.5	43,626.0	11.5	38,108.0	10.1	43,880.0	11.7	39,880.0	9.5
CANADA	34,164.0	10.7	36,600.0	9.6	38,992.0	10.3	32,124.0	8.5	30,222.0	7.2
BRASIL	31,020.0	9.8	72,522.0	19.0	78,958.0	20.9	91,781.0	24.4	111,641.0	26.6
SUECIA	26,179.0	8.2	20,332.0	5.3	20,998.0	5.8	18,303.0	4.9	17,462.0	4.2
LIBERIA	20,651.0	6.5	18,716.0	4.9	17,199.0	4.6	16,100.0	4.3	12,747.0	3.0
INDIA	19,355.0	6.1	22,796.0	6.0	24,768.0	6.6	28,600.0	7.6	33,479.0	8.0
VENEZUELA	19,100.0	6.0	19,400.0	5.1	11,723.0	3.1	9,032.0	2.4	14,437.0	3.4
FRANCIA	18,304.0	5.8	15,991.0	4.2	8,653.0	2.3	4,628.0	1.2		
CHILE	10,304.0	3.2	9,065.0	2.4	7,582.0	2.0	4,800.0	1.3	7,422.0	1.8
MAURITANA	6,601.0	2.1	11,600.0	3.0	8,700.0	2.3	9,333.0	2.5	11,138.0	2.7
ANGOLA	5,498.0	1.7								
PERU	9,468.0	3.0	5,574.0	1.5	4,227.0	1.1	5,242.0	1.4	4,014.0	1.0
SUDAFRICA	3,343.0	1.1			15,900.0	4.2	10,226.0	2.7	14,566.0	3.5
E. U. A.	3,110.0	1.0			5,800.0	1.5	5,114.0	1.4	5,365.0	1.3
NORUEGA	2,900.0	0.9								
SUIZA	2,886.0	0.9								
SIERRA LEONA	2,610.0	0.8								
ESPAÑA	2,345.0	0.7								
FILIPINAS					4,264.0	1.1			4,600.0	1.1
TOTAL PARCIAL	309,138.0	97.2	356,582.0	93.6	366,247.0	97.1	366,277.0	97.3	411,473.0	97.9

*European Free Trade Association

Fuente: Elaboración propia con base en: ONU International trade statistics yearbook, Estados Unidos, 1989.

recursos mineros, petroleros, y en general económicos, que se encuentran en estas zonas) la vieja historia de la rivalidad de las dos potencias se desvanece. Al quedar dismantelada la Unión Soviética se pudo también observar que el "poderío" industrial con el que contaba este país era una aparatosa maquinaria pesada que ya no podía competir con la ligera, versátil y técnicamente más potente maquinaria moderna desarrollada en Estados Unidos, Europa y Japón.

De esta manera, la competencia tanto tecnológica como por yacimientos mineros, se da entre dos países y una región: Estados Unidos, Japón y Europa.

El caso más crítico, por así decirlo, es el de Japón, ya que para su producción de acero depende completamente de las importaciones tanto de hierro como de carbón; el primero ha sido históricamente importado de Australia, India, Brasil y en menor medida de Chile y Perú, el carbón lo compra en Australia, Estados Unidos y Canadá.

Los países europeos (principalmente Alemania, Francia, Reino Unido e Italia) dependen de manera importante de las importaciones de hierro de naciones como Brasil, Suecia, Mauritania, Australia, Canadá, Liberia y Sudáfrica.

Estados Unidos, por su lado, produce una parte de su consumo de hierro e importa de Canadá, Venezuela y Brasil, principalmente. Según cálculos realizados para el libro *Producción estratégica y hegemonía mundial*²⁴, en 1970 Estados Unidos importaba 30.9% de sus necesidades y en 1990 24.9%, el resto era producido en el propio país. Japón ha dependido casi en 100% del mineral importado y Europa entre 70 y 97% aproximadamente.

Como se puede observar, los principales países de que dependen estas tres potencias industriales son Australia, Brasil, Canadá, India, Sudáfrica y Venezuela, lo que destaca aquí

²⁴ Ana Esther Ceceña y Andrés Barrada. *Producción estratégica y hegemonía mundial*. Siglo XXI editores. México, 1995, capítulo 3; "Los metales como elemento de superioridad estratégica".

es que Estados Unidos resulta ser el menos vulnerable debido a que produce una buena parte de sus necesidades y, por otro lado, porque puede contar sin demasiado problema con los recursos de Brasil, Canadá, Venezuela y Sudáfrica.

Reservas mundiales de hierro en 1990.

Para hablar de las reservas mundiales de cualquier material es necesario referirnos también al grado de reciclaje del mismo, en el caso del hierro debemos hacer notar que existe un alto nivel de recuperación "45% del hierro que usamos [en el mundo] cada año proviene de reciclaje"²⁵

Es importante señalar cuáles son los países que tienen reservas de minerales estratégicos para poder comprender el papel que desempeñan en la división internacional del trabajo, y también para entender los movimientos de reacondo (mercados comunes, alianzas, guerras, invasiones, etc.) que realiza el capital en función de su reproducción.

Hasta 1990 la Unión Soviética, Australia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, China, India y Sudáfrica -naciones con una gran extensión territorial- cuentan con la mayor cantidad de reservas en el mundo (ver cuadro 5). De estos países sólo los dos primeros reúnen 54.28%. Hay que hacer hincapié en el hecho de que la Unión Soviética, al desmembrarse, deja de ser en conjunto el país con mayores reservas del mundo y tanto estas como su producción, entran por fin en las arcas del mercado mundial.

Los casos de Australia, Brasil y Canadá son significativos debido a que sus reservas de hierro son explotadas principalmente para la exportación hacia países con un mayor grado de industrialización. Canadá produce acero aunque no el suficiente para aparecer entre los 10

²⁵ Donella Meadows. "Un breve informe sobre el estado de los recursos mundiales". En Estudios del siglo XXI. Limusa, México. 1988.

principales productores, Brasil, como se había dicho es uno de los países "incorporados a la industrialización del primer mundo", por lo que empieza a aparecer entre los principales productores de acero mundial; finalmente, Australia ha desempeñado su papel más importante como abastecedor de hierro, uno de sus principales consumidores es Japón.

CUADRO 5

RESERVAS MUNDIALES DE HIERRO EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	64,648.0
URSS	23,500.0
AUSTRALIA	10,200.0
BRASIL	6,500.0
CANADA	4,600.0
E.U.A.	3,800.0
CHINA	3,500.0
INDIA	3,300.0
SUDAFRICA	2,500.0
SUECIA	1,600.0
VENEZUELA	1,200.0
FRANCIA	900.0
LIBERIA	500.0
TOTAL PARCIAL	62,100.0
%	96.1

Fuente: World resources Institute.
World resources 1990. Oxford, 1990.

Estados Unidos y China tienen la cualidad de producir hierro para su consumo interno, y a pesar de que el primero se ve en la necesidad de importar una parte del mineral que necesita, cabe señalar que geográficamente cuenta con la cercanía de Brasil, Canadá y Venezuela, que le brindan un margen de seguridad en la obtención de este producto (aunque no sólo por la cercanía geográfica asegura dicha obtención).

Algo que aún no está bien definido es hacia dónde irán las ricas y codiciadas reservas de hierro de los nuevos países formados a raíz del desmembramiento de la Unión Soviética. Por localización geográfica Europa y Japón podrían ser los más beneficiados, lo que resta observar es de qué manera Estados Unidos busca apropiarse de esta riqueza mineral.

Aluminio y Bauxita

La palabra bauxita se deriva del nombre del pueblo sureño francés llamado Baux-de-Provence, en donde fue reconocida por primera vez, en 1821, aunque desde 1819 se descubrió en Guinea una roca similar. La bauxita es un mineral compuesto principalmente de alúmina, materia prima básica para la producción de aluminio, de aquí la importancia del estudio de este material. Los lugares en que aparece más frecuentemente tienen características de climas tropical o subtropical con abundantes aguaceros. Los mayores depósitos de bauxita se formaron hace 60 millones de años, y los más importantes, los localizados en los trópicos, en los últimos 25 millones de años. Su obtención de las minas es relativamente fácil y barata porque los depósitos se encuentran, en su mayoría, en la superficie, y pueden explotarse mediante métodos mecanizados y a cielo abierto. En contraste, el proceso de obtención de aluminio es complejo y extremadamente intensivo en el uso de energía. La requerida para extraer una tonelada de aluminio es mucho mayor que la que se necesita para obtener una tonelada de hierro de la taconita.

El más antiguo compuesto de este metal que se conoce es la alunita o piedra de alumbre. De ahí el origen de la palabra aluminio. En el siglo XVIII se da el nombre de alúmina a la base del aluminio. Es un metal no ferroso de color blanco argentino. En 1824 el químico danés Juan Cristiano Oersted intentó hacer reaccionar una amalgama de potasio sobre cloruro de aluminio y probablemente obtuvo el metal. En 1827 Friedrich Wöhler profundizó los estudios de Oersted y consiguió un polvo gris de aluminio, y es hasta 1854 que se obtiene el metal en lingote. Es el segundo mineral más abundante en la corteza terrestre, después del silicio (se estima que constituye 8% de la corteza), sin embargo, no se le encuentra en forma pura, sino como silicatos. La bauxita es el de más fácil extracción y menor costo, por lo que se obtiene

principalmente de ésta y de las nefelinas. En su composición la bauxita contiene entre 30 y 70% de alúmina, entre 2 y 20% de sílice, entre 2 y 50% de óxido férrico, y entre .1 y 10% de bióxido de titanio.

La bauxita y la alúmina se emplean en la industria del petróleo como absorbentes del mismo y de gas refinado. La empresa Shell desarrolló catalizadores químicos de silicio y bauxita para refinar aceites pesados que antes apenas se aprovechaban. Otro importante uso es como retardante de llama y en envases de plástico y papel. La alúmina se usa como el mayor componente de los refractarios de la industria del acero, debido a su alto punto de fusión y a que es relativamente no reactiva, pero la mayor parte de la bauxita, 89% es refinada para obtener aluminio, el resto se utiliza en abrasivos, refractarios, cerámicas y reactores químicos.

Actualmente los depósitos de bauxita se encuentran separados de las fuentes de energía necesaria para la producción de aluminio, la mayor parte de las minas de este silicato que son explotadas se encuentran en regiones tropicales, donde generalmente no hay electricidad abundante ni bareda ni tampoco grandes mercados para los productos de aluminio, así que se tritura y lava en el lugar de producción y la refinación se lleva a cabo en países como Noruega, Canadá o Estados Unidos, en donde hay electricidad en buena cantidad, estas naciones tienen como base de su poder eléctrico las plantas hidroeléctricas.

Los principales productores de aluminio en el mundo son países que no sólo cuentan con la infraestructura necesaria para la producción, sobre todo energía eléctrica, sino también un mercado para su consumo, como Estados Unidos, Europa occidental y antes de su desmembramiento, la Unión Soviética. Otros no se distinguen por ser grandes consumidores de aluminio (aunque cuentan con mercados importantes) pero sí por tener una gran fuente de

energía eléctrica, como Canadá y Noruega. En general, los países productores de aluminio no son los mismos que producen la bauxita.

De esta manera, el aluminio ha sido históricamente un material en el que se observa de forma clara el tipo específico de división internacional del trabajo que el modo de producción capitalista gestiona y reproduce de acuerdo con sus necesidades concretas. La materia prima para la producción de aluminio, la bauxita, se obtiene principalmente en los países no industrializados, como Jamaica, Surinam, Guyana y Guinea, es decir, los que tradicionalmente se han encargado de surtir sólo materias primas para el mercado internacional. Dicho mineral se exporta hacia lugares que tienen un mayor desarrollo tecnológico donde se transforma en aluminio y productos acabados, allí se consume una parte y el resto se exporta hacia el resto del mundo.

El caso de la producción de estos materiales es ilustrativo para observar la continuidad de una "vieja" división internacional del trabajo, en la que la mayor parte de los países poco industrializados siguen desempeñando el papel de exportadores de productos primarios e importadores de productos finales de las economías industrializadas.

Por otro lado, las naciones industrializadas no sólo se hacen cargo de la transformación de las materias primas en productos acabados, sino que también en los propios procesos de extracción, y más aún en los de alta purificación, sus avances tecnológicos les permiten controlar de manera más perfecta el proceso íntegro de producción.

Ahora bien, en los últimos tiempos, con la llamada "reestructuración económica", a los países tecnológicamente poco desarrollados se nos ha querido hacer creer que podemos aspirar y ascender al llamado "primer mundo" si vendemos nuestros recursos naturales para financiar la tan "deseada industrialización". Podemos afirmar que si bien es cierto que ha habido un relativo avance tecnológico en algunas naciones como Brasil, que ya no sólo

produce bauxita sino también aluminio, lo que hay que evaluar en estos casos es si se le permitirá alcanzar el nivel de la aplicación de nuevas tecnologías en la industria minerometalúrgica que llevan a cabo los países más industrializados del planeta, por un lado, y por otro, preguntarse acerca de la importancia actual de la producción de aluminio a partir de la bauxita, esto porque existe una demanda en aumento de chatarra para reciclar, por ejemplo, Japón está importando cada vez más chatarra y aluminio porque de esta manera se ahorra los enormes gastos que implica convertir bauxita en aluminio. Así las cosas, pareciera que está dejando de tener importancia el aluminio extraído de la bauxita y se emplea cada vez más el de reciclamiento. La pregunta entonces es: ¿qué productos y con qué tipo de tecnología se nos permitirá producir?

La producción de aluminio con bauxita está resultando muy costosa para los países industrializados y aventuraríamos dos hipótesis: 1) Que éstos dejarán la producción del aluminio -a partir de la bauxita- en manos de los países tecnológicamente poco desarrollados, en los que los gobiernos aseguren la infraestructura necesaria para la producción, y los industrializados sólo se harán cargo de procesos de alta purificación. 2) Harán mayor uso de la chatarra para reciclar, de esta manera ahorran costos y dependen menos de la hipotética producción de aluminio de los países poco industrializados, y de paso de la bauxita -con la que, como ya hemos dicho, no cuentan.

Lo anterior está pensado en términos de naciones, pero no debemos olvidar que la producción se lleva cabo por empresas específicas, principalmente transnacionales, y que los movimientos que éstas realizan tienen su fundamento en la búsqueda de la mayor ganancia posible. Ello significa que lo más importante no es llevar o dejar de llevar la tecnología a tal o cual país, sino ver si la fuerza de trabajo es barata, si es posible encontrar apoyo incondicional y subsidios de los gobiernos de los países "receptores de la industrialización", si los costos de

transporte convienen, si hay estabilidad política, en fin, si es o no rentable producir en dicha nación. A mi parecer son éstos los criterios principales con los que se decide el país que va a ser "beneficiado" por la industrialización, la que llegará sólo hasta el nivel de desarrollo que sea rentable para el gran capital internacional y los Estados que lo representan.

Características y usos del aluminio

El aluminio es ligero, maleable, dúctil, se labra bien a presión, es buen conductor eléctrico y térmico, de buen color y susceptible de pulir, algunas de sus aleaciones tienen buena resistencia mecánica. Este material cuenta con una gran resistencia a la corrosión atmosférica y de agua dulce. Su resistencia a la oxidación se debe a que por la humedad se forme de una delgada película exterior compacta de óxido que impide el paso del oxígeno al interior del metal. En Estados Unidos es el más utilizado de los metales no ferrosos, especialmente valioso por su reducido peso específico (35% del peso del acero), fácil reciclamiento y alta conductividad eléctrica-térmica (a igualdad de peso de material supera la capacidad conductora del cobre). Esto lo hace utilizable en una gran variedad de aplicaciones. El mercado más importante es el de los envases y contenedores, es decir, latas para comidas y bebidas. Estados Unidos empleó 27% del aluminio en este sector en 1988. Los otros mercados importantes fueron los de transporte (21%), construcción (18%), y usos eléctricos (9%).²⁶ Otras características del aluminio son: resistencia a la acción de ciertos elementos químicos, maleabilidad y alta reflexión a la luz. En la industria aeronáutica se emplea, por ejemplo, para fabricar objetos sometidos a rápidos movimientos alternativos y que por esto requieran una masa reducida, como los cilindros de motores de explosión. Debido a que químicamente el aluminio es muy reductor, se emplea en la obtención de otros metales por

²⁶Ver O.N.U. Minerals Yearbook. 1988

aluminotermia,²⁷ que se aplica en la soldadura de los carriles del ferrocarril, reparación de roturas de grandes piezas de máquinas pesadas, etcétera.

Los compuestos químicos de este metal, como el hidróxido de aluminio, se emplean para la fijación de colorantes en las fibras textiles.

Pero no sólo las cualidades físico-químicas de este versátil material lo hacen tan valioso, también hay factores económicos que fomentan su uso: los costos de producción han sido decrecientes, y los de distribución son bajos, sus residuos tienen un alto valor y hay gran posibilidad de reciclamiento.

Obtención del aluminio

La primera fase de la obtención del aluminio es la preparación de la alúmina pura, para ello se tritura la bauxita y se somete a la acción de una solución de sosa cáustica en caliente y a alta presión. Esta sosa produce un aluminato sódico que a continuación se filtra y se enfría lentamente hasta lograr la separación de la alúmina hidratada mediante un procedimiento de hidrólisis, fase que suele acelerarse por adición de alúmina procedente de anteriores procesos. En la siguiente etapa se lava el precipitado y a continuación se calcina a 1300° C en un horno para eliminar el agua y obtener la alúmina en forma pura, con textura de polvo blanco. Debido a que de cada dos toneladas de bauxita se obtiene una tonelada de alúmina, es conveniente realizar este proceso cerca de las minas para disminuir los costos de transporte.

La alúmina se disuelve en un baño de criolita fundida, para lo cual se emplea un recipiente de carbón cubierto de acero. A continuación se realiza el proceso de electrólisis (en 1886, Héroult, en Francia, y Hall en Estados Unidos, llevan a cabo por primera vez este

²⁷Procedimiento que consiste en quitar el oxígeno a los óxidos metálicos mediante una reacción exotérmica.

procedimiento) que consiste en pasar una corriente directa en el baño entre el ánodo de carbón y el fondo de la celda, para así obtener el aluminio de la alúmina. (La electrólisis se efectúa a unos 950-1000° C.) El aluminio se cuele por el fondo del recipiente en lingotes de diversa pureza en función de la alúmina y el carbón empleado, aunque en términos generales se puede obtener un aluminio de 99.8% grados de pureza, que puede mejorarse por refinados posteriores. El proceso de fundición es continuo, se añade la alúmina, se reemplazan los ánodos y el aluminio se deposita ininterrumpidamente en las celdas. Una línea de recipientes de fundición tiene de 50 a 200 celdas, y trabaja con un voltaje de 1000 voltios y con una carga de corriente de 50,000 a 225,000 amperes.

La energía eléctrica es uno de los materiales primarios más costosos en la producción de aluminio. Para obtener una tonelada de este metal se requieren, aproximadamente, dos toneladas de alúmina y 18,000 kilovatios/hora de electricidad²⁸ Por esta razón es práctica común transportar la alúmina a grandes distancias, hacia lugares donde la energía eléctrica sea abundante, de esta manera se desdobra geográficamente el proceso de producción de aluminio. Se han utilizado alternativas energéticas como el gas natural, el lignito o el carbón, pero la producción de aluminio aún depende significativamente de la electricidad.²⁹

Hay países como Canadá o Noruega que no se distinguen por tener grandes yacimientos de bauxita, pero sí por ser grandes productores de electricidad, razón por la cual

²⁸Cantidad suficiente para cubrir las necesidades de una familia durante 15 ó 20 años

²⁹Una posibilidad de reducir los enormes gastos de energía eléctrica que implica la obtención del aluminio de la bauxita es la investigación que se realiza para el empleo del propio aluminio en la producción de electricidad. Esta investigación se basa en la capacidad del aluminio de "convertir la energía química en eléctrica". Las investigaciones para el uso de la pila *air-aluminum* las llevan a cabo Lawrence Livermore National Laboratory, Eltech Systems Corporation y Alcan Aluminium Ltd (esta última, empresa canadiense), y se dirigen, por el momento, a la tracción eléctrica de los vehículos. Sin embargo se vislumbra la posibilidad de poder obtener electricidad y aluminio en el mismo proceso productivo y así aprovechar la cualidad química de este metal de reaccionar con el oxígeno para producir electricidad. Los problemas por resolver para el uso de las pilas tienen que ver con sus reacciones a los ataques químicos y la eliminación del calor generado por el funcionamiento del aparato. Ver Fréderic, Lantime et al. *L'aluminium pour stocker l'électricité* "La Recherche" #216, París, 1980.

se encuentran entre los productores de aluminio. Otros, como el Reino Unido, basan su producción de este metal en el carbón, o bien en una combinación de éste e hidroelectricidad, como Alemania. La producción de aluminio de Japón depende de la energía hidroeléctrica y del mineral de Indonesia y Malasia, aunque cada vez es menor el interés japonés por producir aluminio debido a los altos costos que ello implica.

Aleaciones e innovaciones en el uso del aluminio

Debido a la versatilidad de los usos del aluminio, se le aprovecha en forma de aleaciones con otros metales y no metales (cobre, manganeso, magnesio, silicio, hierro, níquel, titanio, berilio y otros). Estas aleaciones, como las de cualquier otro material, tienen por objetivo responder a los cada vez más complejos y versátiles procesos de producción, y para ello se combinan las mejores propiedades del aluminio puro y las características de las adiciones de aleación. Las cualidades del aluminio, antes enumeradas, pueden potenciarse, modificarse o incrementarse al combinarse con otros elementos. Existen dos tipos de aleaciones: las que tienen como base al aluminio (de 65% en adelante) y se le agregan otros materiales para que brinden sus cualidades al primero y de esta manera lo modifiquen, y otras en las que se añade el aluminio en proporciones menores a 15%, y es éste el que modifica las cualidades del material base de la aleación.

Debido principalmente a la gran ligereza del aluminio y a sus otras ventajosas cualidades, las aleaciones que lo contienen en proporción mayor a 65% se aprovechan en diversas industrias que requieren poco peso y gran resistencia tanto mecánica como a la corrosión.

La aleación de aluminio con cobre es la más utilizada por la posibilidad de someter al primero a un tratamiento térmico de endurecimiento y con ello obtener cualidades como mayor

resistencia y dureza. Otros materiales que también pueden ser empleados con este mismo fin son el manganeso y el magnesio, de hecho, un material muy resistente llamado duraluminio se obtiene de la combinación de aluminio, cobre, magnesio y manganeso. Estos tres minerales incrementan varias veces la resistencia y la dureza del aluminio. La adición de éste al cobre brinda a este último resistencia a la oxidación y mayor ligereza sin afectar la conductibilidad.

En general, los materiales que se emplean para incrementar la dureza del aluminio son, aparte de los ya mencionados, cromo (que a pesar de resultar costoso conserva mejor la dureza que otras aleaciones), cobalto, molibdeno, vanadio y titanio (que también brinda elasticidad y tenacidad). La aleación de aluminio-titanio-cobre-cromo es la más dura y tenaz de todas las conocidas.

- El hierro, el níquel y el titanio elevan la resistencia del aluminio a altas temperaturas.
- El bismuto y el plomo brindan aleaciones altamente resistentes a la corrosión.
- El titanio y el tungsteno brindan una gran tenacidad al aluminio.

Hay aleaciones en las que el aluminio no es el metal principal, como las de magnesio-aluminio-zinc o aluminio-zinc-circonio, y aunque sus propiedades mecánicas son buenas, pierden su resistencia a temperaturas muy bajas (150° C). No obstante, este defecto se puede reducir mediante la adición de torio y/o algunos de los metales del grupo llamado "tierras raras" (neodimio, praseodimio, etc.).

Por todas las cualidades que brindan las aleaciones de aluminio se les emplea mucho en las industrias aeroespacial, de construcción, de transporte, eléctrica, química y de alimentos.

Dentro de las innovaciones tecnológicas en el uso del material que nos ocupa podemos mencionar la aleación níquel-aluminio que tiene las características de metal y de

cerámica; es muy resistente al calor y a la corrosión, y las aplicaciones potenciales incluyen partes de máquinas de jets, en el núcleo y en las plantas de vapor, así como en los moldes para fundir que soportan altas temperaturas.

En la Primera Guerra Mundial se empezó a emplear un material sumamente resistente llamado duraluminio. Hoy las industrias que lo utilizan son la aeroespacial, la automotriz y la de transporte. El duraluminio está conformado por aluminio, cobre, magnesio y manganeso, aleación que adquiere lentamente una gran resistencia después de ser calentada y templada en agua, fenómeno que se conoce como "endurecimiento por envejecimiento". Aunque es claro que el duraluminio no es, actualmente, una innovación en sí mismo, su método de obtención ha provocado más investigaciones en lo que a endurecimiento por envejecimiento se refiere, y se llegó a una aleación llamada "Y" en Gran Bretaña. Esta aleación contiene 4% de cobre 2% de níquel, 1.75% de magnesio y el resto de aluminio, es resistente a altas temperaturas, lo que la hace apropiada para pistones y piezas de motores de combustión interna. Una aleación llamada RR 58 contiene menos magnesio y se le usó mucho para revestimientos aeronáuticos. La desventaja de estos materiales, en comparación con el aluminio puro, es que se oxidan más fácilmente; para evitar esto se cubre la aleación con una capa muy fina de aluminio.

Podemos mencionar también la investigación de una cubierta de hojas de aluminio titánico para los cátodos que se aplica en procesos de depósito al vacío. Este descubrimiento posibilita la producción de capacitores electrolíticos y otros componentes electrónicos de menor medida.

Empresas como Alcoa y Akzo han hecho láminas de fibra de aluminio para la industria aeroespacial

La aeronáutica estadounidense realiza investigaciones para el uso del aluminio en el espacio, principalmente en trajes destinados a la protección contra los efectos de la radiación, los micrometeoritos y la basura espacial de la órbita de la Tierra.

Algo importante a destacar en el análisis de este esencial metal es su alto grado de reciclamiento. Según datos de Donella H. Meadows, 33% del aluminio que usamos cada año proviene de reciclajes. En Estados Unidos se reciclaron 42.5 billones de latas de aluminio en 1988, equivalentes a más de 54% del aluminio empleado en este rubro³⁰ Es precisamente el reciclamiento uno de los factores más importantes que hace del aluminio un material de uso masivo, esto más que responder a problemas ecológicos o de contaminación y destrucción de la naturaleza responde a necesidades económicas de la industria que emplea el aluminio. El uso del aluminio reciclado responde a cuestiones como la posibilidad de agotamiento del recurso y la imposibilidad de sustituirlo en algunos de sus usos por otro material que brinde características similares.³¹ Sin embargo, el problema que hace más redituable el uso de aluminio reciclado es la gran cantidad de energía (eléctrica, de carbón, etc.) requerida para la obtención de aluminio de la bauxita.

La refundición y formación de latas de aluminio ya usado requiere sólo de 5% de la energía necesaria para hacer latas que provienen desde el primer paso de la obtención de la bauxita. Así, el reciclaje del aluminio representa un ahorro de 95% de energía. Cuando Japón anunció el cierre de las productoras de aluminio primario en 1985, este país decidió en su lugar importar aluminio viejo o pedazos para volver a procesarlo, porque esto es económicamente más eficiente y se ahorran grandes costos y problemas inherentes a la importación de combustibles fósiles y la bauxita necesaria para la producción primaria...³²

³⁰Ver O.N.U. Minerals Yearbook, 1988. Pág. 109.

³¹Aunque al parecer éste es un asunto poco problemático para la industria estadounidense, ya que a pesar de que cada día vemos un mayor uso de envases plásticos (latas y contenedores es uno de los rubros más importantes en que se emplea el aluminio), según el Industrial Outlook "se espera que los embarques de aluminio se incrementen 3% anualmente hasta 1995. Los pedidos de aluminio a los sectores de envases y empaques seguirán siendo los que más usen el aluminio. El crecimiento en la demanda para latas de bebidas compensaría cualquier reducción en materiales sustitutos para las mismas" Department of Commerce U.S.A. Industrial Outlook 1991. Pág. 15-8

³²Craig James. Resources of the Earth. Prentice-Hall. 1988. pág. 187.

Producción, y circulación de aluminio y bauxita de 1960 a 1990

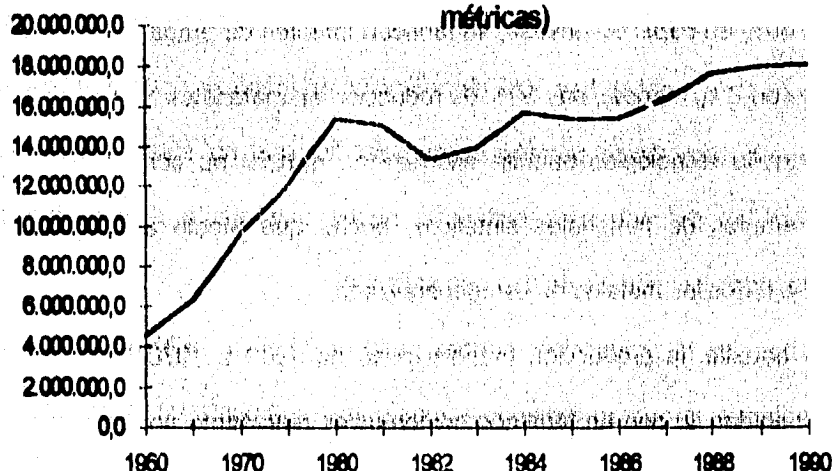
El aluminio es un mineral que durante el presente siglo se ha caracterizado por un enorme crecimiento en su uso

En 1912 el consumo mundial [de aluminio] se elevaba tan sólo a 63,000 toneladas; en 1943 el consumo mundial alcanzó más de 2 millones de toneladas, es decir, un incremento de más de 30 veces en 30 años. En 1946 el consumo descendió a 700,000 toneladas (en estas cifras no se incluye la producción de la Unión Soviética)...estabilizándose entre 2.5 y 3.5 millones de toneladas entre 1950 y 1955...³³

En cuanto al volumen de la producción para 1960 era de 4,545 millones de toneladas métricas, se incrementó 112.38% en 1970 y alcanzó 9,653 millones de toneladas; para 1980 se produjeron 15,369 millones de toneladas y para 1985 se logra apenas un incremento porcentual de 0.19, con 15,398 millones de toneladas; para 1990 se observa una ligera recuperación: un crecimiento de 17.54% con 18,100 millones de toneladas (ver cuadro 6 y figura 7).

FIGURA 7

Producción mundial de aluminio 1960-1990 (miles de toneladas métricas)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de aluminio 1960-

³³ Pierre George. Geografía económica. Editorial Ariel, Barcelona, España. 1981. Pág 148.

La producción mundial de aluminio creció en gran proporción desde los años 40 hasta los 80, no sólo por el auge económico mundial que se observó hasta mediados de los 70, sino también porque el aluminio, con sus cualidades de gran ligereza y resistencia, es uno de los materiales ideales para la reestructuración industrial de posguerra que se fundamenta precisamente en estas características. Aunado a lo anterior y como resultado de la enorme demanda de aluminio, en los años 60 y 70 se realizan descubrimientos de grandes yacimientos de bauxita en Guinea, Ghana, Brasil, Jamaica y Guyana,

A partir de los 80 hay un relativo estancamiento de la producción, ligado no sólo a la grave crisis que se manifiesta a partir de los 70 sino también a factores como el crecimiento del uso del aluminio reciclado y el desarrollo tecnológico que permite economizar gran cantidad de material. Eric A. Trigg³⁴ da un ejemplo de esto cuando señala que existe una reducción en el consumo total de aluminio en Estados Unidos de alrededor de 19%, y esto se debe a que se fabrican envases de bebidas 3.5 g más livianos (60 mil millones de envases), hay una reducción de 30% en papel de envase, se fabrican motores de autos más pequeños (30 millones de carros con 8 kg menos), hay 30% de reducción en materiales transformadores de calor, etc. El desarrollo tecnológico permite economizar material no sólo a este nivel, también posibilita el empleo de materiales sintéticos, hecho que afecta al consumo de aluminio, y en general a todos los metales de uso generalizado.

Respecto a la bauxita, la producción mundial pasó de 1960 a 1970 de 27,494 a 57,736 millones de toneladas; lo que en términos porcentuales representa un incremento de

³⁴Eric A. Trigg, "Key developments and trends in the world's bauxite and alumina industry," *Mineral and materials*, Feb-marzo, 1987, p.37. Tomado de Fernando González "Nuevas tecnologías, demanda de metales e industrialización basada en recursos mineros" En *Industrias nuevas y estrategias de desarrollo en América Latina*, México, CIDE, 1989.

