

COMISION DE
LA AMERICA LATINA
C.L

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



GENERAL
E/CN.12/670/Add.1
29 de marzo de 1963
ORIGINAL: ESPAÑOL



COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA
Décimo período de sesiones
Mar del Plata, Argentina, mayo de 1963

LOS RECURSOS NATURALES EN AMERICA LATINA, SU CONOCIMIENTO ACTUAL
E INVESTIGACIONES NECESARIAS EN ESTE CAMPO

I. LOS RECURSOS MINERALES

Nota: Este texto debe considerarse como una primera versión provisional y tiene que revisarse lo mismo técnica que editorialmente antes de su publicación final. Con esa reserva, se distribuye a los Gobiernos Miembros de la Comisión como un anticipo del estudio que se está llevando a cabo.

INDICE DE MATERIAS *c.1*

	<u>Páginas</u>
Nota preliminar.....	1
I. <u>Prospección y exploración</u>	5
1. Trabajos de información geológica básica que deben efectuar los servicios nacionales	5
a) Mapas geológicos	5
b) Mapas metalogénicos	6
c) Inventario del conocimiento geológico	7
2. El conocimiento de los recursos minerales en América Latina	7
a) Información geológica básica	10
b) Los servicios geológicos	14
c) Conservación de los recursos minerales	17
d) Necesidades y preparación de geólogos	19
e) La formación de geólogos en América Latina	20
f) Acción internacional	21
II. <u>Reservas de algunos de los minerales más importantes</u>	23
1. Hierro	25
2. Aluminio	36
a) Reservas	36
b) Otros recursos	39
3. Manganeso	42
4. Cobre	45
5. Plomo y zinc	49
6. Estaño	59
7. Otros metales	59
a) Uranio	61
b) Carbón y turba	63
8. Petróleo y gas natural	65
a) Exploración	65
b) Reservas	66
c) Reservas de América Latina	67
Anexo I. Conocimiento de los recursos minerales.....	75
1. Recursos y reservas minerales	75
2. Clasificación de las reservas	77
Anexo II. Inventario y evaluación de los recursos minerales conocidos	81
Anexo III. La exploración minera	85

1800

1801

1802

1803

1804

1805

1806

1807

1808

1809

1810

1811

1812

1813

1814

1815

1816

1817

1818

1819

1820

1821

1822

1823

1824

1825

1826

1827

1828

1829

1830

1831

1832

1833

1834

1835

1836

1837

1838

1839

1840

1841

1842

1843

1844

1845

1846

1847

1848

1849

1850

1851

1852

1853

1854

1855

1856

1857

1858

1859

1860

1861

1862

1863

1864

1865

1866

1867

1868

1869

1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

1881

1882

1883

1884

1885

1886

1887

1888

1889

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

1899

1900

NOTA PRELIMINAR

La característica fundamental que diferencia los recursos minerales de los otros recursos naturales es que no son renovables. La cantidad de materia mineral disponible para uso de la humanidad es limitada y es el producto de procesos geológicos que han actuado durante periodos que, en la mayoría de los casos, pueden computarse en millones de años. Una vez extraída y usada, no vuelve a generarse, por lo menos en un futuro previsible.

Por otra parte, la civilización industrial moderna exige cada día materias minerales en volumen y variedad creciente: carbón, hierro, petróleo, uranio, germanio... La demanda de minerales ha alcanzado volúmenes sin precedentes: en las primeras cinco décadas de este siglo, la humanidad ha consumido más materia prima mineral que en todo el curso de la historia pasada. Además, el rápido crecimiento de la población mundial, y la exigencia casi universal de un nivel de vida más elevado, indican que el ritmo de crecimiento de la demanda de minerales continuará aumentando en el futuro.

La confrontación de estos dos hechos - un recurso cuyas existencias son limitadas y un consumo en crecimiento casi explosivo - plantea un problema cuyas implicaciones son de una importancia decisiva para el futuro de nuestra civilización. ¿Por cuánto tiempo podrá disponer la humanidad de los minerales necesarios para su progreso? Por los motivos que veremos más adelante en este estudio, no se puede dar todavía una respuesta exacta a esa pregunta. No obstante, existe un hecho sobre el cual no caben dudas. Si el nivel de vida de toda la humanidad se elevara hasta alcanzar el de los países industrializados, todas las reservas conocidas de algunos de los productos minerales más importantes - como gran parte de los metales, petróleo, etc. - se agotarían en muy pocos años. En consecuencia, la posibilidad misma de ese progreso depende del descubrimiento de nuevas reservas minerales y del aprovechamiento racional de las ya conocidas.

Es imposible, en consecuencia, sobreestimar la importancia que para cualquier país moderno tiene el conocer las posibilidades mineras de su territorio. Para los países de América Latina ese conocimiento es

/imprescindible, si

imprescindible, si se quiere efectuar racionalmente la planificación de su desarrollo.

En el curso de este capítulo trataremos de señalar, en forma necesariamente muy esquemática, cuál es el grado de conocimiento que los países de la región tienen de sus recursos minerales, y cuáles son las medidas más adecuadas para mejorarlo.

Recursos y reservas minerales

En este trabajo, para estimar la riqueza mineral de un país o región, usaremos la ecuación siguiente:

$$\text{Recursos minerales} = \text{Reservas demostradas} \uparrow \text{Reservas inferidas} \uparrow \text{Mineral potencial}$$

En el Anexo I de este capítulo se explica en detalle el significado de esos términos, y las razones que han llevado a la adopción de la fórmula.

Evaluación de los recursos minerales

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre la utilización y conservación de los recursos de 1949 se señaló que "aun en los Estados Unidos, donde se ha prestado más atención a este tema que en cualquier otro país, se reconoce que las estimaciones de los recursos disponibles son muy poco más que suposiciones inteligentes". En la misma reunión se afirmó que en el plano internacional la situación es peor: no existen estadísticas completas y confiables ya sea sobre las existencias de recursos minerales, o sobre el ritmo a que están siendo extraídas.

Esta situación - que no ha cambiado mucho desde esa fecha - se debe en primer término a que la necesidad de una evaluación detallada de los recursos mineros nacionales no se hizo evidente para los gobiernos hasta hace pocos años, y por lo tanto los servicios geológicos no estaban preparados para hacerla. En segundo término, a que la tarea de evaluación, por las dificultades intrínsecas que presenta, requiere la dedicación permanente de más medios y personal especializado que los que la mayoría de esos organismos puede disponer.

El resultado de esta situación es que en la actualidad la mayoría de los países sólo dispone de un inventario muy imperfecto de sus recursos minerales, que es completamente insuficiente para sus necesidades de gobierno.

En América Latina, estos problemas se presentan con caracteres particularmente agudos. A las deficiencias en los inventarios de reservas conocidas se agrega el desconocimiento casi total de las posibilidades mineras de enormes áreas, debido fundamentalmente a la falta de estudios geológicos. Muchos de esos países, como veremos en el capítulo respectivo, aparecen como deficientes en metales y minerales que son esenciales para el progreso de una nación moderna, pero es muy probable que esa deficiencia, en muchos casos, refleje más el desconocimiento geológico de sus territorios, que una pobreza natural efectiva.

En el Anexo I señalamos que una de las características que diferencian la mayoría de los recursos renovables de los recursos minerales, es que la magnitud aproximada de estos últimos no puede estimarse mediante una cifra global obtenible más o menos directamente. Esta diferencia, como veremos ahora, implica que los métodos de evaluación que deben usarse en los dos casos son también distintos.

La evaluación de recursos naturales comprende, como es bien sabido, dos etapas. En la primera debe confeccionarse el inventario, es decir, deben determinarse la ubicación, dimensiones y demás características básicas de las entidades físicas que constituyen el recurso. En la segunda, que es la evaluación propiamente dicha, deben calificarse esas entidades en función de sus posibilidades de aprovechamiento presente y futuro.

En la evaluación de los recursos minerales nos encontramos con la dificultad que ya hemos mencionado: las existencias físicas conocidas de materia prima mineral - que son, naturalmente, las que debe incluir el inventario - representan sólo una fracción de la riqueza total posible del país. El resto debe ser puesto en evidencia mediante trabajos apropiados de investigación.

La estimación de la riqueza mineral de una nación comprende, en consecuencia, las siguientes tareas:

a) Inventario y evaluación de las existencias físicas conocidas, es decir, de las "reservas" y del "mineral potencial", en el sentido en que esos términos han sido definidos en el capítulo anterior.

/b) Realización

b) Realización de los estudios geológico-mineros necesarios para llegar a una estimación cuantitativa de la magnitud de los recursos minerales todavía desconocidos. Esta fase del trabajo es la de prospección y exploración.

La separación entre las dos fases del trabajo de evaluación, por supuesto, no es absoluta. No sólo se realizan simultáneamente, sino que la información recogida en la fase de inventario y evaluación es, como veremos más adelante, de suma importancia para el éxito de la prospección y exploración.

En el Anexo II se describen las características de la tarea de inventario y evaluación de los recursos minerales conocidos.

I. PROSPECCION Y EXPLORACION

En la actualidad, el uso de los modernos métodos de investigación - especialmente los métodos geofísicos y geoquímicos - hacen posible la búsqueda sistemática de minerales con una efectividad imposible hace sólo algunos años. No obstante, el alto costo de estos métodos de prospección hace imprescindible delimitar previamente áreas favorables desde el punto de vista de sus posibilidades en recursos minerales, para luego estudiarlas intensivamente.

El método más efectivo de seleccionar esas áreas es mediante la utilización de los datos que proporciona la geología general. La mineralización de una región es simplemente un episodio de su historia geológica que está estrechamente relacionado con los otros que la componen, y uno de los fines de la geología aplicada es precisamente el de determinar estas relaciones. El mapeo geológico general del área que se va a explorar es, por lo tanto, la primera etapa imprescindible de toda exploración minera regional.

En resumen, la prospección y exploración de grandes áreas exige la realización de estudios geológicos en escala regional - mapas geológicos, mapas metalogénicos, etc. - y luego la aplicación de métodos modernos de prospección en áreas seleccionadas. La tarea señalada en primer término corresponde, por su naturaleza, a los servicios geológicos nacionales. En la etapa de prospección y exploración propiamente dicha deben participar, además de las instituciones estatales mencionadas, las empresas mineras, tanto privadas como oficiales.

1. Trabajos de información geológica básica que deben efectuar los servicios nacionales

a) Mapas geológicos

El mapeo geológico de un territorio comprende, en términos generales, dos estadios: el de mapeo geológico general o regional y el de mapeo de áreas seleccionadas o de cobertura específica.

La etapa de mapeo geológico general requiere mapas topográficos adecuados sobre los cuales deben registrarse los datos geológicos. La fotografía aérea sirve de guía sobre el terreno y proporciona información

/suplementaria sumamente

suplementaria sumamente útil. El examen sobre el terreno deben efectuarlo geólogos con una amplia experiencia en este tipo de tareas.

En estos mapas se registran las unidades litológicas más importantes y las estructuras principales. Deben dar, además, una estimación general de los tipos de yacimientos más probables en la zona, y deben servir de guía para ubicar las áreas que, desde el punto de vista de la investigación minera, presentan condiciones estructurales y mineralógicas más favorables.

La escala que debe adoptarse para estos mapas depende de la naturaleza del terreno, del status de la información existente, etc. En general se efectúan en escalas que varían entre 1-100 000 y 1-250 000.

Estos mapas son la base indispensable para cualquier plan regional de evaluación y prospección minera y una tarea primordial de todos los servicios geológicos nacionales debe ser la de efectuarlos para todo el territorio del país.

Los mapas que hemos denominado de cobertura específica se realizan en áreas favorables para la prospección de minerales, que han sido seleccionados en base a los mapas regionales ya descritos. Se realizan también en áreas no cubiertas por el mapeo geológico general, pero en las cuales se ha determinado la existencia de indicios de mineralización. Para estos mapas también se necesita una base topográfica adecuada y la utilización de fotografías aéreas cuando es posible.

La escala utilizada depende de la naturaleza geológica de la zona y del grado de detalle que requiere la investigación, pero en general se usan las comprendidas entre 1-25 000 y 1-50 000. Su confección corresponde también, en general, a los servicios geológicos estatales. Para el estudio de yacimientos minerales en particular se usan escalas mucho mayores, que pueden llegar hasta 1-200 o aún más según el tipo de problema geológico a resolver.

b) Mapas metalogénicos

Los criterios usados para confeccionar los mapas metalogénicos son muy variables, pero en general relacionan los distintos tipos de depósitos minerales - especialmente metalíferos - con otros factores geológicos. Estos mapas son sumamente útiles porque permiten reunir en forma sintética y gráfica gran parte de la información existente sobre las características

básicas de los yacimientos, y poner en evidencia sus relaciones geológicas fundamentales. En base a estas relaciones es posible predecir la ubicación probable de nuevas áreas mineralizadas.

En 1956 el Congreso Geológico Internacional estableció un subcomité para planear un mapa metalogénico del mundo.

En América Latina el único mapa metalogénico completo existente es el de Chile, realizado por el Instituto de Investigaciones Geológicas de ese país.

c) Inventario del conocimiento geológico

La búsqueda sistemática de yacimientos se basa en gran medida en la ubicación de lugares donde las condiciones geológicas son similares a las existentes en zonas intensamente mineralizadas conocidas. El éxito de la exploración depende entonces en gran parte de la información geológica de que se disponga sobre el carácter, distribución y hábito de los yacimientos ya conocidos.

Esta información es casi siempre difícil de obtener porque se halla dispersa en distintas publicaciones o en gran cantidad de informes inéditos de organismos públicos y privados. Los servicios geológicos deben mantener al día un inventario de esos conocimientos, seleccionando la información y completándola cuando sea necesario.

En el Anexo III se explican brevemente las características de la exploración minera. Se incluyen también cuadros de costos.

2. El conocimiento de los recursos minerales en América Latina

Para analizar aunque sea muy someramente el grado de conocimiento que los países de América Latina tienen de sus recursos minerales, debemos considerar primeramente los dos aspectos que hemos señalado en el capítulo anterior. En primer lugar el estado del inventario físico y evaluación de los recursos minerales que hemos denominado conocidos o identificados y en segundo término el trabajo de información básica realizado para evaluar las posibilidades totales en recursos minerales de los diferentes países. Sólo con esa base es posible interpretar correctamente el significado del inventario que se da en la segunda parte de esta sección.

Inventario y evaluación: Se puede afirmar que ninguno de los países de la región posee un inventario físico adecuado de sus recursos minerales conocidos, es decir un inventario con información actualizada y completa sobre el tipo, calidad, y características geológicas de las reservas de cada uno de los productos minerales de interés económico. Los inventarios disponibles son parciales, y la cantidad y calidad de la información que contienen varía considerablemente en los distintos productos minerales. En algunos de ellos, como por ejemplo hierro, carbón y cobre, en que la mayor parte de las reservas están concentradas en un número relativamente pequeño de grandes yacimientos, se dispone de información más completa sobre las reservas, pero aún en estos casos muchas veces los datos se refieren solamente a las categorías medidas e indicadas. Esta situación es particularmente evidente en algunos de los metales más importantes, como cobre, plomo y zinc, en los cuales, como veremos en la segunda parte de este capítulo, no existe prácticamente información sobre las reservas inferidas y potenciales.

En las materias primas minerales que provienen de gran número de yacimientos de pequeño o mediano volumen, las estimaciones de reservas, cuando existen, son de carácter muy general y se basan en datos de producción y cálculos de reservas de validez muy dudosa, debido a la deficiente información geológica existente sobre los yacimientos en particular.

En los recursos potenciales - es decir aquellos que serían explotables con cambios tecnológicos o económicos probables en el futuro previsible - la información es comunmente tan incompleta y general, que resulta de muy escaso valor para prever con un grado razonable de certeza las condiciones posibles de aprovechamiento futuro.

En algunos países de la región el desconocimiento de la magnitud de los recursos mineros es tan deficiente, que abarca prácticamente a todas las categorías de reservas. En ese sentido podemos citar una afirmación del Ministro de Minas y Petróleo de Colombia ^{1/} que refleja una situación que no es exclusiva de ese país: "Estas circunstancias han llevado a tener una minería cuyas reservas, aún de los yacimientos en explotación, y con muy escasas excepciones, son totalmente desconocidas..."

^{1/} Memoria del Ministro de Minas y Petróleo al Congreso de 1962, Imprenta Nacional, Bogotá, 1962, p. 299.

Es necesario destacar que la situación general señalada se refiere a los inventarios completos en escala nacional. Para ciertos recursos minerales en particular, diversos organismos gubernamentales de los países de la región han realizado esfuerzos para hacer inventarios completos, pero el alcance de los mismos ha estado en general limitado a los propósitos o necesidades específicas para los que fueron proyectados y no se han mantenido actualizados.

En lo que se refiere a la evaluación - en el sentido en que lo hemos definido en el capítulo anterior - la tarea realizada es casi nula, debido a la falta de inventarios físicos adecuados.

Esta situación se refleja en los informes y memorias que publican periódicamente los organismos oficiales relacionados con los recursos minerales. Con excepción del petróleo, los datos que se consignan se refieren en general a producción. Las informaciones sobre reservas son muy escasas, y se refieren casi siempre a estimaciones efectuadas en distritos mineros y yacimientos en estudio. En un informe reciente, la Oficina de Evaluación de Recursos Naturales del Perú manifiesta que: "Si bien los registros de la producción minera del Perú son casi completos, aquellos correspondientes a las reservas de minerales prácticamente no existen."

Para hacer una estimación de la magnitud de los recursos minerales más importantes de la región, es necesario acudir, en la mayoría de los casos, a publicaciones internacionales o del U.S. Bureau of Mines. Esa información ha sido recopilada de diversas fuentes - compañías privadas, publicaciones periódicas, informes gubernamentales, etc. - que en general no se especifican. Son cifras globales referentes a tonelajes y leyes medias que, si bien dan una idea de la potencialidad actual relativa de los diferentes países en lo que se refiere a disponibilidad de algunos de los recursos minerales más importantes, no constituyen un verdadero inventario físico. Cabe mencionar también que en algunos casos la información suministrada por organismos gubernamentales de la región es más incompleta que la registrada en las publicaciones citadas.