CUADRO 6

ALUMINIO PAISES	VOLUMEN DE LA PRODUCCION						TONELAS METRICAS							
	1980	%	1985	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1980	
TOTAL MUNDIAL	4,545,072.0	100.0	8,306,187.6	100.0	9,653,000.0	100.0	12,042,000.0	100.0	15,389,000.0	100.0	15,389,000.0	100.0	18,100,000.0	100.0
E.U.A.	1,827,552.6	40.2	2,488,862.4	39.6	3,607,000.0	37.4	3,518,000.0	29.2	4,854,000.0	30.3	3,500,000.0	22.7	4,000,000.0	22.1
CANADA	690,703.1	15.2	753,434.1	11.9	972,000.0	10.1	913,000.0	7.6	1,088,000.0	6.9	1,282,000.0	8.3	1,580,000.0	8.6
URSS	675,864.0	14.9	843,898.0	13.4	1,100,000.0	11.4	1,500,000.0	12.5	1,780,000.0	11.5	2,200,000.0	14.3	2,450,000.0	13.5
FRANCIA	235,203.4	5.2	340,532.9	5.4	361,000.0	3.9	363,000.0	3.2	432,000.0	2.8	745,000.0	4.8	740,000.0	4.1
NORUEGA	165,386.2	3.6	275,611.0	4.4	522,000.0	5.4	691,000.0	5.7	653,000.0	4.2	743,000.0	4.8	880,000.0	4.8
ALEMANIA FEDERAL	168,939.7	3.7	234,426.8	3.7	309,000.0	3.2	678,000.0	5.6	731,000.0	4.8	851,000.0	5.5	1,220,000.0	6.7
JAPON	133,235.0	2.9	293,907.4	4.7	733,000.0	7.6	1,013,000.0	8.4	1,091,000.0	7.1	549,000.0	3.6	900,000.0	5.0
AUSTRIA	67,971.1	1.5	78,817.5	1.2							410,000.0	2.7	850,000.0	4.7
ITALIA	63,849.3	1.8	123,978.0	2.0										
CHINA	79,924.3	1.8			130,000.0	1.3			390,000.0	2.3	370,000.0	2.4		
AUSTRALIA			87,786.2	1.4	208,000.0	2.1	214,000.0	1.8			396,000.0	2.6		
INDIA					161,000.0	1.7								
REINO UNIDO							308,000.0	2.6	374,000.0	2.4				
PAISES BAJOS							291,000.0	2.2						
ESPAÑA									396,000.0	2.5				
SUBTOTAL	4,128,426.6	90.8	5,531,032.4	67.7	8,121,000.0	84.1	9,480,000.0	78.7	11,509,000.0	74.9	11,048,000.0	71.7	12,570,000.0	69.4

LOS DATOS DE 1986 SON PRELIMINARES, LOS DE 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS
 FUENTES:
 ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, O.N.U. DE 1990 A 1992.
 EL RESTO DE LOS DATOS SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK, O.N.U.

CUADRO 7

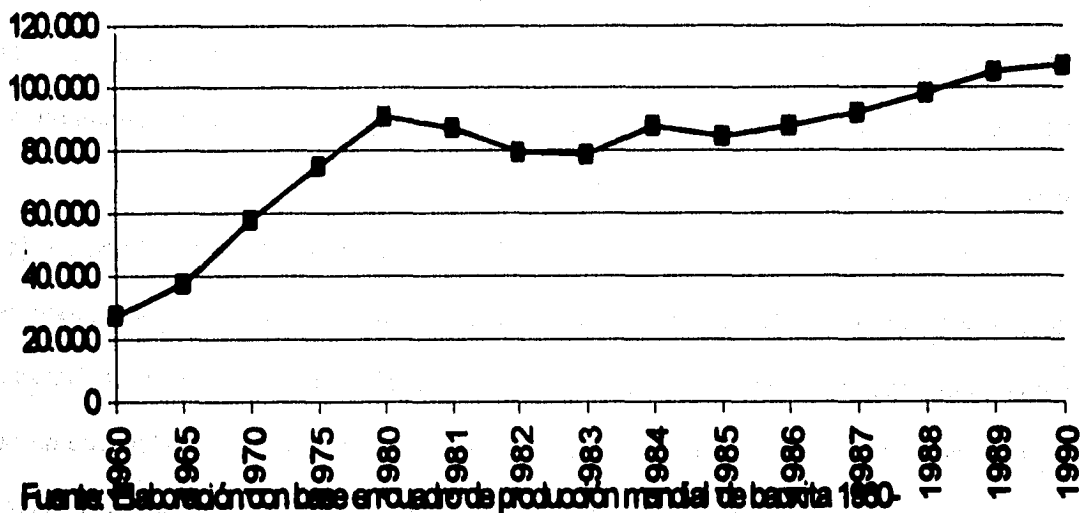
BAUXITA	VOLUMEN DE LA PRODUCCION				MILES DE TONELADAS METRICAS									
	PAISES	1980	%	1985	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1990
TOTAL MUNDIAL	27,494.6	100.0	37,440.8	100.0	57,786.0	100.0	75,120.0	100.0	90,795.0	100.0	84,189.0	100.0	107,000.0	100.0
JAMAICA	5,837.3	21.2	8,650.7	23.1	12,010.0	20.8	11,571.0	15.4	12,054.0	13.3	6,239.0	7.4	10,900.0	10.2
URSS	3,500.3	12.7	4,700.0	12.6	4,300.0	7.4	4,400.0	5.9	4,600.0	5.1	4,600.0	5.5	4,600.0	4.3
SURINAM	3,454.6	12.6	4,388.0	11.6	6,022.0	10.4	4,928.0	6.6	4,648.0	5.1	3,738.0	4.4	3,500.0	3.3
GUYANA BRITA	2,510.7	9.1	2,680.0	7.2	4,417.0	7.6	3,251.0	4.3	1,844.0	2.0		0.0	1,300.0	1.2
FRANCIA	2,038.2	7.4	2,652.0	7.1	2,992.0	5.2	2,527.0	3.4	1,921.0	2.1				
E.U.A.	2,030.1	7.4	1,680.0	4.5	2,115.0	3.7	1,808.0	2.4						
GUINEA	1,377.7	5.0	1,870.0	5.0	2,480.0	4.3	9,100.0	12.1	11,882.0	13.1	11,790.0	14.0	17,500.0	16.4
HUNGRIA	1,188.8	4.3	1,478.0	3.9	2,022.0	3.5	2,691.0	3.6	2,950.0	3.2	2,615.0	3.3	2,600.0	2.4
YUGOSLAVIA	1,025.2	3.7	1,574.0	4.2	2,099.0	3.6	2,308.0	3.1	3,138.0	3.5	3,538.0	4.2	3,100.0	2.9
GRECIA	950.0	3.5	1,100.0	2.9	2,292.0	4.0	3,244.0	4.3	3,286.0	3.6	2,453.0	2.9	2,500.0	2.3
AUSTRALIA					9,256.0	16.0	21,003.0	28.0	27,178.0	29.9	31,639.0	37.8	39,600.0	37.0
BRASIL									5,538.0	6.1	5,848.0	6.9	7,900.0	7.4
INDIA									1,785.0	2.0	2,261.0	2.7	4,300.0	4.0
SUBTOTAL	23,912.9	87.0	30,744.7	82.1	50,015.0	86.6	67,027.0	89.2	80,902.0	89.0	75,139.0	89.3	97,600.0	91.4

LOS DATOS DE 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS
LOS DE 1988 SON PRELIMINARES.

FUENTE:
ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, O.N.U. DE 1980 A 1981.
EL RESTO DE LOS DATOS SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK, O.N.U. 1991.

110.17; para la década de 1970 a 1980 hubo un crecimiento de 57.12%, con 90,795 millones de toneladas para el último año; en 1985 la producción cae en 7.21% con 84,189 millones de toneladas; para 1990 se observa una recuperación, con 107,000 millones de toneladas (ver cuadro 7 y figura 8).

FIGURA 8
Producción mundial de bauxita 1960-1990 (miles de toneladas métricas)



En cuanto a las naciones productoras de aluminio podemos observar que hay una enorme concentración de la producción,³⁶ donde resalta Estados Unidos que, durante estos 30 años, ha contado con más de 20% de la producción mundial.

³⁶Esta concentración se da tanto a nivel de los países como de las empresas, en el periodo de posguerra y aún ahora tienen gran relevancia 6 importantes productoras de aluminio (aunque también han controlado la producción de bauxita), estas empresas son: Alcoa, Alcan, Kaiser, Reynolds, Pechiney Y Alusuisse.

Los principales países productores de aluminio son los que cuentan con la infraestructura necesaria tanto para su producción como para el consumo. Los enormes costos de obtención de aluminio a partir de la bauxita explican que para 1980 sólo tres naciones concentraban 70% de la producción mundial, situación que cambia un poco para 1990, año en que son ocho los países que reúnen este porcentaje (Estados Unidos, Canadá, Unión Soviética, Austria, Brasil, Noruega, China y Alemania, ver cuadro 6 y figura 9)

Durante el período 1960-1990 la Unión Soviética, en los años 60 y 70 Estados Unidos y Francia, y recientemente Australia y Brasil son naciones que pueden considerarse como importantes productoras de bauxita y aluminio, esto nos indica que los principales productores de aluminio no son generalmente, productores de bauxita, por lo que tienen que importarla para su posterior conversión (Ver cuadro 8).

Tradicionalmente, los extractores de bauxita y los productores de aluminio no han sido los mismos (con excepción de la Unión Soviética, cuyo caso es especial, ya que a pesar de haber sido importante productora de bauxita y de aluminio, también importaba bauxita, posiblemente para satisfacer tanto su consumo interno de aluminio como para el bloque de los llamados países socialistas, esto porque también se encuentra entre los principales exportadores de aluminio). Dentro de los primeros encontramos a países tecnológicamente poco desarrollados, como Jamaica, Surinam, Guyana, Guinea y recientemente Australia y Brasil. La producción de éstos ha sido principalmente para la exportación, entre los más importantes exportadores se hallan Jamaica, Surinam, Guyana, Yugoslavia, Indonesia, Malasia y Guinea (ver cuadro 7 y figura 10)

En cuanto a los importadores de aluminio hay países que, a pesar de tener una importante producción de aluminio, no son autosuficientes, es por ello que para satisfacer su consumo interno, o para reexportar -como es el caso de Estados Unidos- se ven en la

necesidad de importar este material. Los principales importadores de aluminio son Estados Unidos, Alemania Federal, Reino Unido, Japón, Francia, Bélgica-Luxemburgo y Alemania Democrática.

Los exportadores de aluminio son, o bien países que conjugan grandes yacimientos de bauxita e importantes fuentes energéticas con tecnología apropiada para la conversión de bauxita en aluminio, o bien los que, aun cuando no tienen importantes yacimientos de bauxita, aprovechan su gran capacidad energética, tanto eléctrica como de combustibles fósiles, y su desarrollo tecnológico. Ejemplo de ello son Canadá y Noruega para este último caso y de Australia y la Unión Soviética para el primero (ver cuadro 9).

Algo importante de destacar en este análisis es el surgimiento en estos últimos años de países "integrados", es decir, que tienen tanto las reservas para producir bauxita como la capacidad para producir aluminio. Aún exportan gran cantidad de su bauxita, pero ya empiezan a figurar entre los 10 más importantes productores y exportadores de aluminio en el mundo: son los casos de Brasil y Australia.

Otro punto que debe señalarse es el hecho de que Japón ha venido disminuyendo fuertemente sus importaciones de bauxita y aumentando las de aluminio, y ha decrecido su producción de este último. Ello se explica por el cierre de las productoras japonesas de aluminio debido al alto costo energético que implica la producción de aluminio primario.

El caso de Estados Unidos destaca debido a que, al no contar con importantes reservas de bauxita se ve obligado a importar grandes cantidades de ella y resulta ser el principal productor de aluminio en los pasados 30 años. Sin embargo, al parecer esto no le es suficiente para satisfacer su demanda de aluminio, ya que también se encuentra entre los 10 principales importadores de él. Cabe señalar que Estados Unidos exporta igualmente

BALESTA MILES DE TONELADAS METRICAS

VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	28,547.2	100.0	32,784.3	100.0	37,688.6	100.0	32,037.9	100.0	38,571.2	100.0
PAISES DESARROLLADOS	28,867.0	80.9	27,570.0	84.1	32,671.7	87.2	23,010.3	71.8	28,567.9	72.7
PAISES SUBDESARROLLADOS	188.7	0.7	280.7	0.7	480.7	1.2	3,000.3	9.4	3,613.3	9.9
CEE	4,444.1		8,084.7		8,413.0		9,891.4		9,510.0	
EFTA	182.1		115.0		128.1		107.4		124.7	
E.U.A.	13,847.1	48.5	12,078.3	36.9	14,328.5	38.6	7,988.4	23.7	12,109.5	33.1
JAPON	4,689.2	16.4	4,800.2	14.0	5,707.7	15.2	3,519.0	11.0	2,289.5	6.2
ALEMANIA FEDERAL	2,831.0	9.9	4,213.1	12.9	4,177.0	11.1	4,034.0	12.6	2,679.7	7.9
CANADA	2,483.1	8.6	2,420.7	7.4	3,304.0	8.3	2,074.2	6.5	2,540.7	6.9
URSS	1,413.4	5.0	3,477.0	10.6	2,916.0	6.9	4,825.0	15.1	5,200.0	14.2
ITALIA	548.1	1.9	1,829.9	5.6	2,288.3	6.1	1,277.1	4.0		
FRANCIA	504.6	1.8	1,498.4	4.4	1,388.1	3.6	1,002.8	3.1	1,348.9	3.7
REINO UNIDO	447.2	1.6	295.8	0.9	287.6	0.7	257.5	0.8		
ALEM. DEMOCRATICA	285.7	1.0	265.3	0.8			208.4	0.7		
IRLANDA							1,322.3	4.1	1,808.2	4.4
ESPAÑA					348.4	0.9	1,669.5	5.0	1,725.3	4.7
VENEZUELA							2,404.2	7.5	3,100.0	8.5
CHECOSLOVAQUIA			451.0	1.4	489.0	1.2	398.0	1.1		
RUMANIA			620.5	1.9	1,061.0	2.8	600.0	1.9		
YUGOSLAVIA					217.6	0.6				
ARABIA SAUDITA							244.1	0.8		
TOTAL PARCIAL	27,008.4	94.6	31,708.2	96.6	36,520.2	97.0	31,312.5	97.7	32,779.8	89.8

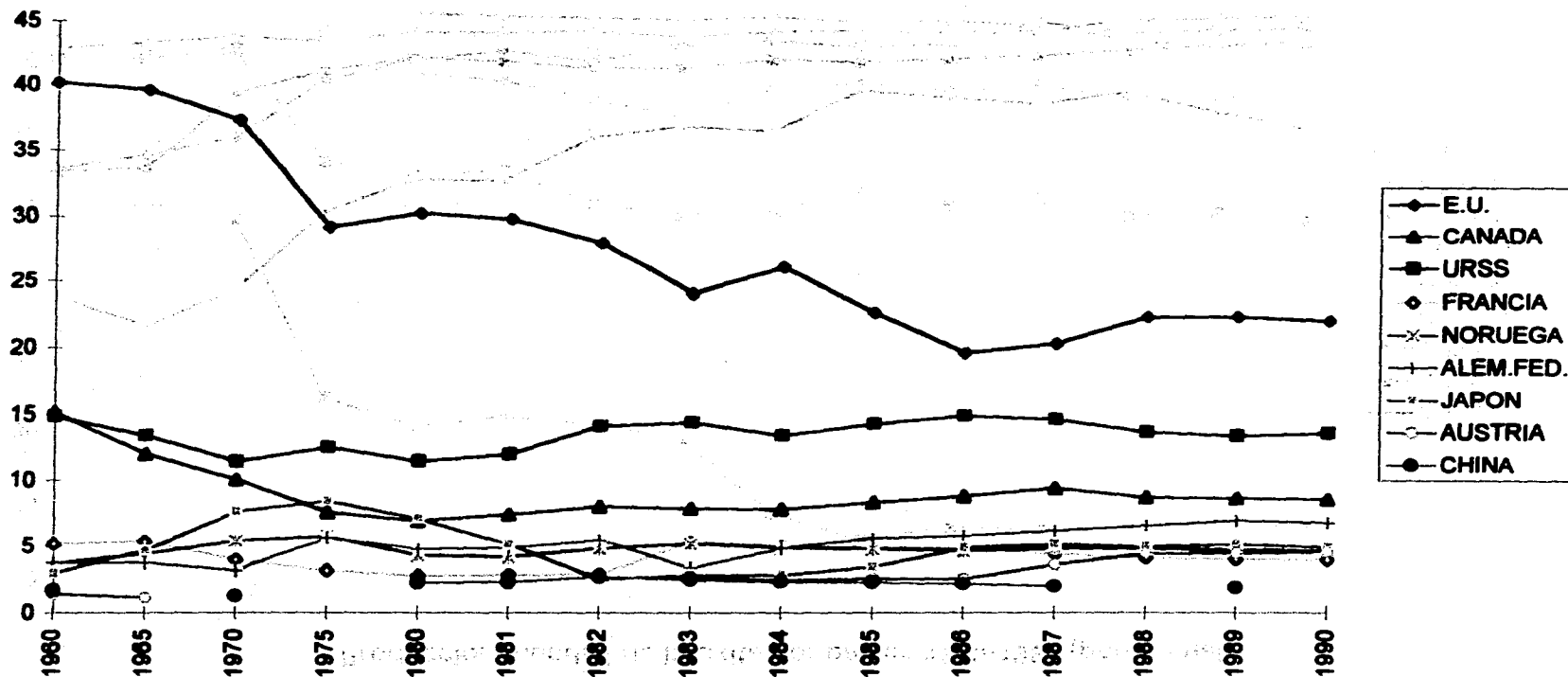
VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	28,407.8	100.0	32,943.9	100.0	38,624.1	100.0	30,450.4	100.0	34,389.9	100.0
PAISES DESARROLLADOS	7,731.9	27.2	10,948.8	33.2	9,985.6	25.8	7,149.1	23.4	5,802.0	17.2
PAISES SUBDESARROLLADOS	19,948.9	70.2	21,289.0	64.6	27,884.9	71.6	22,808.7	74.6	27,799.5	80.8
CEE	1,071.2		1,678.6		2,488.8		1,582.4		657.8	
EFTA			0.8		27,884.9		0.3			
JAMAICA	7,719.0	27.2	5,482.3	16.6	6,145.9	15.9	2,325.4	7.6	4,169.0	12.1
AUSTRALIA	4,788.4	16.8	7,885.7	24.2	7,220.6	18.7	5,600.0	18.1	5,200.0	15.1
SURINAM	3,567.0	12.7	2,249.4	6.8	1,885.0	5.1	1,171.0	3.8		
GUYANA	2,784.9	9.8	2,154.0	6.5	1,535.0	4.0	1,530.0	5.0	1,254.0	3.6
YUGOSLAVIA	1,859.5	6.5	1,283.0	3.9			786.5	2.6	800.0	1.7
INDONESIA	1,173.0	4.1	973.4	3.0	1,112.6	2.9	631.8	2.1	843.5	2.5
REPUBLICA DOMINICANA	1,085.5	3.8	809.9	2.8	985.8	1.5				
GUINEA	988.6	3.4	7,289.0	22.1	11,300.0	29.3	11,401.0	37.4	14,300.0	41.6
MALABIA	883.5	3.5	888.3	2.0	718.3	1.9	382.1	1.2		
GRECIA	851.3	3.3	1,985.2	4.8	2,340.2	6.1	1,332.5	4.4	518.7	1.5
BRASIL					2,679.4	6.9	3,320.0	10.9	4,385.0	12.7
SIERRA LEONA			855.0	2.0	747.0	1.9	1,088.8	3.6	1,548.0	4.5
HUNGRIA			603.0	1.8	541.9	1.4	382.3	1.3		
HATI					543.5	1.4				
TOTAL PARCIAL	28,886.7	91.1	31,788.2	96.5	37,485.2	97.0	29,838.4	98.0	32,788.2	95.4

Fuente: ONU, UNCTAD Commodity Yearbook, varios años.

FIGURA 9

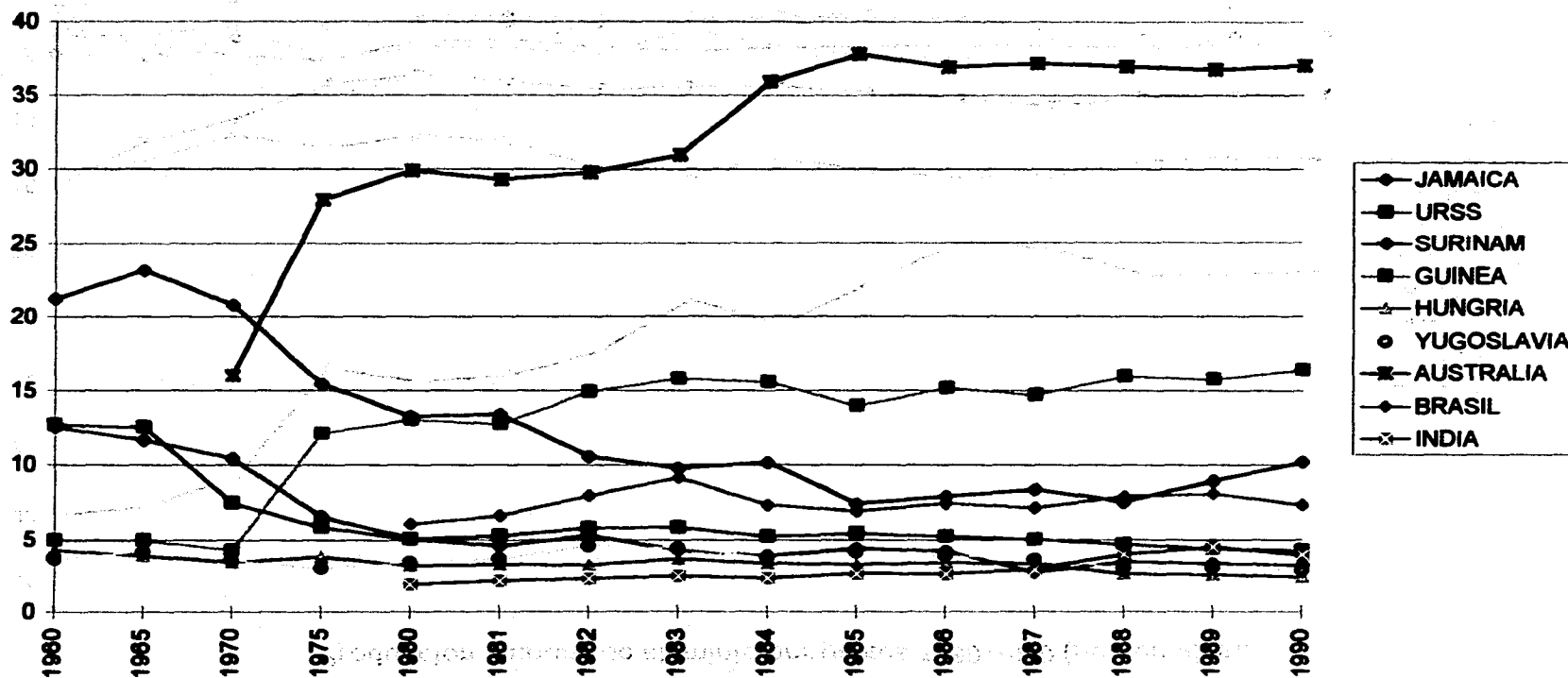
Producción mundial de aluminio por países 1960-1990 (porcentajes).



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de aluminio 1960-1990.

FIGURA 10

Producción mundial de bauxita por países 1960-1990 (porcentual)



CUADRO 8										
MILES DE TONELADAS METRICAS										
ALIBREO										
VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES										
	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	2.708.3	100.0	3.288.6	100.0	4.089.0	73.9	6.733.4	100.0	8.473.1	100.0
PAISES DESARROLLADOS	2.108.9	77.8	2.088.7	65.4	3.620.8	11.8	4.885.3	72.2	6.570.8	77.8
PAISES SUBDESARROLLADOS	232.9	8.6	398.8	11.2	561.2		780.8	11.7	1.054.7	12.5
CEE	1.138.1		1.083.8		1.883.7		2.887.0		2.748.7	
EFTA	100.1		121.2		188.9		288.2		430.0	
E. U. A.	588.0	18.8	415.4	12.8	528.8	10.8	1.245.7	18.5	808.7	11.1
ALEMANIA FEDERAL	315.5	11.6	284.5	8.9	588.1	12.0	710.3	10.5	825.4	10.9
REINO UNIDO	288.7	10.0	150.8	5.0	171.4	3.5	175.8	2.6	235.5	2.8
JAPON	225.6	8.3	378.3	11.8	810.1	18.8	1.835.3	27.3	2.363.2	27.9
BELGICA-LUXEMBURGO	184.4	7.2	188.2	5.9	252.5	5.2	315.5	4.7	358.1	4.2
FRANCIA	185.6	6.1	217.8	6.8	332.5	6.8	407.1	6.0	484.2	5.7
ITALIA	133.2	4.9	111.1	3.5	284.6	6.0	378.9	5.6	481.0	5.4
ALEMANIA DEMOCRATICA	114.6	4.2	180.3	5.0	170.0	3.5	170.0	2.5	180.0	2.1
HUNGRIA	85.8	2.4	101.8	3.2	187.9	3.8	185.3	2.5	205.0	2.4
ARGENTINA	56.3	2.2								
COREA					73.8	1.5	200.4	3.0	281.9	3.3
TAIWAN							147.2	2.2	222.8	2.6
CHECOSLOVAQUIA	80	3.0	93.0	2.9	93.0	1.9				
PAISES BAJOS			121.4	3.8	215.6	4.4	145.5	2.2		
BRASIL			78.9	2.5						
CHINA			330.8	10.3	110.2	2.3	487.9	7.2		
MEXICO					62.8	1.3				
INDIA					88.5	1.8				
POLONIA					88.7	1.8	102.8	1.5		
TOTAL PARCIAL	2.132.7	78.7	2.641.0	82.3	4.165.9	85.1	6.485.8	88.3	8.655.8	78.8
VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES										
	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	2.813.0	100.0	3.281.0	100.0	4.875.0	100.0	6.567.8	100.0	8.020.7	100.0
PAISES DESARROLLADOS	2.043.7	72.7	2.380.0	71.9	3.518.4	72.1	4.307.7	65.5	5.285.9	65.7
PAISES SUBDESARROLLADOS	186.1	7.0	238.4	7.2	834.7	13.0	1.421.1	21.6	1.885.1	23.3
CEE	503.8		816.1		1,001.7		1,153.0		1,207.0	
EFTA	500.4		535.2		865.2		853.1		1,018.4	
CANADA	808.4	28.7	510.2	15.5	784.7	16.1	1,050.8	16.0	1,158.1	14.5
NORUEGA	415.3	14.8	451.5	13.7	521.2	10.7	643.8	9.8	770.4	9.6
URSS	405.8	14.4	502.4	15.3	500.0	10.3	580.0	8.8	640.0	8.0
PAISES BAJOS	153.9	5.5	284.2	8.0	385.3	7.5	288.8	4.5	345.4	4.3
FRANCIA	135.4	4.8	183.9	5.0	177.4	3.8	115.4	1.8		
E. U. A.	101.8	3.6	188.6	5.1	848.8	13.3	348.6	5.3	653.8	8.2
GRECIA	87.0	3.1	88.1	2.7	80.2	1.2				
AUSTRALIA	85.0	3.0	78.9	2.3			584.8	8.6	837.2	11.7
ALEM. FEDERAL	83.3	2.3	158.7	4.8	223.7	4.6	278.5	4.2	325.0	4.1
GERM.	88.7	3.2	85.8	2.0	182.2	3.4				
HUNGRIA	82.5	2.2	80.8	1.9	84.2	1.7				
REINO UNIDO			88.8	2.7	184.5	4.0	138.1	2.0	188.2	2.1
NEUVA ZELANDA			81.1	2.8	128.2	2.6	236.8	3.8	233.0	2.9
BRASIL							177.2	2.7	485.0	5.9
VENEZUELA					208.1	4.3	382.8	5.8	380.1	4.7
YUGOSLAVIA			72.0	2.2			142.7	2.2	187.0	2.1
JAPON			83.5	2.5						
BARBAN			80.1	2.7	77.8	1.6	74.3	1.1		
RUSIA			84.7	2.8	83.8	1.9	138.1	2.1		
ISLANDIA					67.3	1.4	70.8	1.1		
ESPAÑA					108.8	2.2	288.4	3.2		
ARGENTINA					88.8	1.4				
EMIRATOS ARABES U.							180.7	2.3		
INDONESIA							238.7	3.8		
TOTAL PARCIAL	2.048.8	85.5	3.023.3	81.6	4.473.8	81.8	5.827.2	88.2	6.245.3	77.8

Fuente: ONU UNCTAD Commodity Yearbook, varios años.

aluminio, por lo que se deduce que actúa como intermediario o bien realiza procesos de alta purificación o de reciclaje de chatarra de este metal

La importancia de saber quiénes producen y quiénes consumen aluminio y bauxita remite al problema de la autosuficiencia de materiales básicos para el aparato productivo en los países o regiones más industrializados del planeta. La cuestión radica entonces en el acceso que ellos tengan a las materias primas mencionadas. El "temor" a depender de países periféricos no controlables o naciones "no amigas" hace que las naciones tecnológicamente avanzadas busquen controlar el proceso productivo completo, lo que pueden hacer vía transnacionales, estados intervencionistas³⁰ o realizando todo el proceso productivo en su propio país. La adopción de una u otra forma depende de los costos productivos en general (contemplada incluso, la situación política), así como la situación geográfica, para que en caso de guerras no se corte el suministro del material.

Lo que podemos observar en cuanto a suficiencia de bauxita y aluminio en los países o regiones más industrializadas del planeta, que serían Estados Unidos, Europa y Japón, es que sus posiciones son disímiles. Por un lado está Estados Unidos, que produce una buena parte del aluminio que consume y tiene dentro de su región de influencia a importantes abastecedores como Canadá, Brasil y Venezuela. Para la bauxita se encuentra en una situación de relativa desventaja, y sólo es relativa en tanto que su influencia política, económica y hasta militar en América Latina le permite contar con la importante producción de Brasil y Jamaica. Incluso su influencia, las empresas transnacionales y en general su poderío mundial, le permiten apropiarse de la bauxita de Guinea, que es el país con las mayores reservas conocidas del mundo (ver cuadro 10)

³⁰La intervención de los Estados debe considerarse no sólo a nivel militar, sino que incluso debe contemplarse como intervencionismo las "sugerencias" que dichos Estados hacen a los gobiernos de los "países receptores de las inversiones" para gestionar su política económica, social y política.

CUADRO 10

RESERVAS DE BAUXITA EN EL MUNDO EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	21.559
GUINEA	5.600
AUSTRALIA	4.400
BRASIL	2.800
JAMAICA	2.000
INDIA	1.000
INDONESIA	750
GUYANA	700
CAMERUN	680
GRECIA	600
SURINAM	575
GHANA	450
YUGOSLAVIA	350
VENEZUELA	320
URSS	300
HUNGRIA	300
CHINA	150
S. LEONA	140
TOTAL PARCIAL	21.115
%	98

Fuente: World Resources Institute.
World resources 1990, Oxford, 1990

Europa cuenta con la producción de aluminio de Noruega y Alemania; sin embargo ésta es muy pequeña para las enormes necesidades de dicha región. Es por esto que tiene que importar este metal de Australia, Canadá e incluso Estados Unidos. Es importante destacar aquí que el desmembramiento de la Unión Soviética brinde una posibilidad a Europa de ampliar su zona de injerencia económica y con ello poder abastecerse con lo que era la producción de la Unión Soviética, pero no debemos olvidar que la lucha por el control también la dan Estados Unidos y Japón, de donde resulta interesante ver de qué manera será repartida esta importantísima región minera. En cuanto a la bauxita, Europa cuenta con la pequeña producción de Yugoslavia, Suecia, Hungría y Grecia, e incluso con la de la India, al

ser ésta incluso hoy día una región de influencia europea, principalmente inglesa. A pesar de ello, Europa se ve obligada a importar más de 50% de su consumo de aluminio y casi 100% de bauxita de Australia, y de países africanos y asiáticos.

Japón presenta una situación mucho más complicada, ya que depende completamente de la bauxita externa, y de los productores de ésta podríamos considerar sólo a Indonesia como parte de su región de influencia, cosa que no es muy halagüeña por que sólo cuenta con 4% de las reservas mundiales, no aparece entre los 10 principales productores y exporta 2.3% de las exportaciones mundiales. En cuanto a aluminio se refiere, Japón es el principal importador mundial y no existe ningún productor importante en su región de influencia, a menos que se considere a Australia como parte de ella. Y es precisamente éste uno de sus principales proveedores tanto de aluminio como de bauxita.