Las deficiencias de información que hemos señalado se refieren a los recursos minerales más importantes, en general metales y combustibles. El conocimiento sobre los restantes es menor aún. Se puede estimar que sobre más del 70 por ciento de los productos minerales que registra el Mineral Facts and Problems (1960) del U.S. Bureau of Mines, como importantes para la industria moderna, la información existente es nula o demasiado general para ser de utilidad práctica.

Las razones principales que explican esas deficiencias son las siguientes:

a) Los servicios geológicos nacionales no cuentan con los medios y el personal técnico necesarios. Un inventario minero supone no solamente recopilación de información, estudios geológicos y económicos, etc., sino también un trabajo constante de elaboración y puesta al día de esos datos, que requiere personal experimentado dedicado exclusivamente a esa tarea.

b) La mayoría de los gobiernos nacionales no han prestado suficiente atención al problema. Su mayor preocupación en el campo de los recursos minerales ha sido en general dirigida a las actividades relacionadas con la aplicación de la legislación minera en lo referente a régimen de propiedad y política impositiva.

c) Gran parte de la información necesaria para efectuar los inventarios mineros está en manos de las empresas privadas las que, por las razones ya expuestas en los capítulos anteriores, (Anexo II) la consideran en general reservada. En ciertos casos los contratos de concesión obligan a los gobiernos a mantener en reserva la información suministrada por las empresas durante la vigencia del mismo.

a) Información geológica básica

Como ya hemos señalado, el mapa geológico general de un país constituye la base indispensable para cualquier plan regional de evaluación y prospección minera, porque permite seleccionar las áreas más adecuadas para la prospección detallada, y efectuar una primera evaluación global de sus posibilidades mineras en áreas todavía no reconocidas, o que no presentan indicios de mineralización evidente para los métodos tradicionales de exploración. Las escalas mínimas apropiadas para ese propósito pueden estimarse del

orden de 1-250.000, aunque este límite puede variar algo en función de las condiciones geológicas locales. Con algunas limitaciones, se puede decir que el conocimiento que tiene un país de su potencialidad en recursos minerales es proporcional al conocimiento que posee sobre sus condiciones geológicas. Una primera medida objetiva de ese conocimiento lo da el status de su cobertura geológica en las escalas mencionadas.^{1/}

En América Latina las áreas cubiertas con mapas geológicos en escalas de 1-250.000 o mayores, son muy pequeñas. Como ejemplos ilustrativos podemos tomar algunos países. En la Argentina, por ejemplo, se han publicado 24 hojas de la carta geológica en escala 1-200 000, que cubren una superficie total aproximada de unos 95 000 Km², es decir, alrededor del 3.5 por ciento de la extensión del país. Si se incluyen las hojas prácticamente terminadas, pero sin publicar, se llega a una superficie cubierta de unos 270 000 Km², menos del 10 por ciento de la superficie total del país. En Chile se han mapeado unos 15 000 Km² en escalas 1-100 000 y 1-150 000, lo que representa alrededor del 2 por ciento de la superficie total. Se han publicado 10 hojas en escala 1-50 000 (alrededor de 7 500 Km²) y se trabaja en 34 hojas más que cubrirán unos 25 500 Km². En México la superficie cubierta en escalas 1-100 000 y 1-200 000, incluyendo las hojas publicadas y las que se espera publicar en el curso de este año, es de unos 38 000 Km², o sea aproximadamente el 2.3 por ciento de la superficie total de esa nación. De los otros países de la región no se dispone de cifras exactas sobre las áreas mapeadas, pero se puede asegurar que en la mayoría de ellas la situación es similar. Las superficies cubiertas en escalas mayores son por supuesto más reducidas, y comprenden lugares de interés especial: yacimientos o distritos mineros en exploración o explotación, emplazamiento de grandes obras de ingeniería, etc.

En conclusión, se puede estimar que menos del 5 por ciento del área total de América Latina ha sido mapeada geológicamente en las escalas

^{1/} Casi toda la región está cubierta por mapas geológicos en pequeña escala (1-100 000 o menores). Estos mapas, si bien sirven para dar una idea muy general de la constitución geológica del territorio y para determinar ciertas prioridades de mapeo en escalas mayores, no son apropiadas para los fines a que nos estamos refiriendo.

1-250 000 o mayores.^{1/} El conocimiento geológico de la mayor parte de la superficie restante es en general insuficiente para evaluar sus posibilidades mineras y para servir de base a planes sistemáticos de exploración.

Como hemos visto en el capítulo anterior, la exploración sistemática de minerales con métodos modernos es cara, y por lo tanto debe aplicarse en áreas cuidadosamente seleccionadas. La calidad de la selección depende de la documentación geológica disponible. Si ésta es insuficiente, el esfuerzo y el dinero dedicados pueden en gran parte malgastarse.

El desconocimiento geológico del territorio de la región es también uno de los obstáculos principales que se oponen a un mejor aprovechamiento de las aguas subterráneas por servicios oficiales, por otra parte, no tienen en general ni el personal ni los medios apropiados para llevar a cabo las investigaciones necesarias - estudios geológicos y geofísicos de los acuíferos, perforaciones, etc. - para evaluar adecuadamente ese recurso. Este problema debe encararse con urgencia, porque de su solución depende en gran parte el progreso de las vastas áreas áridas y semiáridas de la región. Además, el aumento del consumo industrial y humano en las zonas urbanas está creando problemas de abastecimiento que requieren el estudio detallado de las aguas subterráneas aún en las zonas húmedas.

En muchos países de la región las autoridades responsables están tomando conciencia de la importancia de un conocimiento adecuado de los recursos minerales, y están adoptando medidas para superar las deficiencias que hemos indicado. En ese sentido pueden destacarse el proyecto de evaluación de los recursos naturales del Perú, que incluirá el relevamiento geológico del país y la evaluación de sus recursos mineros; el proyecto de inventario minero de Colombia, que implicará el estudio detallado de un área de unos 300 000 Km²; y la realización del inventario de recursos naturales de la Argentina, a cargo del Consejo Federal de Inversiones. En Chile, el Instituto de Investigaciones Geológicas, de reciente creación, está desarrollando una intensa labor de estudio geológico del país y de sus recursos minerales. Como ya lo hemos mencionado, ha publicado el mapa

^{1/} Como comparación interesante puede señalarse que en Canadá el 75 por ciento del territorio está mapeado geológicamente en esas escalas.

metalogénico de Chile, que es el primero completo de América Latina. El Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México también está trabajando activamente en el mapa geológico de ese país y en el inventario de sus recursos minerales. En Brasil el gobierno, entre otras medidas, ha emprendido en los últimos años una intensa campaña tendiente a preparar el número de geólogos que el país necesita.

En algunos países se han seleccionado áreas favorables, en base a la información geológica disponible, para efectuar trabajos de exploración detallada. Las principales tareas de este tipo en ejecución o en proyecto, se han descrito brevemente en el capítulo anterior.

Los casos enumerados no pretenden dar una síntesis completa de la actividad que se desarrolla en la región en el estudio de los recursos minerales. Sólo han sido mencionados como ejemplo de la creciente actividad que se registra en ese campo.

Es necesario tener muy en cuenta, sin embargo, que gran parte de las actividades que hemos señalado, especialmente las que se refieren a estudios en gran escala - proyectos de investigaciones mineras detalladas, inventarios mineros nacionales, etc. - están en su mayoría en la etapa de proyecto o de iniciación, y sus resultados dependerán de la continuidad del esfuerzo y, sobre todo, de la forma en que se utilice la información. Este último punto debe ser motivo de consideración especial.

En la actualidad las técnicas modernas permiten realizar rápidamente el mapeo geológico y el inventario minero de grandes áreas. La experiencia muestra, no obstante, que un inventario de conocimientos geológicos no está nunca terminado. Todas las naciones industrialmente avanzadas tienen servicios geológicos con larga experiencia cuya tarea principal ahora es mejorar y refinar el gran caudal de información geológica que han acumulado a través de su existencia. Esto implica el remapeo en escalas mayores, a medida que nuevas necesidades lo hacen necesario, la aplicación de nuevas técnicas y, sobre todo, la reinterpretación de los viejos datos desde nuevos puntos de vista científicos. Un inventario de conocimientos geológicos es, por lo tanto, sólo un instrumento. Su utilidad depende de la existencia de organismos con un alto grado de capacitación técnica y científica que sean capaces de mantenerlo actualizado, y de interpretarlo en función de las necesidades nacionales.

/Este aspecto

Este aspecto del problema no ha sido tenido suficientemente en cuenta en América Latina. En muchos casos los planes para incrementar los conocimientos geológicos y mineros de la región no han sido acompañados por esfuerzos equivalentes para aumentar la magnitud y eficiencia de los servicios geológicos nacionales. Con algunas excepciones, tampoco se ha prestado suficiente atención a la necesidad de preparar técnicos y científicos en cantidad suficiente como para cubrir las necesidades mínimas de la región.

Finalmente, en los programas de investigación regional es necesario estudiar cuidadosamente los métodos más convenientes para las condiciones particulares de la región. En las zonas que han sido reconocidas activamente en la superficie los métodos geofísicos modernos son indispensables para ubicar nuevos yacimientos. En las grandes áreas poco o nada exploradas de la región, sin embargo, se pueden ubicar yacimientos por medio del reconocimiento superficial llevado a cabo por prospectores suficientemente entrenados en el uso de mapas geológicos, fotografías aéreas, y algunos métodos simples y relativamente baratos como los geoquímicos.

b) Los servicios geológicos

El estado del conocimiento en los recursos minerales de América Latina -- que se traduce en el estado de los inventarios mineros, en el status del mapeo geológico, etc. -- indica que, aunque casi todos los países del área tienen agencias geológicas oficiales, éstas no se encuentran en condiciones de cumplir eficazmente su tarea. Como ya hemos señalado, el esfuerzo mayor de los gobiernos en ese campo ha estado en general dirigido hacia las tareas relacionadas con el régimen de propiedad y percepción de impuestos, y en algunos países, con la promoción directa de las actividades mineras -- régimen de créditos, estudios de yacimientos o distritos de interés, etc. Como resultado, las tareas de información básica, que son fundamentales para la programación del desarrollo del sector minero, han sido casi siempre descuidadas.

La ubicación administrativa de esas agencias o servicios geológicos es muy variada, pero en su mayor parte son Direcciones o Departamento dentro de ministerios (Minas y Petróleo, Economía, Agricultura e Industria). En Chile, los trabajos de investigación geológica básica los efectúa el

Instituto de Investigaciones Geológicas de Chile, formado por la Corporación de Fomento de la Producción y el Departamento del Cobre. En México la confección de la carta geológica está a cargo del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de México y en Perú existe una Comisión de la Carta Geológica Nacional.

Si bien en algunos casos sería conveniente una mayor jerarquización de esos servicios, se debe destacar que el problema principal que enfrentan no es el de su ubicación institucional sino el de escasez de medios y personal técnico. Como ejemplo ilustrativo, podemos considerar los medios disponibles para la confección de las cartas geológicas nacionales.

El número de geólogos ocupados en esa tarea es aproximadamente el siguiente: Argentina 17, Chile 25, Colombia 20, México 18, Perú 19. Sobre Brasil y Venezuela no se dispone de cifras exactas, pero están en términos generales en la misma situación que los países enumerados. En lo que respecta al resto de los países el número es insignificante. En resumen puede estimarse en alrededor de 150 el número total de geólogos que trabajan en la confección de la carta geológica de la región.

Si se considera que el 95 por ciento por lo menos del territorio de América Latina - es decir unos 19 000 000 Km² - no han sido todavía mapeados geológicamente en las escalas 1-250 000 o mayores, es evidente que ese número es totalmente insuficiente para las necesidades mínimas de la región. Como dato comparativo se puede mencionar que Canadá - que tiene el 75 por ciento de su territorio ya mapeado en esas escalas - tiene 136 geólogos trabajando permanentemente en esa tarea.

La escasez de medios materiales, en la mayoría de los países, corre pareja con la penuria de personal. No hay bastantes laboratorios bien equipados, y el instrumental moderno de todo tipo es en general insuficiente. Además, aún el personal y los medios materiales disponibles no pueden aprovecharse siempre adecuadamente por la exigüedad de los presupuestos para trabajos. Otra consecuencia de la falta de fondos es que numerosos trabajos se publican mucho tiempo después de haber sido terminados, perdiéndose así gran parte de su utilidad.

Debe tenerse en cuenta también que los servicios geológicos de América Latina tropiezan con dificultades externas que hacen más grave su precariedad de medios. La más importante es la falta, en más del 80 por ciento de la superficie de la región, de mapas topográficos en escala 1-250 000 o mayores. Como consecuencia, esos servicios deben usar parte de sus recursos en prepararlos, antes de proceder al mapeo geológico. Otro impedimento importante es la escasez en la región de especialistas en muchas ramas de la geología o en disciplinas y técnicas conectadas con esa ciencia. En especial, pueden mencionarse fotogeología, paleontología y micropaleontología, geofísica, petrología y geomorfología. Un problema que también debe considerarse, es la necesidad de un mayor intercambio de información directa entre los servicios geológicos de los distintos países, porque los estudios realizados en uno de ellos - y que a menudo no se publican - pueden ser de utilidad para resolver problemas geológicos de las áreas vecinas. En ciertos casos podría ser beneficiosa la realización de estudios conjuntos en áreas limítrofes de interés.

En la sección precedente de este capítulo enunciamos las razones que han incidido en la precariedad de los inventarios mineros. Con las diferencias naturales inherentes al tipo de tarea, son esencialmente las mismas que hemos mencionado para las cartas geológicas, con el agravante de una dispersión mayor de la información. En efecto, muchos países tienen varias agencias que se ocupan de los problemas mineros - instituciones de crédito o de fomento, organismos encargados del estudio y promoción de grupos especiales de minerales como combustibles sólidos, minerales nucleares, etc. - cada una de las cuales acumula su propia información, sin que se tomen medidas adecuadas para que los organismos encargados del inventario minero puedan disponer de ella en forma completa y rápida. En otros casos, ninguna de las agencias tiene a su cargo, específicamente, la realización del inventario minero completo.

En algunos países de la región la situación que hemos reseñado está comenzando a cambiar, y puede citarse especialmente en ese sentido los esfuerzos realizados en Perú, Chile y Colombia. En otros, por el contrario, los servicios geológicos tienden a deteriorarse aún más, debido

/sobre todo

sobre todo a la pérdida continua de personal técnico experimentado. Las razones principales de este drenaje son las bajas remuneraciones, casi siempre muy inferiores a las que ofrece la actividad privada, y la escasez de medios para la investigación. Esto último hace que parte del personal más capacitado busque un campo de actividad más propicio en centros de enseñanza o investigación.

c) Conservación de los recursos minerales

El estado de los servicios geológicos o mineros de la mayoría de los países de América Latina hacen que el control estatal sobre las condiciones técnicas de las explotaciones sea muy deficiente. No obstante, el problema de la conservación de los recursos minerales — entendido en su acepción más amplia de aprovechamiento racional — es primariamente un problema de legislación.

En América Latina, la solución integral del problema de la conservación de las fuentes minerales, no ha alcanzado aún la esfera legislativa. El objetivo principal de las leyes mineras ha sido y es señalar el titular del derecho de explotación. Determinar si esa explotación es conducida luego en forma eficaz para los intereses de la sociedad, constituye un objetivo secundario. El aspecto de la conservación y el mejor aprovechamiento de los recursos minerales sólo forma parte de disposiciones declarativas y de dudosa efectividad.

Aunque en este trabajo no es posible tratar los múltiples problemas que plantea la legislación minera, creemos necesario mencionar algunos aspectos que deben merecer consideración especial por la importancia que tienen para el mejor aprovechamiento de los recursos minerales.

La búsqueda económica de yacimientos exige actualmente el reconocimiento integral de grandes extensiones. Es evidente que la legislación debe prestar atención a este problema al establecer los derechos a la prospección y facilitar de este modo la exploración de grandes áreas por métodos modernos.

Los progresos tecnológicos, y el progresivo aumento de la demanda hacen cada vez más necesaria la explotación en gran escala de depósitos

/de gran

de gran volumen y baja ley. La concesión minera moderna no puede mantenerse ya con las medidas fijas y estrechas que señalan algunas leyes americanas. La medida de las concesiones debe adaptarse a las condiciones del yacimiento, posibilitando su explotación total. La legislación debe considerar el criterio de la unidad geológica del yacimiento y de la explotación unitaria.

El reconocimiento de los derechos del descubridor, que constituye la base tradicional de la legislación latinoamericana debe mantenerse, porque constituye el mejor estímulo para los descubrimientos. No obstante, la moderna técnica requerida para la exploración y explotación de yacimientos va desplazando del primer lugar la figura del explorador o buscador de minas. El respeto de los derechos de este y el estímulo a sus trabajos debe lograrse por vía de indemnizaciones, regalías, etc., más bien que por el otorgamiento indiscriminado de una concesión minera.

Las leyes mineras deben exigir que las minas se exploten con medios técnicos proporcionados a su importancia. El estado no puede imponer planes o sistemas de trabajo, pero tampoco debe permitir la destrucción de la riqueza por explotaciones indebidas. No debe olvidarse que la explotación inadecuada de un yacimiento puede convertir en irrecuperable gran parte de las reservas que contiene.

Es necesario también que las leyes contemplen la situación de las concesiones mineras que se abandonan o que se explotan en forma esporádica, por falta de medios técnicos o financieros o por las condiciones del mercado. La legislación debe prevenir, en estos casos, con medidas efectivas, la destrucción de los trabajos existentes y requerirse, en caso de abandono, el registro ante la autoridad de planos de las labores y de toda otra información existente.

Debe merecer especial consideración, finalmente, la influencia de la política impositiva en el aprovechamiento de los recursos minerales. Teniendo en cuenta los riesgos económicos de la industria minera - en general muchas mayores que en las otras - debe tratarse de que las empresas de prospección y explotación obtengan beneficios adecuados dentro de un sistema que salvaguarde al mismo tiempo los derechos del Estado.

d) Necesidades y preparación de geólogos

Como hemos visto en los capítulos anteriores, tanto el inventario y la evaluación como la búsqueda de recursos minerales y muchas otras actividades importantes para el desarrollo de un país, dependen esencialmente del conocimiento geológico. Es fundamental, por lo tanto, conocer la situación de América Latina en lo que se refiere a disponibilidad de geólogos y a su capacidad de preparación de los mismos. En el breve análisis que sigue se ha considerado el conjunto de la región. Para la aplicación de las medidas aconsejadas debe considerarse naturalmente la situación particular de cada país.