La importancia del abastecimiento del aluminio y la bauxita radica en que puede servirnos como uno de los indicadores del fundamento material de la hegemonía económica mundial. En el caso de estos metales específicos podemos observar que Estados Unidos es el país que presenta una situación menos desfavorable que los otros dos y que Japón se encuentra en condiciones de extrema vulnerabilidad, debido en parte a su situación geográfica (el hecho de que sea una isla, pero además una isla muy pequeña, limita sus posibilidades materiales de competir en este nivel con Europa, pero sobre todo con Estados Unidos).

• **Cobre**

La importancia del último metal abordado en esta primera parte, el cobre, reside en su enorme peso para el aparato productivo en general, en especial para la transmisión de energía, la industria de la construcción y las máquinas-herramientas, o sea, no sólo para el esqueleto productivo directo, sino también, y sobre todo, para el sistema de comunicación, el energético y el espacio físico en que se encuentran las máquinas y los hombres, es decir, los edificios. Por orden de importancia, las principales ramas de la producción que consumen cobre son: productos eléctricos y electrónicos, industria de la construcción, maquinaria industrial, equipos de transporte y productos de consumo general. Este material es aún en nuestros días esencial, debido a la dificultad para encontrar un sustituto adecuado que brinde igual conductividad, plasticidad, costos, resistencia a la corrosión en ciertos ambientes de agua y aire, etc. Si bien es cierto que existen materiales que pueden tener alguna o varias de las cualidades del cobre, la dificultad para la sustitución reside en que, por un lado, no reúnen todas las cualidades y precio en un sólo material y por otro lado, en el hecho de que la actual estructura energética, de comunicación, construcción y maquinaria está diseñada y adecuada al uso del cobre -y por supuesto del acero y aluminio- como uno de sus principales sustentos material-metálicos.

Por orden de importancia las cualidades que hacen del cobre un elemento esencial en el aparato productivo capitalista son sus propiedades de gran conductividad eléctrica y térmica, su resistencia a la corrosión, su maleabilidad y su aptitud para soldar.

El cobre es un metal de color rojizo, blando, dúctil y con un punto de fusión de 1093° C. Fue descubierto en estado nativo aproximadamente en el año 8 000 a.C., y la obtención del mineral que lo contiene se realiza mediante fundición desde el 4 000 a.C. Hay objetos

antiguos de cobre que indican que los egipcios fueron los que lo usaron por primera vez de manera relativamente amplia.

Su nombre deriva del hecho de que, en tiempos remotos se encontraron yacimientos de este material en la isla del Mediterráneo llamada Chipre. El metal fue llamado *cyprium* por el nombre de la isla. Con el tiempo, ese nombre derivó en *cuprum*, palabra latina de la que se deriva el término cobre.

Una importante cualidad que ha hecho que este material sea utilizado en buena cantidad desde hace tiempo es el hecho de que es resistente a la corrosión por oxidación, pero un inconveniente es que es demasiado blando; sin embargo, aproximadamente en el 3000 a.C. los egipcios combinaron el estaño con cobre y obtuvieron el bronce, mezcla que es más dura que el cobre, y desde la llamada "edad de bronce" (que duró aproximadamente 2,000 años), el cobre se emplea de manera importante en esta forma. Hay otra aleación, el latón, que es una mezcla de cobre y zinc; se tienen pruebas de su uso desde unos años antes de Cristo, cuando los romanos lo emplearon para hacer monedas y más tarde delgadas láminas. El latón tiene una mayor dureza que el cobre y puede ser estirado para hacer alambres.

El cobre es el más abundante de los metales básicos o comunes, pero esto es relativo ya que el contenido de metal en los minerales que lo contienen es muy bajo, debido a lo cual se requiere explotar grandes cantidades y realizar un enorme trabajo de concentración.

Los minerales que lo contienen son tanto óxidos como sulfuros e hidroxicarbonatos, se extrae de la cuprita, calcosita, calcopirita, bornita, malaquita, azurita y digenita, aunque también se puede encontrar el metal en estado nativo.

Los depósitos de cobre se pueden dividir en tres tipos: de segregación magmática, hidrotermales y de formas estratificadas de sedimento huésped. Generalmente la riqueza de

los minerales de cobre no sobrepasa 15% de contenido del metal, este factor y las características de la región en que se localizan las minas determinan la forma de extraerlo y luego refinarlo³⁷

Obtención del cobre

En general, el mineral se obtiene de los yacimientos mediante explosivos. Una vez extraído, se realiza la concentración que cuenta, a grandes rasgos con tres etapas: pulverización, fundición y refinado. Aquí es necesario destacar que una pequeña parte del cobre se rescata como subproducto de la obtención de níquel, plomo y zinc.

La primera etapa se realiza con quebrantadoras, trituradoras y molinos de bolas. Una vez triturado el mineral, se separa la ganga mediante flotación (con agua). Ya separado de la ganga entra en la etapa de fundición, que se da en dos fases, en la primera se tuestan los minerales para obtener óxidos, en la segunda se cierra la entrada de aire y tiene lugar una reducción de los óxidos. Se obtiene así la "mata de cobre", mezcla de sulfuro ferroso y sulfuro cuproso, que pasa a un convertidor donde se repite la oxidación y luego la reducción. Así se obtiene el cobre negro, que tiene 98% de pureza, las impurezas que contiene son de hierro, zinc, níquel, arsénico y otros.

También se puede emplear el método hidrometalúrgico para la obtención del cobre. En éste el mineral es regado con agua acidulada con ácido sulfúrico; se forma el sulfato de cobre soluble al agua, y de las aguas se separa el cobre mediante electrodeposición de sus iones de cobre, sustituyéndolos por los del hierro. Con este método se obtiene cobre cementado.

³⁷ Hay casos en que resulta especialmente difícil su extracción como en el caso de los nódulos de ferromanganeso localizados en el pacífico, que contienen hasta 2% de cobre, hay estimaciones que indican que el cobre recuperable de los nódulos excede el billón de toneladas. Los nódulos también contienen importantes cantidades de manganeso, cobalto, níquel y hierro.

Una vez obtenidos ya sea el cobre negro o el cementado se lleva a cabo el proceso de refinado, que se desarrolla en dos fases: térmica y electrolítica. La primera se realiza en hornos donde se eliminan las impurezas de azufre, arsénico y hierro mediante oxidación, y en seguida se reduce el óxido de cobre. Después, el cobre líquido se vacía en moldes para obtener placas con pureza de 99.3%. La fase electrolítica tiene como medio ionizante una disolución de sulfato de cobre y las placas se colocan como ánodos, en los cátodos se pone el cobre electrolítico con una pureza de 99.9%

Ya obtenido el cobre, se funde nuevamente a fin de obtener los lingotes para los productos finales. El cobre que se emplea en conductores eléctricos debe ser de gran pureza para que sea altamente conductor.

Las cualidades del cobre y las de sus aleaciones de ser maleables (por ello fácilmente moldeables), su durabilidad y resistencia a la corrosión, hacen a este material uno de los más importantes en la historia de la humanidad. Sus usos van desde joyas hasta armas y herramientas, y por su alta conductividad eléctrica es ampliamente usado en cables que tienen la cualidad no sólo de transmitir la electricidad con mínima pérdida de energía, sino que son flexibles, maleables y pueden ser fácilmente unidos y soldados. Esto explica que el mayor auge de la industria del cobre se dé a finales del siglo XIX.

En las primeras décadas del siglo XIX, la producción mundial anual promedio fue menor a las 10,000 toneladas métricas [...] a mediados del siglo, la producción era de 50,000 toneladas anuales y para los años de 1890, cuando el poder de la electricidad y el telégrafo comenzó a crecer muy rápidamente, la producción alcanzó cerca de las 370.000 toneladas³⁰.

³⁰James, Craig. *Resources of the Earth*. P. 216. Prentice-Hall, 1988.

Aleaciones del cobre

Existen más de mil aleaciones del cobre y las adiciones de otros materiales que se le hacen tienen generalmente el objetivo de hacerlo más resistente. Existen estimaciones que indican que más de la mitad de su producción se emplea en aleaciones, entre éstas hay dos que son muy conocidas y utilizadas. Una es el cobre con estaño, de donde se obtienen los bronce, y la otra es el cobre con zinc, que da como resultado los latones. Existe una amplia gama de bronce y latones, definida por las proporciones en que cada material interviene en la aleación. Estos dos materiales pueden ser tan duros que son comparables a los aceros por sus cualidades. Es por ello que se usan para fabricar desde instrumentos sonoros hasta maquinaria, embarcaciones, ferrocarriles, objetos que se exponen al agua de mar, armas de fuego, etc. Las variedades de latón dúctiles y maleables se emplean en alambres. El latón de hierro es duro y tenaz y no se oxida fácilmente. Por ello se emplea en objetos expuestos a la acción del agua y el aire. El bronce con silicio, que es tenaz y resistente, se destina para alambres que soporten grandes extensiones; se usa, por ejemplo, en líneas telefónicas, sin embargo es necesario resaltar que en este rubro, el cobre está siendo sustituido por las novedosas fibras ópticas. Este material avanzado ha sido presentado como el sustituto ideal que desplazará al cobre en el sector de telecomunicaciones. Lo que es importante destacar es que para principios de los 90 el uso de fibras ópticas creó una demanda adicional de cobre debido a que como las fibras aún no pueden aún ser utilizadas para transmitir energía eléctrica, se han empleado importantes cantidades de alambre de cobre paralela o conjuntamente con los cables de fibra óptica.³⁹ Otro ejemplo de sustitución del cobre es el aluminio, que puede ser usado en cables y alambres, pero estas sustituciones dependen de

³⁹Ver Department of Commerce U.S. U.S. Industrial Outlook 1991

las fluctuaciones de los precios de ambos materiales, de esta manera, cuando los precios del cobre son altos se emplea aluminio, pero cuando el cobre baja de precio se usa éste.

Las aleaciones de cobre-níquel, con cantidades pequeñas de hierro, azufre y carbón, y la de cobre-plomo, son extraordinariamente resistentes a la corrosión y por ello a la acción de ciertos ácidos. Es por esto que se pueden emplear en la industria química.

Para fines magnéticos se emplea la aleación cobre-manganeso-aluminio.

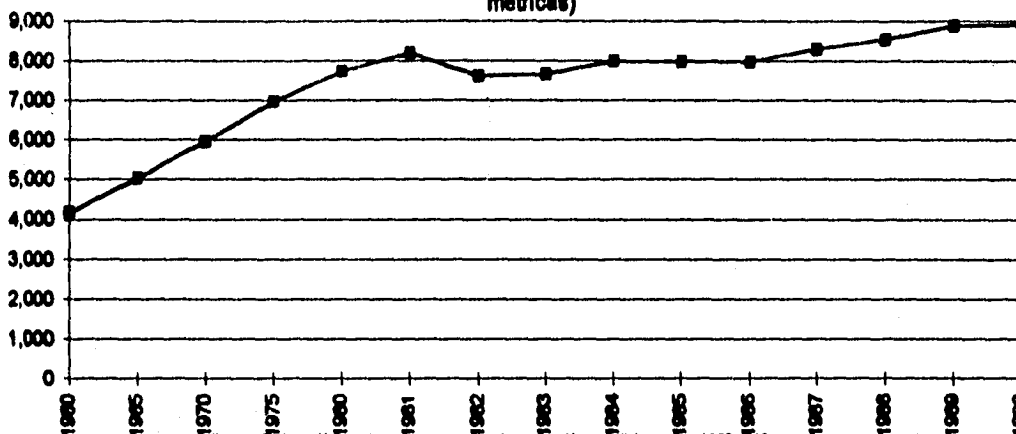
El cobre con cobalto brinda aleaciones tenaces, dúctiles y muy duras, por lo que se usan en la industria productora de maquinaria.

Producción y circulación del cobre 1960-1990.

El ritmo de crecimiento de la producción de cobre fue dinámico hasta 1980, de los años 1960-1970 el crecimiento de la producción fue de 40%, de 1970 a 1980 de 50%, pero de 1980 a 1985 sólo aumentó en 3.2 % y de 1985 a 1990 en 12% (ver cuadro 11 y figura 11). Esto encuentra su explicación tanto en la recesión económica que se agudiza hacia principios de los 80 y que vivimos hasta nuestros días; como en el desarrollo tecnológico que permite, por un lado, reciclar mayores cantidades de metales (existe cada vez una mayor diferencia entre la cantidad producida de cobre refinado -que puede obtenerse de desechos- y la de producción minera de este material, es decir, producción a partir del mineral), y por otro, sustituirlos por nuevos materiales, así como usar cada vez mayores grados de pureza, menor cantidad de metal y obtener mejores cualidades en los productos.

La mayor producción de este material en los 60 y 70 estuvo a cargo de Estados Unidos, Rodesia-Zambia, Chile y la Unión Soviética, que juntos tienen más de 60% de la producción. De esta manera, podemos observar que sólo Estados Unidos y la Unión Soviética

FIGURA 11
Producción total mundial de cobre en el mundo 1960-1990 (miles de toneladas métricas)



son tanto productores como consumidores. La Unión Soviética es autosuficiente en este sentido y Estados Unidos

tiene bajo su control financiero la producción de Canadá [...la de], Chile y demás países de América Latina [...]. El continente americano dispone, por tanto, de un excedente de cerca de 1.5 millones de toneladas [...] la producción europea, a excepción de la Unión Soviética, es exterior al territorio de los grandes consumidores [...] las industrias europeas se enriquecen con las reservas africanas puestas en explotación por Gran Bretaña y Bélgica (los países africanos que suministran cobre son) Zambia, Unión Sudafricana y Sudoeste africano, Zaire, y también compran a Turquía y Chipre.⁴⁰

Europe y Japón tienen que buscar el cobre en los países asiáticos y africanos. Japón produce una parte de su consumo e importa otra de Australia.⁴¹

Para los años 80 el panorama tiene un ligero cambio, ya que la producción se reparte entre un mayor número de países, aunque todavía un grupo de cinco cuentan con un poco más de 50% de la producción mundial: Estados Unidos, Chile, Unión Soviética, Canadá y Rodesia-Zambia. Es evidente que actualmente, de entre los llamados países industrializados, Estados Unidos presenta la situación menos desfavorable respecto al suministro de este

⁴⁰ George Pierre. Geografía económica. P. 143

⁴¹Op. cit.

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 11

COBRE*	VOLUMEN DE LA PRODUCCION						MILES DE TONELADAS METRICAS							
	1980	%	1985	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1990	%
TOTAL MUNDIAL	4,164.0	100.0	5,034.1	100.0	5,957.6	100.0	6,967.0	100.0	7,739.0	100.0	7,988.0	100.0	8,920.0	100.0
E.U.	979.9	23.5	1,226.3	24.4	1,560.1	26.2	1,282.0	18.4	1,181.0	15.3	1,103.0	13.8	1,550.0	17.4
CHILE	532.4	12.8	606.0	12.0	685.6	11.5	828.0	11.9	1,058.0	13.8	1,380.0	17.0	1,550.0	17.4
URSS	462.7	11.1	698.5	13.9	571.5	9.6	765.0	11.0	900.0	11.6	600.0	7.5	680.0	7.6
CANADA	397.7	9.6	460.7	9.2	613.3	10.3	724.0	10.4	716.0	9.3	738.6	9.2	760.0	8.5
PERU	182.9	4.4	180.3	3.6	212.1	3.6	218.0	3.1	367.0	4.7	391.3	4.9	320.0	3.6
JAPON	89.3	2.1	107.1	2.1										
AUSTRALIA	110.5	2.7	91.8	1.8	145.7	2.4	218.0	3.1	244.0	3.2	259.8	3.3	295.0	3.3
CHINA	69.9	1.7	89.8	1.8									440.0	4.9
RODESIA-ZAMBIA	576.4	13.8	695.8	13.8	684.0	11.5	677.0	9.7	596.0	7.7	458.6	5.7	430.0	4.8
SUDAFRICA					149.2	2.5								
FILIPINAS					145.4	2.4	227.0	3.3	305.0	3.9	222.2	2.8	190.0	2.1
CONGO-ZAIRE	302.3	7.3	288.6	5.7	385.7	6.5	496.0	7.1	540.0	7.0	557.9	7.0	390.0	4.4
POLONIA							270.0	3.9	346.0	4.5	431.3	5.4	430.0	4.8
MEXICO														
SUBTOTAL	3,703.8	88.9	4,445.0	88.3	5,152.5	86.5	5,705.0	81.9	6,263.0	80.9	6,122.7	76.6	7,035.0	78.9

*DATOS DE MINERAL METALIFERO O EN MENA

LOS DATOS DE 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS

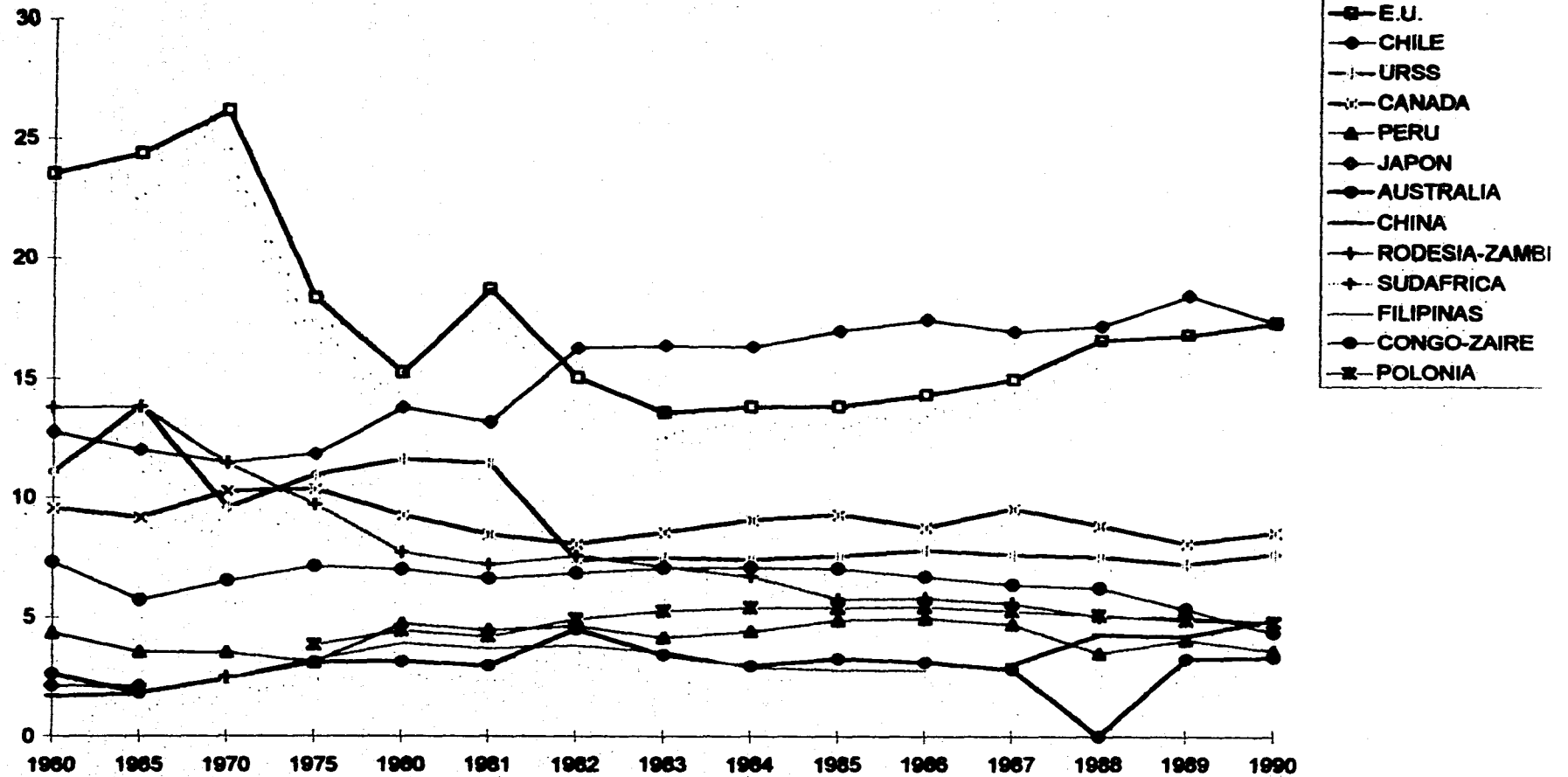
FUENTES:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK O.N.U. DE 1960 A 1981

EL RESTO DE LOS DATOS SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK O.N.U. 1991

FIGURA 12

Producción mundial de cobre por países 1960-1990 (porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de cobre 1960-1990.

material debido a que puede contar tanto con su producción y reservas como con las de Canadá y Chile.

Los principales importadores de este material son los que cuentan con la tecnología apropiada para convertirlo en maquinaria y productos de consumo final, pero ahora se están sumando países "maquiladores", como Corea y Brasil, aunque la mayor parte de las importaciones, cerca de 60% del total mundial, corren a cargo de Japón. El hecho de que ahora aparezcan entre los 10 principales importadores países "periféricos" puede interpretarse como un cierto acceso de éstos a la posibilidad de producir algún tipo de objetos de consumo final o realizar cierto grado de purificación del material,⁴² sin embargo esto no indica que tengan acceso a los procesos de alto grado de purificación de minerales ni que el cobre que importan sea destinado para la elaboración de instrumentos de producción de alta tecnología, es más bien una tendencia a "socializar" con algunas naciones cierto grado de tecnología. Por supuesto que este movimiento se realiza una vez que han sido estudiadas las condiciones que brindan dichas naciones para el buen funcionamiento de este tipo específico de división internacional del trabajo, de este modo, los "tentáculos" (mercado mundial) con los que se extiende el modo de producción capitalista ayudan a adecuar la producción mundial a las necesidades del gran capital internacional y funcionan como "sensores" para la mayor obtención de ganancia.

Esta situación permite abordar el problema del grado de autosuficiencia de este metal en los países industrializados -que son los que consumen la mayor parte del cobre refinado

⁴²En lo que se refiere a la purificación del mineral habría que profundizar en el hecho de que resulta muy costoso transportar mineral bruto que contenga bajas proporciones de metal -menos de 4%- hacia los centros de purificación, por lo que se hace necesario desarrollar el tratamiento del mineral en el lugar de extracción o bien pensar en la posibilidad de transportarlo a lugares relativamente cercanos a los centros de producción minera, como hipotéticamente podría ser el caso de una parte del mineral extraído en Chile, que podría purificarse en Brasil y el mineral de Filipinas, que podría purificarse en Corea.

COBRE (MENA)

	MILES DE TONELADAS METRICAS									
	1971		1975		1980		1985		1989	
		%		%		%		%		%
VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES										
TOTAL MUNDIAL	683.3	100.0	1,085.7	100.0	1,285.0	100.0	1,513.2	100	1,710.4	100.0
PAISES DESARROLLADOS	677.3	87.7	1,025.9	93.6	1,114.8	86.7	1,149.7	75.9	1,339.6	78.3
PAISES SUBDESARROLLADOS	4.7	0.7	17.1	1.5	112.9	8.7	247.8	16.3	261.4	18.5
CEE	54.2		180.3		141.0		191.2		285.4	
EFTA	51.4		34.7		40.9		62.8		64.1	
JAPON	580.3	72.2	682.2	68.2	834.9	65.0	612.6	53.7	610.4	53.2
ALEMANIA FEDERAL	42.2	6.1	146.0	13.5	140.0	10.9	151.8	10.0	170.0	9.9
ESPAÑA	33.9	4.9	48.3	4.4	59.1	4.6	34.7	2.3	91.9	5.4
NORUEGA	29.7	4.3	18.9	1.5	19.7	1.5				
E. U. A.	28.4	4.1	68.8	6.3					49.3	2.9
SUECIA	21.7	3.1	17.1	1.6	18.7	1.5				
BRASIL						0.0	54.0	3.6	100.0	5.8
COREA					71.1	5.5	108.6	7.0	125.0	7.3
COREA DEMOCRATICA			24.9	2.3						
CHINA					16.3	1.3	69.3	4.6	60.0	3.5
FINLANDIA							38.2	2.5	52.3	3.1
CANADA			18.5	1.5			78.2	5.0	47.9	2.8
URSS					30.2	2.4	30.0	2.0		
ZAMBIA							30.5	2.0		
TANZANIA							48.7	3.1		
TOTAL PARCIAL	658.2	94.6	1,032.5	94.2	1,180.0	92.6	1,480.6	85.9	1,606.6	93.9
VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES										
TOTAL MUNDIAL	675.4	100.0	1,083.9	100.0	1,261.4	100.0	1,528.9	100.0	1,658.9	100.0
PAISES DESARROLLADOS	284.6	43.6	429.1	39.2	500.1	39.0	587.1	38.1	634.3	50.3
PAISES SUBDESARROLLADOS	388.8	54.3	684.8	60.7	781.3	61.0	951.8	60.9	927.6	49.7
CEE	15.3		13.4		7.0		22.3		123.3	
EFTA	11.9		28.6		22.3		44.6		46.5	
CANADA	204.0	30.2	314.5	28.8	289.0	22.3	286.9	18.4	342.4	18.4
FILIPINAS	185.9	27.5	212.4	19.4	301.2	23.5	87.4	5.7	100.1	5.4
CHILE	78.9	11.7	101.4	9.3	124.4	9.7	285.5	17.4	314.4	18.9
PERU	40.8	6.0	29.1	2.7			62.3	4.1		
AUSTRALIA	40.2	6.0	38.9	3.6	47.0	3.7	87.8	5.7		
E. U.					108.8	8.3	124.5	8.1	380.5	19.4
PORTUGAL									113.8	6.1
INDONESIA			61.2	5.6	58.7	4.6	87.1	5.7	113.9	6.1
NVA. GUINEA			189.9	15.5	142.2	11.1	188.7	11.0	228.0	12.2
ZAMBIA			28.0	2.7	34.3	2.7	38.0	2.4		
SUDAFRICA					27.0	2.1				
MEXICO					28.0	2.2	108.4	7.2		
MALASIA					27.0	2.1	30.4	2.0		
TOTAL PARCIAL	548.8	81.4	658.4	67.4	1,182.6	92.3	1,358.0	88.7	1,571.1	84.5

Fuente: ONU, UNCTAD commodity yearbook, varios años.

que se produce en el mundo-, y esto nos remite a la cuestión de la posibilidad de un corte en el suministro del material en caso, por ejemplo, de una guerra o dificultades políticas o de otro tipo, en o con los países que suministran el metal. Los tres primeros productores de cobre son Chile, Estados Unidos y Canadá, con lo que se hace evidente que Estados Unidos es, de entre los industrializados el menos vulnerable, Europa sólo cuenta con la producción de Polonia, que apenas se acerca a 5% del total mundial, pero no debemos olvidar que tienen el control del cobre africano, y entre los diez principales productores mundiales encontramos a Zambia y a Zaire (ver cuadro 11 y 12 y figura 12)

En el caso de Japón resulta más evidente que no es autosuficiente, por ello importa casi 60% del cobre que se comercia en el mundo, y por su situación geográfica -y sólo por su situación geográfica- sus seguros abastecedores, en caso de guerra, podrían ser: Australia, Indonesia, Nueva Guinea y Filipinas (ver cuadro 12)

En lo que se refiere a reservas mundiales de este importante mineral, cinco naciones cuentan con casi 70% de las reservas conocidas. Estos países son Chile, Estados Unidos, Unión Soviética, Zaire y México. Es por esta situación que la perspectiva futura de abastecimiento de cobre muestra nuevamente a Estados Unidos como la nación menos vulnerable a problemas de abastecimiento. Lo anterior lo podemos reforzar si sumamos a las reservas de Estados Unidos las de Chile, México, Canadá y Perú, con lo que obtenemos 54% de las reservas de cobre comprobadas en el mundo. Otra situación que está por definirse es quién será el beneficiario del cobre de la desmembrada Unión Soviética, que contaba con 10% de las reservas mundiales (ver cuadro 13)

CUADRO13**RESERVAS DE COBRE EN EL MUNDO EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS**

TOTAL	
MUNDIAL	321.0
CHILE	85.0
E. U. A.	55.0
URSS	37.0
ZAIRE	26.0
MEXICO	14.0
ZAMBIA	12.0
CANADA	12.0
FILIPINAS	10.0
POLONIA	10.0
PERU	8.0
PAPUA NUEVA GUINEA	7.0
AUSTRALIA	7.0
YUGOSLAVIA	4.0
CHINA	3.0
INDIA	3.0
INDONESIA	3.0
IRAN	3.0
MONGOLIA	3.0
PORTUGAL	3.0
TOTAL	
PARCIAL	305.0
%	95.0

Fuente: World Resources Institute,
World resources, 1990,
Oxford, 1990.

CAPÍTULO 2. METALES DE ALEACIÓN DE USO COMÚN O GENERALIZADO

Manganeso

El químico sueco Juan Gottlieb Gahn obtuvo por primera vez el manganeso en 1774. Este mineral se encuentra en depósitos sedimentarios y residuales. Se obtiene principalmente de los óxidos oscuros, cafés o negros de manganeso como la pirolusita, el psilomelan o la braunita, los que tienen cualidades que van desde ser pesados y compactos hasta desmenuzables y terrosos.

El manganeso metálico se obtiene en estado casi puro por aluminotermia, a partir del óxido, que es reducido por el aluminio. Más común es la obtención del ferromanganeso elaborado al horno eléctrico, que contiene 80% de manganeso y es de gran uso en la producción de los aceros.

Usos y aleaciones del manganeso

El manganeso puro se usa poco debido a que es quebradizo. La mayor parte de su consumo se observa en la manufactura del acero (de hecho, se emplea virtualmente en todos los tipos de aceros y la presencia de este metal es tan común, que no se le considera como una aleación específica), en la industria química y en la producción de baterías.

En la industria del acero es utilizada en mineral y en ferroaleaciones; como mineral es añadido durante el proceso de producción del hierro; las ferroaleaciones pueden agregarse a los recipientes después de que se ha producido el acero crudo.

Una de sus funciones importantes en la fundición del hierro es que remueve impurezas, tales como el sulfuro y el oxígeno. Se necesitan cerca de 7 kg. de manganeso para producir una tonelada métrica de hierro o acero.

Otra cualidad que tiene el manganeso es que perfecciona la fuerza y resistencia del acero (aunque también pueden añadirse otros materiales, el costo y la experiencia en el uso del manganeso es lo que respalda su empleo).

El acero llamado *hadfield* se usa mucho por que tiene un alto contenido de manganeso (13%) y se emplea en equipo que se encuentra constantemente expuesto a altos impactos y al desgaste, como los de excavación.

También se utiliza en la producción de aceros inoxidables (como sustituto del níquel) y refractarios, aluminio, moldes y aleaciones de cobre. Se le usa en las baterías y acumuladores de carbón-zinc en forma de dióxido de manganeso.

El mineral de manganeso se usa para secadores de tintas, pinturas y barnices, así como aditivos de combustible. También es utilizado, pero en menor escala en fertilizantes, comida de animales, cerámicas y procesadores de uranio, así como en el tratamiento y purificación del agua

Entre las aleaciones más importantes del manganeso podemos encontrar:

- **Cobre-manganeso.** Es una aleación dúctil, de gran dureza y tenacidad, y más fusible que el bronce ordinario. Esta aleación llena los moldes sin que se formen burbujas ni poros. Las mejores clases de cupro-manganeso contienen entre 10 y 30% del metal, su color es blanco y pueden trabajarse con martillo o con laminador.
- **Cobre-ferro-manganeso.** Tiene gran dureza, resistencia y elasticidad. Una aleación con 40% de cobre y 60% de ferromanganeso brinda productos de una tenacidad superior a la

de las mejores planchas de acero, muy útiles para blindajes. Una plancha de 5 cm de espesor resiste los disparos de cañones mejor que una de acero del mismo grosor.

- **Manganeso-estaño.** Esta aleación produce el "bronce manganeso- estaño", el más resistente; contiene 85% de cobre, 6% de estaño, 5% de zinc y 5% de cupromanganeso.
- **Cobre-níquel-manganeso.** A esta aleación se le llama mangarina, se emplea en resistencias eléctricas y contiene 85% de cobre, 12% de níquel y 4% de manganeso.

Es importante destacar que para la mayoría de los usos del manganeso aún no hay sustitutos adecuados.

Reservas de manganeso

Las reservas de este mineral están concentradas prácticamente en Sudáfrica y la Unión Soviética. Entre ambos países tenían, a principios de esta década, más de 80% de las reservas mundiales de este importante material. También hay reservas considerables en Gabón, Australia, Brasil, China, India y México (ver cuadro 14).