Aunque se dispone de estadísticas precisas sólo para unos pocos países, se puede estimar que en toda América Latina trabajan actualmente entre 2 500 y 3 000 geólogos, incluyendo los ingenieros que han hecho de la geología su campo principal de actividad. Casi todos se encuentran en México, Perú, Argentina, Chile, Colombia, Brasil y Venezuela. El número total empleado en los servicios oficiales, excluyendo las empresas estatales de explotación, es de unos 450 a 500.

El estado general del conocimiento de la geología y de los recursos minerales de América Latina y el hecho de que gran parte de la exploración y explotación mineras se realicen sin un asesoramiento geológico adecuado indican claramente la existencia de un déficit considerable de geólogos en la región. Por otra parte, este déficit aumentará rápidamente a medida que las necesidades del desarrollo requieran el uso de los conocimientos geológicos en la misma medida en que se aplican en los países más industrializados.

Es muy difícil calcular el número de geólogos que la región necesita para su progreso, pero se puede tener una idea de su magnitud considerando la situación de otros países. En los Estados Unidos trabajan más de 10 000 geólogos, en la Unión Soviética alrededor de 40 000, y en Canadá 2 500, de los cuales unos 450 en los servicios oficiales. Es interesante destacar que el número total de geólogos en este último país, y el de los que trabajan en las agencias oficiales, son aproximadamente iguales a los del conjunto de América Latina. En lo que respecta a Europa, basta mencionar que Inglaterra y Checoslovaquia tienen más de 2 000 geólogos cada una.

Si se consideran esas cifras, la superficie de la región, su población y su estado de atraso en el campo geológico, es evidente que el número de geólogos de la misma debería ser varias veces superior al actual. Sin pretender hacer un cálculo exacto, se puede considerar un objetivo mínimo quintuplicar el número de geólogos en los próximos 10 años y decuplicarlos en los próximos veinte.

Es de importancia fundamental tener en cuenta que la futura demanda de geólogos dependerá no sólo de las necesidades técnicas, sino también - y a veces en mayor medida - de la conciencia que los gobiernos y las entidades privadas tengan de esas necesidades. En la actualidad, por ejemplo, en algunos de los países en que la falta de información geológica es uno de los factores negativos más importantes que inciden en su desarrollo, los escasos egresados de sus escuelas de geología encuentran dificultades para ubicarse.

e) La formación de geólogos en América Latina

En América Latina existen escuelas de nivel universitario para la preparación de geólogos en Argentina, Chile, México, Perú, Brasil, Venezuela, Colombia y Uruguay. El número total de egresados por año es aproximadamente de 200 a 250, la mitad de ellos en Brasil.

Para alcanzar los objetivos propuestos anteriormente, el número de egresados para toda la región debería ser ocho o diez veces superior al actual. Es imprescindible, en consecuencia, aumentar la capacidad de las escuelas actuales y crear otras, sobre todo en los países que todavía no las tienen. Brasil es el país de la región que ha realizado el esfuerzo más consistente en ese sentido. Su experiencia puede ser sumamente valiosa para los otros.

No es posible en este trabajo analizar los múltiples problemas que deben encararse para aumentar el número y la calidad de los geólogos que egresan en América Latina, pero, entre los que deben merecer particular atención, se pueden citar los siguientes:

i) La geología está progresando rápidamente, sobre todo a través de la contribución de las otras ciencias. En todo programa de formación
/de geólogos

de geólogos debe darse especial importancia a la enseñanza de las ciencias básicas: matemáticas, química y física.

ii) Deben tenerse muy en cuenta las necesidades de la región en algunas especialidades o técnicas en las que presenta deficiencias particularmente notorias. Entre ellas pueden citarse fotogeología, geofísica, micropalontología, petrología y geomorfología.

iii) En toda la región existe escasez de personal capacitado para cubrir las cátedras. Cuando sea necesario, debe traérselos del exterior, proporcionándoles las condiciones económicas y de trabajo adecuadas. Los gobiernos deben comprender que es mucho más útil traer un especialista para que prepare técnicos locales, que hacerlo para que resuelva problemas particulares. Por otra parte, proporcionándole los medios indispensables para la investigación, se consigue también este último objetivo.

iv) Debe terminarse con el régimen de dedicación parcial de los profesores. Ninguno de los objetivos que hemos señalado puede cumplirse eficazmente sin esa condición.

v) No es posible, ni necesario, que cada escuela ofrezca todas las especializaciones en el nivel de postgraduados. Se debe encarar algún tipo de acción para convertir en centros regionales de capacitación en determinadas especialidades a las instituciones que se encuentren en mejores condiciones para ello. Esto permitirá aprovechar mejor el personal disponible y estimulará un intercambio científico útil para todos.

vi) Debe estimularse el ingreso de alumnos a las carreras geológicas, en especial por medio de un régimen de becas adecuado.

f) Acción internacional

Aunque no existe dentro de las Naciones Unidas ningún organismo especializado a cargo de los recursos minerales, esa organización ha participado activamente en el estudio y financiación de proyectos relacionados con ese tema en América Latina. Merecen citarse en especial los trabajos sistemáticos de prospección minera que se efectúan en Chile y México, y los proyectos similares aprobados para otros países. En todos ellos participan los gobiernos nacionales con la colaboración del Fondo Especial

de las Naciones Unidas y actúa como organismo ejecutor la Secretaría General de esa organización. En el capítulo sobre evaluación de los recursos minerales se da una breve información general sobre esos proyectos. La Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica también se ha ocupado de los problemas de la región, especialmente a través de expertos que han asesorado a los gobiernos de la misma.

La Organización de Estados Americanos está realizando por intermedio del CIDA (Consejo Interamericano de Desarrollo Agrícola) un estudio de la información básica sobre recursos naturales existente en América Latina.

En materia de cooperación internacional merece citarse también la acción del U.S. Geological Survey y del U.S. Bureau of Mines, los que han realizado numerosos estudios en América Latina en colaboración con los servicios geológicos nacionales.

II. RESERVAS DE ALGUNOS DE LOS MINERALES MAS IMPORTANTES

En esta sección, hemos tratado de reunir los datos disponibles sobre los recursos conocidos de América Latina en algunos de los productos minerales más importantes para el desarrollo de un país moderno. Debe tenerse muy en cuenta que no se pretende presentar un inventario completo de cada uno de los recursos seleccionados. El objeto principal de esta sección es efectuar un breve análisis de los cálculos disponibles de reservas, destacando su significado y grado de validez en base a los conceptos que hemos expuesto en los capítulos anteriores. Los datos seleccionados servirán también para poner en evidencia la situación general de América Latina y de cada uno de los países que la integran, en lo que se refiere a disponibilidad de esos recursos en el futuro inmediato.

Aunque ya lo hemos señalado repetidas veces, conviene insistir una vez más que los recursos que se incluyen en este inventario - que son los que hemos definido como conocidos o identificados - representan sólo una fracción desconocida de las posibilidades mineras de la región. Con un mayor conocimiento geológico del territorio, y con planes adecuados de exploración, el panorama puede cambiar rápidamente. Además, no se pasa revista a muchos otros minerales de cierta importancia para la industrialización de los países latinoamericanos o para diversificar sus exportaciones, como por ejemplo azufre, tierras filtrantes, asbesto, etc. Ello no se debe a una omisión sino al hecho de que no se ha pretendido en este informe proceder a un análisis exhaustivo de cada recurso sino señalar a grandes rasgos, sobre la base de la evaluación del conocimiento en algunos de ellos, cuales son los problemas fundamentales que en ese terreno dificultan una mejor movilización de los recursos.

Perú realizó recientemente el inventario y la evaluación de algunos de sus recursos metalíferos más importantes. Para hacerlo se han coleccionado los datos oficiales existentes y algunos de empresas privadas (muchas de éstas no proporcionaron información) sobre las reservas "positivas" y "probables". Se ha calculado luego el contenido metálico de estas reservas y se han deducido las pérdidas por explotación, concentración y financiación. El resultado se consigna como "contenido metalífero recuperable". Debido a que el criterio utilizado para la estimación de esas

/reservas - que

reservas - que es distinto al que se usó para todas las otras estimaciones que figuran en este trabajo - las mismas no han sido incluidas en los cuadros de recursos. No obstante, se las consigna en cada caso en una nota especial.

Debe recordarse, finalmente, que el inventario de las existencias físicas es solamente el primer paso en la evaluación de los recursos minerales de una región. Las cifras de reservas que se consignan en el mismo, aun las pertenecientes a las mismas categorías, tienen a veces significados muy distintos. Las reservas demostradas de cobre o plomo, por ejemplo, representan casi siempre existencias comprobadas de mineral y explotables en las condiciones actuales. En carbón, por el contrario, y lo mismo sucede con algunos otros recursos, esa calificación incluye, por lo general, aquellas reservas sobre cuya existencia física no se tienen dudas, pero cuya explotabilidad en las condiciones actuales depende de una serie de factores económicos y técnicos que es necesario analizar en detalle en cada caso. En estos recursos, decir que un país tiene reservas para un X número de años a un ritmo de consumo previsto tiene poco significado, a menos que esos factores hayan sido correctamente evaluados.

Esa ambigüedad en la significación de las cifras de un inventario se pone a veces en evidencia aun en la comparación de reservas del mismo producto mineral. Se podrían tomar muchos ejemplos demostrativos, pero bastará señalar uno referente al cobre. El yacimiento de Toquepala, en Perú, con una reserva estimada en 400.000.000 de toneladas y un contenido de cobre del 1 por ciento se explota intensivamente, y es ahora la principal fuente de ese metal en el país. El depósito de Caraiba, en Brasil, con grandes reservas también - 40.000.000 de toneladas - y el mismo contenido de cobre, no se considera todavía explotable, por razones de ubicación, abastecimiento de agua, etc. Los ejemplos expuestos son suficientes para aclarar el criterio con que debe ser usado un inventario minero de carácter general.

Para un mejor entendimiento de la información que sigue, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

1. En cada recurso se han registrado sólo las reservas que, por su magnitud, representan un factor de cierta importancia, presente o futura,

/en la

en la economía del país. Así, por ejemplo, a pesar de que en la Argentina existen decenas de yacimientos de cobre conocidos, en el inventario no se han consignado reservas de ese metal, debido a que, por su pequeño volumen, no tienen por ahora significado económico.

2. El inventario se ha hecho usando las fuentes de información más accesibles, citándolas en cada caso. No obstante, y teniendo en cuenta la deficiencia general de los datos referentes a América Latina, es probable que se hayan cometido errores u omisiones de importancia.

3. Se notará, en ciertos casos, que la información sobre reservas data de hace varios años. En algunos yacimientos, ello se debe a que no se han podido obtener detalles de los estudios más recientes, y en otros, sobre todo en depósitos que no se explotan, porque no han vuelto a ser examinados después de la primera evaluación.

4. Las cifras de producción que se consignan tienen por objeto solamente dar una idea del aprovechamiento actual de cada recurso. Con excepción del petróleo, se refieren a un solo año, que en cada caso se especifica.

1. Hierro

En América Latina, el 90 por ciento de las reservas de hierro conocidas - incluyendo todas las categorías - se encuentran en yacimientos del tipo Lago Superior ubicados en el gran escudo precámbrico que abarca gran parte de Sudamérica. Los yacimientos más importantes son los de Minas Gerais y Matto Grosso en Brasil - que por sí solos constituyen alrededor del 83 por ciento de las reservas de América Latina - y los de Sierra de Imataca - en especial El Pao y Cerro Bolívar - en Venezuela. El único yacimiento de hierro importante conocido en Bolivia - Mutum - pertenece a ese tipo. El yacimiento de Zapla en la Argentina, con una reserva total conocida de unos 109 000 000 de toneladas, y el de Resun en Chile, con alrededor de 200 000 000 de toneladas de mineral potencial, son también representantes menores del grupo. (Véase mapa I.)

Los yacimientos de tipo mineta tienen sólo dos representantes importantes en la región: el de Sierra grande, en la Argentina, con una reserva total conocida de unas 80 000 000 de toneladas con 40 por ciento de hierro, y el de Paz del Río, en Colombia, con 91 000 000 de toneladas y 48 por ciento de hierro.

/MAPA I

AMERICA LATINA : PRINCIPALES YACIMIENTOS DE HIERRO



Leyenda :

• Yacimientos de hierro

Fuente : "Statistical Yearbook", United Nations, 1961.

/Los representantes

Los representantes más importantes de los yacimientos estratificados sin desarrollo político en América Latina son las arenas ferruginosas que existen a lo largo de la costa de Chile entre San Antonio y Chiloé. Las reservas potenciales de estos depósitos se estiman en unas 300 000 000 toneladas con una ley media de 25 por ciento de hierro.

Los yacimientos de hierro masivo (segregación magnética y metamorfismo de contacto) se encuentran ampliamente representados y constituyen el principal recurso en hierro de Chile, México y Perú. En Chile están ubicados en una faja más o menos continua que se extiende en el Norte del país, desde el Departamento de Taltal, en la Provincia de Antofagasta, hasta el de Ovalle, en la de Coquimbo. Algunos de ellos, como El Romeral, El Tofo y Algarrobo han sido considerados de segregación magnética. Estudios recientes, sin embargo, tienden a considerarlos yacimientos de metamorfismos de contacto. Son de alta ley (53 a 66 por ciento de hierro) y algunos de ellos - en especial el Tofo - están en explotación. Otro grupo, que incluye entre sus representantes principales a los yacimientos de Los Colorados, San Carlos, Cristales, El Pleito, El Dorado e Infiernillo son de metamorfismo de contacto. El contenido de hierro de estos depósitos varía entre 60 y 64 por ciento. Además de los mencionados, existen otros yacimientos importantes, algunos de ellos - como El Laco - por ejemplo, todavía en las primeras etapas de exploración.

Las reservas de hierro de México están distribuidas en muchos yacimientos, casi todos ellos de metamorfismo de contacto. Las reservas de estos depósitos varían aproximadamente entre 3.5 y 33 millones de toneladas, con leyes medias de hierro de 52 a 67 por ciento. El yacimiento más importante del país es el de Cerro de Mercado, en Durango, y es de segregación magnética del tipo Kiruna. Sus reservas son de 156 000 000 de toneladas con un contenido de hierro de 64 a 68 por ciento.

Los depósitos del Perú son también de metamorfismo de contacto y de segregación magnética. El más importante es el yacimiento de Marcona, que pertenece al tipo mencionado en primer término y cuyas reservas totales se estiman en unas 670 000 000 de toneladas, con un contenido medio de hierro de 56 por ciento. Otros yacimientos menos importantes son los de Yaurilla, Huacravilca y Tambo Grande.

/Existen importantes

Existen importantes depósitos lateríticos en Cuba y Colombia originados por la descomposición de serpentinas, y en la Argentina y Brasil por la alteración de basaltos. Estas reservas se consideran por el momento potenciales.

En el Cuadro 1 se consignan los recursos conocidos de mineral de hierro de la región por países, dividiéndolos en reservas demostradas e inferidas y en mineral potencial. Las reservas demostradas e inferidas representan el 38 por ciento de los recursos totales. El mineral potencial está integrado, en primer término, con reservas de menas de baja ley que no se consideran explotables por el momento - como sucede con las itabiritas de Brasil y Venezuela - con las lateritas de Colombia y con las arenas ferruginosas de Chile. En segundo término, por las existencias de mineral cuya magnitud se estima básicamente por deducción geológica, sin que existan trabajos de exploración suficientes para ponerlas en evidencia. Este es el caso de las reservas potenciales de Bolivia y de parte de las de Chile. Finalmente, han sido incluidas en esta categoría las reservas de algunos yacimientos, como los de Bahía y Matto Grosso, en Brasil, que por su ubicación geográfica no se consideran económicamente explotables en la actualidad.

Las reservas de hierro de las lateritas de Cuba plantean un problema en cuanto a su calificación. Este mineral se explota para extraer el níquel que contiene, pero todavía no se ha encontrado un procedimiento metalúrgico que permita aprovechar el hierro económicamente. Por esta razón, debieran considerarse mineral de hierro potencial. No obstante, las hemos colocado como reservas debido a que así aparecen en todas las publicaciones consultadas.

/Cuadro 1

Cuadro 1

RECURSOS DE HIERRO DE AMERICA LATINA

(Millones de toneladas de mineral)

Países	Reservas			Mineral potencial	
	Ley %	Demostradas	Inferidas	Cantidad de mineral	Ley %
Argentina ^{a/}	40-50	106	80		
Bolivia ^{a/}	-	-	-	500	50
Brasil ^{a/}	60	9 254	7 000	36 360	35
Chile ^{b/}	62	159		765	35
Colombia ^{a/}	45	53	50		
Cuba ^{a/*/}	45		2 615 ^{*/}		
Ecuador ^{a/}	60		1		
México ^{a/*/}	54		500 ^{*/}		
Perú ^{a/}	50	254	513		
Venezuela ^{c/}	62.1	1 303	1 575		49.6
República Dominicana ^{a/*/}	62		43 ^{*/}		
<u>Total América Latina</u>		<u>24 403</u>		<u>36 570</u>	

Nota: Las reservas totales de "Contenido metálico recuperable" del Perú, calculadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, serían de unas 205 000 000 toneladas.

^{a/} "Estudio de los recursos de Mineral de Hierro en el Mundo", Naciones Unidas, 1955.

^{b/} "La minería del hierro en Chile", Servicio de Minas del Estado, Chile 1961.

^{c/} "Memoria 1961", Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Venezuela 1962.
 Las reservas que incluimos como "inferidas", en la Memoria citada aparecen como "probables".

^{*/} Reservas no especificadas (incluyen demostradas e inferidas).

/En el

En el gráfico I - A se comparan las reservas totales demostradas e inferidas de América Latina con las del resto del mundo. Consideradas regionalmente, son las reservas per cápita más grandes del mundo. Las reservas potenciales (gráfico I - B), representan el 32.9 por ciento de las mundiales y, consideradas también per cápita, ocupan el segundo lugar en el mundo después de las de los EE. UU. (39%). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el 70 por ciento de las reservas demostradas e inferidas y el 92 por ciento de las reservas potenciales de la región se encuentran en un solo país.