CUADRO 14
RESERVAS MUNDIALES DE MANGANESO EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	812.8
SUDAFRICA	369.2
URSS	294.8
GABON	52.6
AUSTRALIA	39.9
BRASIL	20.9
TOTAL PARCIAL	777.4
%	95.6

Fuente: World Resources Institute,
World resources 1990, Oxford, 1990.

Al parecer, los principales depósitos se encuentran en Ucrania, El Bol' Shoy Tokman, Chiatura y Nikopol en la Unión Soviética; Kalahari, en Sudáfrica; Serra Donavio en Amapa, Brasil; en Moanda, Gabón y en Molango, Hidalgo, México.

Otras importantes reservas potenciales se encuentran en el mar y son los llamados "nódulos de ferromanganeso", especie de papas negruzcas que pesan desde unos gramos hasta 100 kilos, se encuentran a 1,000 metros de profundidad en el Atlántico y contienen entre 10 y 50 % de manganeso. También se localizan importantes nódulos en el Pacífico. El problema de éstos es la extracción, por un lado, y por otro, el reparto de los que se encuentren más allá de los límites territoriales de las costas en caso de una crisis de abastecimiento, ya que en 1967-1970 las zonas a más de 200 millas de las costas se declararon "patrimonio común de la humanidad" pero en 1982-1983 se realizó un acuerdo temporal entre Estados Unidos, República Federal Alemana, Francia y el Reino Unido para explorar y explotar los nódulos de los fondos marinos.⁴³

Por otro lado, el grado de reciclamiento del manganeso es poco importante, aunque se reciclan algunas cantidades de las operaciones de proceso continuo como un componente menor de desechos de metales ferrosos y no ferrosos y de escoria del acero.

Tungsteno

El tungsteno es un metal blanco pardusco que en algunos lugares como Alemania y los países eslavos es conocido como wolframio o volframio. El químico sueco Carl Wilhelm Scheele lo descubrió en 1875. Antes de esta época era considerado un mineral de estaño. La palabra tungsteno deriva del vocablo sueco: *tung*, que significa pesado y *sten*, que es roca. Fue hasta 1855, en Francia, que este material se usó en aleación con el acero, y a partir de

⁴³Ver: Alexandre de Marenches (Dir.) *Atlas geopolítico Aguilar*. Aguilar S.A. de Ediciones. Madrid, España. 1989.

entonces se le emplea en objetos que requieran durabilidad y resistencia al impacto, por ejemplo, en 1868 se agregaron pequeñas cantidades de tungsteno a los railes de los trenes producidos en Francia.

Las características más sobresalientes, que hacen de este material un importante elemento para la producción de herramientas y maquinaria con alta resistencia al calor, y en general para productos que sean sometidos a fuertes impactos, son precisamente resistencia mecánica, rigidez a temperaturas superiores a 2,000° C, alto punto de fusión, dureza, resistencia a la corrosión y conductividad eléctrica.⁴⁴

Los principales minerales que contienen tungsteno son: la wolframita y la seheelita (llamado así en honor de Scheele). Otra parte de la producción mundial de tungsteno viene de las vetas de cuarzo y una pequeña porción se obtiene como subproducto de la obtención de oro, estaño y cobre.

Obtención, usos y aleaciones del tungsteno.

A grandes rasgos, para obtenerlo del mineral que lo contiene, primero se concentra y se introduce en un horno de reverbero con carbonato sódico, se produce una masa fundida que se trata con ácido clorhídrico y, con ello se obtiene ácido volfrámico, que se aglomera con carbón y se introduce en un crisol a 1400°C. Se obtiene así un metal en forma de polvo y se compacta en una prensa para después someterlo a conformación por forja o laminado.

El tungsteno brinda a los aceros extremada dureza y los aceros al tungsteno pueden tener hasta 20% de éste y algunas cantidades de cobalto, vanadio, molibdeno y cromo. Éstos

⁴⁴Hay que mencionar, sin embargo, que existen dos grandes inconvenientes en el uso del tungsteno: su fragilidad a temperatura ambiente y que es reactivo al oxígeno del aire a partir de los 500°C, por esto el tungsteno y las aleaciones que se utilizarán a altas temperaturas tienen que estar al vacío, con un gas protector o recubiertos de alguna sustancia que los haga estables.

pueden ser empleados en herramientas de corte rápido. Si se requieren aceros extremadamente duros se emplea una combinación de tungsteno, cromo, cobalto y carbono. En general los aceros al tungsteno se emplean para maquinaria y herramienta que deban resistir altas temperaturas, fuertes impactos, y oxidación a temperaturas altas.

Aunque si bien es cierto que las aleaciones de tungsteno son muy importantes, este material se emplea en mayor medida en los llamados carburos cementados, metales duros o carburos de tungsteno.⁴⁵ Actualmente los carburos de tungsteno son difícilmente reemplazables debido a su resistencia al uso, al calor y al choque, así como su rigidez. Otro uso en el que, por el momento, no se han promovido sustitutos, es en los filamentos y contactos para lámparas y luces, y electrodos.⁴⁶ Aproximadamente 45% de la producción anual se emplea en carburos de tungsteno, 25% para ferroaleaciones, 18% para aleaciones en las que es el metal que participa en mayor grado, 11% para aleaciones no ferrosas y 1% para otros usos.⁴⁷

En Estados Unidos los principales campos de aplicación productiva del tungsteno son: maquinaria en general, maquinaria y herramientas para minería, y construcción, con 68% del consumo, lámparas y luces con 12%, maquinaria eléctrica y electrónica y equipo de transporte con 11%, química 3% y otros 6%.

Un interesante uso del tungsteno es en pantallas de protección contra rayos X, esto por tener una alta densidad que hace que pueda absorber la radiación en mayor medida que el plomo (50% más)

⁴⁵Los carburos cementados son una mezcla de polvo de carburo de tungsteno, que brinda resistencia al uso, y de polvo de cobalto, que funciona como cohesionador. Estos materiales son compactos, rígidos, duros y poco frágiles.

⁴⁶Los electrodos son las extremidades de los conductores que están en el polo positivo y negativo de un generador eléctrico.

⁴⁷Ver James Craig. *Resources of the Earth*. Prentice-Hall, 1968.

Reservas de tungsteno

Es un mineral que, ante la dificultad para su abastecimiento, ha sido designado en Estados Unidos como de "alto riesgo". Esto se debe a que China tiene más de 40% de las reservas mundiales y en 1992 se puso en práctica la tarifa *antidumping* a las importaciones estadounidenses de concentrados de tungsteno provenientes de aquel país.

El segundo país en el mundo, en 1990, era la Unión Soviética, con 12% de las reservas conocidas, seguido de Canadá (11%), y en tercer lugar Estados Unidos (6.4). Otras naciones americanas tienen reservas de tungsteno, como Argentina, Bolivia, México, Brasil y Perú, pero todos con pequeñas proporciones del metal (ver cuadro 15). Esto significa que Estados Unidos tiene un ligero margen de movilidad para su abastecimiento, aunque no resulta suficiente para su poderosa industria, por lo que se ve en la necesidad de importar una considerable cantidad para su consumo interno

CUADRO 15
RESERVAS MUNDIALES DE TUNGSTENO EN 1991
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	2.36
CHINA	1.05
URSS	0.28
CANADA	0.26
E. U. A.	0.15
TURQUIA	0.07
BOLIVIA	0.06
COREA	0.06
AUSTRALIA	0.06
MONGOLIA	0.05
PORTUGAL	0.03
TAILANDIA	0.03
ESPAÑA	0.02
FRANCIA	0.02
MYANMAR	0.02
MALASIA	0.02
BRASIL	0.02
TOTAL PARCIAL	2.20
x	93.62

Fuente: World Resources Institute,
World resources 1990, Oxford,
1990.

CAPÍTULO 3. METALES DE ALEACIÓN DE USO GENERAL Y DE USOS ESPECIALES (SUPERALEACIONES).

Níquel

El níquel se encontró por primera vez entre los siglos XVII y XVIII ligado a la producción del cobre. Los mineros alemanes de Saxony, en Alemania del Este, intentaron obtener cobre de unos minerales que tenían color y propiedades similares a las del cobre, lo que obtuvieron fue un metal blanco y brillante, al que le llamaron *Kupfernickel* o el "cobre del diablo", por la creencia de que el diablo *Old Nick* y sus nomos habían transformado el metal de cobre. A principios del siglo XVIII un químico suizo, de nombre Axel Cronstedt, demostró que el níquel era un elemento químico propio, pero fue hasta 1781 que se obtuvo el níquel puro.

Los principales minerales de donde se extrae níquel son la garnierita (silicato doble de níquel y de magnesio), con un contenido de 3 a 4% y las piritas complejas de cobre y níquel, con 3% de éste.

Las principales cualidades que dan importancia a este material para la actual estructura productiva y la futura, -ya que algunos de sus principales usos se dirigen hacia la industria aeroespacial, la nuclear, la química y la petroquímica- son: maleabilidad, ductilidad, y dureza, no se oxida fácilmente en el aire ni en el agua destilada, y puede soportar bien el agua de mar en movimiento (aunque no la estancada). Es resistente a ácidos no oxidantes pero no a los oxidantes ni a los compuestos orgánicos que se encuentran en la industria alimentaria. La gran ventaja que representan los metales resistentes a la oxidación en aire y agua de mar puede hacernos pensar en las múltiples posibilidades para investigaciones e innovaciones tecnológicas que se desarrollen en la industria aeroespacial y náutica, es decir,

la posibilidad de trascender más fácilmente los límites que "atan" a la tierra a la gran industria capitalista.

Los primeros usos del níquel fueron en utensilios domésticos, pero cuando este material empezó a ser realmente importante fue cuando el científico inglés Michael Faraday desarrolló el método de galvanización mediante su descubrimiento de inducción electromagnética en el año de 1831. Este descubrimiento brinda la posibilidad de proteger a los metales de los devastadores efectos de la corrosión, una de sus fronteras más difíciles de superar, ya que prácticamente los consume. Es por ello que uno de las principales objetivos en la investigación de metales es poder combatir o evitar la corrosión, por esto es que se buscan procesos y metales que sean lo más resistentes posible a dicha desventaja.

El uso del níquel como material de aleación se desarrolla en el siglo XX, las aleaciones de acero que contienen níquel brindan aceros inoxidable. En Estados Unidos, a principios de los 90 cerca de tres cuartas partes de éstos contenían níquel, y casi la mitad del níquel primario de ese país se usa para producir este tipo de aceros.⁴⁸

Este metal es importantísimo para aleaciones y superaleaciones.⁴⁹ Las características que brinda al alearse con otros metales, como por ejemplo, una gran resistencia a la corrosión, la tracción, y los golpes, así como una gran dureza y elasticidad, lo hacen un metal versátil que tiene entre sus principales materiales de aleación al hierro, cromo, cobre, molibdeno y aluminio.

El níquel que no se emplea en forma de aleaciones se utiliza en la industria química, la electrónica y en monedas.

⁴⁸Ver Dept. of Commerce USA. Industrial Outlook 1991.

⁴⁹En Estados Unidos, en 1990, más de 40% del consumo de níquel fue para superaleaciones y cerca de 17% para aleaciones. Se reporta así mismo que el uso de este material en superaleaciones sigue en crecimiento.

Obtención y aleaciones del níquel

Los métodos de obtención del níquel a partir del mineral que se extrae de la tierra son complejos y costosos; el adecuado depende del tipo de mineral que se trabaje. Para los sulfurosos primero se enriquece o concentra el mineral con métodos mecánicos, como trituración, separación magnética o flotación, después se funden y se oxidan. Así se obtiene un material que contiene entre 15 y 20% de níquel e importantes cantidades de cobre, este producto se afina en convertidores tipo Bessemer o de oxígeno y se obtiene un material con 80% de níquel y cobre, este último puede ser separado por métodos químicos o mecánicos. La afinación final se realiza por electrólisis.

Para los óxidos que contienen níquel se emplea primero la fusión con coque y se obtiene un material con sulfuro de níquel y hierro, éste se trata en un convertidor y se tritura con una solución clorhídrica, con lo que se obtiene cloruro y sulfuro de níquel, que es purificado por solventes orgánicos y sometido a electrólisis, con lo que se obtiene, finalmente el níquel.

Los usos principales del níquel se dan en forma de aleaciones y de éstas las de acero se emplean de manera muy importante.

Los aceros con níquel tienen cualidades como extrema dureza, alta resistencia a la tracción, y a la corrosión, tanto por oxidación como por la acción de ciertos ácidos, y esta resistencia puede ser a altas o bajas temperaturas; también resisten el agua salada, y los golpes, y tienen gran tenacidad. Los aceros al níquel pueden ir combinados con materiales como cobalto, cromo, aluminio, manganeso, molibdeno, titanio, silicio, carbono y hierro. Esta gama de posibilidades permite que sea ampliamente empleado en la industria productora de máquinas, armas, transporte (aviones, autos, barcos, etc.), equipo de control ambiental, componentes aeroespaciales, equipo de procesamiento de petróleo y plásticos.

Por su resistencia a la corrosión, se usan las aleaciones de cobre y níquel, que van encaminadas hacia las refinerías de petróleo, químicas, petroquímicas, desalinadoras de agua de mar y barcos,

Para poder tener aleaciones que combinen la alta resistencia a la oxidación que brinda el níquel con resistencia mecánica, es menester agregar cromo y se obtiene un material que puede soportar la corrosión de agentes oxidantes. Si se añade molibdeno solo o con cromo se consiguen materiales que se usan en múltiples medios corrosivos, como los sulfúricos, clorhídricos y marinos.

De entre las aleaciones más importantes, por su papel en la tecnología de vanguardia debemos mencionar a las aleaciones resistentes a la oxidación en calor y en condiciones de deformación, de las cuales las más resistentes entran en el rango de superaleaciones, éstas se componen a base de níquel o de níquel y cobalto. Otra superaleación muy útil se obtiene de la combinación de níquel, aluminio y titanio.

Reservas de níquel

Las reservas comprobadas se concentran en un pequeño grupo de países, entre los que resalta Cuba, nación que cuenta con casi el 40% de las reservas mundiales; quizás sea este uno de los principales factores que originan el bloqueo económico, que de manera sistemática se renueva hacia esa pequeña isla. Probablemente, además de las diferencias políticas, los intereses estadounidenses en la región se centran en poder controlar y acceder a esta riqueza mineral de la que no podrá echar mano mientras Cuba se presente como una nación autónoma a los intereses estadounidenses.

En segundo lugar aparece Canadá con un porcentaje de 17 en las reservas comprobadas, sin embargo, el problema que podemos vislumbrar con referencia a su

producción es que desde los años 60 el ritmo aproximado ha sido de 200 mil toneladas por año, lo que en términos hipotéticos (por no contemplar la posibilidad de encontrar nuevas reservas o que el desarrollo tecnológico permita consumir cada vez una menor cantidad del material, etc.) le permitiría producir únicamente 40 años más al ritmo actual.

La Unión Soviética contaba para 1990 con 14% de las reservas, que a raíz de la descomposición de ese país en varias naciones deben estar en disputa no sólo a nivel de las nuevas naciones que quedaron en esa región, sino que seguramente se estará viendo la manera en que se integran a las arcas de los países altamente industrializados (ver cuadro 16).

CUADRO 16

RESERVAS MUNDIALES DE NIQUEL EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL	
MUNDIAL	48.66
CUBA	18.14
CANADA	8.13
URSS	6.62
NUEVA CALEDONIA	4.54
INDONESIA	3.20
SUDAFRICA	2.54
AUSTRALIA	1.27
CHINA	0.73
BRASIL	0.67
COLOMBIA	0.56
REPÚBLICA DOMINICANA	0.52
TOTAL	
PARCIAL	46.92
%	96.42

Fuente: World Resources Institute,
World resources 1990, Oxford, 1990.

El panorama general para los países tecnológicamente desarrollados (Estados Unidos, Japón y Europa-región) no es muy prometedor con referencia a este material estratégico para el aparato productivo tanto civil como militar. Aunque de seguir la presión a que están sometiendo a Cuba, seguramente Estados Unidos podrá contar con los recursos cubanos de níquel -y dicho sea de paso también con las reservas de otro mineral estratégico para Estados Unidos: el cobalto- y dada la relación económica que se establece entre Canadá y Estados Unidos la situación en que se encontraría este último sería la menos desfavorable de los tres al tener para su abastecimiento más de 50% de las reservas mundiales.

Molibdeno

El molibdeno es un metal suave, fácilmente deformable, gris, parecido al plomo, su nombre se deriva, precisamente de la palabra latina *molybdena* y de la griega *molybdos*, que hacen referencia al mineral de plomo llamado galena y al plomo. En la época de los romanos y los griegos todos los minerales parecidos fueron llamados molybdos. Fue en el año 1778 cuando Carl Wilhelm Sheele determinó la naturaleza del molibdeno y en 1782 Peter Jacob Hjelm lo aisló. En el siglo XVIII tuvo pocos usos, principalmente en químicos y pinturas. A finales del siglo XVIII se empieza a emplear como elemento de aleación para los aceros, a los que brinda fuerza, dureza, resistencia al calor y a la corrosión. Sin embargo, es hasta la Primera Guerra Mundial que, ante la dificultad para aprovisionarse de tungsteno, se le empieza a sustituir por molibdeno, principalmente en aceros sometidos a alta velocidad de corte de herramientas y en armas, de esta manera es como empiezan las investigaciones y nuevas aplicaciones del material, Por ejemplo se descubren nuevos usos para los aceros de molibdeno, y la industria eléctrica promueve la aplicación de las aleaciones del molibdeno por su "potencia calorífica".

Obtención, cualidades y usos del molibdeno

Entre los minerales más importantes de donde se extrae están la wulfenita y la molibdenita, también se obtiene como un subproducto en los yacimientos de sulfuro de cobre. Para obtenerlo primeramente se concentra el mineral mediante un proceso de flotación, después se puede reducir el óxido de molibdeno por aluminotermia o bien tratar el óxido en horno eléctrico en presencia de óxido de hierro, con lo que se obtiene ferromolibdeno. Si la reducción del óxido se realiza mediante corriente de hidrógeno, se obtiene el metal puro en forma de polvo y éste se compacta a presión y alta temperatura.

Los usos más importantes de este material son las aleaciones en aceros, hierro y superaleaciones, aunque hay aplicaciones en lubricantes, catalizadores, pigmentos, materiales refractarios y abonos.

Los aceros al molibdeno se utilizan ampliamente en la producción de maquinaria y herramienta de alta resistencia, como herramientas de corte, transporte, equipo de gas y petróleo. Los aceros resistentes a la corrosión se emplean en ambientes químicos severos (es resistente a ácidos clorhídricos, fluorhídricos, sulfúricos y fosfóricos en una amplia gama de concentraciones y temperaturas)⁵⁰ y en agua de mar.

Este metal se emplea, por sus cualidades lubricantes, como aditivo del petróleo y de las grasas. Los catalizadores de molibdeno se usan en la producción de químicos, alcohol y petróleo. El molibdeno naranja es un importante pigmento de pinturas, tintas, etcétera.

Se emplea en aleaciones con níquel, cromo, cobalto, titanio y uranio, en las que el primero agrega características de mayor resistencia a altas temperaturas y a la corrosión a los

⁵⁰ Para algunos de sus usos, para temperaturas que pasen los 550°C, el molibdeno debe usarse con protección. Hasta 1200°C se emplean aleaciones de níquel como recubrimiento, hasta 1550°C o temperaturas más elevadas durante periodos cortos se utilizan revestimientos obtenidos por cromatización o metalización, y para temperaturas más elevadas durante periodos prolongados se pueden emplear cerámicas.

otros. En superaleaciones es principalmente con el níquel con el que se combina para obtener las mejores cualidades de alta resistencia a los impactos, la corrosión, la dureza, etcétera.

La mayor parte del consumo de molibdeno en Estados Unidos fue en hierro y acero (75%) y la proporción en que cada rama productiva consume acero es: maquinaria, 35%; eléctrica, 15%; transporte, 15%; química, 10%; Industria del petróleo y gas 10%, y otros 15%.

Reservas de molibdeno

La mitad de las reservas de molibdeno en el mundo, 50%, se localizan en Estados Unidos y 20% están en Chile, lo que en términos de abastecimiento significa que el primer país se encuentra en inmejorables condiciones, esto sin contar que Canadá, México y Perú también cuentan con un porcentaje de las reservas mundiales; de hecho, los principales abastecedores externos de Estados Unidos son estos cuatro países más China (ver cuadro 17)

CUADRO 17

RESERVAS MUNDIALES DE MOLIBDENO EN 199
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	6.10
E. U. A.	3.00
CHILE	1.25
CHINA	0.55
URSS	0.50
CANADA	0.50
PERU	0.15
MEXICO	0.10
IRAN	0.05
TOTAL PARCIAL	6.10
%	100.00

Fuente: World resources
Institute, World resources
1990, Oxford, 1990

Probablemente sea ésta una de las razones por las que el reciclamiento de molibdeno no sea tan importante como el de otros materiales y que la sustitución de este material aún sea pequeña, los sustitutos potenciales del molibdeno pueden ser cromo, vanadio, columbio y boro para las aleaciones de hierro; tungsteno en herramientas de acero; grafito, tungsteno y tantalio para materiales refractarios a altas temperaturas; cromo naranja, cadmio rojo y pigmento orgánico para el molibdeno naranja.

Cobalto

El nombre del cobalto tiene su origen en una vieja creencia de los mineros alemanes, ya que en el siglo XVI, en las minas de Harz Mountains (Alemania Oriental), cuando tostaban el mineral de plata que contiene cobalto y arsénico, se desprendía un humo venenoso que provocaba úlceras en los cuerpos de los mineros que cuidaban los hornos, los que decían que

el origen de éstas estaba en los duendes llamados *Kobolds* (en alemán, duende o gnomo), quienes robaban y remplazaban la plata buena con el inútil arseniuro de cobalto. Los primeros usos del cobalto se remontan a la antigüedad y fueron como colorante. Los artesanos egipcios (2680-2530 a.C.) babilonios, chinos (desde la época de la dinastía T'ang, que va del 618 al 907 d.C., hasta la dinastía Ming, de 1368 a 1644) y venecianos empleaban el cobalto por su brillante color azul.

En 1735 Georges Brandt aisló el cobalto metálico y en 1780 Bergam lo estableció como elemento. Para 1910 el estadounidense Elwood Haynes hizo una aleación con 5% de cobalto, acero, cromo y tungsteno que mejora las cualidades de las herramientas de acero. Esta aleación y otra de cromo y cobalto fueron las predecesoras de las superaleaciones que conservan su fortaleza mecánica a altas temperaturas y son resistentes a la corrosión por gases calientes.

El mineral más conocido del cobalto es la esmaltina (arseniuro de cobalto) y también aparece como subproducto en el tratamiento de otros metales, como el cobre, el níquel y la plata. Para obtener el cobalto es necesario tostar el mineral que lo contiene y luego añadir ácido clorhídrico o sulfúrico, el cobalto se separa de la disolución neutralizada por adición de cloruro cálcico. Algunos minerales de cobre llegan a tener más de 5% de cobalto, por lo que se tratan en horno eléctrico para obtenerlo.

La adición de cobalto a los aceros y otros metales les da cualidades deseadas como mantenimiento de la resistencia mecánica y química a altas temperaturas, así como propiedades magnéticas importantes.

La importancia del cobalto, por su uso en aleaciones, superaleaciones, carburos cementados y catalizadores en refinerías de petróleo, ha hecho que sea designado por el gobierno de los Estados Unidos como material estratégico⁵¹

Usos del cobalto.

Debido a sus altos costos de producción, los usos del cobalto no son generalizados, aunque su importancia es estratégica en algunos procesos productivos en los que participa y en los que no puede ser sustituido por algún otro material por las cualidades que posee de magnetismo, dureza y resistencia al uso a altas velocidades, a altas temperaturas, a la abrasión, al impacto, etcétera⁵²

El uso del cobalto en maquinaria incluye desde taladros y pequeños instrumentos para corte, hasta motores, cohetes, moldes y usos estructurales en grandes maquinarias. Estos usos se clasifican en tres rubros: carburos cementados, herramientas de acero y aceros *maraging*.

Los carburos cementados se usan en la elaboración de herramientas de corte para el acero y en general para herramientas y tornillos de maquinaria de corte y moldes de hierro.

⁵¹Los metales estratégicos se han definido en el capítulo 1, pero ya en 1982 la National Materials Advisory Board (NMAB) estimó que 50% del cobalto era de primera necesidad, cerca del 58% de éste se empleaba en superaleaciones y el 14% se usaba para carburos cementados. Ver U.S. Congress Office of Technology Assessment. *Strategic materials to reduce import vulnerability*. Washington, Estados Unidos, 1985. Para principios de los 90 el panorama ha cambiado muy poco y tenemos que en Estados Unidos 42% del cobalto se emplea en superaleaciones y en turbinas de aeronaves, en pinturas 11%, en imanes 10% y en carburos cementados 7%. Ver *Mineral commodity summaries 1993* Bureau of Mines, p.60.

⁵²Es necesario destacar que si existen sustitutos para los usos del cobalto, sin embargo, estos no reúnen las características del cobalto tanto en cualidades, como en procesos productivos ya diseñados para usar cobalto y en costos de producción. Por ejemplo, el níquel puede sustituir al cobalto en superaleaciones, pero hay aplicaciones en las que el uso del níquel puede resultar en disminución de la calidad del producto. Entre los sustitutos potenciales para el cobalto podemos encontrar níquel, platino, bario, ferrita de estroncio y hierro para imanes, en maquinaria se puede usar tungsteno, carburo de molibdeno y níquel, en maquinaria de jets se puede sustituir por níquel y cerámicas, en catalizadores por níquel y en pinturas por cobre, cromo y manganeso.

Las herramientas de acero se usan en algunas de las aplicaciones que requieran resistencia a altas velocidades y temperaturas. Se ha estudiado la posibilidad de sustituir el cobalto en estas herramientas y se han obtenido aleaciones con poca cantidad o sin cobalto en el uso de polvos metalúrgicos. El cobalto como base, o sus aleaciones resistentes al uso, se han empleado desde hace cerca de 60 años, en cortadoras, navajas y superficies no lubricadas.

Los aceros *maraging* son aleaciones de alta resistencia. Su contenido de cobalto está entre 7.5 y 12%. Estos aceros fueron inicialmente desarrollados para aplicaciones aeroespaciales, ahora también se les usa en aplicaciones estructurales. De esta manera la utilización de estos aceros es básicamente en aviación, transporte y maquinarias.

Mención aparte se hace del uso del cobalto para la refinación de petróleo y para la producción de químicos. Para la refinación se usa en los catalizadores de cobalto con molibdeno, que se emplean para remover el sulfuro y los metales pesados del petróleo. Se ha intentado sustituir al cobalto por níquel en los catalizadores, pero ha habido desventajas en el uso de estos, además de que los reactores fueron diseñados para operar con las condiciones que brinda el cobalto y no el níquel. Para la industria química se emplea en catalizadores en la producción de polivinil clorado y de polietilenos no saturados, en este caso también es difícil de sustituir debido a que los procesos de producción están diseñados alrededor del catalizador de cobalto y para un catalizador diferente sería necesario emplear procesos químicos alternativos.

Por sus propiedades magnéticas el cobalto se emplea en el sector eléctrico. Motores eléctricos, generadores e imanes para equipos acústicos son los usos más comunes. Se ha logrado encontrar sustitutos para los imanes de cobalto (principalmente cerámicas), esto principalmente en periodos de precios muy altos de este metal, aunque según la OTA ya no

es posible una reducción muy drástica del consumo "una triplicación de los precios del cobalto produciría una reducción de sólo 10% en el consumo [...] aunque un incremento más significativo, por ejemplo, si se incrementara 10 veces el precio del cobalto, produciría una disminución del consumo más notoria"⁵³

El cobalto también se emplea en cerámica de refractarios, para preparar la superficie de los metales y para unir las capas de cerámica. Se le emplea así mismo como pigmento azul de productos de cerámica para contrarrestar los efectos del hierro y el cromo en los vidrios.

Reservas de cobalto

Una buena parte del cobalto se obtiene como subproducto de la producción minera y metalúrgica de cobre, níquel y plata. Una gran cantidad de reservas se localizan en las lateritas de níquel y otra en los depósitos de sulfuro, níquel y molibdeno. Zaire es un país con importantes reservas de cobalto (41% de las conocidas), es un lugar en que las minas se trabajan principalmente por el cobalto. También en Cuba se localizan importantes reservas de este valioso material (cuenta con 1.04 millones de toneladas métricas de un total de 3.31 millones en el mundo, lo que en términos porcentuales representa 31% en el mundo.

Se pueden localizar grandes reservas en el futuro debido a que los llamados nódulos de ferromanganeso, que se localizan en el océano, contienen hasta 1% de cobalto.

⁵³U.S. Congress OTA. Op. cit.

CUADRO 18

RESERVAS DE COBALTO EN EL MUNDO EN 199
MILLONES DE RONELADAS METRICAS

TOTAL	
MUNDIAL	3.31
ZAIRE	1.36
CUBA	1.04
ZAMBIA	0.36
N. CALEDO.	0.23
URSS	0.14
SUDAFRICA	0.05
CANADA	0.05
INDONESIA	0.02
FINLANDIA	0.02
AUSTRALIA	0.02
BRASIL	0.01
TOTAL	
PARCIAL	3.3
%	100

Fuente: World Resources
Institute. World resources
1990. Oxford. 1990.

Una cuestión importante al hablar de las reservas de cualquier material es la capacidad de reciclamiento del mismo.⁶⁴ En el caso del cobalto existe un cálculo de reciclamiento aproximado de hasta 13 reciclajes del desecho de superaleaciones, lo que significa que este material puede usarse en superaleaciones y volver a usarlo por trece veces consecutivas, ello implica un enorme ahorro de material extraído por primera vez de la tierra -lo que se reflejará en el consumo de las reservas mundiales. En Estados Unidos, en 1992, se recicló aproximadamente 25% de su consumo.⁶⁵ Es de esta manera que las naciones industrialmente

⁶⁴Esta cuestión, al igual que otras como el descubrimiento de nuevas reservas, la sustitución de algunos materiales por otros -ya sean innovaciones o no- y en general el desarrollo tecnológico que posibilita un uso cuantitativamente menor de los materiales, pone en tela de juicio los estudios que vislumbran un agotamiento casi inmediato de las reservas mineras del mundo.

⁶⁵Ver Mineral commodity summaries Op.cit.

más desarrolladas hacen frente a la carencia de este metal, clasificado por el congreso de Estados Unidos como "estratégico" o "crítico" debido a su importancia esencial para la producción militar y civil, y por la dificultad para su sustitución y aprovisionamiento. Específicamente para Estados Unidos, el hecho de que la mayor parte de las reservas mundiales se encuentren en tan sólo dos países -y que uno de ellos sea considerado francamente su enemigo (Cuba)- hace que el abastecimiento de cobalto se le presente como un verdadero problema. Es quizás ésta una de las pocas materias primas en las que la superioridad estadounidense respecto a las otras naciones industrializadas no es tan evidente. Lo que no debemos olvidar, por otro lado, es que el bloqueo económico a que Estados Unidos somete a Cuba puede llegar a tener el éxito deseado por el primer país, debido a que las condiciones de existencia de la pequeña isla son cada vez más precarias -el hambre, la miseria y la enfermedad azotan con mayor intensidad a su población-, por lo que seguramente Estados Unidos ya estará realizando cuentas de las riquezas mineras y en general de materias primas que puede obtener de Cuba.

Cromo

El cromo se descubrió por primera vez como elemento químico en 1765 y fue separado en 1797. Sus principales minerales son la cromita y el óxido de cromo. Los primeros usos importantes fueron en la industria del curtido de pieles y en la manufactura y pigmentos para textiles. En 1820 se descubren sus posibilidades de aleación, pero es hasta 1899 que se concretan en el ferrocromo. El cromo metálico se obtiene en horno por reducción del óxido.

Este importante mineral se emplea en dos formas: como aleación o como recubrimiento. Este último brinda una película de gran dureza y resistencia al desgaste y la corrosión. La adición de cromo a las aleaciones posibilita que éstas sean más resistentes a

altas temperaturas, duras a bajas temperaturas, sólidas y que resistan a la corrosión, la oxidación y al desgaste.

Usos y aleaciones del cromo

Las superaleaciones que contienen grandes cantidades de cromo, níquel, y en algunos casos cobalto, son especialmente resistentes a altas temperaturas, presión y gases corrosivos, por eso se usan en motores de jet, turbinas de gas de aviones y en turbinas de tierra. También el ferrocromo se utiliza en superaleaciones. La principal forma en que se emplea el cromo en Estados Unidos es en aceros inoxidable y aceros resistentes al calor, rubro que abarca 80% del consumo, otro tipo de aceros 7% y en superaleaciones 2%.