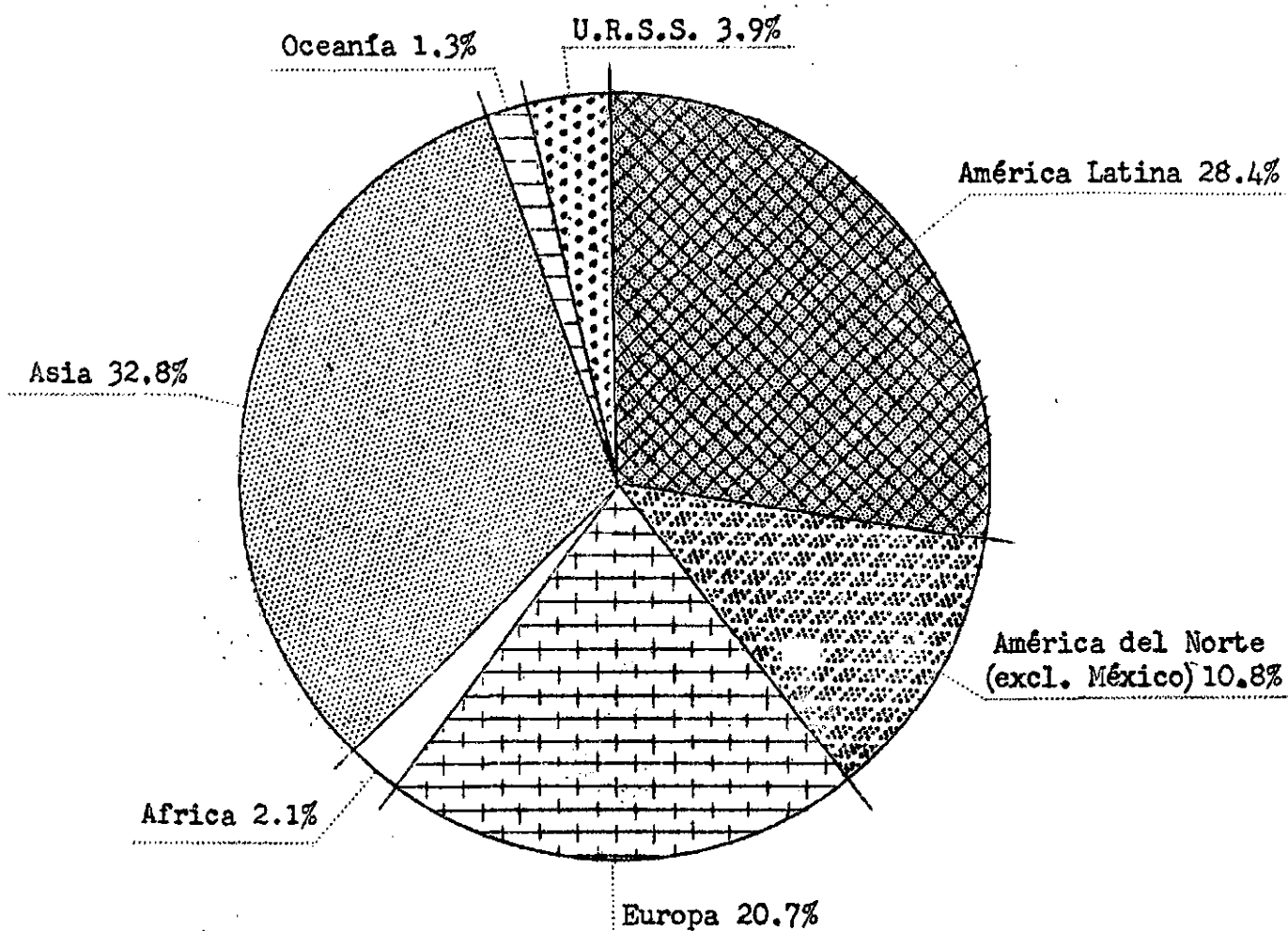
En el Cuadro 2 y gráfico I - C se dan las cifras de producción de minerales de hierro y de arrabio de la región, para el año 1961.

El gráfico I - D indica la participación de Latinoamérica en la producción mundial de minerales de hierro.

Se debe destacar, finalmente, que las reservas conocidas de mineral de hierro de la región se han incrementado continuamente en los últimos años. El incremento se debe en su mayor parte a un mejor conocimiento de depósitos ya descubiertos, pero también a nuevos descubrimientos. Estos últimos se deben, en buena medida, a que se han comenzado a aplicar métodos modernos de exploración, en especial magnetometría.

/Gráfico I - A

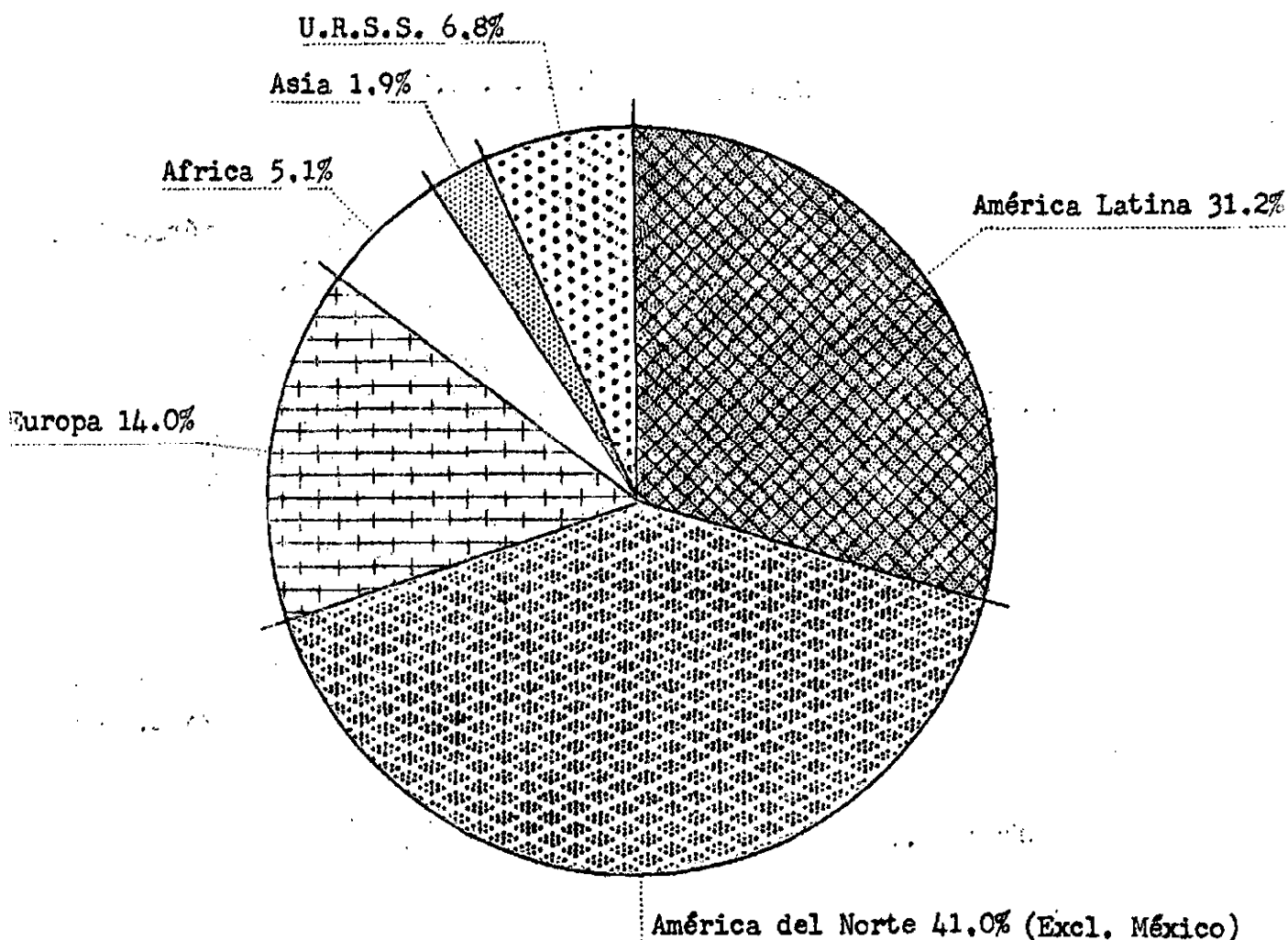
RESERVAS DEMOSTRADAS E INFERIDAS
DE MINERAL DE HIERRO EN EL MUNDO, 1960



	Millones de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	22 864	28.4
América del Norte	8 552	10.8
U.R.S.S.	3 140	3.9
Europa	16 670	20.7
Oceanía	1 047	1.3
Asia	26 381	32.8
Africa	1 715	2.1
<u>Total Mundial</u>	<u>80 369</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: "La Minería del Hierro en Chile", Min. de Minería, Chile, 1961.

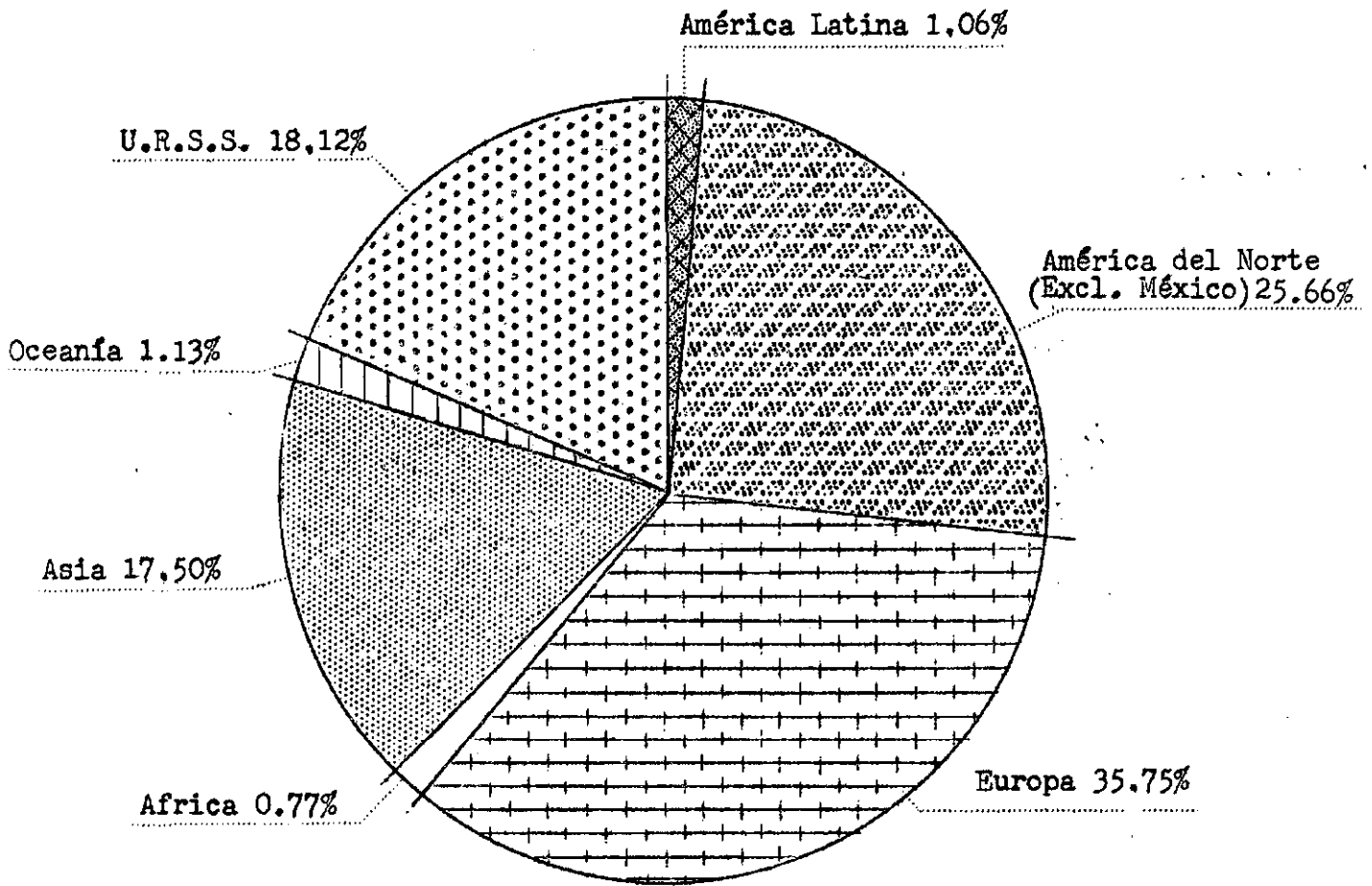
RESERVAS DE MINERAL POTENCIAL DE HIERRO EN EL MUNDO, 1960



	Millones de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	37 880	31.2
América del Norte	49 830	41.0
U.R.S.S.	8 310	6.8
Europa	16 890	14.0
Africa	6 180	5.1
Asia	2 309	1.9
<u>Total Mundial</u>	<u>121 399</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: "La Minería del Hierro en Chile", Min. de Minería, Chile, 1961.

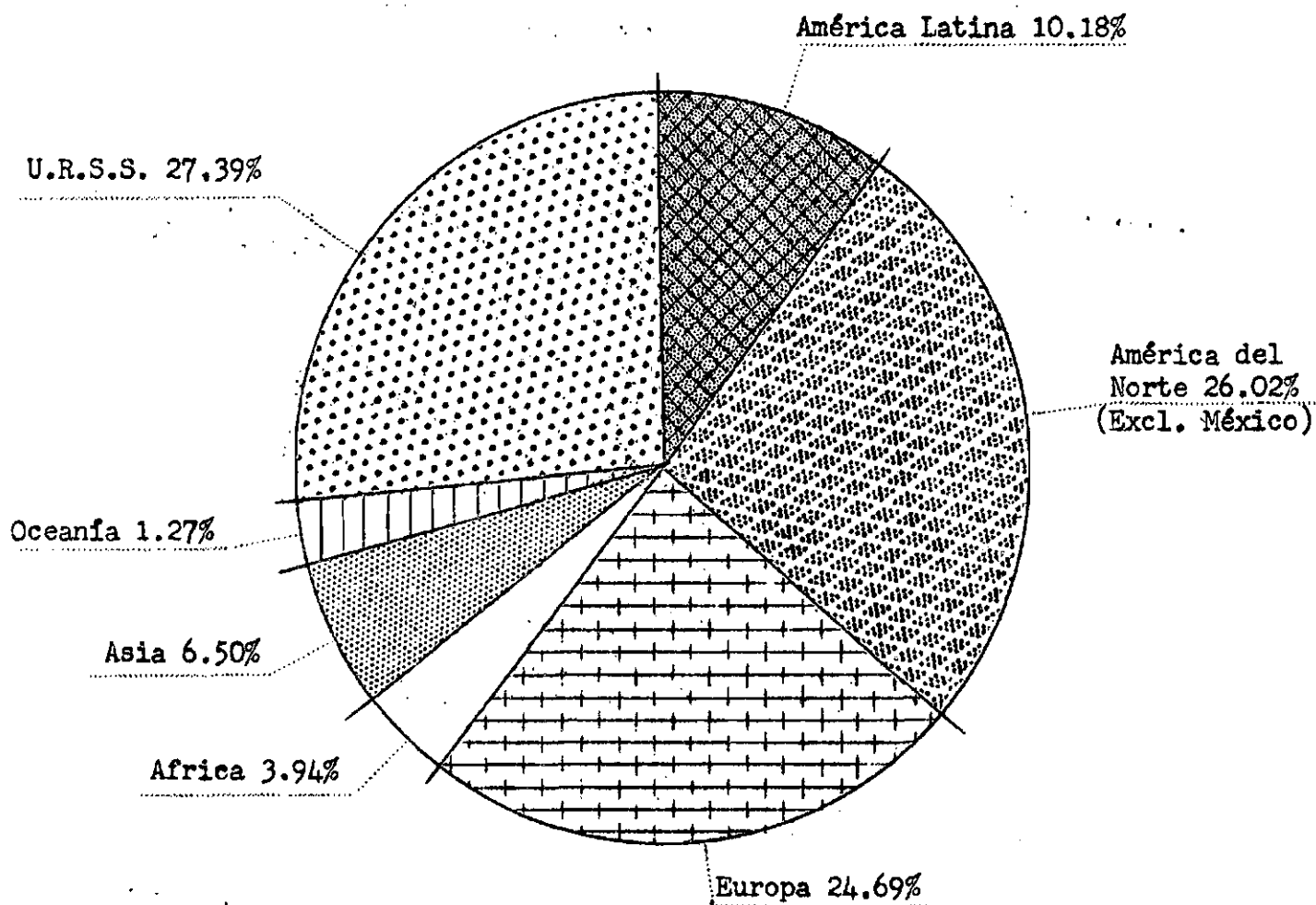
PRODUCCION DE ARRABIO Y FERROALEACIONES EN EL MUNDO, 1960



	Millones de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	2 729	1.06
América del Norte	66 257	25.66
U.R.S.S.	46 800	18.12
Europa	92 320	35.75
Oceanía	2 928	1.13
Asia	45 177	17.50
Africa	2 000	0.77
<u>Total Mundial</u>	<u>258 211</u>	<u>99.99%</u>

Fuente: "Statistical Yearbook", 1961, United Nations.

PRODUCCION DE MINERAL DE HIERRO EN EL MUNDO, 1960



	Millones de toneladas de hierro contenido	Porcientos
<u>América Latina</u>	22 958	10,18
América del Norte	58 692	26,02
U.R.S.S.	61 770	27,39
Europa	55 684	24,69
Oceanía	2 874	1,27
Asia	14 655	6,50
Africa	8 895	3,94
<u>Total Mundial</u>	<u>225 528</u>	<u>99,99%</u>

Fuente: "Statistical Yearbook", 1961, United Nations.

Cuadro 2

PRODUCCION DE MINERALES DE HIERRO Y ARRABIO EN
AMERICA LATINA (1960)

Países	Mineral de hierro	Arrabio
	Miles de toneladas de contenido metálico	Miles de toneladas
Argentina	-	180
Brasil	3 574	1 750 ^{a/}
Chile	2 988	266
Colombia	178	120
República Dominicana	82	-
México	521	530
Perú	3 141	-
Venezuela	12 474	-
<u>Total América Latina</u>	<u>22 958</u>	<u>2 729</u>

Fuente: "Statistical Yearbook" 1961. United Nations

a/ Anuario Estatístico do Brasil, 1961.

/2. Aluminio

2. Aluminio

Para producir aluminio se emplea como materia prima alúmina (Al_2O_3). En la actualidad, el único producto mineral del cual se la extrae económicamente es la bauxita, pero existen otras fuentes potenciales que pueden llegar a ser económicas en un futuro muy cercano.

Las especificaciones que debe reunir un material para ser considerado bauxita apropiada para la producción de aluminio han ido cambiando con los progresos tecnológicos de las últimas décadas. En Estados Unidos, por ejemplo, en 1930, sólo se procesaba bauxita con un contenido de alúmina del 60 por ciento y 2 por ciento o menos de sílice. En la actualidad, gran parte de la bauxita que se utiliza tiene 50 por ciento de alúmina y hasta 15 por ciento de sílice. En algunos países se usa bauxita hasta con 25 por ciento de sílice, mezclándola con material de mayor ley. Esta tendencia continúa, y con la aplicación de procesos que están ahora ensayándose, es muy probable que pronto puedan procesarse bauxitas con un contenido de alúmina inferior al 35 por ciento.^{1/}

Otro resultado de estos progresos en los métodos de tratamiento ha sido un fuerte incremento en el volumen de las reservas conocidas de bauxita, debido a la inclusión de material que antes no se consideraba comercial.

a) Reservas

En el Cuadro 3 y el mapa II se consignan los recursos de bauxita de América Latina. El tonelaje calificado como reserva corresponde a bauxitas con alto contenido de alúmina. En ninguna de las fuentes de información disponibles se las diferencia por categorías, pero muy probablemente gran parte de las reservas pertenecen a las categorías indicadas e inferidas. El mineral potencial registrado corresponde, en su mayor parte, a bauxitas con un contenido de alúmina comprendido entre 32 y 45 por ciento.

^{1/} United States Bureau of Mines, Mineral Facts and Problems. Bull. 585, 1960.

AMERICA LATINA : PRINCIPALES YACIMIENTOS DE BAUXITA



Leyenda :

o Yacimientos de bauxita

Cuadro 3

RESERVAS Y PRODUCCION DE BAUXITA DE AMERICA LATINA

(Millones de toneladas)

País	Reservas	% AL ₂ O ₃	Mineral potencial	% AL ₂ O ₃	Producción c/
Jamaica ^{a/}	550	50	450	-	5.9
Surinam ^{a/}	200	58	200	-	3.5
Guayana Inglesa ^{a/}	80	58	70	-	2.5
República Dominicana ^{b/}	40	-	40	-	0.7
Haití ^{b/}	23	-	7	-	0.3
Brasil ^{b/}	30	-	173	-	0.1
Guayana Francesa ^{b/}	-	-	70	-	
Costa Rica ^{b/}	-	-	50	-	
Panamá ^{b/}	-	-	25	-	
Venezuela ^{b/}	-	-	10	-	
<u>Total</u>	<u>923</u>	-	<u>1 095</u>	-	<u>12.9</u>

Fuente: ^{a/} Commodity Data Summaries, United States Bureau of Mines, February 1962.

^{b/} Mineral Facts and Problems, United States Bureau of Mines, 1960 (Estimación hecha en diciembre de 1958.)

^{c/} Statistical Yearbook 1961, United Nations.

/En el

En el gráfico II se muestra la distribución de los recursos de bauxita en el mundo.

Como puede apreciarse, los recursos de América Latina, considerados regionalmente, ocupan el segundo lugar en importancia en el mundo. No obstante, están concentrados en un área relativamente reducida, y un grupo de países que representa más del 65 por ciento de la población de latinoamérica no tiene existencias conocidas de ese recurso.

El gráfico III muestra que esa producción representa alrededor del 50 por ciento de la mundial.

Prácticamente toda la bauxita explotada se exporta fuera de la región. El único país de América Latina que produce aluminio es Brasil (17 800 ton en 1960).

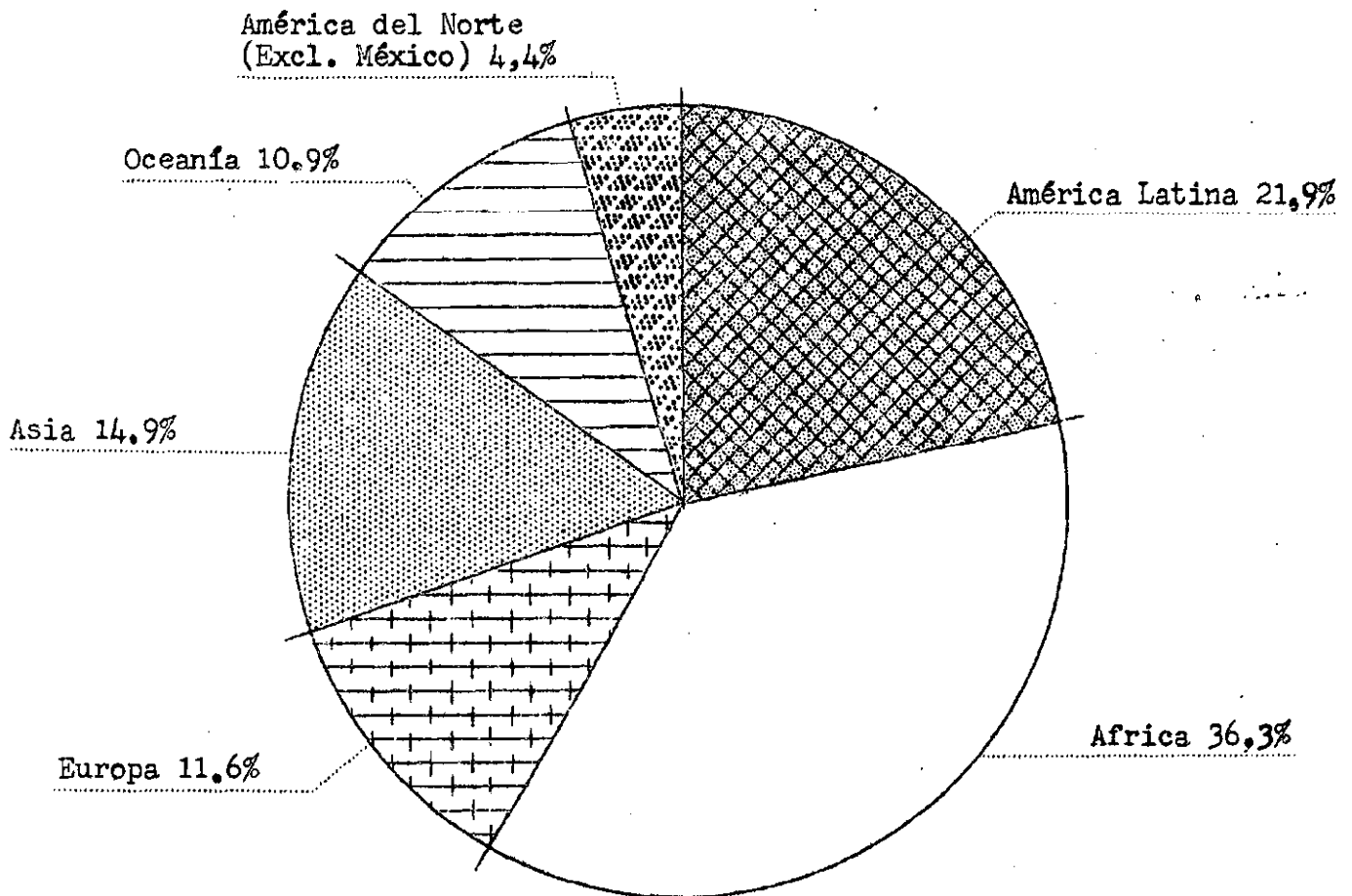
En la mayoría de los países de la región se ha hecho muy poca o ninguna exploración sistemática de bauxita. Teniendo en cuenta la enorme superficie de América Latina comprendida en las áreas de clima tropical y subtropical, es muy probable que existan depósitos importantes de formación reciente no descubiertos. Por otra parte, debe tenerse en cuenta la posibilidad de la existencia de yacimientos de bauxita "fósil", es decir, formada en períodos geológicos más antiguos. Para estos depósitos la búsqueda es más difícil, porque ya no puede basarse en las condiciones climáticas y fisiográficas actuales, y requiere, en consecuencia, un conocimiento geológico mucho más detallado del territorio.

b) Otros recursos

Los materiales más investigados como posibles fuentes de aluminio son arcillas con alto contenido de alúmina, anortositas y alumita. Si bien faltan resolver todavía varios problemas técnicos antes de que pueda obtenerse alúmina en forma comercial de esas materias primas, las naciones más industrializadas comienzan ya a considerarlas como reservas potenciales.

/Gráfico II

RECURSOS MUNDIALES DE BAUXITA, 1959

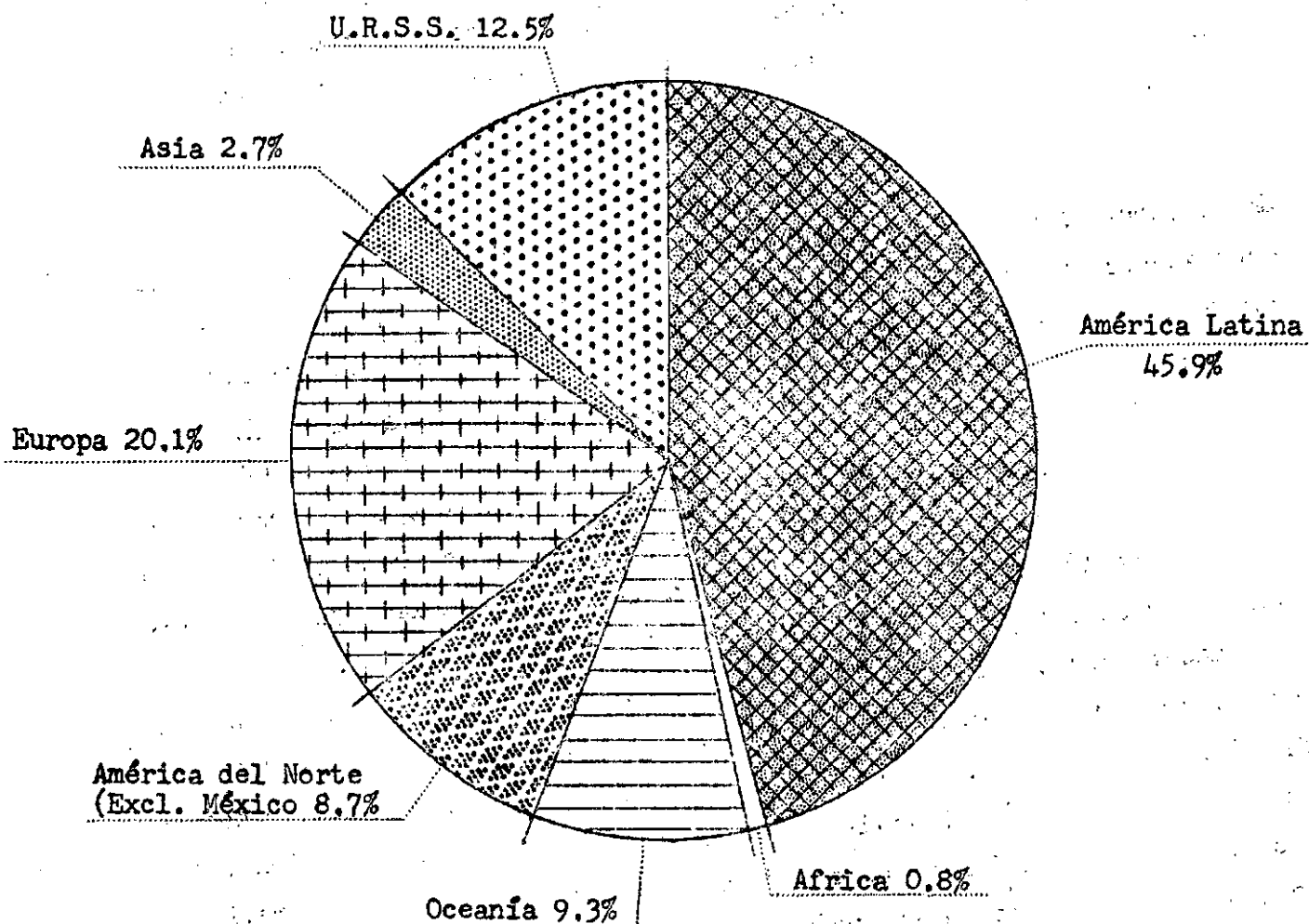


	Millones de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	2.018.-	21,9
América del Norte	400.-	4,4
Europa	1.067.-	11,6
Oceanía	1.006.-	10,9
Asia	1.371.-	14,9
Africa	3.339.-	36,3
<u>Total Mundial</u>	<u>9.201.-</u>	<u>100,0%</u>

Fuente: "Mineral Facts and Problems", 1960, US. Bureau of Mines.

/Gráfico III

PRODUCCION DE BAUXITA EN EL MUNDO, 1960



	Miles de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	12 897	45.9
América del Norte	2 448	8.7
U.R.S.S.	3 500	12.5
Europa	5 621	20.1
Oceanía	2 594	9.3
Asia	744	2.7
Africa	233	0.8
<u>Total Mundial</u>	<u>28 037</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: Statistical Yearbook, 1961, United Nations.

/En América

En América Latina, al igual que en casi todo el resto del mundo, no se han evaluado las reservas de esas materias primas potenciales. No obstante, se puede asegurar, por tratarse de minerales y rocas muy comunes en todos los períodos geológicos, que las reservas son prácticamente ilimitadas.

3. Manganeso

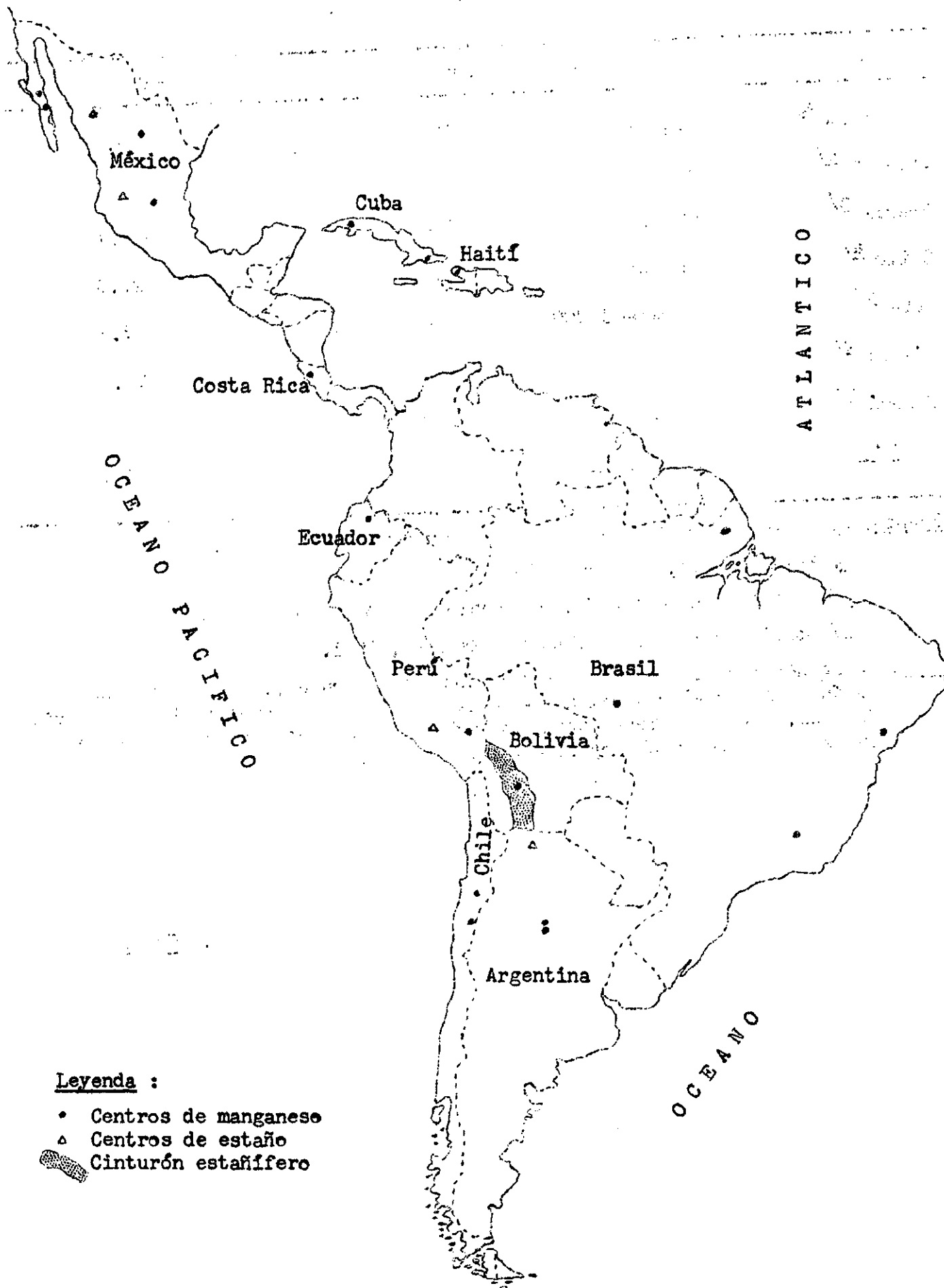
En el cuadro 4 se dan las reservas calculadas y la producción de manganeso para América Latina. Las cifras, como sucede en general, para todo el mundo en este metal, se refieren a reservas globales, sin especificar categorías. Deben considerarse nada más que una estimación aproximada.

Una de las razones que influyen en la imprecisión de esas cifras, además de las que provienen de las dificultades inherentes al estudio de depósitos de gran extensión, es la situación de amplio abastecimiento del mercado mundial de manganeso, que ha restado interés a las grandes inversiones necesarias para estudiar en detalle estos yacimientos.