Las aleaciones más importantes del cromo son en aceros, con contenidos de entre 5 y 14% del mineral e incluso hay aceros con 20% de cromo y 2% de molibdeno que resisten mejor a la oxidación.

Las aleaciones con níquel son especialmente resistentes a la oxidación en caliente, contienen hasta 25% de cromo. Otras opciones para resistencia a la oxidación en caliente son la Kanthal con 20% de cromo, 5% de aluminio y el resto de hierro, y la Duraloy, con 25% de cromo y 16% de aluminio, que se pueden usar hasta a 1200°C.

Los instrumentos con cualidades refractarias tienen hasta 30% de cromo y resisten a la corrosión de tipo oxidante y a las atmósferas sulfurosas.

La industria metalúrgica y la siderúrgica emplean el cromo por sus características refractarias, ya que puede proveer aislamiento termal y resistencia a la presión resultante de cambios súbitos de la temperatura, y permanece químicamente inerte. Por las cualidades de fuerza y excepcional resistencia a la corrosión y a la oxidación, la industria química usa al cromo (en forma de utensilios de acero inoxidable, que cuentan hasta con 18% de cromo) en

la manufactura de ácidos, compuestos orgánicos, alcalinos y otros materiales corrosivos. Las aplicaciones en la industria química son esenciales para Estados Unidos, ya en 1976 el Consejo Asesor Nacional de Materiales estimó que 40% del cromo utilizado en la industria química era completamente esencial y para principios de los 90, sus principales usos se dan en la metalurgia y en la industria química, que juntas forman más del 90% del cromo empleado en ese país. La otra industria que lo usa es la de refractarios.

Por su parte, la industria productora de maquinaria también emplea al cromo, ya que la adición de este material al acero brinda una gran resistencia y dureza a los equipos, herramientas, motores, engranajes, etcétera.

Por sus características de gran resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas, larga vida y bajo peso se usa en la producción de motores de jet como constituyente de las superaleaciones y de otras aleaciones resistentes.

Otros usos del transporte incluyen turbinas de gas, y para ferrocarril, aplicaciones marinas, generadores de vapor y contenedores de acero inoxidable para el transporte de productos lácteos y materiales corrosivos.

El sector eléctrico lo emplea en aplicaciones que requieran resistencia.

Este material es otro de los llamados metales estratégicos, ya que se considera esencial para la continuidad en operaciones industriales, tanto para la producción civil como la militar, en la que se emplea en vehículos militares y armas.

Reservas de cromo

Los más importantes depósitos de cromita en el mundo se encuentran en Sudáfrica, en el llamado complejo Bushveld Igneous (que también tiene las mayores reservas conocidas de vanadio y de minerales del grupo del platino). En seguida encontramos a los complejos Dike y

Belokwe en Zimbabwe. La Unión Soviética es la tercera región con reservas de cromo, de modo que los países industrializados del mundo dependen para su abastecimiento de los depósitos de Sudáfrica, Zimbabwe y la Unión Soviética (ver cuadro 19).

CUADRO 19
RESERVAS DE CROMO EN EL MUNDO EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS

TOTAL MUNDIAL	418.9
SUDAFRICA	295.2
ZIMBABWE	43.5
URSS	39.6
INDIA	18.1
TURQUIA	2.5
BRASIL	2.3
MADAGASCA	2.1
TOTAL PARCIAL	403.3
%	96.3

Fuente: World Resources
Institute. World resources
1990. Oxford, 1990.

CAPÍTULO 4. METALES PARA MICROELECTRÓNICA

Silicio

Es un metal ligero y plateado, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre - después del oxígeno-; a pesar de ello no es muy conocido. El nombre viene de la palabra latina *silex* que significa piedra. Los silicatos se han usado en forma de arenas desde tiempos remotos. Los vidrios hechos con este material tienen una antigüedad de por lo menos 12,000 años, a pesar de ello fue hasta 1787 que Antoine-Laurent Lavoisier descubrió el silicio, y en 1823 Jöns Jacob Berzelius lo aísla. En estado puro no se encuentra fácilmente, su existencia en esta forma sólo está confirmada, al parecer en Michigan.

Este material ha adquirido gran importancia por su uso para semiconductores, aunque se aplica en otras ramas productivas como la metalúrgica, y en los aceros.

Obtención, usos y cualidades del silicio

Los minerales de los que se obtiene son el sílice y los silicatos, que se preparan por reducción del silicio con carbón o carburo de calcio en horno eléctrico. El producto que se obtiene después de lavar con ácidos concentrados puede tener una pureza de 99,8% de silicio, pero para poder usarlo en microelectrónica se necesita una pureza mucho mayor (tasas de impureza de aproximadamente 10 a la menos doce). Para ello se convierte al silicio en halogenuros o en triclorosilanos que pueden purificarse por destilación fraccionada. El silano también puede descomponerse térmicamente y se practica en seguida una serie de fusiones de zona, con lo que se obtiene la pureza deseada.

El silicio se emplea cada vez más para semiconductores, en cuyo caso el de alta pureza debe ser "dopado" o sea añadirle "impurezas" como boro, aluminio, indio, fósforo,

arsénico y antimonio, según el tipo de semiconductor que se necesite. Actualmente los chips de silicio son la base para muchos usos eléctricos, de computadoras, calculadoras y equipo de comunicación.

Otra área en la que se emplea es en las células solares o fotocélulas para calculadoras de bolsillo, satélites y otras aplicaciones.

Tiene usos importantes en la metalurgia; se encuentra en todos los aceros con el objetivo de ser desoxidante. Si se agrega en mayores proporciones mejora la resistencia a la oxidación. También puede emplearse para aumentar el límite de elasticidad de los aceros (los llamados "aceros resortes") y la permeabilidad (núcleos de transformadores)

La industria del aluminio consume grandes cantidades de silicio, existen aleaciones de aluminio-silicio que son muy ligeras. También se añade a las aleaciones de aluminio-cobre porque provee propiedades de fundición y fuerza, y reduce la corrosión.

Se le emplea en los silanes, que son compuestos de silicio e hidrógeno, con destino productivo en resinas, caucho, lubricantes, adhesivos y repelentes al agua.

El silicio se produce en varios países, pero los costos energéticos reducen cada vez más la producción a los que tengan abundante poder eléctrico. Por otro lado, el silicio con alto grado de pureza evidentemente no puede obtenerse fuera de los países altamente industrializados por las dificultades tecnológicas que conlleva la obtención de un producto con un átomo de impureza por cada mil millones de átomos de silicio puro.

Minerales del grupo del platino

Otros de los materiales estratégicos para Estados Unidos son los minerales del grupo del platino (MGP) "puesto que muchos [de los usos de los MGP] son de importancia militar, el

platino, el paladio y el iridio son objeto de almacenamiento y las ventas de estos metales para fines militares tienen prioridad sobre otras ventas".⁵⁶

Este grupo está compuesto por seis metales: platino, paladio, rodio, iridio, rutenio y osmio, materiales que se encuentran juntos en el mismo lugar geológico, y en su forma nativa son sulfuros y arseniuros; algunas veces aparecen acompañados de oro, hierro, cobre, cromo y titanio (incluso el platino también se obtiene como subproducto de los minerales de cobre y níquel).

Otro ambiente en que se puede localizar al platino es en los lavaderos de oro. Importantes lavaderos se encuentran en los Montes Urales, en la Unión Soviética. Los minerales del grupo del platino, tienen cualidades parecidas, e incluso en algunos casos y bajo ciertas condiciones, pueden ser sustitutos mutuos, aunque generalmente los que más se usan son el platino y el paladio, y el resto se emplea como aleaciones de éstos para aumentar su dureza y su resistencia a la corrosión y a la tracción.

El nombre del grupo lo da el más abundante de sus miembros: el platino, vocablo que a su vez proviene del gran parecido de este material con la plata; de hecho, algunas veces se le ha tomado erróneamente como tal. De esta manera, el término "platina" viene de "pequeña plata". Los artesanos egipcios usaban una mezcla de plata y platino, pero se dieron cuenta de la dificultad para trabajar a este último, principalmente para ser soldado, y concibieron al platino como una forma impura de plata.

Cuando los conquistadores españoles llegaron a Sudamérica encontraron bellos objetos de platino finamente trabajados; la habilidad de los artesanos indígenas para trabajar este material no era compartida por los españoles, por esta razón fue considerado menos

⁵⁶ Jones, C.F. y Darkenwald, G.G. *Geografía económica*. FCE, México, 1983.

valioso que la plata. Sin embargo, por sus cualidades; también existía el peligro de que llegara a desvalorizar al oro y a la plata, ambos motivos fueron los que orillaron a que se prohibiera su importación a Europa y grandes cantidades del material se arrojaron al mar y a los ríos.

La separación del platino como elemento químico la realizó el inglés William Lewis, quien publicó los resultados de sus estudios en 1783. En 1803, otro inglés llamado Wollaston describió al rodio, mientras tanto Tennant aisló y nombró al osmio y al iridio. Cuarenta años después, un alemán llamado Claus descubrió al último de los minerales trabajando en Rutenia (nombre latinizado de Rusia) y le llamó rutenio.

El platino es un metal maleable, tenaz y susceptible de pulimento como el oro y la plata, aunque es menos dúctil que éstos. Es difícil de fundir, su punto es de 1769.3°C. Es muy pesado, casi dos veces el peso del plomo. No lo descompone el agua en ningún caso y tampoco lo afectan los ácidos clorhídrico, fluorhídrico, nítrico ni sulfúrico; pero el agua regia lo disuelve por completo y con facilidad.

Usos y aleaciones de los MGP

Los MGP se caracterizan por su resistencia a la corrosión, su alto grado de fusión y sus propiedades para catalizadores y refractarios. Es por esto que se usan en la industria química como catalizadores en la producción de ácido nítrico; para la refinación de petróleo; en aplicaciones eléctricas como conexión de sistemas telefónicos; en circuitos integrados como contactos eléctricos de alto y bajo voltaje, que sean resistentes al uso abrasivo (en dispositivos para abrir y cerrar circuitos en sistemas de telecomunicaciones).

El paladio también se emplea en capacitores cerámicos de multicapas hechas de material cerámico con electrodos de aleaciones de oro y plata o metales del grupo del platino.

En aplicaciones refractarias los minerales del grupo del platino se usan en hornos y crisoles para la producción de cristales simples manufacturados a temperaturas extremadamente altas.

También se les utiliza en convertidores catalíticos de automóviles.

Entre las aleaciones sus aleaciones más importantes encontramos las siguientes:

- **Platino-cobre.** Con esta aleación se obtiene un material dúctil que se parece al oro. Las proporciones para este material pueden ser de entre 4 y 6% de platino y el resto de cobre.
- **Platino-iridio.** El iridio proporciona al platino una gran dureza que se puede emplear para instrumentos de medida de mucha resistencia. Las proporciones pueden ser de 70 a 90% de platino y el resto de iridio.
- **Platino-níquel.** Se obtiene un material blanco-amarillento, muy maleable, susceptible de pulir, con poder magnético e igual al cobre en fusibilidad. Se usa en proporciones diferentes, según la utilidad que se le dará, pero en general es mayor la proporción de níquel que de platino en estas aleaciones.
- **Platino-oro.** Aleaciones con alto punto de fusión, cuando la proporción de platino es pequeña, el material que se obtiene es extremadamente elástico, aunque cuando la aleación tiene más de 20% de platino pierde toda elasticidad.
- **Platino-plata.** Se prepara con dos partes de plata por una de platino y se obtiene un metal que puede ser pulido y a la vez tiene un punto de fusión bajo.
- **Platino-cobre-plata.** Esta aleación es de gran dureza, elasticidad y resistencia atmosférica. Tiene un alto costo pero sus cualidades lo compensan. Sus usos van desde plumas hasta instrumentos de gran precisión.

La producción de los minerales del grupo del platino por tipo de metal no se ha informado, pero un cálculo aproximado mediante la cantidad de consumo de cada material,

indica que el platino y el paladio tienen aproximadamente 40% de la producción cada uno, el rodio 9%, el indio 6%, el rutenio 4% y el osmio 1%⁵⁷

El uso mayor del platino en Estados Unidos en los 80 fue para convertidores catalíticos de automóviles y el paladio se utilizó en sectores eléctricos y dentalmédicos. El resto se empleó en los sectores químico y eléctrico.

Para inicios de los 90, 38% del consumo de los minerales del grupo del platino en Estados Unidos fue para la industria automotriz, 29% para la eléctrica y electrónica, 9% para médica y dental, 4% para química, 5% para refinería de petróleo y 15% para otros usos.

La producción mundial de estos minerales en 1991 fue de 292,000 kilogramos. Estados Unidos tuvo un consumo de 113,038 kilogramos, lo que en términos proporcionales representa 40% de lo que se produjo en el mundo. Las importaciones estadounidenses para ese año fueron de 125,661 kilogramos, que equivale a 43% de la producción mundial y más de 100% de su consumo local. Estas cifras indican que depende de manera importante del exterior para su abastecimiento de estos materiales. De las importaciones realizadas por ese país, el 50% proviene de Sudáfrica, 16% del Reino Unido, 13% de la Unión Soviética y 21% de otros lugares. También en Estados Unidos se producen estos importantes minerales, pero el proceso no se lleva a cabo en su totalidad allí. Estos son minados, concentrados y fundidos en Montana, y la refinación y separación por tipo de mineral se lleva a cabo en Bélgica.

Reservas de minerales del grupo del platino

En los minerales del grupo del platino el reciclamiento es importante y al parecer se lleva a cabo sin pérdida de sus cualidades elementales. Cantidades significativas recicladas se

⁵⁷ James Craig. Resources of the earth. Prentice-Hall, 1966

emplean en convertidores catalíticos para pequeños colectores y para silenciadores de fábricas.

Los depósitos más importantes del platino se encuentran en el complejo Bushveld, en Sudáfrica, en el que se producen níquel, cobre y cromo. En segundo lugar se encuentran los depósitos de los lavaderos de oro de los montes Urales en la Unión Soviética (ver cuadro 20).

CUADRO 20
RESERVAS MUNDIALES DE MINERALES DEL
GRUPO DEL PLATINO EN 1990
KILOGRAMOS

TOTAL		
MUNDIAL*	56.000.000.0	
U.S.A.	250.000.0	0.45
CANADA	250.000.0	0.45
SUDAFRICA	50.000.000.0	89.29
URSS	5.900.000.0	10.54

TOTAL
PARCIAL 56.000.000.0
% 100.0

*REDONDEADO

Fuente: World Resources Institute, World resources 1990, Oxford, 1990.

Los estudios para sustituir a los MGP consisten en el cambio de algún mineral del grupo por otro del mismo grupo. También existe la sustitución de MGP por oro en usos eléctricos y en redifusoras de comunicación, pero esto depende de las variaciones de los precios del oro y del platino.

CAPÍTULO 5. EL METAL DE RECUBRIMIENTO

Zinc

Es un material relativamente suave, de color blanco-azulado y con alta resistencia a la corrosión. De su historia no se sabe mucho. Paracelso lo citó con su nombre actual a principios del siglo XVI en su tratado *De re metallurgica*. Su producción empieza a ser considerable a finales del siglo XVIII, cuando es producido en Inglaterra.

Los principales minerales de los que se extrae zinc son, por un lado, los sulfuros, entre los que están la blenda y la wurtzita, y por otro, están los óxidos, como smithsonita, hidrozincita, franklinita, hemimorfita y wilemita.

Obtención, usos y aleaciones del zinc

Los minerales, principalmente la blenda se muelen y se sujetan a flotación de espuma para remover el plomo, el hierro y en general la ganga o las impurezas que contenga. Se obtiene un concentrado con 50-84% de zinc.

Una vez hecho esto, se quemá en presencia de oxígeno para obtener óxidos puros de zinc y dióxidos gaseosos sulfúricos. El óxido se funde después con método electrolítico o pirometalúrgico. El más común es el primero (en el que se aplica una corriente eléctrica), del que se obtiene un material con una pureza de 99.95 hasta más de 99.995. En el método pirometalúrgico (se mete el concentrado en hornos a muy altas temperaturas 1632°F) se obtiene un zinc 99% puro. Si se requiere mayor pureza (su estabilidad frente a la acción de ácidos y bases es tanto mayor cuanto menor es el contenido de impurezas) se le somete a un proceso de destilación fraccionada.

Este material se usa, principalmente por su resistencia a la corrosión; la forma más común es el galvanizado, que consiste en introducir al material en un baño caliente de zinc para protegerlo. El hierro y el acero son los que más emplean esta protección y actualmente no existe un sustituto adecuado para proteger las enormes cantidades de hierro y acero que son galvanizadas con este material; de hecho, en Estados Unidos 53% del consumo total de zinc se dirigió hacia la galvanización, que se encamina a la industria del acero, los automóviles y la construcción. El 20% se empleó para aleaciones que tienen como metal base al zinc, 14% para latón y bronce, y 13% para otros usos. Por destino productivo el zinc se empleó en la construcción con 45%, transporte 20%, maquinaria 12%, eléctrica 11% y otros usos 12%.

Existen aleaciones importantes como la zamak, que contiene zinc, aluminio y cobre. Las cualidades que brinda son bajo punto de fusión, extremada fluidez, precisión en el moldeo, posibilidad de altas cantidades de producción a partir de un mismo molde (se pueden obtener 200,000 a 400,000 piezas de uno mismo), buena resistencia a la corrosión y se emplean en piezas moldeadas complicadas.

El zinc también se utiliza en los latones, la alpaca y algunas aleaciones de aluminio.

En la industria química y farmacéutica se emplean los óxidos de zinc. El cloruro de zinc tiene su mercado en la química orgánica, se usa para dar fluidez a la galvanización, como compuesto electrolítico de las pilas secas y para el tratamiento de maderas. Los sulfuros de zinc se emplean como pigmentos de las pinturas, los sulfatos en la fabricación de viscosa, que es celulosa sódica para la fabricación de textiles.

Reservas de zinc

No están concentradas en pocos países. Las reservas más importantes se encuentran en Canadá, Estados Unidos y Australia, con 14% los dos primeros y 13% el tercero; también Perú, México y la Unión Soviética tienen yacimientos de este importante mineral. Ésta es otra de las materias primas por las que Estados Unidos no tiene mucho de qué preocuparse, ya que cuenta con los yacimientos existentes en toda América. Sus principales abastecedores son Canadá (que tiene tanto producción minera como refinación), España, Perú, México y Australia (ver cuadro 21).

En cuanto a los sustitutos en el uso del zinc están el aluminio, los plásticos y el magnesio para materiales de fundición; aluminio, acero y plásticos para usos de placas de galvanizado; para revestimiento los plásticos, pintura, cadmio y aleaciones de aluminio.

Sin embargo, como se había mencionado antes, actualmente no existe un material que pueda sustituir por completo al zinc en el recubrimiento de las grandes masas de hierro y acero. Incluso hay sectores productores de este metal que proyectan que se encontrarán nuevas aplicaciones al zinc fundido a troquel, e incluso pueden sustituir a los plásticos a través de nuevas aleaciones y manufacturas que reduzcan su precio.

CUADRO 21**RESERVAS MUNDIALES DE ZINC EN 1990
MILLONES DE TONELADAS METRICAS**

TOTAL MUNDIAL	143.91
CANADA	21.00
EU. A.	20.00
AUSTRALIA	19.00
URSS	10.00
PERU	10.00
MEXICO	6.00
ZAIRE	5.00
CHINA	5.00
INDIA	5.00
IRLANDA	5.00
ESPAÑA	5.00
JAPON	4.00
COREA D.	4.00
SUDAFRICA	3.00
POLONIA	3.00
BRASIL	2.00
IRAN	2.00
ITALIA	2.00
YUGOSLAVIA	2.00
PORTUGAL	2.00
TAILANDIA	1.00
TURQUIA	1.00
FINLANDIA	1.00
FRANCIA	1.00
ALEMANIA	1.00
GRECIA	1.00
SUECIA	1.00
TOTAL PARCIAL	142.00
%	98.67

**Fuente: World Resources Institute, World
resources 1990, Oxford, 1990**

VISIÓN GENERAL DE LA PRODUCCIÓN Y CIRCULACIÓN DE LOS MINERALES ABORDADOS EN LOS CAPÍTULOS 2, 3, 4 Y 5. PERÍODO 1960-1990

La producción de estos minerales tuvo un importante auge durante los años 60 y 70. Este notable incremento en la producción obedece, por un lado, a la onda larga y expansiva de la posguerra mundial, y por otro a la introducción de nuevas tecnologías (como microelectrónica, automatización robótica, sistemas integrados de computación, telecomunicaciones, etc.), a las que están ligados estos materiales, principalmente en forma de aleaciones y superaleaciones de alta resistencia y en general a materiales con cualidades anticorrosivas, de gran resistencia a los golpes, a los cambios bruscos de temperaturas, a altas temperaturas, etcétera. La vinculación de estos materiales con los nuevos métodos de producción que se dan tanto a nivel de la producción de la propia maquinaria como en industrias ligadas a ella, como la química, y de manera especialmente importante para estos materiales, la militar, hace que la producción de estos tenga crecimientos tan "espectaculares" como el de los minerales del grupo del platino, que en estos 20 años tiene un crecimiento porcentual de 475.9 y para toda la treintena de años que estamos estudiando (60-90) el crecimiento es de 770%.

Dentro de estos materiales destacan precisamente los minerales del grupo del platino por el notable incremento de su producción. La información de estos materiales se trabaja en kilogramos y esto podría indicar que, como es una unidad de medida muy pequeña, dicho incremento no es muy significativo, sin embargo debido al tipo de procesos productivos a que se destina y al alto grado de pureza que se necesita para su uso, las cantidades que se emplean no son grandes pero brindan las extraordinarias cualidades que hemos descrito anteriormente. Este material también destaca por la alta concentración de su producción, sólo

tres países: Sudáfrica, la Unión Soviética y Canadá, tienen casi 100% de la producción mundial.

Para principios de los 80 la situación de los minerales de los que trata este apartado cambió de manera considerable. Por la agudización de la recesión hacia los años 1980-1982 sobreviene un decremento en su producción mundial durante la primera mitad del decenio; se observó una recuperación paulatina para los siguientes años, con excepción del manganeso, que mantuvo su producción casi al nivel de 1975 y 1982 durante 1984-1990 y nunca llega al que tuvo en 1980.

En general, los metales abordados en este estudio, que son parte del fundamento material de la estructura productiva capitalista, tienen ciclos muy parecidos entre sí, y su producción y consumo están vinculados con el desarrollo técnico y con las fases de crecimiento o de crisis del sistema productivo. Es por esto que en los primeros 20 años que aborda la presente investigación (1960-1980) todos los metales se caracterizan por el crecimiento tanto en su producción como en su consumo, lo que está relacionado con la aún vigente "onda expansiva" del capitalismo. Para principios de los 80 en todos estos materiales se observa una caída o un estancamiento en su producción, debido a la severa crisis que ya se vislumbraba desde los 70, pero que tuvo como detonador la petrolera de principios de los 80 y que se manifiesta a nivel de la estructura productiva como una necesidad de readecuación a los nuevos procesos productivos, que brindan mayor eficiencia en la producción. Es por ello que los materiales vinculados con la microelectrónica, la miniaturización, la aeroespacial y en general la tecnología de vanguardia, se caracterizan por tener las más altas tasas de crecimiento en su producción, aun en período de crisis. Para la segunda mitad de los 80 se aprecia una lenta recuperación de la producción y el consumo de los metales abordados en este estudio, y se define de mejor manera la tendencia hacia una

estructura productiva miniaturizada y ligera. Esto no significa de ninguna manera que la enorme maquinaria que se emplea en nuestros días vaya a desaparecer de un momento a otro. Al sistema de producción capitalista le quedan aún poros (países y aun regiones enteras) que no ha cubierto totalmente, y es evidente que no lo hará, con tecnología de punta.

PRIMERAS CONCLUSIONES:

EL PROBLEMA DE LA SUFICIENCIA MATERIAL-METÁLICA EN LOS POLOS DE DESARROLLO INDUSTRIAL Y EL MANTENIMIENTO DE LA HEGEMONÍA ECONÓMICA, O DE CÓMO LA "VIEJA" DIVISIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO ES AÚN VIGENTE

Uno de los principales problemas que se plantearon al iniciar la presente investigación es el que se refiere al abastecimiento de metales estratégicos para la producción de maquinaria, herramientas y en general para el soporte de los procesos de trabajo. La importancia del análisis de los metales radica en que son uno de los fundamentos materiales de la reproducción capitalista en general, pero en términos específicos los países que consumen estos minerales lo hacen de manera diferenciada, y dependiendo del avance tecnológico logrado por su industria es el tipo y grado de pureza de los materiales que emplea. La producción de los materiales también estriba en el grado de desarrollo técnico de los países productores; así, el tipo de metal y el nivel de purificación que logren obtener se relaciona de manera directa con del desarrollo técnico con que cuenta su industria.

Hemos priorizado al estudio de los metales tanto por la cantidad en su uso como por las cualidades que brinda a los procesos productivos en que interviene. De dichos procesos también realizamos una jerarquización y una diferenciación. En la primera hemos dado mayor importancia a los metales que sirven para la producción de máquinas-herramienta, y sólo para el caso del aluminio, para la conservación de alimentos (aunque sin dejar por completo de lado los problemas de distribución de energía y de transporte). La diferenciación se refiere a que existen procesos productivos que se llevan a cabo con maquinaria "de uso generalizado" y procesos productivos que emplean tecnología de punta. He tratado, en la medida de lo

posible, de incluir en el estudio tanto metales de "uso tradicional" como los que se emplean en maquinaria avanzada, aunque sin precisar con mucho detenimiento sus combinaciones específicas

El realizar un estudio cualitativo detallado de los metales analizados nos posibilita conocer, de manera indirecta, el nivel de desarrollo tecnológico en algunos países o regiones. Así, por ejemplo, no es lo mismo ser consumidor de plomo que de minerales del grupo del platino o silicio, ya que estos últimos se vinculan con procesos productivos de vanguardia y el primero se relaciona tanto con tradicionales como con obsoletos. Por el lado de la producción de metales, tampoco es indistinto ser un productor sólo del mineral de bauxita que ser productor de aluminio con alto grado de pureza, o de metales empleados en superaleaciones, que también requieren altos grados de pureza y procesos de trabajo complejos, así como características especiales.

Por otro lado, el problema de quién produce y quién consume qué materiales nos remite a la cuestión de la suficiencia regional en los metales estudiados, donde existen importantes problemas, como la vulnerabilidad ante dificultades en los suministros o el del mantenimiento y gestión de la hegemonía económica mundial.⁵⁸

El abastecimiento evidentemente es algo que preocupa a los llamados "países desarrollados" en tanto que dependen de estos materiales para el fortalecimiento y desarrollo de su industria. De esta manera, en la obtención y el uso de metales también se juega una parte importante de la posibilidad de dominar al planeta, o dicho de otro modo, la posibilidad material de tener la hegemonía tecnológica y económica -con esto no quiero decir que la

⁵⁸A Esther Ceceña y Paula Porras: "Los metales como..." Op. cit.

materialidad se reduzca a los metales, pero sí que son una de las partes esenciales en tanto sostén del proceso productivo industrial.

Quien tiene la hegemonía económica mundial puede hacerlo gracias a que ha logrado un gran desarrollo de las fuerzas productivas técnicas, pero para mantener esta hegemonía es necesario, entre otras cosas, contar con fuentes seguras de aprovisionamiento de materias primas, entre las que destacan los metales. Es aquí donde los llamados "países periféricos" desempeñan un importante papel -hasta el momento- como productores de éstas. Lo interesante de esta investigación reside entonces no sólo en enfatizar la importancia cualitativa de los metales estudiados, sino también en tener una perspectiva regional inmediata, que permitirá construir una visión futura de la organización económica mundial y del ejercicio de la hegemonía económica, vale decir una visión de la división internacional del trabajo.

Esta preocupación por abastecerse de materiales necesarios para sus procesos de trabajo se manifiesta en movimientos y expansión en "zonas de influencia" o "países amigos" (e incluso zonas francamente ocupadas) de las grandes potencias económicas mundiales. Estos movimientos (que van desde la formación de mercados comunes hasta las cínicas guerras e invasiones), si los vemos desde la perspectiva del estudio del mercado mundial de metales, tienen como finalidad lograr un cierto grado de "autonomía regional" en recursos naturales; dicho de otro modo sirven para combatir insuficiencias materiales que dañarían la posición de poderío en el mercado mundial, aunque evidentemente no es sólo el interés por las materias primas metálicas el que los provoca.

Los centros más importantes de desarrollo tecnológico mundial son Estados Unidos, Europa y Japón. Por esta misma razón son los que consumen la mayor parte de los metales

que se producen en el mundo, por lo que buscan dominar las posiciones geográficas que les permitan mantener o mejorar su posición relativa.

El problema de la búsqueda de la suficiencia mineral metálica podemos abordarlo en tres niveles. El más general se refiere al uso de los minerales-metálicos para la reproducción general del sistema capitalista, cosa que resulta evidente: si no hay metales se paralizan casi todos los procesos productivos. En este nivel se ha dado una discusión que fue iniciada desde los años 70 y que hace referencia a los llamados "límites del crecimiento económico" o el posible agotamiento de los recursos naturales no renovables debido a la explotación desmedida y "sin sentido" a que ha sido sometido el planeta, y a la consecuente destrucción ecológica que de esto se deriva. Esta discusión no la abordaré, entre otras cosas, porque el problema de la destrucción ecológica sería de por sí tema para un amplio estudio. Por otro lado, el planteamiento del "fin del mundo" se ha visto rebasado por los propios hechos. El desarrollo de las fuerzas productivas técnicas ha posibilitado no sólo encontrar nuevos yacimientos o extraer metales de los que son muy pobres en contenidos metálicos, sino también disminuir la cantidad en su uso al avanzar en los procesos de reciclamiento, emplear menores cantidades por la tendencia tecnológica a la maquinaria más ligera, pequeña, versátil y precisa, encontrar materiales sustitutos como los plásticos, las cerámicas, las fibras ópticas, etcétera.

Otro nivel de la discusión de la suficiencia es el que se refiere a las reservas con que cuentan los países que consumen estos materiales, es decir, los industrialmente desarrollados. El tercer nivel se ocupa de los mecanismos a través de los cuales estas naciones se abastecen de los materiales que necesitan para la reproducción de su industria. A

este nivel de la suficiencia lo llamaremos "suficiencia regional."⁵⁹ Son estos dos últimos niveles los que interesa abordar en este apartado.

Los recursos naturales con que cuentan las grandes potencias industriales mundiales muchas veces no son suficientes para su reproducción, por ello recurren a las naciones que tienen dichos productos. En los documentos en donde se analiza la dependencia minera de los grandes centros industriales se coincide en señalar que de las tres regiones más industrializadas del mundo, que son Estados Unidos, Europa y Japón, este último es el que se encuentra en peores condiciones para soportar posibles cortes en los suministros de metales estratégicos (aunque la situación de Estados Unidos y Europa no es tampoco del todo fácil, cuentan con condiciones diferentes que les permiten tener mayor capacidad para enfrentar su problema de escasez de reservas, lo que explicaremos más adelante)

Por ejemplo, según el Bureau of Mines de Estados Unidos, para los 80 la dependencia de ese país respecto a metales como manganeso, cromo y cobalto es de 93, 90 y 90% respectivamente, y Japón depende en 95, 99 y 100%. Para casos como el hierro y el cobre dependen de metales del exterior en 99 y 91% para Japón y de 28 y 13% para Estados Unidos. Por otra parte, de acuerdo con los datos presentados en el libro *Producción estratégica y hegemonía mundial*⁶⁰ Europa importa la mayor parte de su consumo de cobre, bauxita, manganeso, hierro, tungsteno y aluminio, y aunque no fue posible calcular cifras para cobalto, cromo, minerales del grupo del platino, molibdeno y níquel, es evidente que al no ser Europa buena productora de ninguno de esos materiales tiene que importarlos para las necesidades de su aparato productivo.

⁵⁹ Que hace referencia no sólo a los minerales con los que las potencias industriales pueden contar por la cercanía geográfica a los lugares de abastecimiento, sino incluso a los recursos que tiene de alguna manera seguros por pertenecer a "naciones amigas" o simplemente encontrarse en regiones donde ejerce su poder económico, político o militar, es decir a lugares explícita o soterradamente ocupados.

⁶⁰ A. Esther Ceceña y Andrés Barreda. Op. cit.

Lo que interesa ~~ahora destacar~~ es cuál país o región está en una situación tanto geográfica como política y económica menos desfavorable y ante esta situación de necesidad de suministros externos, las condiciones en que se encuentra para apropiarse de los metales que necesita para la gestión y el desarrollo de su industria, o qué camino sigue cada nación para abastecerse de las materias primas esenciales para sus procesos productivos.

De entrada, por su extensión territorial y su situación geográfica,⁶¹ Estados Unidos es el país menos vulnerable a dificultades en el suministro. De hecho, puede ser considerado una de las potencias mineras mundiales. Al realizar un recuento de las veces que aparecen los países dentro de los diez principales productores (y sólo para el caso del tungsteno se consideran los que cuentan con reservas) de algún metal de los abordados en el presente estudio, encontramos que la Unión Soviética aparece 14 veces, Australia 10, Canadá 10, Estados Unidos 9, Brasil 8, China 8 y Sudáfrica 7.

Este hecho es ya de por sí favorable para Estados Unidos, principalmente porque en esta lista aparecen países como Canadá y Brasil, que por su ubicación geográfica y por el control político y económico que sobre estas dos naciones ejerce el primero son, de hecho, dos de sus importantes abastecedores de cobalto, cobre, cromo, minerales del grupo del platino, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, níquel, aluminio y bauxita (es decir, de varios de los productos clasificados por el Bureau of Mines como de alto grado de dependencia externa).

Sumado a esto tenemos que las principales rutas comerciales mineras señalan a Estados Unidos como destino de los minerales del Caribe, Sudamérica, Centro y Sudáfrica, así como de Australia y del Sureste asiático. Esto significa que dicho país ha podido

⁶¹ Como cada mineral necesita, en términos generales, diferentes condiciones ambientales y geológicas que permitan su existencia, el hecho de tener una extensión territorial amplia posibilita una mayor variedad y cantidad de minerales.

establecer relaciones comerciales que le permiten abastecerse de cobalto en Zaire, Zambia y Canadá; cobre en Chile, Nueva Guinea, Zaire y Zambia; Bauxita en Jamaica, Australia, Brasil y Guinea; cromita en Sudáfrica, Zimbabwe y Brasil; molibdeno en Chile, China, Canadá, Perú y México; níquel en Canadá, Sudáfrica, Australia y Colombia; manganeso en Sudáfrica, Gabón, Australia y Brasil.. Esto significa, que los mayores productores de cada tipo de metal son precisamente los abastecedores de Estados Unidos de América, que tiene fuentes de aprovisionamiento de muchos de los materiales básicos para sus procesos de producción y con los que no cuenta entre sus reservas, o éstas son insuficientes para su enorme consumo industrial.

Una de las formas con que Estados Unidos logra el abastecimiento de estos metales es vía empresas estadounidenses establecidas en los lugares de producción de metales, por ejemplo, en los 80, la empresa Amax trabaja en Estados Unidos, Canadá, Sudáfrica, Australia, Europa e Inglaterra, es decir en cuatro de las más importantes potencias mineras, y produce carbón, cobre, aluminio, plomo, zinc, plata, petróleo, molibdeno, tungsteno, hierro, cadmio, níquel y cobalto.

Alcoa trabaja en Estados Unidos, Brasil, Australia, Jamaica, Surinam, Guinea, Japón, República Dominicana, Inglaterra, Europa, Noruega y México, y produce aluminio, alúmina y bauxita (además de productos manufacturados). Es necesario remarcar que algunos de los países en que se encuentra establecida esta importante empresa cuentan con las mayores reservas comprobadas de bauxita en el mundo, por lo que seguramente los costos de extracción de este material del que se obtiene el aluminio deben ser relativamente bajos.

Este panorama general de la situación de Estados Unidos respecto a su abastecimiento de metales indica que a pesar de su enorme dependencia externa de

materiales con los que no cuenta en su territorio, ha podido establecer mecanismos que le permiten apropiarse de las riquezas mineras de otros países.

En el extremo de la vulnerabilidad respecto a metales encontramos a Japón, cuya extensión territorial es apenas equivalente a California y que cuenta con numerosas montañas y volcanes dentro de su geografía, "en términos de minerales y energía mineral es, entre los países industrializados, un claro perdedor".⁶²

La información estadística trabajada y los autores consultados coinciden en que Japón es en definitiva extremadamente vulnerable a cortes en el suministro de los metales utilizados en su industria, la que depende, en casi todos los abordados en este estudio, en promedio, de 90-95% del exterior. Esta vulnerabilidad tiene como una de sus principales bases su condición geográfica, por ser una isla muy pequeña, y también que no ha logrado afianzar una situación económica, política y militar similar a la de Estados Unidos, por lo que las presiones que pueda hacer a los países productores de materias primas no pueden ser de la misma magnitud.

Las rutas comerciales marcan como su principal abastecedor de materias primas al sureste asiático, sin embargo, con esto no le es suficiente para sus necesidades industriales, por lo que también obtiene productos principalmente de Australia y en menor medida de África y América.

Por el lado de las empresas encontramos, entre otras, a la refinadora Nippon Mining Company que trabaja en Zaire y Japón, y que refina principalmente cobre, plomo, zinc, oro, plata, níquel, cobalto, zirconio y titanio. Todos estos materiales que refina, los obtiene

⁶²Walter Youngquist. Mineral resources and the destinies of nations. Pág 219 Edit. National Book Company, Portland, Oregon. 1990.

seguramente en Zaire, con poco valor agregado, y los convierte en productos listos para el consumo industrial.

Otra importante empresa japonesa es la Sumitomo Metal Mining, que produce cobre, plomo, zinc, cobalto, ferrónquel y níquel, y que tiene emplazamientos en Japón, Filipinas, Australia y Canadá.

Europa, en términos de vulnerabilidad minera, se encuentra, por así decirlo, en un punto intermedio entre Estados Unidos y Japón. Esto se debe principalmente a su historia colonialista, que le permite, aún en nuestros días, contar con mercados para el abastecimiento de metales.

Los flujos comerciales hacia esa región marcan como principales abastecedores a África, Australia, sureste asiático, Norte y Sudamérica. Entre las empresas europeas que tienen inversiones en África, Asia y América encontramos a Lonrho, empresa de nacionalidad inglesa que opera en Ghana, Zimbabwé, Sudáfrica e Inglaterra, y produce oro, carbón, cobre, minerales del grupo del platino, cobalto y níquel, esenciales para la generación y distribución de energía, microelectrónica y aceros de gran resistencia.

Otra importante empresa es la Río Tinto Zinc Corporation (RTZ), que trabaja en Australia, Canadá, Países Bajos, Papua Nueva Guinea, Sudáfrica, España, Inglaterra, Estados Unidos, Alemania y Zimbabwé, y que produce plomo, zinc, plata, aluminio, hierro, cobre, oro, uranio, molibdeno, petróleo, gas, níquel y estaño, empresa que se encuentra asentada en todos los continentes del mundo y produce lo que hemos definido en esta investigación como los tres metales "matrices" o elementos en torno a los cuales gira el esqueleto productivo industrial: aluminio, hierro y cobre. Esto en cuanto a empresas mineras que se establecen fuera de Europa.

En cuanto a reservas cuentan con algunas cantidades de tungsteno en Portugal, cobre en España, bauxita en Grecia, hierro en Suecia, y zinc en Irlanda y España. Esta visión muy general de la suficiencia regional de metales muestra que las carencias de esta región también se vinculan con su situación geopolítica en el mundo y que es grande su necesidad de suministros externos para materiales esenciales para su industria en general, pero también, y principalmente, para los metales básicos para la gestión y el desarrollo de la tecnología de punta, uno de los factores que, en última instancia, son esenciales para mantenerse en la lucha por la hegemonía económica, política y militar del mundo.

Una cuestión muy importante de señalar, pero que aún no está definida, es lo que pasará con las importantísimas reservas de minerales localizadas en la desmembrada Unión Soviética, cuyas guerras internas seguramente tienen que ver con la lucha por el control de estas -y otras- importantes fuentes de riqueza natural. El hecho es que ahora estas vastas reservas son arcas abiertas al mercado mundial de minerales metálicos y en cuanto se empiecen a definir mejor las cosas, sabremos qué intereses han resultado beneficiados por este desmembramiento y posterior lucha: los japoneses, los europeos o los estadounidenses.

Con la información empírica que he trabajado podemos entonces concluir que el supuesto debilitamiento de la economía estadounidense,⁶³ basado en sus dificultades financieras, no es más que un espejismo, creado quizás por las ganas de que así sea, pero el peligro que se corre al creer en esto sin tener bases materiales que lo demuestren puede llevarnos a una visión no muy clara de los alcances y límites de la nación que hegemoniza la economía mundial, pero que además reviste especial importancia para México y América

⁶³ Respecto al problema del mantenimiento de la hegemonía económica estadounidense ver: Ana Esther Ceceña y Andrés Barrera (Coord.) Op. cit.

Latina por ser Estados Unidos el principal mercado hacia donde van las materias primas producidas en la región.

El problema de saber quién hegemoniza en la economía mundial no es intrascendente para nosotros debido a que de esta manera sabemos en qué condiciones nos encontramos en tanto países periféricos y también en tanto clase obrera. No es para nadie desconocido que las políticas económicas que se establecen en nuestros países responden a las necesidades específicas de acumulación de capital a nivel mundial y de manera más clara a los intereses estadounidenses.

Es evidente que no es exactamente lo mismo para México y los países latinoamericanos que sea Estados Unidos la nación más poderosa de la Tierra o que lo sean Europa o Japón, tanto por cercanía geográfica como por formas específicas que adoptan las relaciones con el vecino del norte.

Saber entonces quién y qué fuerza tiene para ejercer el dominio económico sobre el planeta nos permitirá tener una perspectiva más clara del contexto mundial y de la posibilidad de movernos en el mismo. Este punto nos lleva a otra discusión que está aún en nuestros días de moda y que en términos generales habla de una nueva organización de la economía mundial, en la que países que "antes eran subdesarrollados" (ahora se les puede llamar "en vías de desarrollo") podrán acceder al desarrollo industrial y consecuentemente al llamado "primer mundo". Para lograr esto, los países periféricos que cuenten con recursos naturales necesarios para la gran industria internacional pueden, mediante la venta de ellos, obtener dinero que les permitiría adquirir la ansiada tecnología que los trasladaría al "primer mundo". Más tarde nos dicen que esto es posible si además de vender los recursos naturales se permite una gran inversión extranjera en nuestros países, poniendo evidentemente las mejores condiciones para la misma en términos de infraestructura, subsidios directos e

indirectos, etc. Ejemplos de esto pueden ser los países del sureste asiático, Brasil, Argentina e incluso México. Sin embargo, y apoyada en la investigación que he realizado tanto de procesos productivos como de información estadística de producción, importaciones y exportaciones de metales estratégicos, puedo afirmar que esto hasta el momento no ha resultado cierto, porque aun cuando algunos países como Brasil y la región del sureste asiático han empezado a comercializar con productos que tienen un mayor valor agregado como por ejemplo acero refinado, en lo que hay que poner especial atención es hasta dónde es posible que la tecnología sea trasladada o "dada" a las "nuevas naciones industrializadas", tanto porque son generalmente sólo las empresas transnacionales de las grandes potencias las que producen algunos de estos materiales en los países "receptores de la tecnología" como porque no son los procesos tecnológicamente más desarrollados los que se "trasladan" a estos lugares. La tendencia parece ser más bien la de establecer ciertos procesos productivos de tecnología "media" en algunos lugares (previo estudio que asegure las mayores ganancias posibles), pero mantener la tecnología de punta o de "primer mundo" en los actuales países tecnológicamente más desarrollados.

De esta manera, la "vieja" división Internacional del trabajo sigue aún vigente, y de seguir las cosas como van, los productores de materias primas seguirán subordinados a las necesidades del gran capital internacional y las naciones centrales mantendrán la tecnología de vanguardia dentro de sus fronteras.⁶⁴

Lo que nos resta a los países productores de materias primas es organizarnos y ver la manera menos desventajosa para relacionarnos con el principal consumidor de nuestras materias primas: Estados Unidos. Esto sólo se lograría con un cambio radical en la gestión de

⁶⁴ Esto incluso por pura lógica. ¿qué pasaría en caso de guerra si, por ejemplo, Estados Unidos tuviera su producción de aceros especiales en Brasil y las potencias enemigas logaran imposibilitar el suministro de estos

las políticas económicas, sociales y políticas en nuestras naciones, que actualmente sólo obedecen a los intereses del gran capital internacional y nacional y ven a la miseria extrema en la que está sumida la población sólo como un costo de la "entrada a la modernidad".

importantes materiales para armamento? o ¿en caso de que estalle una guerra civil con tintes nacionalistas y se expropiaran las industrias de los extranjeros?

Anexo estadístico

MANGANESO*

VOLUMEN DE LA PRODUCCION

MILES DE TONELADAS METRICAS

PAISES	1960		1965		1970		1975		1980		1985		1990	
		%		%		%		%		%		%		%
TOTAL MUNDIAL	13,455.6	100.0	17,742.1	100.0	18,497.8	100.0	24,399.0	100.0	26,396.0	100.0	25,354.4	100.0	23,859.4	100
URSS	5,800.1	43.1	7,576.0	42.7	6,985.4	37.8	8,800.0	36.1	9,750.0	36.9	9,888.5	39.0	8618.4	36.1
CHINA	1,251.9	9.3	989.7	5.6	997.9	5.4	1,000.0	4.1	1,600.0	6.1	2,630.9	10.4	2612.32	11.8
SUDAFRICA	1,194.0	8.9	1,567.5	8.8	2,679.5	14.5	5,789.0	23.6	5,695.0	21.6	3,600.7	14.2	3719.52	15.6
INDIA	1,150.0	8.5	1,646.8	9.3	1,651.1	8.9	1,531.0	6.3	1,682.0	6.4	1,240.1	4.9	1270.08	5.3
BRASIL	654.8	6.4	1,386.1	7.9	1,928.7	10.4	1,830.0	6.7	2,281.0	8.6	2,522.9	10.0	1723.68	7.2
GHANA	544.6	4.0	604.0	3.4	405.4	2.2	415.0	1.7	252.0	1.0	318.4	1.3		
CONGO-ZAIRE	390.0	2.9	377.6	2.1	347.0	1.9	309.0	1.3						
JAPON	322.7	2.4	30.8	0.2					60.0	0.3				
RUMANIA	190.0	1.4												
MARRUECOS	483.1	3.6	375.9	2.1					131.0	0.5				
GABON			1,280.4	7.2	1,453.1	7.9	2,230.0	9.1	2,147.0	8.1	2,339.7	9.2	2540.16	10.6
MEXICO					273.9	1.5	428.0	1.8	447.0	1.7	386.4	1.6	390.086	1.6
AUSTRALIA					803.9	4.3	1,555.0	6.4	1,999.0	7.6	2,003.1	7.9	2086.56	8.7
HUNGRIA									83.0	0.3	62.6			
SUBTOTAL	12,181.1	90.5	15,654.9	88.4	17,525.8	94.7	23,667.0	97.0	26,157.0	99.1	25,003.3	98.4	23,160.8	97.1

*EN MENA O MINERAL

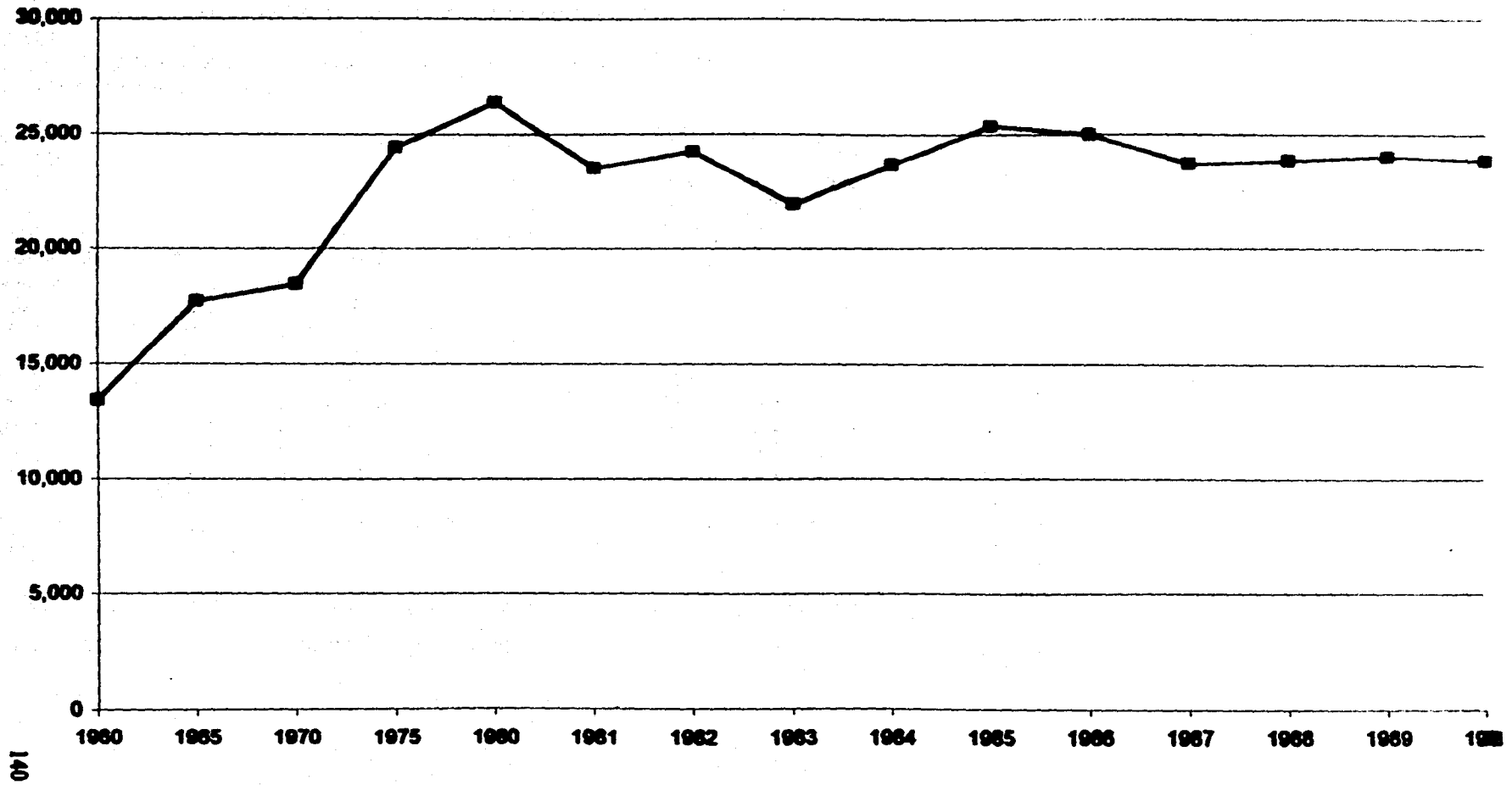
LOS DATOS DE 1968 SON PRELIMINARES, LOS DE 1989 Y 1990 ESTIMADOS.

FUENTE:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK O.N.U. DE 1960 A 1981

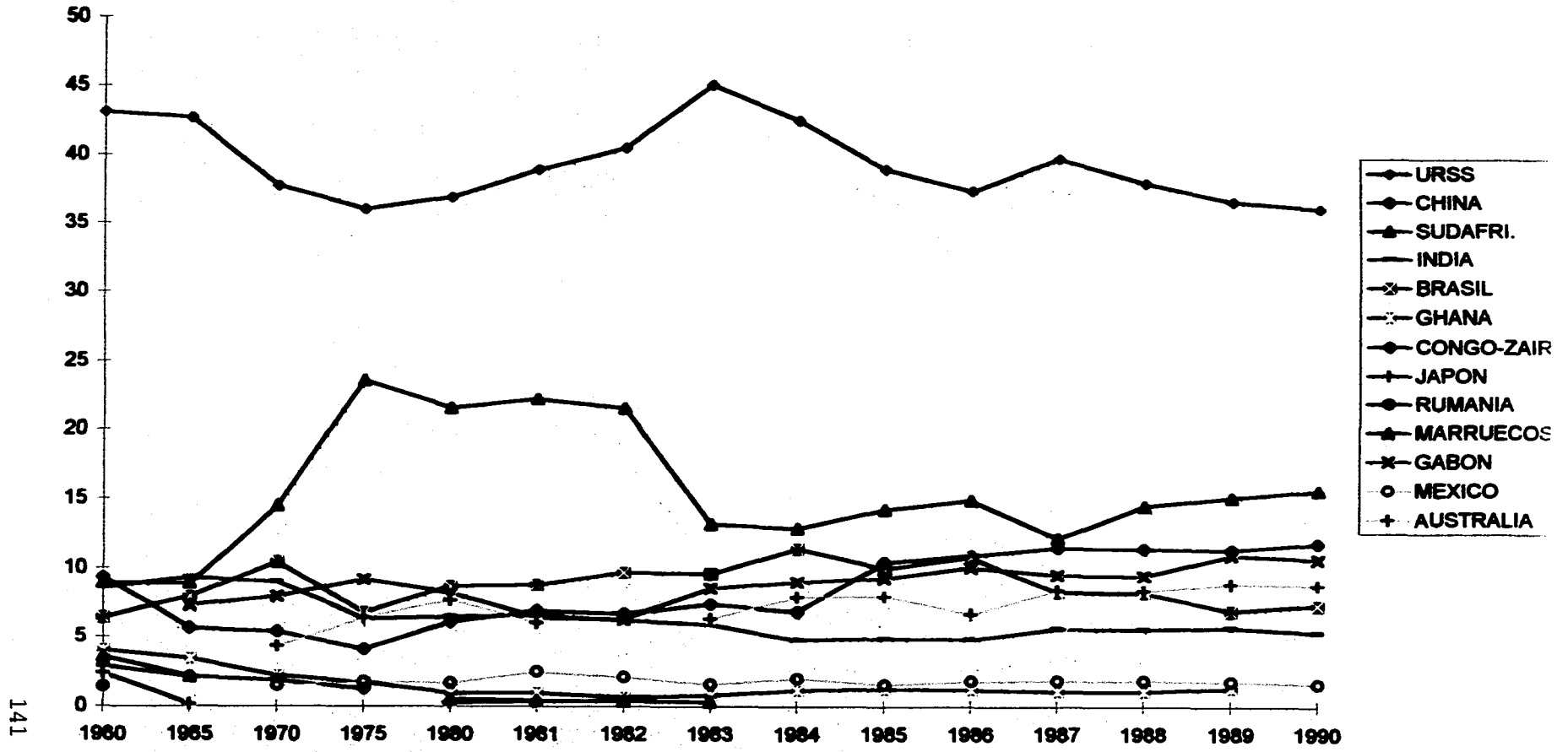
EL RESTO SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK O.N.U. 1991

Producción mundial de manganeso 1960-1990 (miles de tons. métricas)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de manganeso 1960-1990

Producción mundial de manganeso por países 1960-1990 (porcentajes).



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de manganeso 1960-1990.

MANGANESO (MENA)

VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES

MILES DE TONELADAS METRICAS

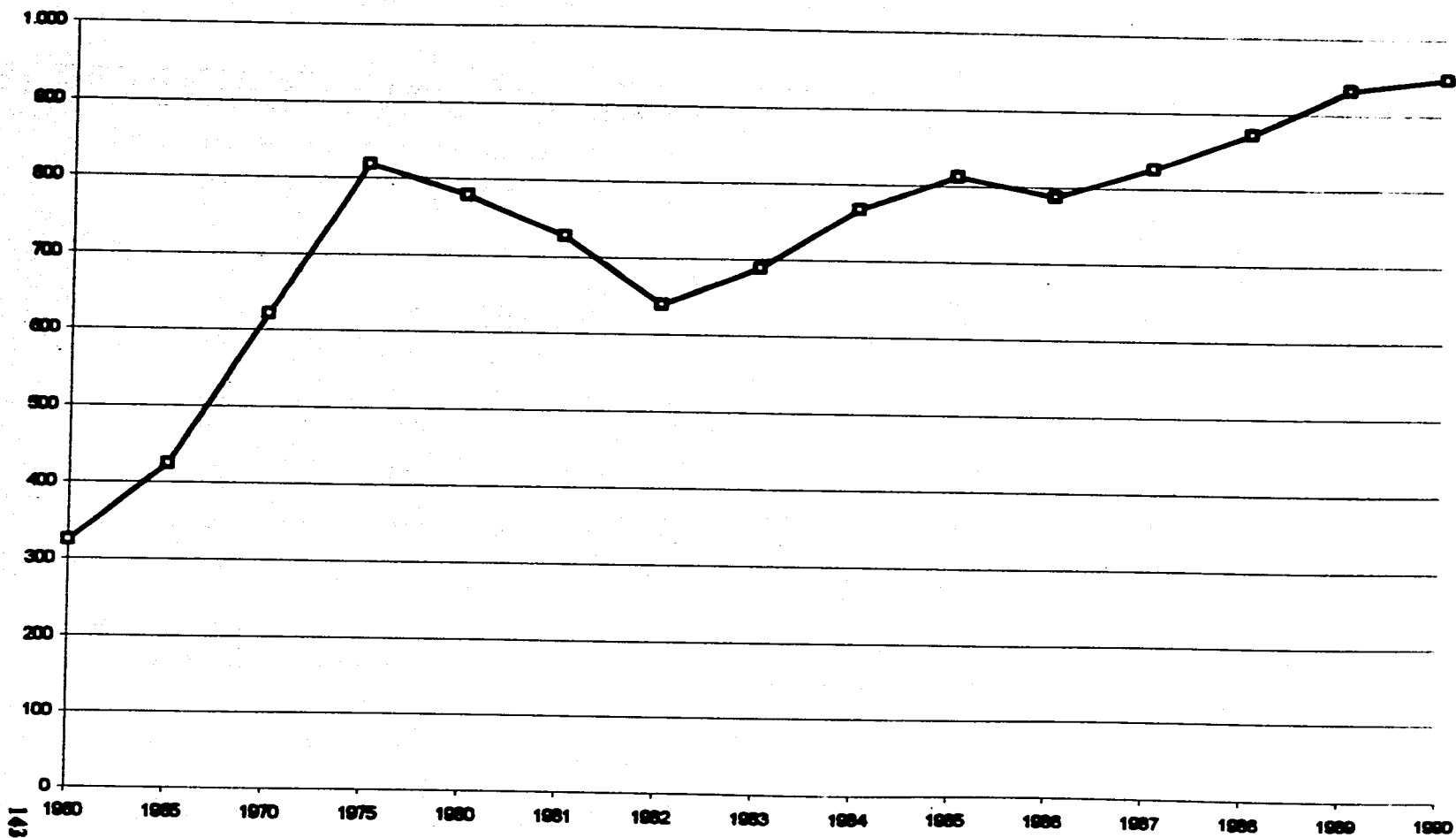
	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	10,743.8	100.0	11,565.6	100.0	10,344.6	100.0	9,333.3	100.0	9,943.8	100.0
PAISES DESARROLLADOS	9,572.5	89.1	9,852.3	85.2	8,015.3	77.5	6,429.3	68.9	6,250.1	62.9
PAISES SUBDESARROLLADOS	85.5	0.8	310.7	2.7	652.6	6.3	918.8	9.8	1,207.1	12.1
CEE	3,250.0		2,852.4		2,660.8		2,960.7		2,796.9	
EFTA	891.9		1,160.1		994.3		714.8		755.3	
JAPON	3,243.0	30.2	3,740.4	32.3	2,953.4	28.6		0.0	1,939.0	19.5
E. U. A.	1,737.0	16.2	1,427.9	12.3	632.3	6.1	344.2	3.7	587.8	5.9
FRANCIA	1,117.0	10.4	1,157.6	10.0	1,225.9	11.9	1,039.8	11.1	851.4	8.6
ALEMANIA FEDERAL	821.0	7.6	733.4	6.3	489.5	4.7	377.8	4.0	546.4	5.5
NORUEGA	736.0	6.9	1,072.9	9.3	807.7	7.8	703.8	7.5	724.6	7.3
BELGICA-LUXEMBURGO	483.0	4.3	313.3	2.7	299.8	2.9	230.7	2.5	308.5	3.1
REINO UNIDO	429.0	4.0	253.2	2.2	126.5	1.2	386.3	4.1	275.5	2.8
POLONIA	401.0	3.7	555.9	4.8	664.2	6.4	622.7	6.7	572.0	5.8
CHECOSLOVAQUIA	313.0	2.9	456.0	3.9	525.0	5.1	457.0	4.9	871.0	8.8
ITALIA	291.0	2.7	315.3	2.7	409.8	4.0	392.6	4.2	390.1	3.9
CANADA	225.0	2.1	154.9	1.3	203.0	2.0	218.9	2.3		
ESPAÑA			437.4	3.8	432.6	4.2	299.0	3.2	329.3	3.3
COREA					204.8	2.0	271.5	2.9	503.3	5.1
RUMANIA					216.0	2.1	225.0	2.4	205.0	2.1
URSS							350.0	3.8	265.0	2.9
CHINA							170.0	1.8	424.6	4.3
BULGARIA			150.0	1.3						
ALEMANIA DEMOCRATICA			186.0	1.6	135.0	1.3				
PORTUGAL					173.8	1.7	125.8	1.3		
YUGOSLAVIA					131.1	1.3	140.3	1.5		
TAIWAN							129.0	1.4		
TOTAL PARCIAL	9,776.0	91.0	10,954.2	94.7	9,630.4	93.1	6,484.4	69.5	6,813.7	68.6

VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	10,653.5	100.0	12,108.1	100.0	10,306.0	100.0	9,595.4	100.0	9,972.9	100.0
PAISES DESARROLLADOS	3,513.4	33.0	5,148.5	42.5	4,704.2	45.6	4,197.0	43.7	4,816.9	48.3
PAISES SUBDESARROLLADOS	5,850.8	53.0	5,470.4	45.2	4,287.2	41.6	4,287.8	44.5	4,216.3	42.3
CEE	56.4		47.0		82.4		128.0			
EFTA	0.3		3.1		4.3					
SUDAFRICA	2,623.1	24.6	3,641.0	30.1	3,258.0	31.6	2,890.0	30.1	3,000.0	30.1
BRASIL	1,797.0	18.9	1,560.4	12.9	1,037.4	10.1	901.2	9.4	1,034.7	10.4
GABON	1,647.3	15.5	2,132.0	17.6	2,136.5	20.7	2,229.7	23.2	2,397.7	24.0
URSS	1,400.0	13.1	1,411.0	11.7	1,255.0	12.2	1,128.0	11.7	895.0	9.0
INDIA	1,241.5	11.7	793.4	6.6	568.5	5.5	486.4	5.1	310.0	3.1
AUSTRALIA	780.6	7.3	1,262.0	10.4	1,330.0	12.9	1,047.4	10.9	1,591.0	16.0
GANA	412.3	3.9	367.0	3.0	236.0	2.3	252.0	2.6	284.0	2.8
ZAIRE	276.0	2.6	112.0	0.9						
E. U. A.			186.0	1.5	47.6	0.5	51.1	0.5		
MARRUECOS			111.0	0.9	112.3	1.1				
MEXICO			220.0	1.8	133.9	1.3	137.1	1.4		
MALASIA			99.0	0.8			73.8	0.8		
FRANCIA										
TOTAL PARCIAL	10,177.8	95.5	11,894.8	98.2	10,115.2	98.1	9,194.7	95.8	9,512.4	95.4

Fuente: ONU, UNCTAD commodity yearbook, varios años.

Producción mundial de níquel 1960-1990 (miles de toneladas métricas)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de níquel 1960-1990.