Las reservas y la producción de manganeso de América Latina son, consideradas regionalmente, suficientes para sus necesidades actuales y del futuro previsible. No obstante, la situación, considerada por países, es muy distinta. Sólo Bolivia, Brasil, Chile, Cuba y México tienen reservas económicas suficientes como para satisfacer sus necesidades previsible de consumo. El resto de los países de la región, entre los cuales se incluyen varios con industrias siderúrgicas propias - como la Argentina, Colombia, Venezuela y Perú - dependen en mayor o menor medida de la importación. (Véase Mapa III.)

/MAPA III

AMERICA LATINA : PRINCIPALES CENTROS PRODUCTORES DE MANGANESO Y ESTAÑO



Cuadro 4

RESERVAS Y PRODUCCION DE MINERAL DE MANGANESO
DE AMERICA LATINA (1960)

(Miles de toneladas)

País	Reserva	Ley Mn.	Producción ^{d/}
Argentina ^{a/}	Pequeña	50	5.3
Bolivia ^{b/}	20 000	40	
Brasil ^{a/}	60 000	38-50	376.1
Chile ^{a/}	1 200	35	27.0
Cuba ^{a/}	800- 1 800	42-50 (Conc.)	7.2
México ^{c/}	8 000-10 000	40	71.9
Panamá ^{a/}	50	30-50	
<u>Total</u>	<u>90 000-93 000</u>		<u>487.5</u>

Fuente: a/ Materials Survey United States Bureau of Mines 1952.

b/ World Mining, octubre 1956.

c/ Instituto de Geología, Universidad Autónoma de México.

d/ Statistical Yearbook, United Nations, 1961.

Nota: No se han incluido los recursos de Ecuador y Uruguay. Los de Ecuador están en la provincia del Oro - su magnitud y valor comercial son todavía dudosos. Uruguay tiene yacimientos de baja ley con alto contenido de cuarzo y sílice en el Departamento de Rivera.

4. Cobre

Más del 97 por ciento de las reservas conocidas de cobre de América Latina se encuentran en Chile y Perú, en yacimientos cuyo origen está estrechamente relacionado con la orogenia andina. (Véase mapa IV.)

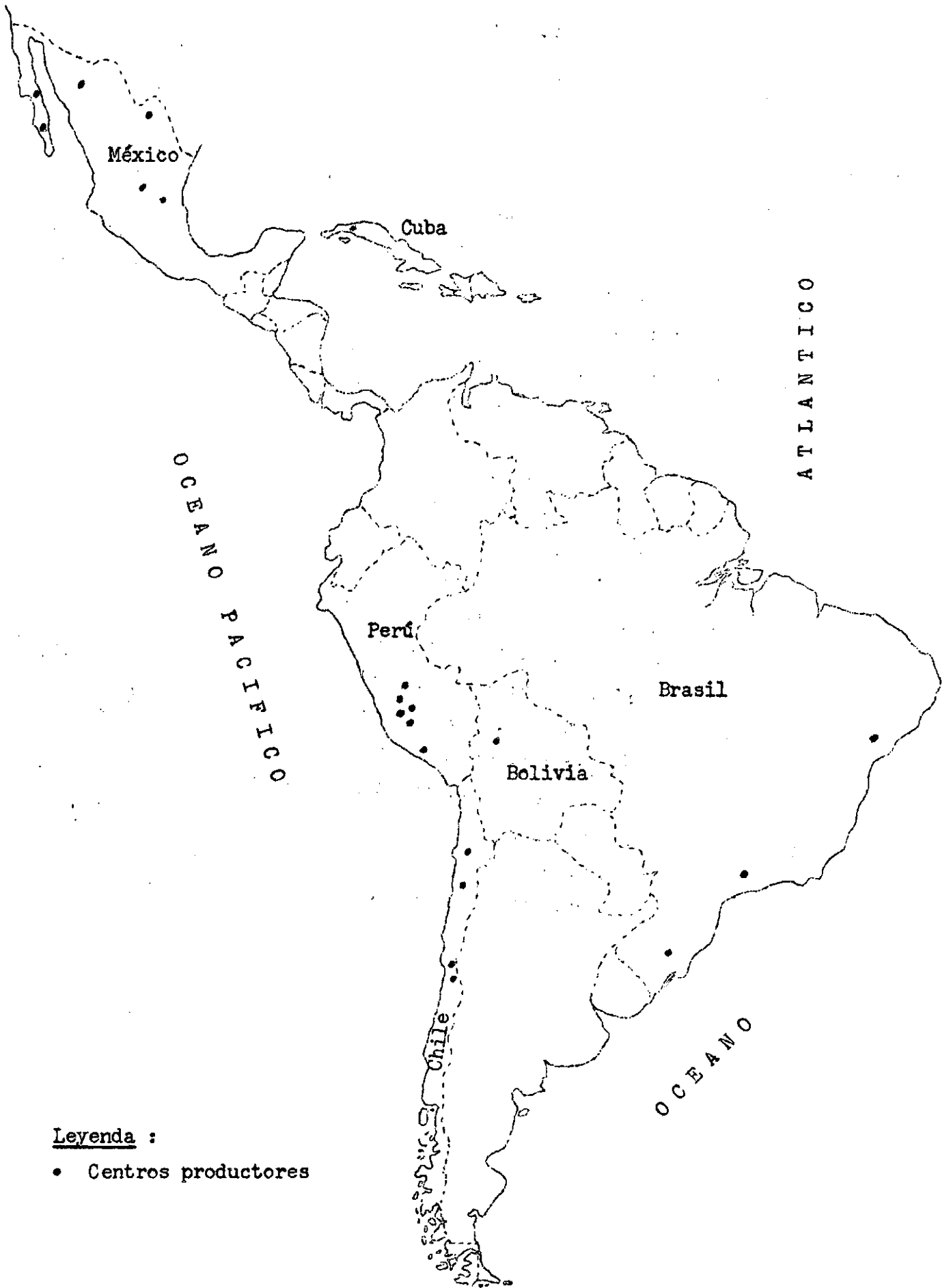
La mayor parte de las reservas de Chile están localizadas en cuatro yacimientos - Chuquicamata, El Teniente, El Salvador y Río Blanco que pueden ubicarse todos en el grupo de los cobres porfíricos o diseminados. Chuquicamata, en la provincia de Antofagasta, es considerado el más grande de los cobres porfíricos del mundo, con reservas de mineral de más de 1 000 000 000 de toneladas, y con una ley de cobre de 2.5 por ciento. Las reservas del El Teniente, en la Provincia de O'Higgins, serían, según las últimas informaciones disponibles, de más de 1 000 000 000 de toneladas con una ley media aproximada de 2.11 por ciento de cobre. El Salvador y Río Blanco tienen unas 400 000 000 y 150 000 000 de toneladas de mineral de reserva, respectivamente.

Algunos de los depósitos más importantes del Perú están ubicados en la Provincia de Junín, en la región andina central. La mayor parte de la producción proviene de las minas de Yauricocha, Morococha, Casapalca, Cerro de Pasco y Huarón. En el sur del Perú se encuentra el gran yacimiento de cobre porfírico de Toquepala, cuya explotación intensiva se inició en 1960 y que es ahora el productor más importante del país. Sus reservas son de unos 400 000 000 de toneladas con una ley de cobre del 1 por ciento.

Los principales yacimientos de cobre de México están en Sonora. Una parte importante de la producción de cobre de ese país es el subproducto de la explotación de yacimientos de plomo, plata, oro y zinc.

/MAPA IV

AMERICA LATINA : PRINCIPALES YACIMIENTOS DE COBRE



Leyenda :

- Centros productores

Las reservas de Brasil deben considerarse, en su mayor parte, como potenciales. El mayor de los yacimientos conocidos - Caraiba, en el estado de Bahía, cuyas reservas se estiman en unas 40 000 000 de toneladas con 1 por ciento de cobre - no es explotable en la actualidad por su ubicación, y por la escasez de agua en la zona.

En el cuadro 5 se consignan las reservas conocidas y la producción de cobre en América Latina. Las cifras se refieren al mineral medido e indicado, no existiendo información accesible sobre el inferido y el potencial. La razón es que la mayor parte de las reservas están en unos pocos yacimientos controlados por un número muy reducido de grandes compañías, las que en general sólo dan a conocer las reservas explotables en el futuro inmediato. Como resultado, las cifras indicadas sólo reflejan parcialmente la riqueza en cobre de los países incluidos. Para dar una idea de hasta qué punto los datos de reservas publicados deben tomarse con precaución, tomaremos un hecho demostrativo, entre los muchos que podrían citarse. En 1949, las reservas del yacimiento de cobre El Teniente se estimaban en unas 200 000 000 de toneladas de mineral con un contenido de cobre del 2.11 por ciento.^{1/} Actualmente, los últimos datos conocidos sobre resultados de perforaciones, indican que esas reservas oscilan entre 1 000 000 000 y 2 000 000 000 de toneladas, es decir, son 5 a 10 veces mayores que las estimadas 13 años atrás.

El gráfico IV muestra las reservas demostradas de cobre de América Latina comparadas con las mundiales.

^{1/} A. M. Bateman, Economic Mineral Deposits, John Wiley and Sons Inc. New York, 1951.

Cuadro 5

AMERICA LATINA: RESERVAS DEMOSTRADAS Y PRODUCCION DE COBRE

(Miles de toneladas)

País	Reservas demostradas contenido metálico	Producción
Chile ^{a/}	41 722	531 ^{b/}
Perú ^{a/}	11 338	182 ^{b/}
México ^{a/}	680	60 ^{b/}
Brasil ^{c/}	421	1 ^{d/}
Bolivia ^{e/}	26	3 ^{d/}
Cuba	...	16 ^{d/}
<u>Total</u>	<u>54 187</u>	<u>794</u>

Fuente: ^{a/} Mineral Facts and Problems 1960 United States Bureau of Mines.

^{b/} CEPAL, Boletín Económico, Suplemento Estadístico, Vol. VII, N° 2, 1962.

^{c/} Programa de Metas 1958 Tomo III, Conselho do Desenvolvimento Brasil.

^{d/} Minerals Yearbook, United States Bureau of Mines, 1960.

^{e/} Los yacimientos minerales de Bolivia 1952. Federico Ahlfeld.

Nota: Las reservas totales de "contenido metálico recuperable", calculadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales serían de 8 200 000 toneladas.

/El gráfico

El gráfico V exhibe la importancia relativa de la producción de cobre de América Latina en el mundo.

La información que hemos analizado muestra que las reservas de cobre en la región se hallan concentradas en un grupo muy pequeño de países. El resto carece, por ahora, de reservas importantes de ese metal.

5. Plomo y zinc

El plomo y el zinc presentan algunas características particulares que hacen especialmente difícil la evaluación de sus reservas. Aunque existen yacimientos de plomo sin zinc, o vice-versa, en la mayoría de los casos esos metales aparecen asociados en los mismos yacimientos. Por otra parte, estos metales se encuentran también asociados con otros productos minerales valiosos, en especial cobre, oro, plata, antimonio, bismuto y cadmio. En todos esos yacimientos polimetálicos, la "ley" se expresa como el valor combinado de todos los productos recuperables y el tenor de plomo o zinc, tomados aisladamente, tienen poco significado. En consecuencia, es muy difícil diferenciar reservas de mineral potencial tan solo en base a esas leyes. (Véase mapa V.)

En el cuadro 6 se indican las reservas demostradas y la producción de plomo y zinc de América Latina. No existen datos sobre las reservas inferidas ni sobre el mineral potencial. La razón es la que ya hemos comentado anteriormente: los datos provienen de las empresas mineras que explotan los yacimientos y que, en general, sólo dan información sobre el mineral que estiman necesario poner en evidencia para operar por un plazo económicamente razonable. En el caso del plomo y del zinc, las minas son generalmente más pequeñas e irregulares que en los metales que hemos tratado antes - hierro, aluminio, cobre y manganeso - y la capacidad de las plantas de beneficio es mucho menor. La cantidad de reservas que se desarrolla antes de comenzar la explotación, es también proporcionalmente más reducida, debido a que por la irregularidad de los yacimientos el costo por tonelada es mayor. Como consecuencia, las reservas demostradas de plomo y zinc son aún menos representativas de los recursos totales que en los otros metales citados.

/MAPA V

AMERICA LATINA : PRINCIPALES YACIMIENTOS DE PLOMO Y ZINC

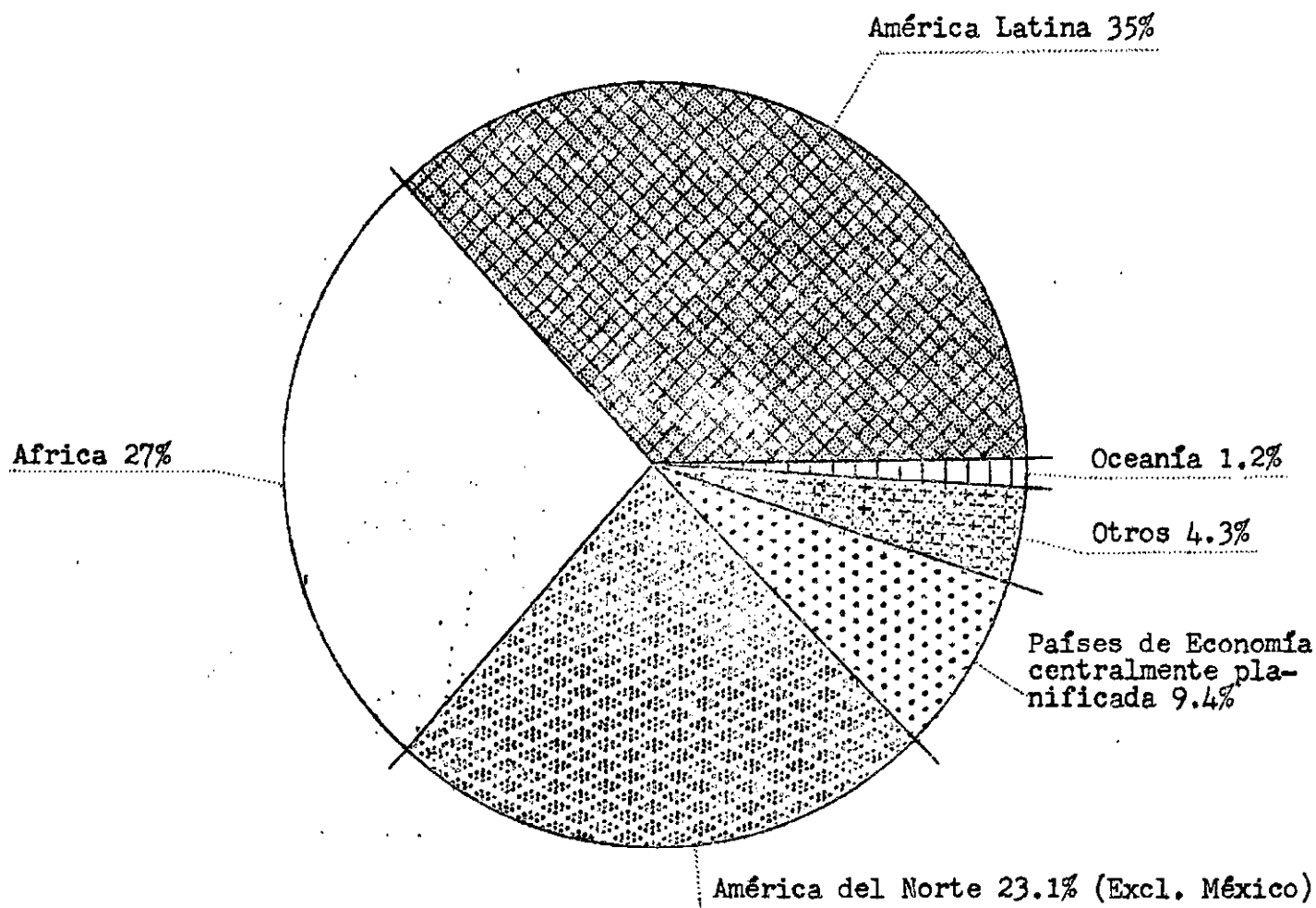


Leyenda :

- Δ Yacimientos de plomo y zinc

fuente : "Materials Survey" United States Department of the Interior, Bureau of Mines, 1951.

RESERVAS MUNDIALES DE COBRE DEMOSTRADAS)



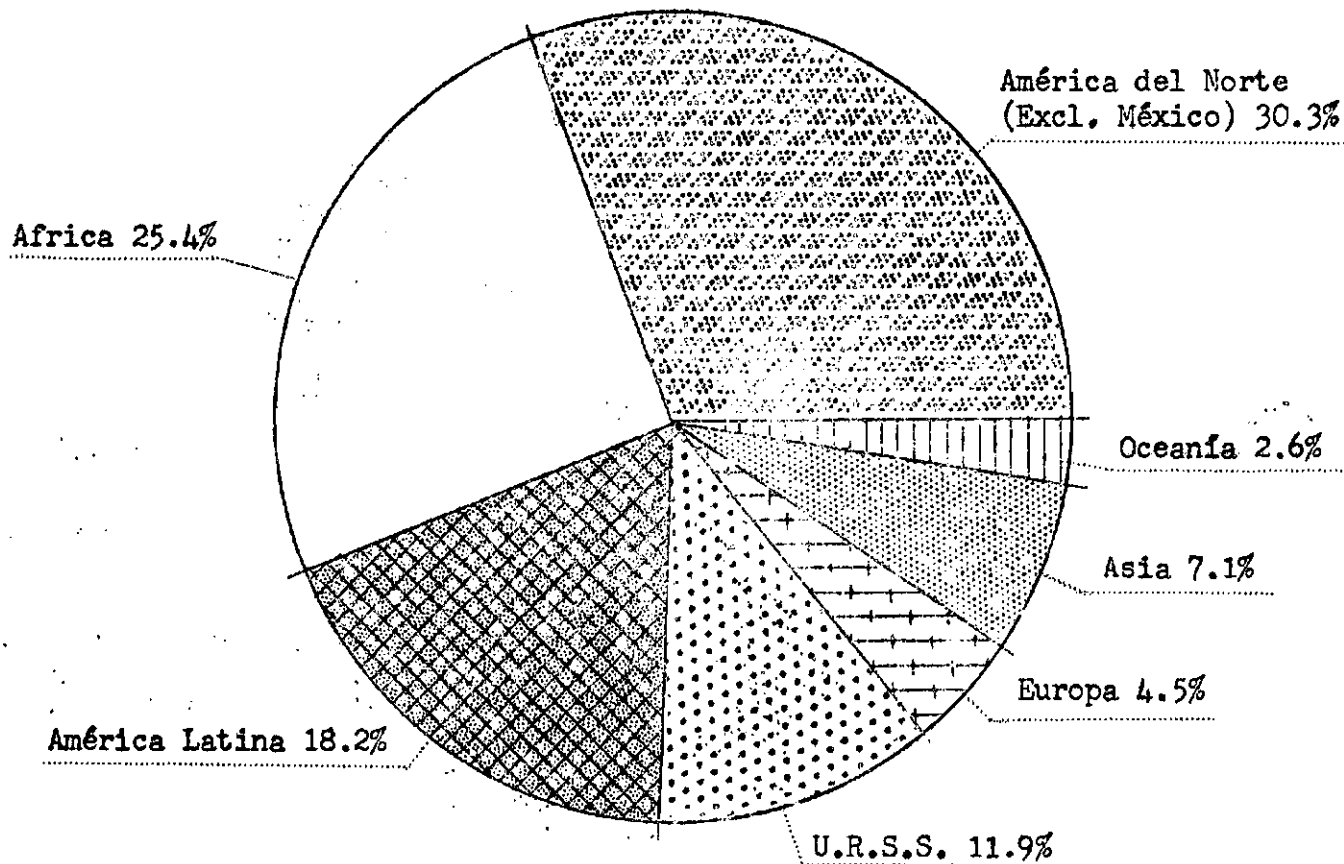
	Millones de toneladas de Cobre	Porcientos
<u>América Latina</u>	54 200	35.0
América del Norte	35 800	23.1
África	41 700	27.0
Países de Economía centralmente planificada	14 500	9.4
Oceanía (Australia y Filipinas)	1.800	1.2
Otros (Países Europeos, India y Japón)	6 700	4.3
<u>Total Mundial</u>	<u>154 700</u>	<u>100.0%</u>

Fuentes: "Mineral Facts and Problems", 1960, US. Bureau of Mines.