PAISES	VOLUMEN DE LA PRODUCCION						MILES DE TONELADAS METRICAS							
	1980		1985		1970		1975		1980		1985		1990	
		%		%		%		%		%		%		%
TOTAL MUNDIAL	324.78	100.00	424.88	100.00	621.60	100.00	818.00	100.00	780.00	100.00	812.58	100.00	948.93	100.00
CANADA	184.84	59.99	242.50	57.08	278.96	44.88	245.00	29.95	185.00	23.72	170.01	20.92	204.12	21.5
URSS	58.08	17.88	81.85	19.22	109.77	17.66	152.00	18.58	154.00	19.74	185.07	22.78	215.01	22.7
NUEVA CALEDONIA	38.37	11.82	48.13	11.33	105.36	16.95	133.00	16.26	87.00	11.15	72.39	8.91	127.01	13.4
CUBA	12.83	3.95	27.31	6.43	35.20	5.66	37.00	4.52	37.00	4.74	28.12	3.46	43.55	4.6
E.U.A.	11.37	3.50	12.28	2.89	13.80	2.24								
SUDAFRICA	2.90	0.89	2.89	0.70	11.56	1.86			28.00	3.33	25.04	3.08	38.29	3.8
ALBANIA	2.45	0.75												
FINLANDIA	2.35	0.72	3.15	0.74	4.17	0.67								
POLONIA	1.27	0.39	1.10	0.26										
MARRUECOS	0.25	0.08												
BRASIL			1.11	0.26									21.77	2.3
INDONESIA			3.57	0.84	18.00	2.90			53.00	6.79	40.37	4.97	72.58	7.6
AUSTRALIA					28.12	4.52	75.00	9.17	74.00	9.49	85.73	10.55	88.04	7.2
GRECIA					9.07	1.46								
REP. DOMINICANA							31.00	3.79	16.00	2.05	25.40	3.13	32.86	3.4
BOTSWANA											28.31	3.24	28.31	2.8
FILIPINAS											32.11	3.95		
SUBTOTAL	324.71	99.98	423.77	99.74	612.12	98.48	673.00	82.27	632.00	81.03	680.56	84.98	847.32	89.29

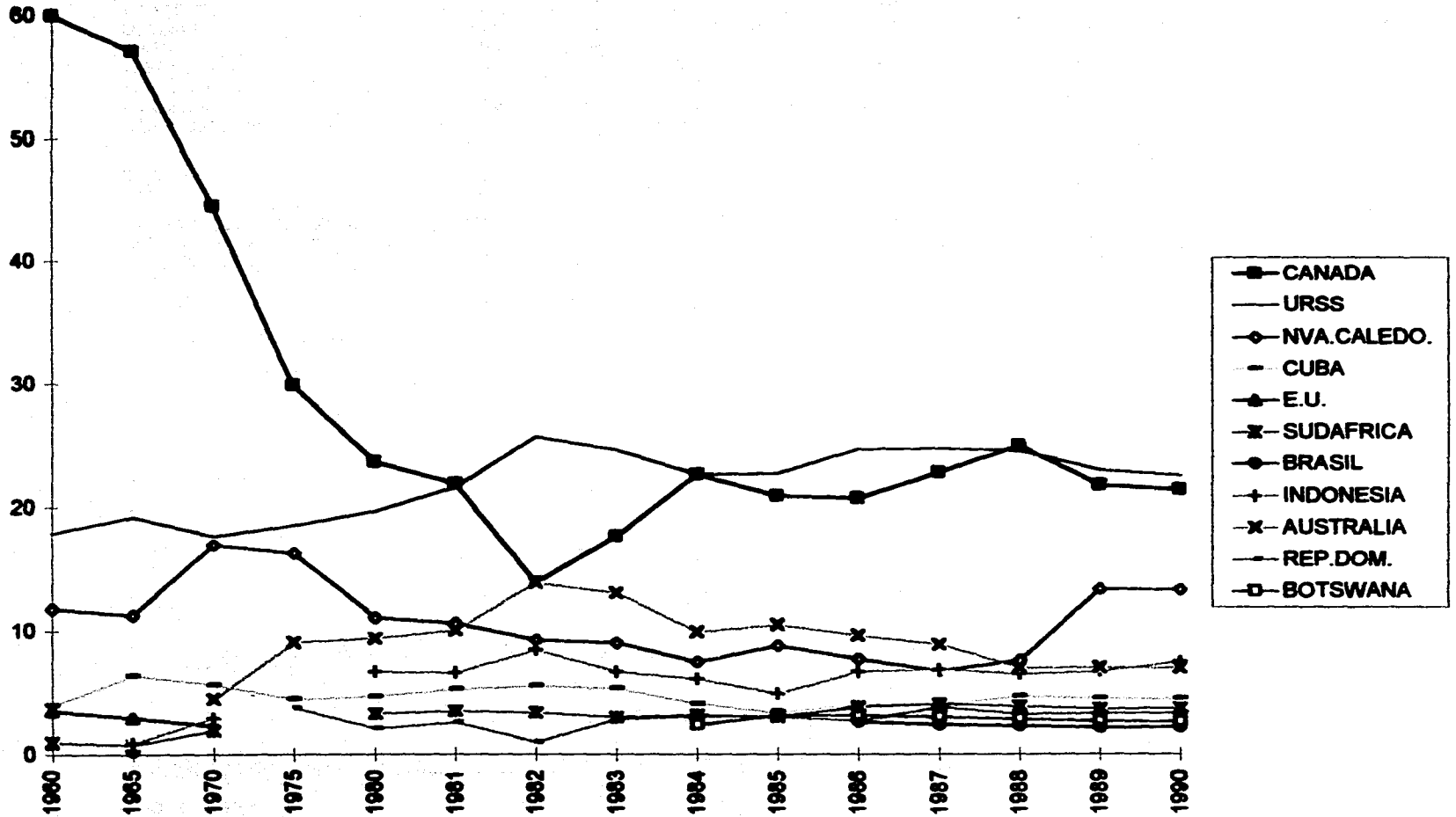
LOS DATOS DE 1985 SON PRELIMINARES, LOS DE 1989 Y 1990 ESTIMADOS

FUENTE:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, O.N.U., DE 1980 A 1983.

EL RESTO SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK, O.N.U., 1991.

Producción mundial de níquel por países 1960-1990 (porcentajes)



145

Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de níquel 1960-1990

NIQUEL (MENA)

VOLUMEN DE LAS IMPORTACIONES

MILES DE TONELADAS METRICAS

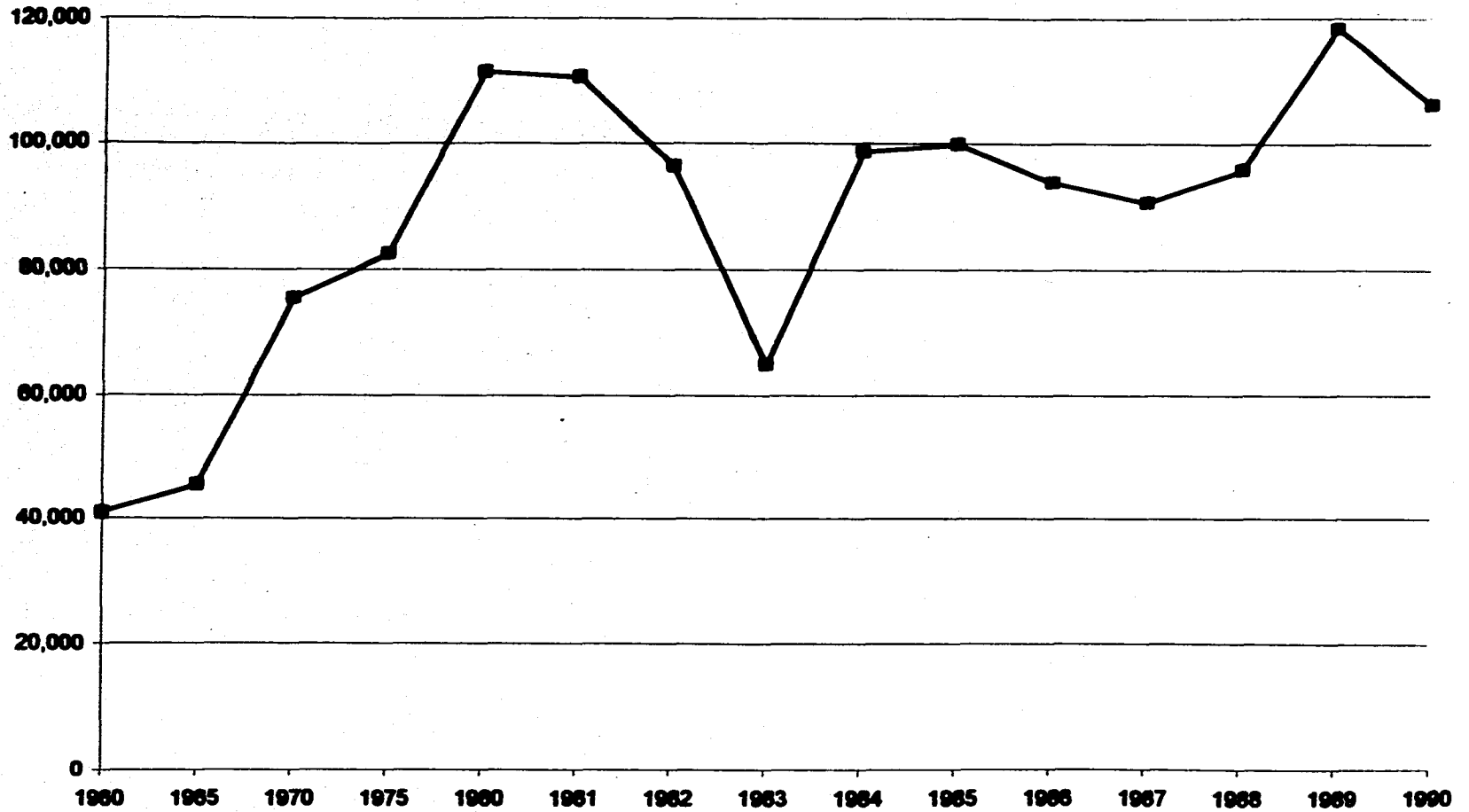
	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	135.5	100.0	89.2	100.0	92.3		63.0	100.0	95.4	100.0
PAISES DESARROLLADOS	129.5	95.6	82.7	92.7	88.3	95.7	59.3	94.1	91.4	95.8
PAISES SUBDESARROLLADOS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CEE	0.0		0.0		0.0		0.1		2.3	
EFTA	0.4		0.3		0.3		0.4		0.3	
JAPON	128.7	95.0	82.4	92.4	85.1	92.2	58.8	93.3	88.8	93.1
CHECOSLOVAQUIA	6.0	4.4	6.5	7.3	4.0	4.3	3.7	5.9	4.0	4.2
E. U.A.					2.8	3.0				
TOTAL PARCIAL	134.7	99.4	88.9	99.7	91.9	99.6	62.5	99.2	95.1	97.3

VOLUMEN DE LAS EXPORTACIONES

	1971	%	1975	%	1980	%	1985	%	1989	%
TOTAL MUNDIAL	123.6	100.0	88.1	100.0	83.1	100.0	67.9	100.0	87.9	100.0
PAISES DESARROLLADOS	13.3	10.8	4.9	5.6	0.8	1.0	8.5	12.5	1.2	1.4
PAISES SUBDESARROLLADOS	104.3	84.4	76.7	87.1	76.3	94.2	56.2	82.8	83.7	95.2
CEE							0.1			
EFTA	0.5		0.4		0.6		0.4			
NUEVA CALEDONIA	84.6	68.4	63.4	72.0	50.9	61.3	35.4	52.1	52.7	60.0
INDONESIA	18.3	13.2	12.8	14.5	17.7	21.3	12.5	18.4	21.6	24.6
AUSTRALIA	12.8	10.4	4.5	5.1		0.0	8.0	11.8		0.0
ALBANIA	6.0	4.9	6.5	7.4	4.0	4.8	3.2	4.7	3.0	3.4
ZIMBABWE	2.0	1.6		0.0		0.0		0.0		0.0
FILIPINAS	1.4	1.1	0.5	0.6	9.7	11.7	8.3	12.2	9.4	10.7
NORUEGA	0.5	0.4		0.0	0.6	0.7		0.0		0.0
TOTAL PARCIAL	123.6	100.0	87.7	99.5	82.9	99.8	67.4	99.3	86.7	98.6

Fuente: ONU, UNCTAD commodity yearbook, varios años.

Producción mundial de molibdeno 1960-1990 (toneladas métricas)



147

Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de molibdeno 1960-1990

MOLIBDENO VOLUMEN DE LA PRODUCCION TONELADAS METRICAS

PAISES	1960		1965		1970		1975		1980		1985		1990	
		%		%		%		%		%		%		%
TOTAL														
MUNDIAL	41,059.9	100.0	45,406.0	100.0	75,413.8	100.0	82,434.8	100.0	111,388.2	100.0	99,981.1	100.0	108,267.3	100.0
BULGARIA							142.9	0.2	152.1	0.1	193.5	0.2	188.6	0.2
CANADA	363.8	0.9	4,404.1	9.7	16,291.7	21.6	12,633.2	15.3	12,078.8	10.8	7,977.4	8.0	13,041.5	12.3
COREA DEL SUR	44.7	0.1	208.5	0.5	117.1	0.2	78.5	0.1	304.6	0.3	338.2	0.3		
CHILE	1,881.8	4.6	3,752.1	8.3	6,197.2	8.2	9,236.9	11.2	13,886.2	12.5	18,882.5	18.7	15,852.5	14.9
CHINA	1,520.7	3.7					1,520.7	1.8	2,027.6	1.8	2,027.6	2.0	821.7	0.9
E.U.A.	31,445.9	76.6	35,955.3	78.5	51,314.3	68.0	48,838.7	59.2	69,440.6	62.3	49,958.1	50.0	58,221.2	52.9
MEXICO	80.8	0.1	82.5	0.2	143.3	0.2	17.1		75.1	0.1	3,821.2	3.8	4,654.4	4.4
MONGOLIA											1,013.8	1.0		
PERU			880.8	1.5	537.8	0.7	589.1	0.7	2,730.9	2.5	3,867.7	3.9	2,811.1	2.6
U.R.S.S.	5,089.1	12.3					9,216.8	11.2	10,953.0	9.5	11,474.7	11.5	10,737.3	10.1
JAPON	387.1	0.9	281.6	0.6	448.8	0.6	142.4	0.2	58.7	0.1				
NORUEGA	248.8	0.6	242.9	0.5	254.8	0.3								
FILOFINAS	28.6	0.1	78.3	0.2	32.7									
AUSTRALIA			120											
IRAN											508.9	0.5	480.8	0.4
SUBTOTAL	41,041.9	100.0	45,406.0	100.0	75,337.8	99.9	82,423.0	100.0	111,305.5	99.9	99,981.8	99.9	104,887.1	96.7

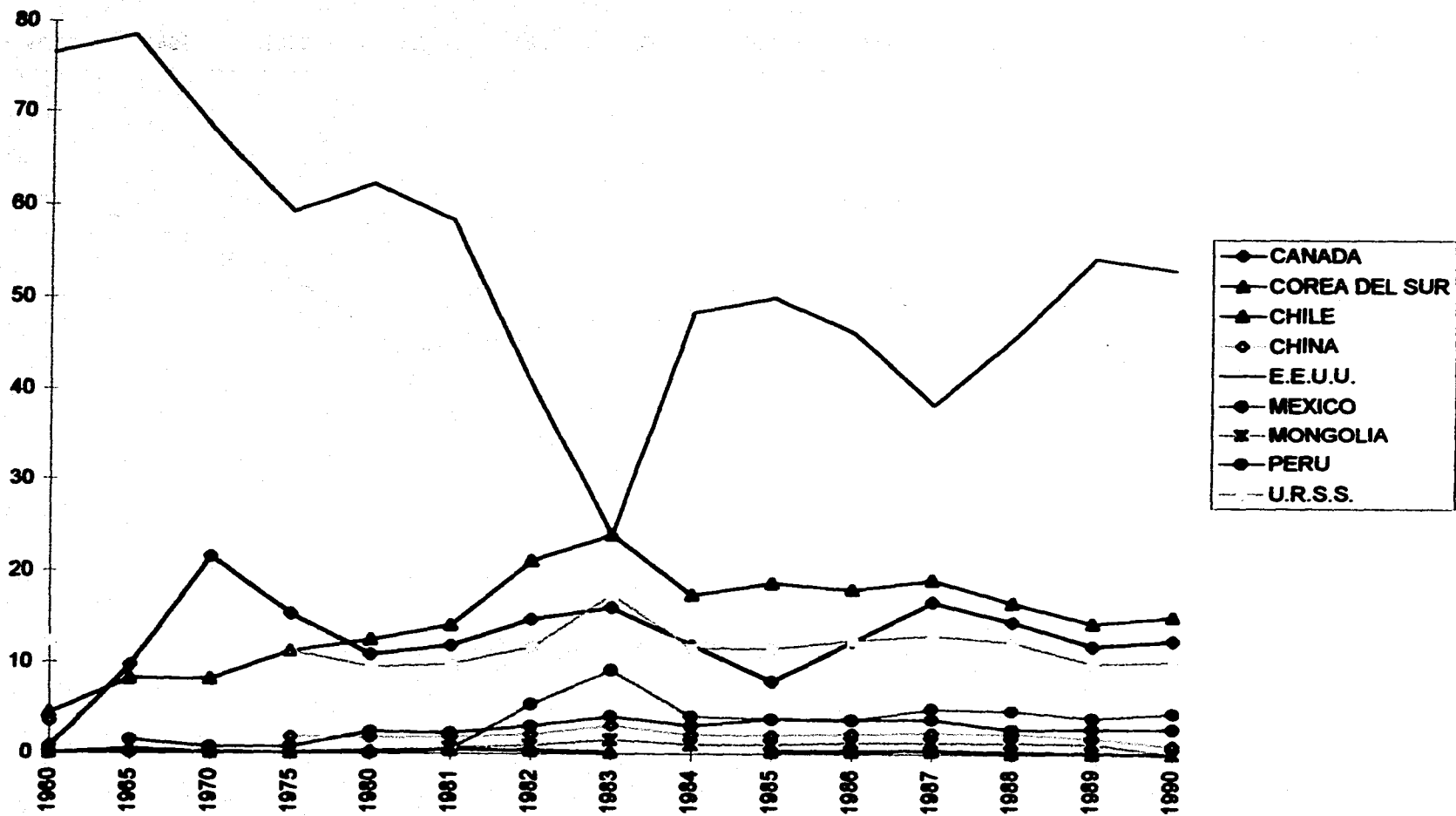
LOS DATOS DE 1988 SON PRELIMINARES, LOS DE 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS.

FUENTE:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK ONU, HASTA 1980; EL RESTO SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK ONU.

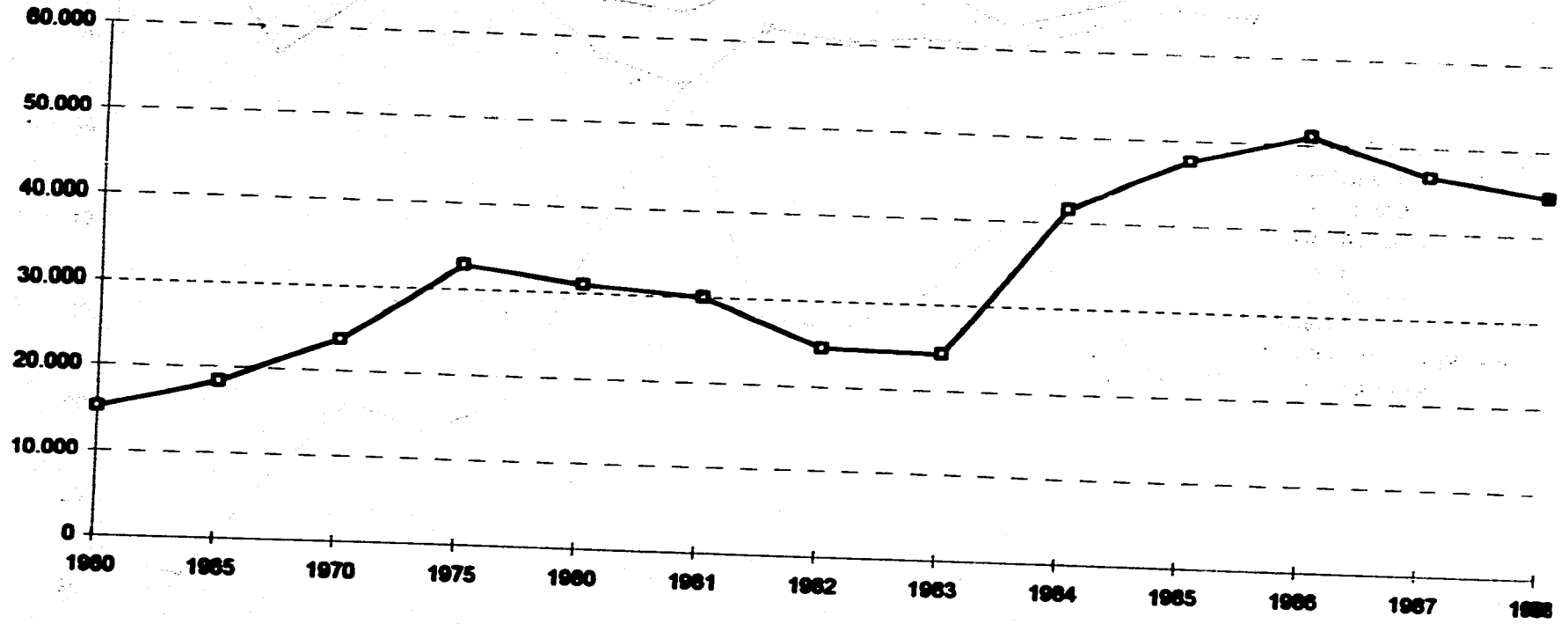
ALGUNOS PORCENTAJES EXCEDEN EL 100% DEBIDO A QUE LOS DATOS DEL COMMODITY YEARBOOK VIENEN ASI.

Producción de molibdeno por países 1960-1990 (porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de molibdeno 1960-1990

Producción mundial de cobalto 1960-1988 (toneladas métricas)

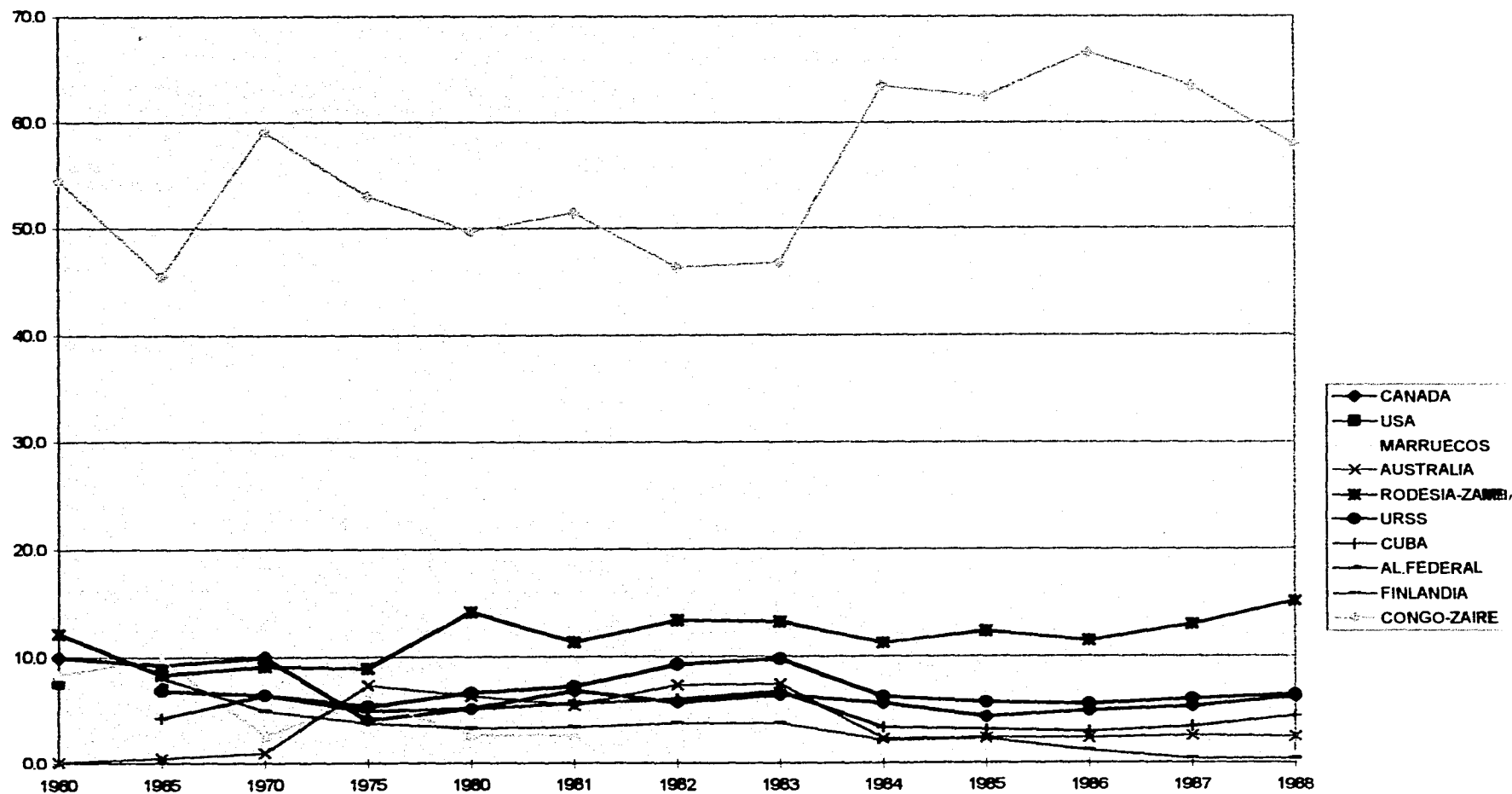


Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de cobalto 1960-1988

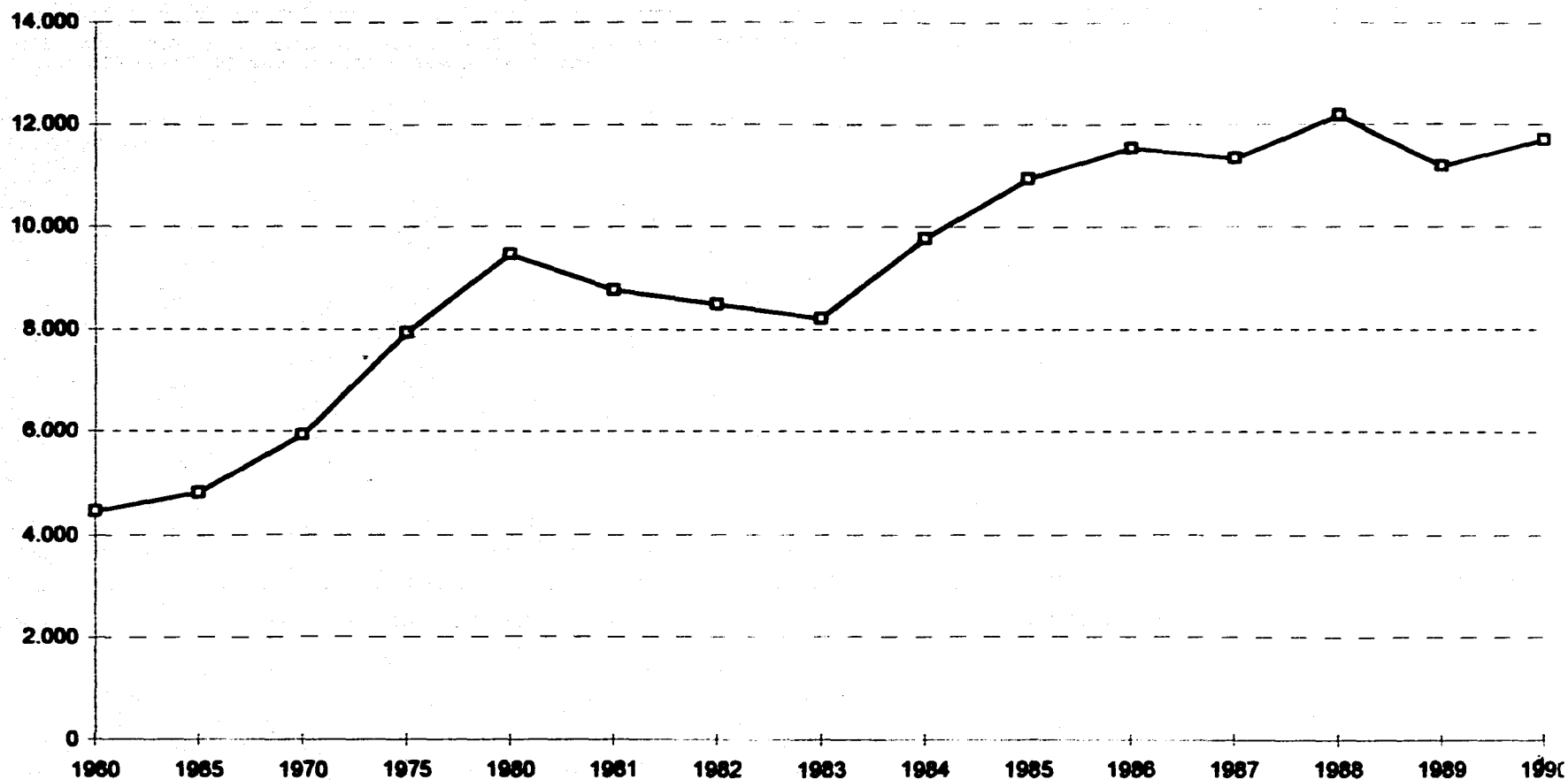
PAISES	VOLUMEN DE LA PRODUCCION								TONELADAS METRICAS							
	1960	%	1965	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1986	%		
TOTAL MUNDIAL	15.150,2	100,0	18.427,0	100,0	23.610,8	100,0	32.915,0	100,0	31.006,3	100,0	47.532,3	100,0	44.599,5	100,0		
CONGO	8.240,1	54,4	8.388,0	45,5	13.958,2	59,1										
RODESIA	1.847,1	12,2														
CANADA	1.510,5	10,0	1.722,8	9,3	2.371,4	10,0	1.338,1	4,1	1.603,0	5,2	2.099,5	4,4	2.808,3	6,3		
E.U.A.	1.147,8	7,8														
MARRUECOS	1.271,0	8,4	1.831,8	9,9	604,2	2,6	1.861,4	6,0	839,3	2,7			256,7	0,6		
AUSTRALIA	14,5	0,1	90,7	0,5	235,9	1,0	2.449,4	7,4	1.975,0	6,4	1.152,1	2,4	1.115,2	2,5		
ZAMBIA			1.544,1	8,4	2.177,3	9,2	2.988,5	9,0	4.389,9	14,2	5.888,6	12,4	6.774,2	15,2		
URSS			1.270,1	6,9	1.542,2	6,5	1.789,0	5,4	2.086,6	6,7	2.785,0	5,8	2.903,2	6,5		
CUBA			799,3	4,3	1.542,2	6,5	1.633,0	5,0	1.613,0	5,2	1.511,5	3,2	2.027,6	4,5		
ALEMANIA FEDERAL			1.356,3	7,4												
FINLANDIA			1.493,3	8,1	1.179,4	5,0	1.257,4	3,8	1.035,1	3,3	1.109,2	2,3	193,1	0,4		
ZAIRE							17.436,4	53,0	15.422,4	49,7	29.665,9	62,4	25.806,5	57,9		
JAPON											691,2	1,5	737,3	1,7		
SUDAFRICA																
NORUEGA																
ALBANIA											599,1	1,3	599,1	1,3		
FILIPINAS							117,9	0,4	1.330,9	4,3	925,3	1,9				
NUEVA CALEDONIA							1.905,1	5,8	358,3	1,2	686,6	1,4	811,1	1,8		
SUBTOTAL	14.030,8	92,6	18.465,1	100,4	23.610,8	100,0	32.834,3	99,8	30.662,5	98,9	47.104,1	99,1	44.032,3	98,7		

LOS DATOS DE 1987 SON PRELIMINARES LOS DE 1988 SON ESTIMADOS
FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, ONU, DE 1988-1989.

Principales países productores de cobalto 1960-1990 (porcentajes)



Producción mundial de cromita 1960-1990 (miles de tons. métricas)



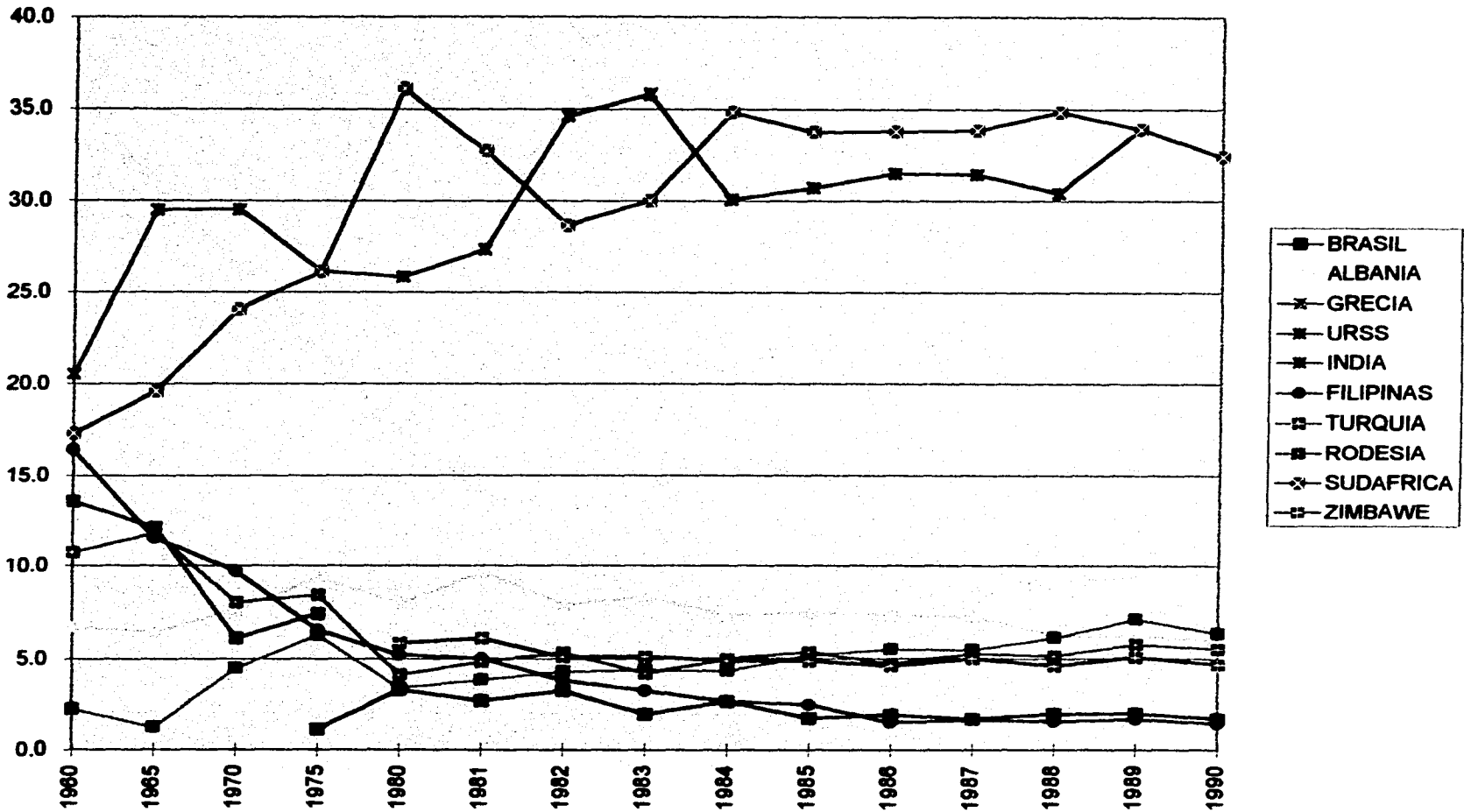
Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de cromita 1960-1990

CROMITA	VOLUMEN DE LA PRODUCCION						MILES DE TONELADAS METRICAS							
	1980	%	1985	%	1970	%	1975	%	1980	%	1985	%	1980	%
TOTAL MUNDIAL	4.483,4	100,0	4.609,4	100,0	5.921,2	100,0	7.929,8	100,0	9.467,0	100,0	10.945,0	100,0	11.720,0	100
BRASIL							90,7	1,1	313,0	3,3	190,0	1,7	200,0	1
E. U.	97,1	2,2												
ALBANIA	300,0	6,7	310,3	6,5	463,6	7,7	743,9	9,4	780,0	8,0	825,0	7,5	700,0	6
GRECIA	100,0	2,2												
URSS	916,3	20,5	1.419,8	29,5	1.750,0	29,6	2.077,5	26,2	2.450,0	25,9	3.380,0	30,7	3.800,0	32
YUGOSLAVIA	100,9	2,3	79,9	1,7										
INDIA	100,1	2,2	59,7	1,2	265,8	4,5	499,0	6,3	320,0	3,4	585,0	5,2	750,0	6
FILIPINAS	734,5	16,5	654,6	11,5	575,8	9,7	519,8	6,6	496,0	5,2	272,0	2,5	170,0	1
TURQUIA	479,6	10,7	597,1	11,8	477,4	8,1	670,4	8,5	391,0	4,1	589,0	5,4	680,0	5
RODESIA	608,4	13,6	585,6	12,2	382,9	6,1	589,7	7,4						
SUDAFRICA	772,0	17,3	942,1	19,6	1.427,3	24,1	2.075,7	26,2	3.414,0	36,1	3.689,0	33,8	3.800,0	32
SUDAN			29,9	0,6										
IRAN			129,0	2,7	119,8	2,0	172,4	2,2						
FINLANDIA					120,5	2,0			362,0	3,8	508,0	4,6	700,0	6
MALASIA					140,6	2,4	194,1	2,4						
ZIMBAWE									554,0	5,9	536,0	4,9	580,0	4
MADAGASCAR											127,0	1,2	100,0	0
NUEVA CALEDONIA														
SUBTOTAL	4.208,7	94,2	4.677,9	97,3	5.693,6	96,2	7.633,2	96,3	9.060,0	95,7	10.689,0	97,5	11.420,0	97

LOS DATOS DE 1988 SON PRELIMINARES, 1989 Y 1990 SON ESTIMADOS.

FUENTE: ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, ONU, HASTA 1981. EL RESTO SE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK, ONU.

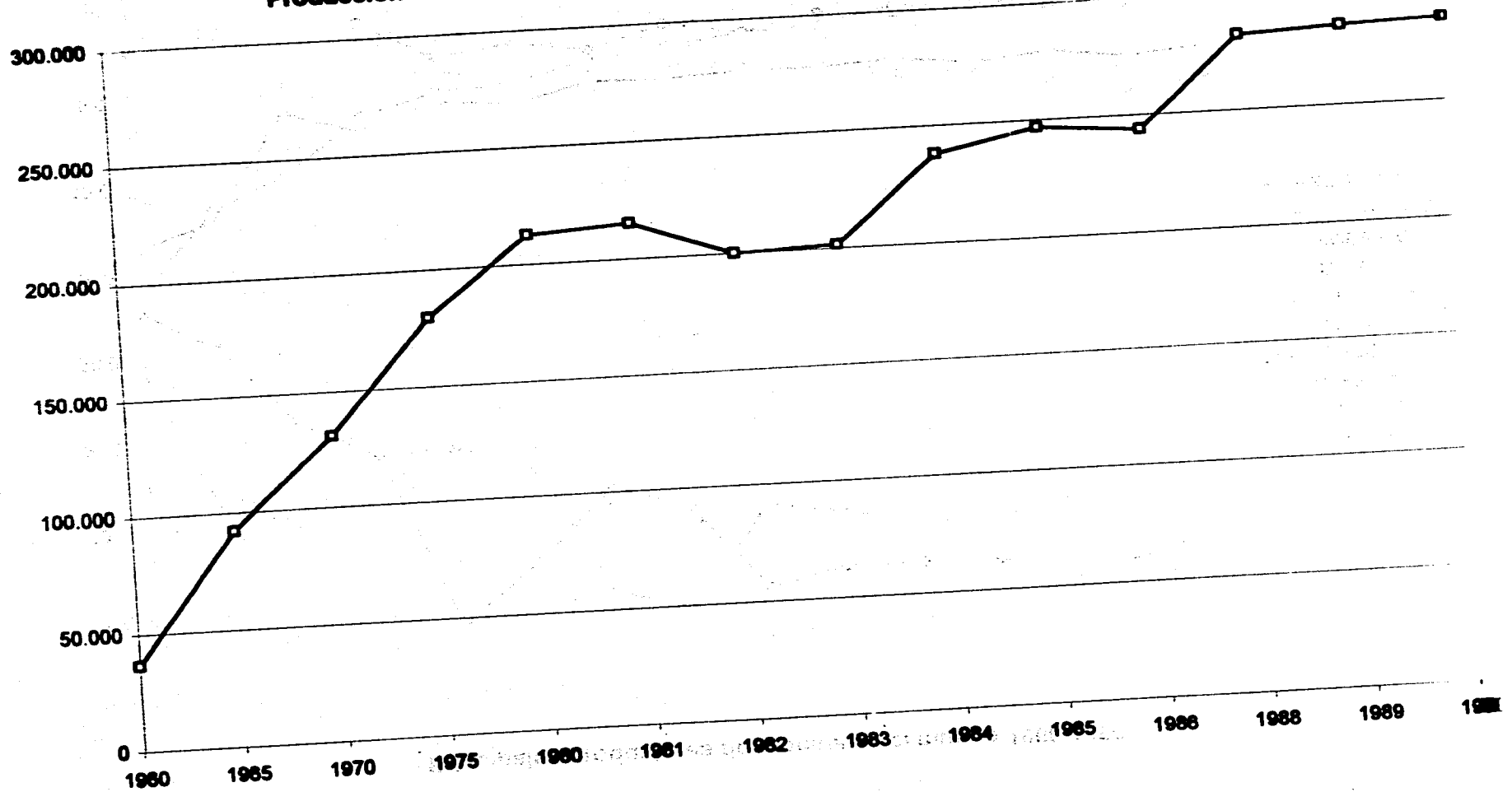
Principales productores de cromita en el mundo 1960-1990



SST

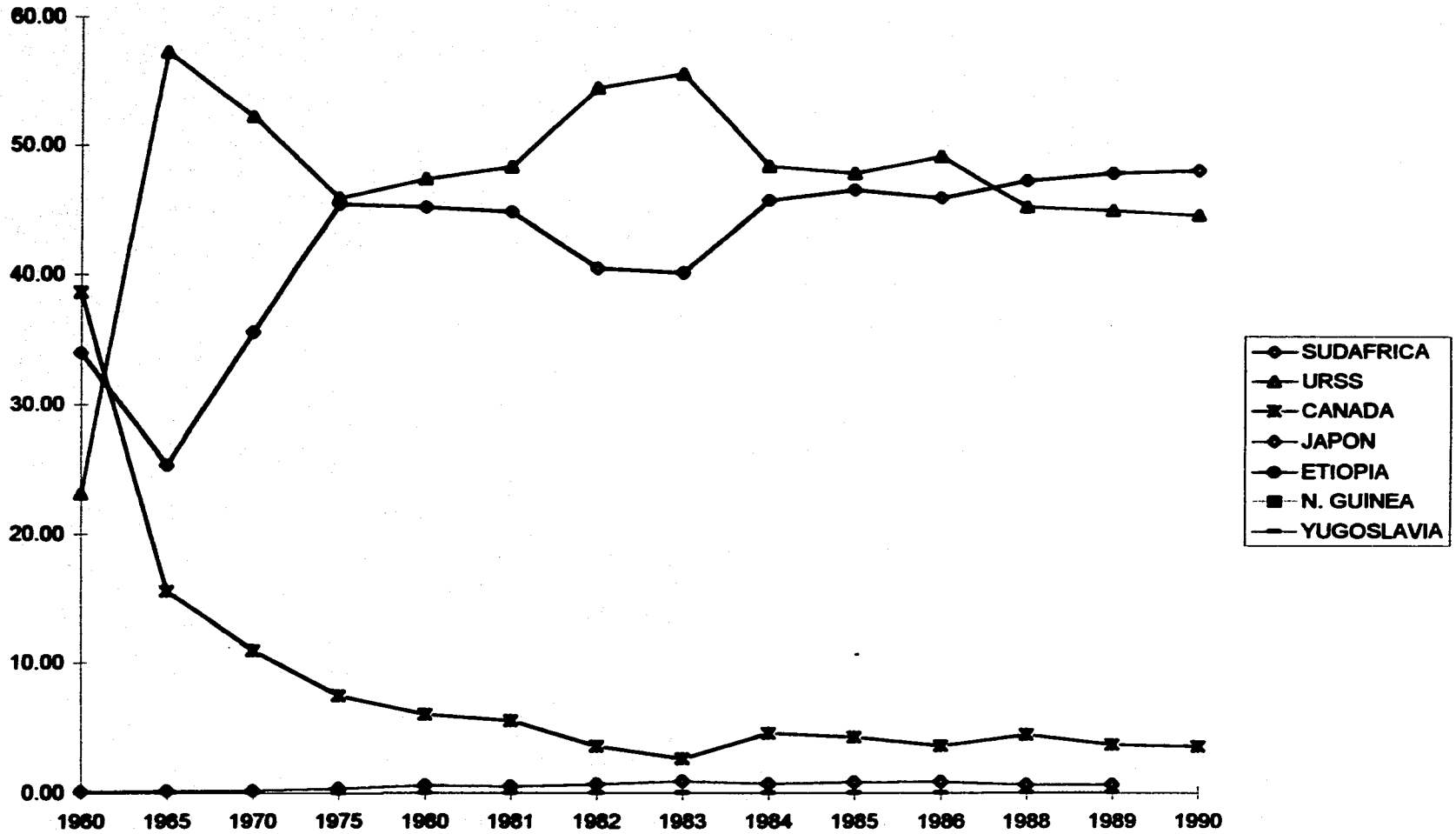
Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de cromita 1960-1990

Producción mundial de minerales del grupo del platino 1960-1990 (kilogramos)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de minerales del grupo del platino 1960-1990.

Producción de minerales del gpo. del platino por países 1960-1990 (porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de minerales del grupo del platino 1960-1980

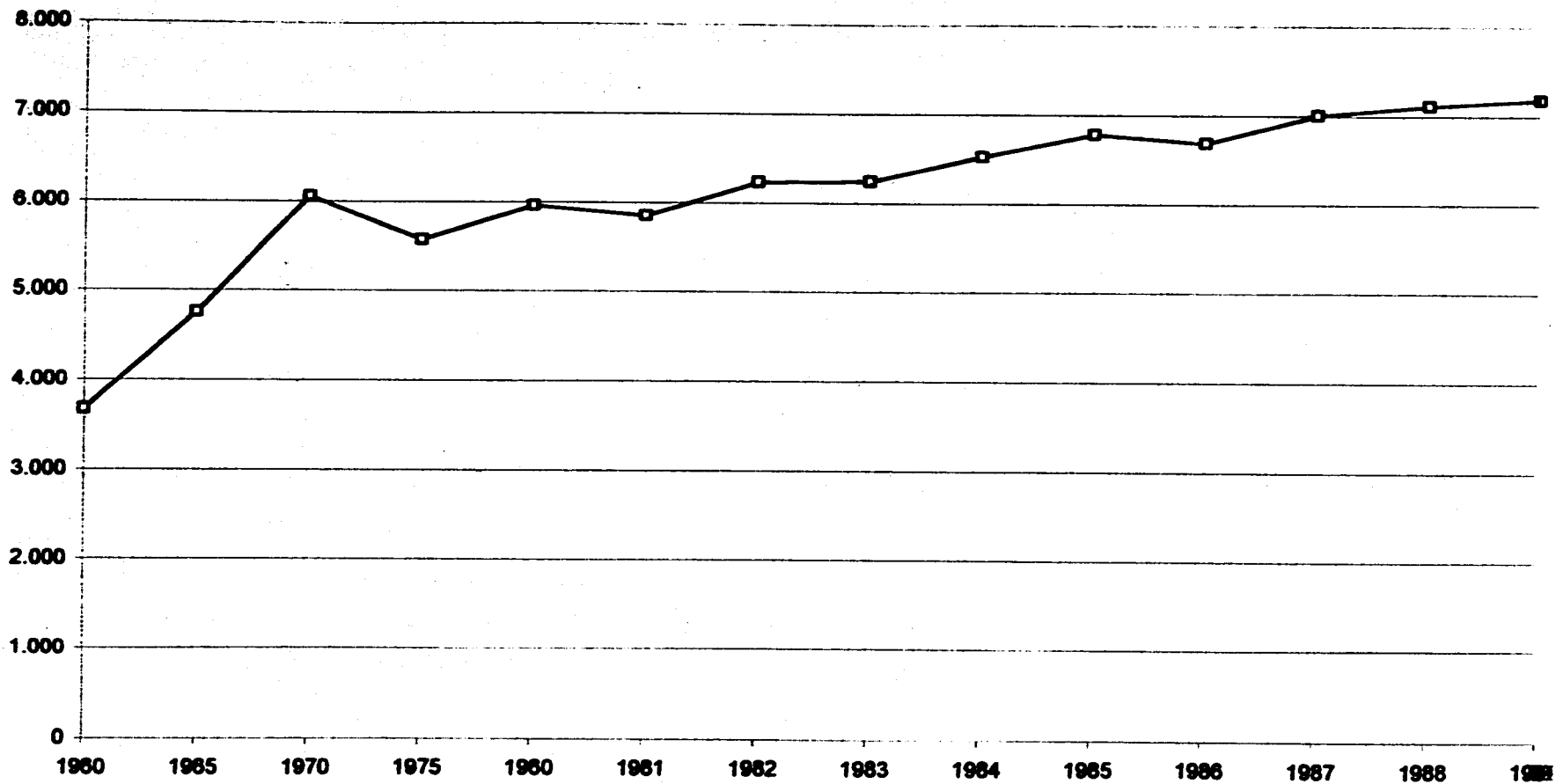
MINERALES DEL GRUPO DEL PLATINO

VOLUMEN DE LA PRODUCCION

KILOGRAMOS

PAISES	1980		1985		1970		1975		1980		1985		1990	
		%		%		%		%		%		%		%
TOTAL														
MUNDIAL	37,013.19	100.00	92,342.78	100.00	131,130.02	100.00	179,370.71	100.00	212,989.81	100.00	246,903.12	100.00	265,000.00	100.00
SUDAFRICA	12,586.83	34.03	23,446.46	25.39	46,742.37	35.65	81,565.86	45.47	96,420.92	45.27	115,083.03	46.61	137,000.00	48.07
URSS	8,553.47	23.11	52,875.99	57.26	66,427.75	52.18	82,424.33	45.95	101,086.38	47.46	118,193.38	47.87	127,000.00	44.56
CANADA	14,317.60	38.68	14,404.88	15.60	14,344.94	10.94	13,374.51	7.46	12,775.88	6.00	10,464.62	4.25	10,000.00	3.51
E. U.	734.32	1.98	1,089.43	1.18	540.73	0.41	588.48	0.33	249.85	0.12			6,998.00	2.46
COLOMBIA	697.49	2.42	346.52	0.38	819.83	0.63	687.82	0.38	446.18	0.21	382.36	0.15		
JAPON	66.98	0.18	196.52	0.18	245.90	0.19	605.37	0.34	1,265.83	0.60	2,050.31	0.83		
ETIOPIA	5.86		10.88		8.49		5.84							
N. GUINEA	0.62													
AUSTRALIA	0.68						98.81	0.03	382.00	0.18	497.66	0.20		
YUGOSLAVIA								0.00	108.24	0.05	110.42	0.04		
FINLANDIA							18.88	0.01	27.88	0.01	66.43	0.03		
ZIMBAWE									139.00	0.07	49.02	0.02		
FLIPINAS							44.01	0.02						
SUBTOTAL	37,167.34	100.00	92,342.78	88.99	131,130.02	89.99	179,370.71	100.00	212,932.18	88.97	246,889.23	100.00	260,998.00	98.60
FUENTE:														
ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK O.N.U. DE 1980 A 1985, EL RESTO DE OBTUVO DEL COMMODITY YEARBOOK.														

Producción mundial de zinc 1960-1989 (miles de toneladas métricas)



Fuente: Elaboración propia con base en cuadro de producción mundial de zinc 1960-1990

ZINC

VOLUMEN DE LA PRODUCCION

MILES DE TONELADAS METRICAS

PAISES	1980		1985		1970		1975		1980		1985		1989	
		%		%		%		%		%		%		%
TOTAL MUNDIAL	3.680,0	100,0	4.750,9	100,0	6.060,6	100,0	5.563,0	100,0	5.962,0	100,0	6.785,0	100,0	7.187,0	100,0
ALEMANIA DEL OESTE	95,2	2,6	120,3	2,5	135,2	2,8	116,0	2,4			367,8	7,7	342,8	7,7
AUSTRALIA	355,5	9,7	391,1	8,2	533,7	11,2	492,0	10,4	495,0	10,4	293,2	6,2	298,5	6,6
BELGICA											290,5	6,1	299,6	6,6
CANADA	406,9	11,1	910,9	19,2	1.366,0	28,8	1.083,0	22,8	1.059,0	22,3	692,4	14,6	669,7	14,9
E.U.A.	435,4	11,8	611,2	12,9	534,1	11,2	426,0	9,0	317,0	6,7	33,8	0,7	358,2	7,7
ESPAÑA	94,9	2,6	43,3	0,9	105,2	2,2			183,0	3,9	213,3	4,5	257,0	5,5
FRANCIA	18,9	0,5	23,0	0,5	20,5	0,4					247,2	5,2	266,0	5,9
ITALIA	144,0	3,9	127,3	2,7	120,3	2,5					215,6	4,5	246,0	5,5
JAPON	172,8	4,7	243,6	5,1	308,3	6,5	258,0	5,4	238,0	5,0	739,6	15,6	663,8	14,9
U.R.S.S.	415,0	11,3	520,0	10,9	672,0	14,1	690,0	14,5	785,0	16,5	990,0	20,8	977,0	20,9
PERU							360,0	7,6	488,0	10,3				
MEXICO							229,0	4,8	236,0	5,0				
POLONIA							216,0	4,5	188,0	4,0				
COREA N.							162,0	3,4						
IRLANDA									229,0	4,8				
SUECIA														
CHINA														
SUBTOTAL	2138,56	58,11	2990,78	62,95	3795,31	79,89	4032,00	84,87	4218,00	88,78	4083,40	85,95	4378,60	92,1

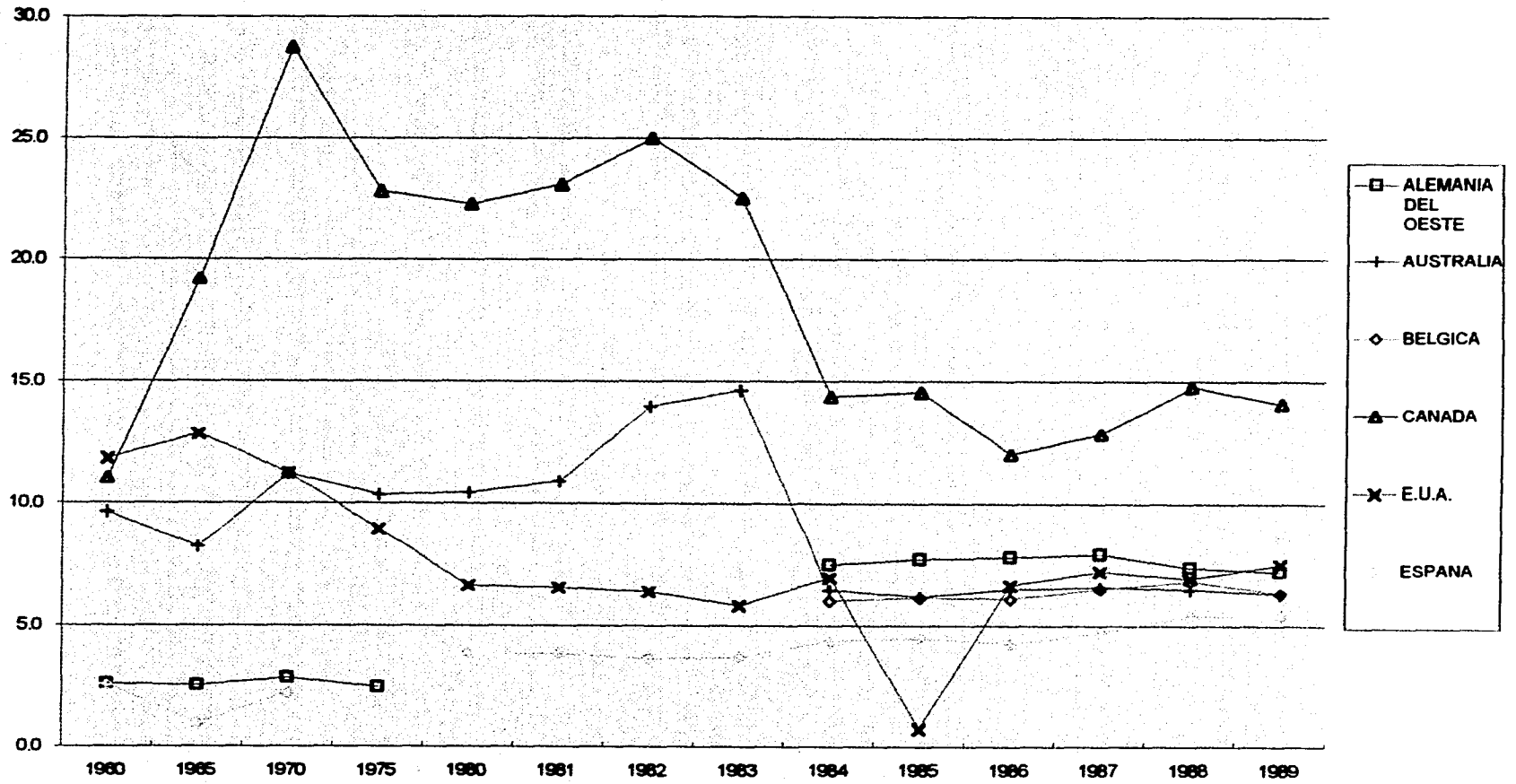
LOS DATOS DE 1987 Y 1988 SON PRELIMINARES, 1990 ES ESTIMADO

FUENTE:

ELABORACION PROPIA CON BASE EN MINERALS YEARBOOK, ONU, HASTA 1983, Y COMMODITY YEARBOOK, ONU, PARA EL RESTO DE LOS DATOS

LOS DATOS HASTA 1983 SON DE PRODUCCION DE ZINC EN MINA, EL RESTO ES ZINC FUNDIDO.

Principales productores de zinc en el mundo 1960-1990



Fuente: Elaboración propia con base en el cuadro de producción mundial de zinc 1960-1990

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Sahagún, Guillermo. *El hombre y los materiales*, México, FCE, 1985.
- Arbátov, A. et al. *Disputas sobre el futuro ¿amenaza a la humanidad la crisis de las materias primas?* Moscú, Editorial Progreso, 1988.
- Annibale, Mottana et al., *Guía de minerales y rocas*, Barcelona, Grijalbo, 1975.
- Barreda, Andrés, "El espacio geográfico como fuerza productiva estratégica en El capital de Marx", en *La Internacionalización del capital y sus fronteras tecnológicas*, México, El Caballito, 1996.
- , "Europa en la actual división internacional del trabajo" en *Revista de Relaciones Internacionales* núm. 39, mayo-agosto 1987, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.
- Birat, J. P., "Los aceros en chapas delgadas", en *Mundo Científico* núm 123, España, 1992.
- Cecaña, Ana Esther y Barreda, Andrés (coord), *Producción estratégica y hegemonía mundial*, México, Siglo XXI, 1995.
- Chaliand, Gérard y Jean Pierre Rageau, *Atlas estratégico y geopolítico*.
- Clauser, Henry (edit.), *Encyclopedia. Handbook of materials, parts and finishes*, Technomic Publishing Co., 1976.
- Colin, Dixon, *Atlas of economic minerals deposits*, Londres, 1979.
- Craig, James, *Resources of the earth*, Estados Unidos, Prentice-Hall, 1988.
- De Marenches, Alexandre, *Atlas geopolítico* Aguilar, Madrid, Aguilar, 1989.
- Fisas, Vinçec, *Desplifarro y control de la energía*, Barcelona, España, Viejo Topo,
- Frédéric, Lantelme, "L'aluminium pour stocker l'électricité", en revista *La Recherche* núm 216, Paris, 1989.
- Gans, Juanita, "La aparición de los nuevos materiales y su impacto sobre el uso de los recursos naturales", en *La tercera revolución industrial*, Grupo Editorial Latinoamericano, 1986, pp. 127-141.
- George Pierre, *Geografía económica*, España, Ariel, 1981.
- González Fernando, "Nuevas tecnologías, demanda de metales e industrialización basada en recursos mineros", en *Industrias nuevas y estrategias de desarrollo en América Latina*, México, CIDE, 1989.
- Grossman, Henryk, *La ley de la acumulación y el derrumbe del sistema capitalista*, México, Siglo XXI, 1984.
- Hargreaves y S. Fromson, *World Index of strategic minerals. Production, exploitation and risk*. Nueva York, Facts and files inc., 1983.
- Hassak, Karl y Beutzel, Ernest, *Merceología*, México, UTHEA, 1964.
- Harben, Peter, "Strategic minerals", en revista *Earth*, vol. 1, núm 4, julio 1992.
- Herrera, Amílcar, *Los recursos minerales y los límites del crecimiento económico*, Buenos Aires, Siglo XXI, 1974.
- Hurber, Joseph, *La inocencia perdida de la ecología*, Argentina, Editorial Abril, 1986.
- Hogan, William, *World steel in the 1980's*, Lexington Books, Estados Unidos,
- Jones, C. G., Darkenwald, *Geografía económica*, México, FCE, 1983.
- Kidron Michael y Ronald Segal, *Atlas del estado del mundo*, Barcelona, Serbal, 1982.
- Kozlov, Yu, *Ciencia de los materiales*, Unión Soviética, Mir, 1986.

- Lartigue, J.G. y J. M. Sobern, "El litio, nuevo material estratégico", en revista *Ciencia y Desarrollo* núm. 71, México, 1986.
- Le Thomas, Pierre, **La metalurgia**, Barcelona, Orbis, 1986.
- López, Teresa, et al., (trad.) **La gran enciclopedia de los minerales**, Praga, Aventinum, 1990.
- Lozoya, Jorge y Green, Rosario (coord), **Comercio internacional y nuevo orden económico internacional**, México, Nueva Imagen, 1983.
- Meadows, Donella, et al. **Los límites del crecimiento**. México, FCE. 1975.
- , "Un breve informe sobre el estado de los recursos mundiales" en **Estudios del siglo XXI**, México, Limusa, 1988.
- Mandel, Ernest, **Tratado de economía marxista**, tomo1, México, Era, 1974.
- Martner, Gonzalo. **América Latina: el precio de vivir de las materias primas**, Caracas, Venezuela, Editorial Nueva Sociedad, 1992.
- Marx, Karl. **El Capital. Crítica de la economía política**, México, Siglo XXI, 1986.
- MINEMET, **Annuaire statistique MINEMET**, Paris, 1993.
- ONU, **International trade statistics yearbook**, Estados Unidos, 1989.
- , **Minerals Yearbook**, Estados Unidos, 1955-1988.
- , **UNCTAD commodity yearbook**, Estados Unidos 1990.
- Moskowitz, Milton y Katz, Michael (editores), **Everybody's businnes, an almanac**, Estados Unidos,
- Moskowitz, Milton, **The global market place 102 of the most influential corporations outside America**, Estados Unidos,
- ONU, **ONUDI La industria en el año 2000: Nuevas perspectivas** Nueva York, 1979.
- Palomares, Laura, "El papel de los minerales en las relaciones internacionales", en *Revista A UAM*, vol. VII num. 17 1986.
- , "La importancia minera de los fondos marinos mexicanos" Ponencia para el Primer Congreso Nacional de Derecho del Mar, realizado en Colima del 24 al 27 de octubre de 1984.
- Pellant, Chris, **Rocks and minerals**, Nueva York, Crescent Books, 1990.
- Peyret, Henry, **La guerra por las materias primas**, Barcelona, Salvat, 1950.
- Rangel, Carlos, **Los materiales de la civilización**, México, FCE, 1987.
- Rueda, Isabel, et al. **El capitalismo ya no es de acero**, México, Quinto Sol, 1990.
- Ruz, G., H. Szibor, "Tecnología del silicio. De la arena al chip", en *Muy Interesante*, núm.8, México, 1988, pp. 12-17.
- Sarrazin, Christian, "Las pilas de litio", en *Mundo Científico* núm. 12, Barcelona, Fontalba, 1991, pp. 378-384.
- Saxe- Fernández, John, **De la seguridad nacional**, México, Grijalbo, Colección 70, núm. 149, 1979.
- Shallis, Michael. **El ídolo de silicio**, Barcelona, Biblioteca científica Salvat, núm. 29, 1986.
- US Department of Commerce, **Industrial outlook**, Washington, D. C., 1991.
- US Department of the Interior, **Minerals industries of Latin America**, Estados Unidos, Bureau of mines, 1988.
- US Congress, Oficce of Technology Assessment, **Nonferrus metals: industry structure**, Washington, D. C., US Government Printing Oficce, 1990.
- , **Strategic materials: technologies to reduce U. S. import vulnerability**, Washington, 1985.

- Walter, Youngquist, **Mineral resources and destinies of nations**, Portland, National Book Company, 1990
- William, H. Denner, **Minerals resources geology. Exploration and development**, Estados Unidos, Taylor and Francis, 1989.
- Williams, Trevor, **Historia de la tecnología Tomo 1 México, Siglo XXI**, 1987.
- Willis, B. A., **Tecnología de procesamiento de minerales**. México, Limusa, 1987.
- World Resources Institute, **World resources 1990-1991**, Oxford, 1991.