"Programa de Metas", 1958, Tomo III, Conselho Desenvolvimento, Brasil.

"Los Yacimientos Minerales de Bolivia", 1952 (F. Ahlfeld).

PRODUCCION MUNDIAL DE COBRE, 1959



	Toneladas de Cobre	Porcientos
<u>América Latina</u>	666	18,2
América del Norte	1 108	30,3
U.R.S.S.	435	11,9
Europa	166	4,5
Oceania (Australia)	96	2,6
Asia	258	7,1
Africa	931	25,4
<u>Total Mundial</u>	<u>3 360</u>	<u>100,0%</u>

Fuente: "Minerals Yearbook", 1960, US. Bureau of Mines.

Cuadro 6

AMERICA LATINA: RESERVAS DEMOSTRADAS Y PRODUCCION DE PLOMO Y ZINC

(Miles de toneladas)

País	Reservas contenido metálico		Producción	
	Plomo	Zinc	Plomo	Zinc
Argentina	1 200 ^{a/}	b/	33.2	34.6
Bolivia	90 ^{a/}	1 000 ^{c/}	21.4	4.0
Chile	...	b/	1.5	0.9
Guatemala	...	b/	8.6	10.0
Honduras	...	b/	5.4	4.3
México	3 200 ^{d/}	6 000 ^{d/}	190.7	262.4
Perú	1 400 ^{a/}	b/	131.6	134.8
<u>Total América Latina</u>	<u>5 890 ^{a/}</u>	<u>11 600 ^{d/}</u>	<u>392.4</u>	<u>451.0</u>

Nota: Según la estimación de la Oficina de Evaluación de Recursos Naturales del Perú las reservas en términos de "contenido metálico recuperable" de ese país en plomo y zinc serían de 1 470 000 y 1 860 000 toneladas respectivamente.

a/ "The President's Materials Policy Commission Report" (Paley Report), United States Department of the Interior, 1952.

b/ No se tiene información detallada, pero en conjunto, sus reservas alcanzan a 4 600 000 toneladas. (Dato obtenido de d/.)

c/ "Yacimientos Minerales de Bolivia", F. Ahlfeld, 1952.

d/ "Minerals and Metals - Commodity Data Summaries" - Bureau of Mines, 1962.

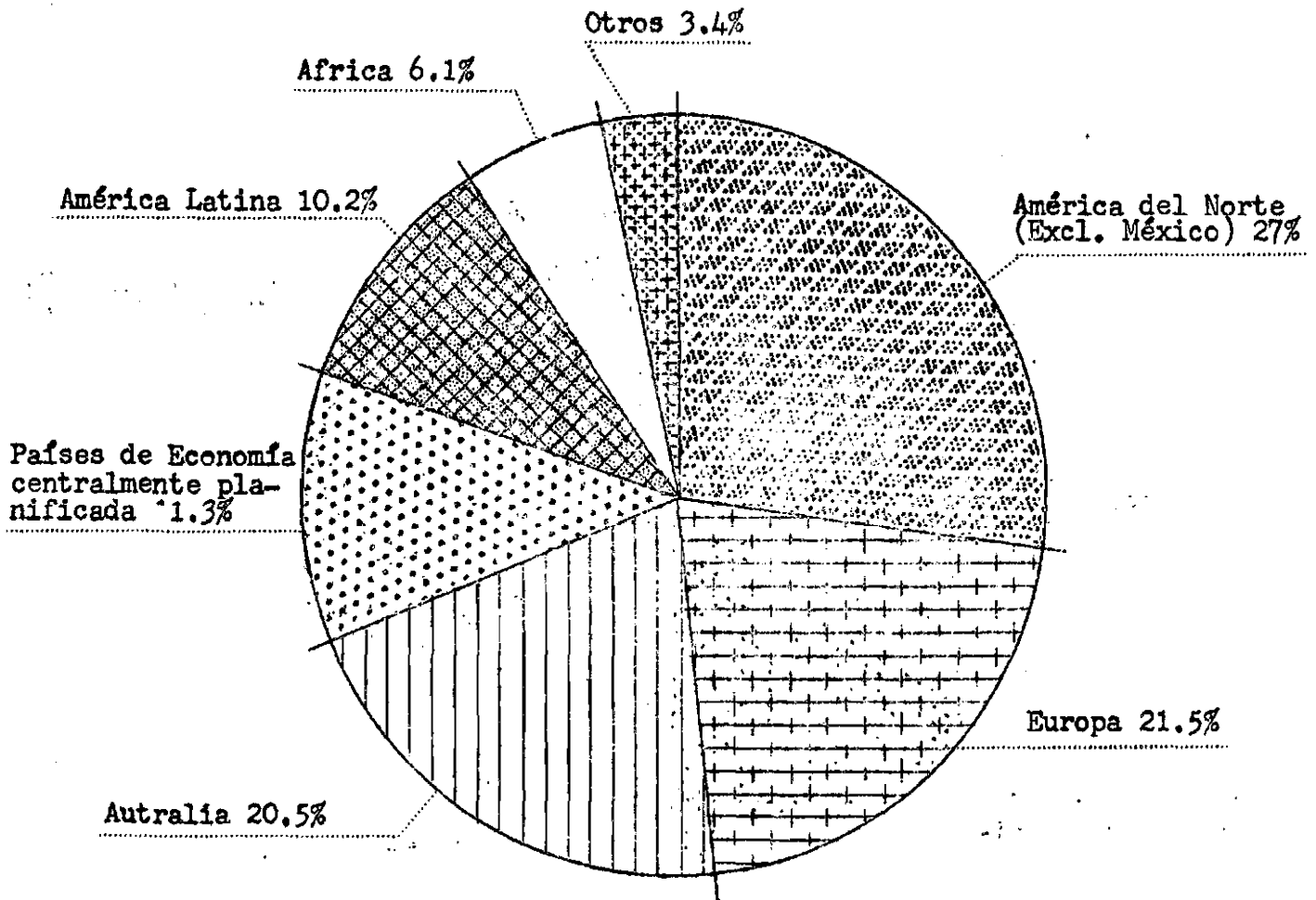
/En los

En los gráficos VI y VII puede verse que las reservas demostradas de América Latina en plomo y zinc representan el 11.2 por ciento y el 15.1 por ciento respectivamente de las mundiales. Los gráficos VIII y IX registran la producción mundial de esos metales.

Se debe señalar, finalmente, que a pesar de la posición importante que ocupa la región tanto en las reservas como en la producción de plomo y zinc, sólo seis países dentro de ella - Argentina, Bolivia, Guatemala, Honduras, México y Perú - tienen una producción que les permite autoabastecerse.

/Gráfico VI

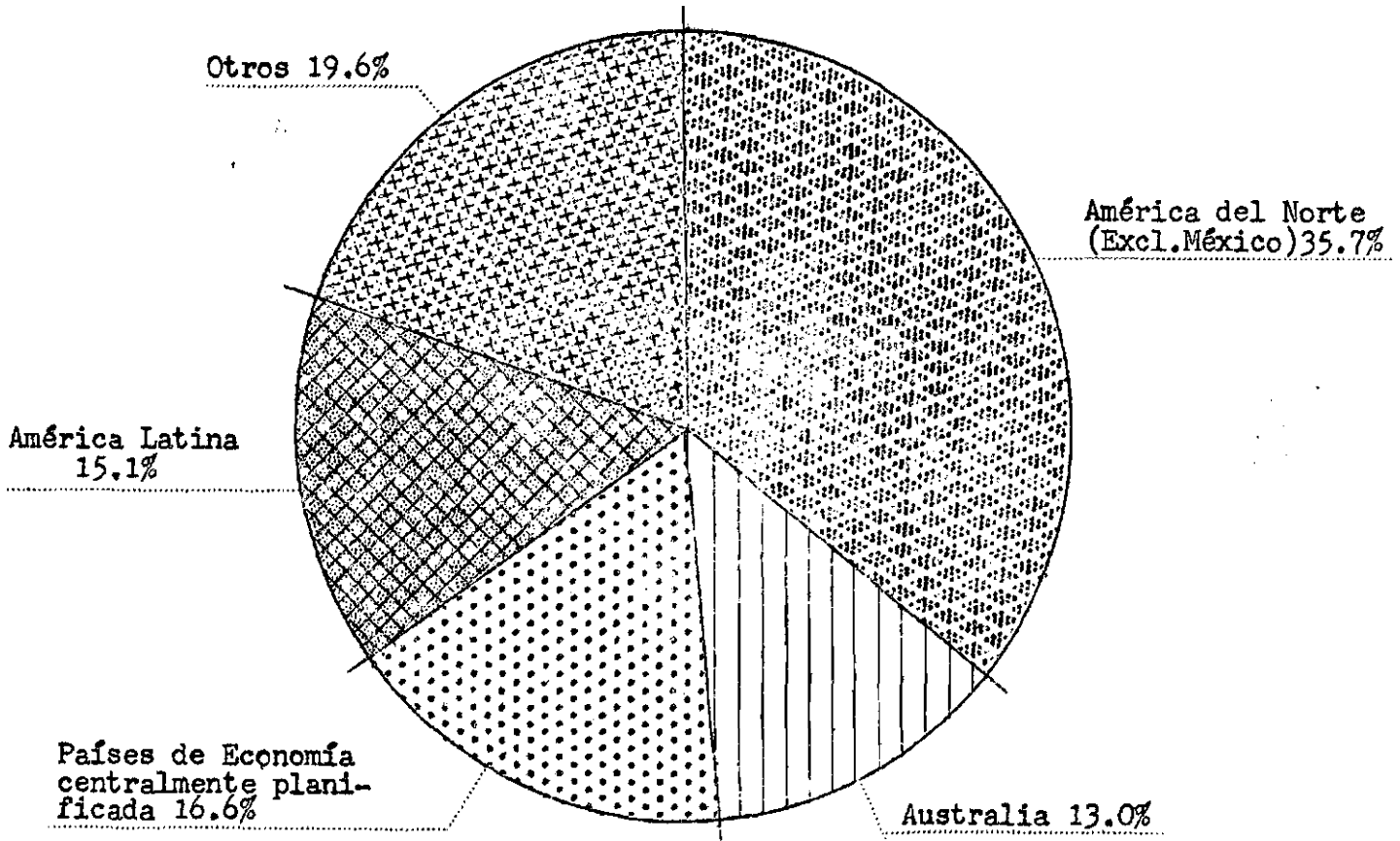
RESERVAS MUNDIALES DEMOSTRADAS DE PLOMO, 1960



	Miles de toneladas de plomo	Porcientos
<u>América Latina</u>	5 890	10.2
Países de Economía central- mente planificada	6 500	11.3
Europa	12 400	21.5
Australia	11 800	20.5
Africa	3 500	6.1
Otros	2 000	3.4
América del Norte	15 600	27.0
<u>Total Mundial</u>	<u>57.690</u>	<u>100.0%</u>

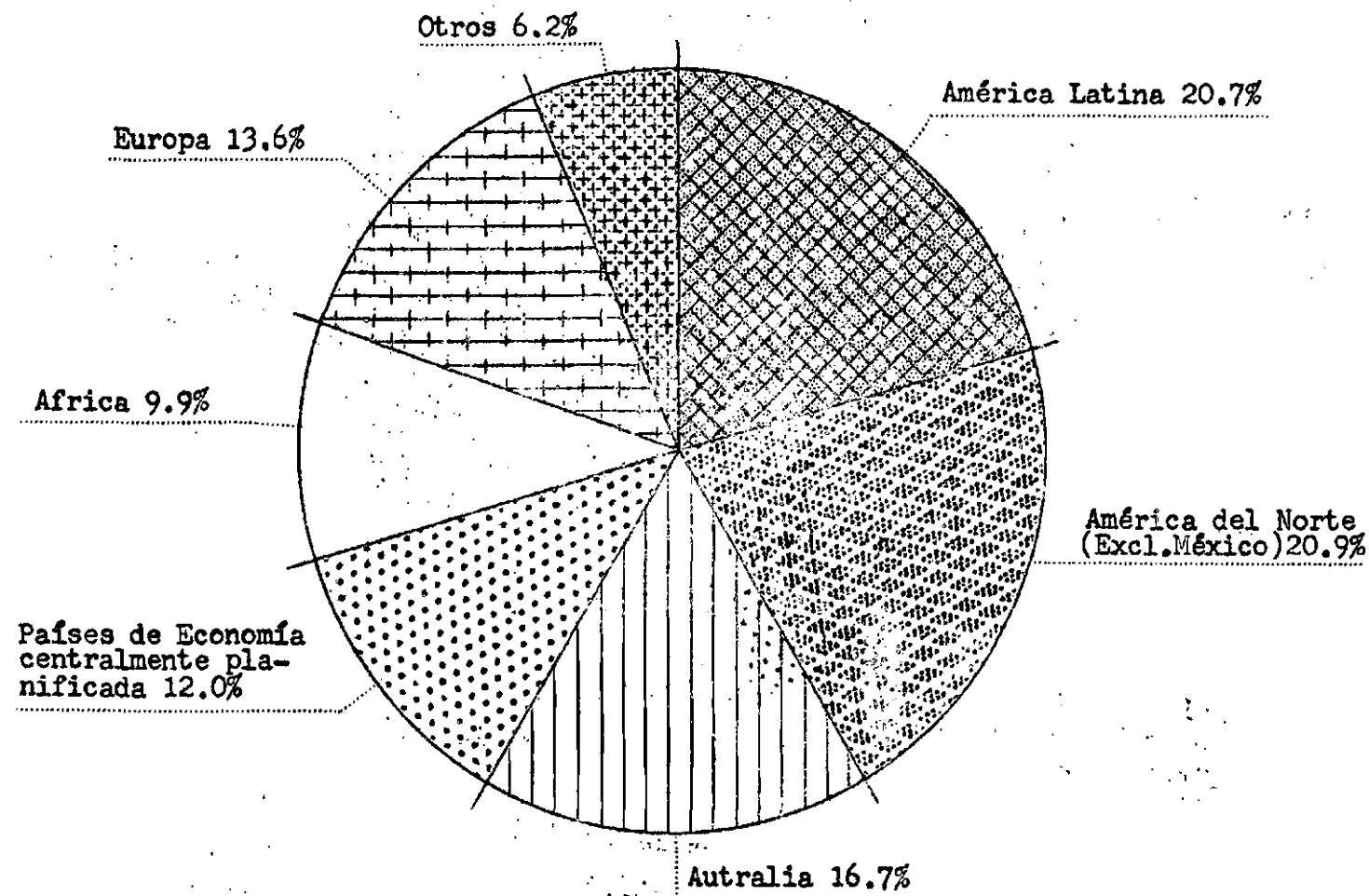
Fuente: "Mineral Facts and Problems", 1960, US. Bureau of Mines, "Mineral and Metals - Commodity data Summary" US, Bureau of Mines, 1962.

RESERVAS MUNDIALES DEMOSTRADAS DE ZINC, 1960



	Miles de toneladas de zinc	Porcientos
<u>América Latina</u>	11 600	15.1
América del Norte	27 370	35.7
Países de Economía central- mente planificada	12 700	16.6
Australia	9 980	13.0
Otros	14 966	19.6
<u>Total Mundial</u>	<u>76 616</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: "Mineral Facts and Problems", 1960, US. Bureau of Mines, "Mineral and Metals - Commodity data Summary", US. Bureau of Mines, 1962.

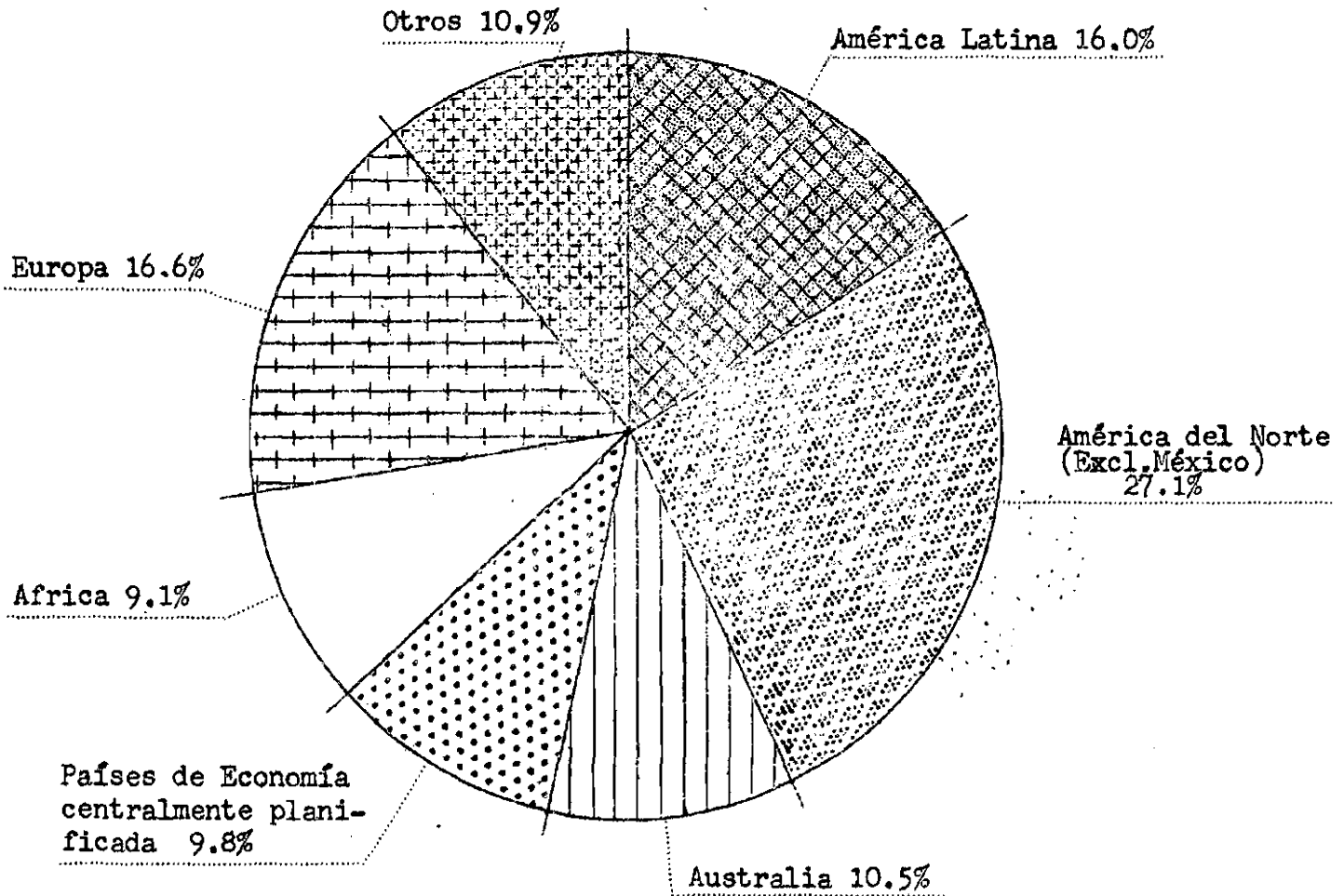
PRODUCCION MUNDIAL DE PLOMO, 1959 ^{a/}

	Miles de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	397.5	20.7
América del Norte	401.3	20.9
Países de Economía centralmente planificada	230.5	12.0
Australia	321.4	16.7
Africa	190.6	9.9
Europa	261.2	13.6
Otros	117.5	6.2
<u>Total Mundial</u>	<u>1 920,0</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: "Statistical Yearbook", 1961, United Nations.

^{a/} Excluido China Continental, Corea del Norte y U.R.S.S.. Se tomó la producción de 1959, pues para 1960 no se tenía estadística de todos los países.

PRODUCCION MUNDIAL DE ZINC, 1959 ^{a/}



	Miles de toneladas	Porcientos
<u>América Latina</u>	451.0	16.0
América del Norte	763.0	27.1
Australia	294.9	10.5
Países de Economía centralmente planificada	277.4	9.8
Africa	256.1	9.1
Europa	469.0	16.6
Otros	308.4	10.9
<u>Total Mundial</u>	<u>2 820.0</u>	<u>100.0%</u>

Fuente: "Statistical Yearbook", 1961, United Nations.

^{a/} Excluido China Continental, Corea del Norte y U.R.S.S.. Se tomó la producción de 1959, pues para 1960 no se tenía estadística de todos los países.

6. Estaño

La mayor parte de las reservas de estaño de América Latina están ubicadas en los Andes orientales de Bolivia, en la denominada "faja estannífera", que se extiende desde la frontera con Perú hasta la frontera argentina, con una longitud de unos 800 km y un ancho máximo de unos 150 km. La mineralización más intensa está en una línea que une Oruro con Potosí. En muchos de esos depósitos, el estaño está asociado con otros metales, especialmente plata, zinc, tungsteno, antimonio y bismuto.

El 95 por ciento de la producción de estaño de América Latina corresponde a Bolivia (19 700 ton en 1960). La de los otros países productores - Argentina, Brasil, México y Perú - no alcanza a satisfacer las necesidades de consumo de los mismos.

Las reservas demostradas de Bolivia se estiman en unas 500 000 ton de estaño metálico. Sobre los otros países que registran producción no se tienen datos de reservas, pero se supone que son relativamente pequeñas.

7. Otros metales

Los datos de producción y reservas que se dan en el cuadro 7 corresponden a un grupo de metales que si bien son menos importantes que los anteriores desde el punto de vista de su uso industrial, tienen interés para la región, ya sea por la significación de sus reservas o producción en el panorama mundial, o por la fuente de recursos que representan para algunos países de la misma. En algunos de estos metales los datos de reserva son incompletos o faltan totalmente, de modo que sólo a través de las cifras de producción puede tenerse un indicio de la importancia de las mismas.

/Cuadro 7

Quadro 7
 PRODUCCION Y RESERVAS DE OTROS METALES

E/CN.12/670/Add.1
 Pág. 60

País	Níquel		Antimonio		Molibdeno		Tungsteno		Mercurio		Plata	Oro
	Producción (ton. de Ni)	Reservas incluye potenciales (ton. de Ni contenido)	Producción (ton.)	Reservas (ton. de Sb contenido)	Producción (ton. de Mo)	Reservas (ton. de Mo contenido)	Producción (ton. de WO ₃)	Reservas demostradas e inferidas (ton. de WO ₃)	Producción (ton. de Hg)	Reservas (ton. de Hg)	Producción (ton. de Ag)	Producción (kg. de Au)
Argentina							460	4 500				
Bolivia			5 327	400 000			1 290	50 000			152	894
Brasil							1 200	22 500				
Colombia											4.2	13 497
Cuba	11 382	17 600 000										
Chile					2 014	450 000-900 000			99 ^{a/}	-	44.6	3 392
Ecuador											3.9	473
Guatemala			108	-								
Honduras											0.1	71
México			4 231	250 000	60		110	900	693	4 420	1 385	9 133
Nicaragua												6 164
Perú			817	-			293	4 950	105	-	956	4 386
El Salvador											2.2	32
Venezuela	13	450 000 ^{b/}										1 455
Total	11 395	18 050 000	10 483	650 000	2 074	450 000-900 000	3 353	82 450	897	4 420	2 548	39 442

Fuente: Producción: United Nations, Statistical Yearbook, 1961. Reservas: United States Bureau of Mines, Minerals Facts and Problems, 1960.

Nota: En oro, plata y tungsteno, las reservas del Perú, calculadas por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, serían las siguientes (contenido metálico recuperable): Au, 12 700 kg.; Ps, 6 160 kg. y WO₃, 7 120 toneladas.

^{a/} "Estadística Minera y Metalúrgica" Servicio de Minas del Estado, Chile 1961.

^{b/} "Memoria 1961" Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Venezuela 1962.

a) Uranio

Debido tanto a sus usos actuales, como a sus posibilidades de aplicación futura, la prospección por uranio se ha convertido en los últimos años en una actividad minera de fundamental importancia en todo el mundo.

Según la World Power Conference^{1/} sólo dos países de América Latina, Argentina y Chile, poseen reservas de uranio de alguna consideración. A fines del año 1962 la Comisión de Energía Atómica de la Argentina publicó un resumen general en sus actividades en la que también se consignan las reservas de uranio del país.^{2/} Las reservas demostradas e inferidas llegarían actualmente a unas 2 500 toneladas de U_3O_8 contenido en menas explotables. Según la misma fuente, las reservas totales del país pueden alcanzar a unas 25 000 toneladas de U_3O_8 contenidas en "mineral útil".^{3/} Estos recursos podrían duplicarse si se consideran minerales con leyes más bajas (costo de concentrado comercial entre US\$ 58 y 13/lb U_3O_8).

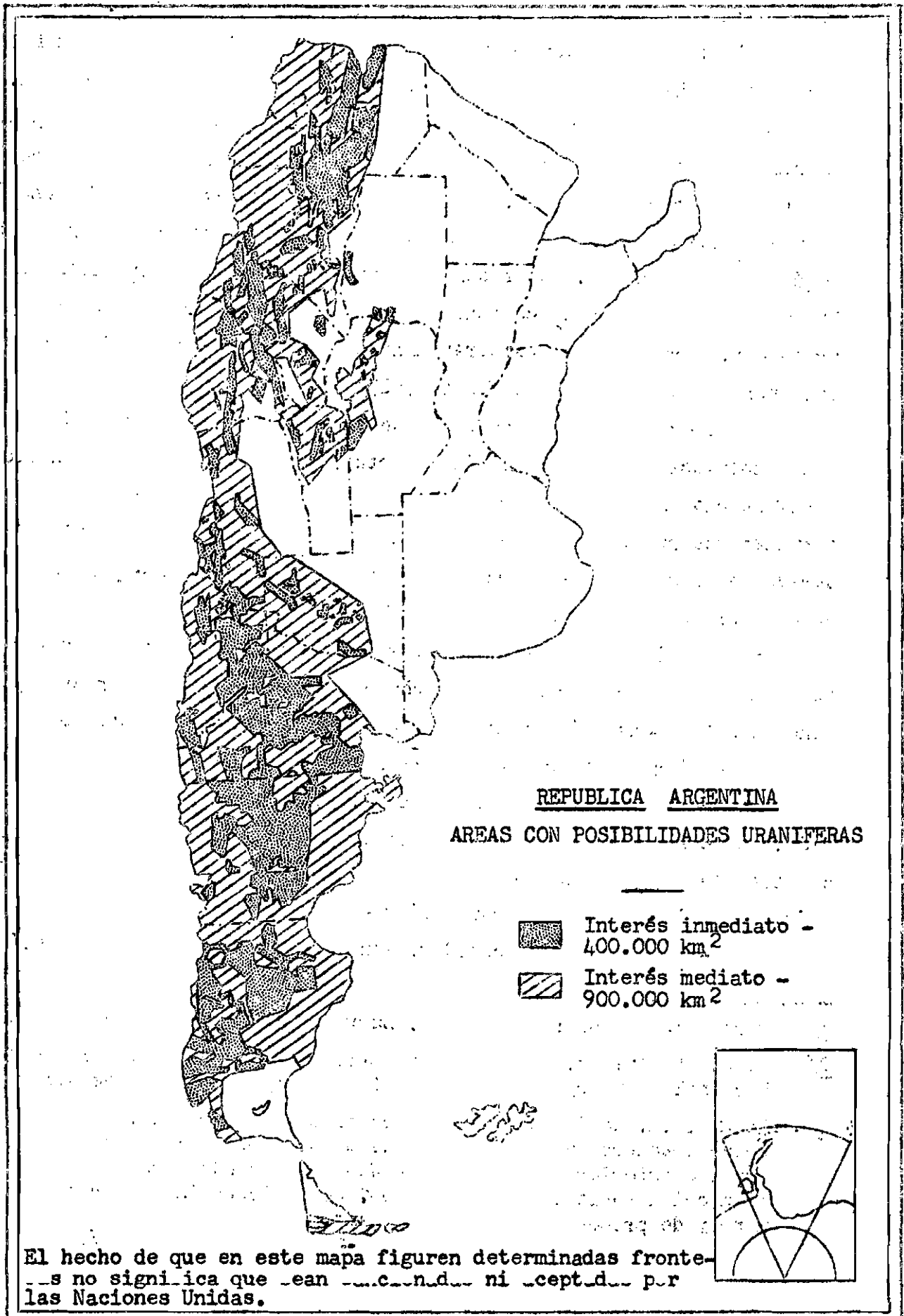
Las reservas de Chile no han sido estimadas, pero se consideran pequeñas, y no explotables en las condiciones actuales. En Colombia se han localizado manifestaciones uraníferas de alta ley pero no se han hecho trabajos para determinar reservas. En otros países de la región también se están efectuando tareas de prospección - especialmente en Brasil y México - pero no se tienen datos sobre posibles reservas.

En la República Argentina, hasta el año 1954 no se conocían yacimientos de uranio de interés económico. Ocho años después, las reservas explotables conocidas han convertido a ese país en exportador de concentrados de uranio. Este rápido incremento de las reservas se debió a una tarea de prospección realizada en toda la extensión del país, usando métodos modernos de exploración. En base a la información obtenida en esos trabajos y a la proveniente de otras fuentes, se han delimitado las áreas con posibilidades uraníferas del país, dividiéndolas en dos categorías - de interés "inmediato" y de interés "mediato" - en función de consideraciones técnicas y económicas. (Véase mapa)

1/ World Power Conference, W.P.C. Survey of Energy Resources, London, 1962.

2/ P. N. Stipanovic, "Las materias primas nucleares de la Argentina, Comisión Nacional de Energía Atómica, República Argentina, Buenos Aires, 1962.

3/ La C.N.E.A. de la R. Argentina considera "Mineral útil" a aquel del que puede obtenerse un concentrado de uranio con calidad comercial a un costo igual o inferior a US\$ 58,45/lb U_3O_8 incluyendo todos los gastos de evaluación del depósito, de exploración, de explotación, de transporte de la mena y de procesamientos de la misma.



Fuente: P.N. Stipanovic, Las Materias Primas en la Argentina, Comisión Nacional de Energía Atómica, República Argentina, Buenos Aires, 1962.

El éxito obtenido por la Argentina en la exploración uranífera es probable que se deba más a la aplicación sistemática de métodos modernos de prospección, que a una riqueza excepcional de su territorio. La aplicación de las mismas técnicas a las enormes áreas prácticamente inexploradas de la región, puede también cambiar el panorama actual de otros países en cuanto a sus disponibilidades de un elemento cuya importancia para el desarrollo tecnológico de un país moderno crece día a día.

b) Carbón y turba

Para la estimación de las reservas de América Latina usaremos los datos proporcionados por la World Power Conference^{1/} en 1962. Para ese estudio se ha tenido en cuenta que las características variables de los carbones en los diferentes países y las diversas bases usados por éstos para clasificarlos hacen difícil la separación entre los distintos tipos y subtipos. En consecuencia, se los ha clasificado solamente en tres grupos: carbones (antracita y carbones bituminosos y subbituminosos), lignitos y turba. La información para cada país ha sido suministrada, en su mayor parte, por el gobierno respectivo. En el cuadro 8 se consignan las reservas y la producción de carbón de América Latina. Las reservas de lignitos y turba se encuentran en su mayor parte en Chile (aproximadamente 5 000 000 000 de toneladas de cada uno de esos combustibles).

^{1/} World Power Conference, World Power Conference Survey of Energy Resources, London, W.C.2, 1962.

Cuadro 8

AMERICA LATINA: RESERVAS Y PRODUCCION DE CARBON ^{a/}

País	Año de la estimación	Reservas (millones de toneladas)			Producción (miles de toneladas)
		Medidas	Indicadas e inferidas	Total	
Argentina	1960	374	80	454	300
Brasil	1955	388	1 312	1 700	2 300
Colombia	-	-	-	12 500	2 700
Chile	1961	96	84	180	1 400
Honduras	1913	-	-	1	
México	-	-	-	2 600	1 800
Perú	-	-	-	400	150
Venezuela	1961	29.6	312	342	50
<u>Total</u>		<u>887.6</u>	<u>1 488</u>	<u>18 177</u>	<u>8 700</u>

Fuentes: Reservas: Survey of Energy Resources 1962, World Power Conference.
 Producción: Statistical Yearbook, United Nations, 1961.

a/ Incluye las antracitas y los carbones bituminosos y subbituminosos de la clasificación A.S.T.M.

8. Petróleo y gas natural

a) Exploración

La primera etapa de la búsqueda de petróleo en grandes áreas es la localización de cuencas sedimentarias, y dentro de ellas la ubicación de zonas favorables a la formación y acumulación de petróleo. Para ello es imprescindible contar con la mayor cantidad de información geológica posible. En esta primera etapa, los relevamientos geológicos que hacen los servicios oficiales pueden tomarse como base.

La segunda etapa implica el mapeo geológico detallado de las áreas favorables, con el objeto de determinar los lugares donde las condiciones geológicas son apropiadas para la acumulación de petróleo. En esta parte del trabajo la fotografía aérea y los métodos geofísicos, especialmente los sísmicos, son de una utilidad inapreciable.

No debe olvidarse que ni los métodos geológicos ni los geofísicos pueden indicar la presencia de petróleo. Sólo señalan la existencia de condiciones favorables para la acumulación de los hidrocarburos; únicamente las perforaciones pueden probar su existencia. No obstante, la enorme contribución hecha por la geología y la geofísica al éxito de la exploración moderna de petróleo puede apreciarse en las siguientes cifras de índice de éxito - número total de pozos perforados por cada pozo en que se encontró algo de gas o petróleo - considerando los diversos métodos de exploración usados.^{1/}

Índice de éxitos

Exploración no científica	1:30
Exploración geológica	1:10
Exploración geofísica	1:6
Exploración geológica y geofísica	1:5

Estas cifras representan un promedio mundial.

^{1/} Shell International Petroleum Company Limited, The Petroleum Handbook, London, 1959.

/b) Reservas

b) Reservas

Las reservas de petróleo y gas pueden agruparse en las siguientes categorías:

Reservas probadas: petróleo y gas recuperables en un campo petrolífero, probadas con perforaciones, que se pueden calcular con una precisión razonable.

Reservas probables: las reservas contenidas en extensiones probables de las áreas con reservas probadas en un campo petrolífero en desarrollo.

Reservas posibles: el petróleo y el gas que se pueden esperar en adición a las reservas probadas y probables en un campo petrolífero en desarrollo, en otras áreas que las que contienen los dos tipos de reservas anteriores.

El tipo de reservas que se conoce de un campo petrolífero, entonces, depende del estado de desarrollo del mismo. En un campo petrolífero totalmente desarrollado, todas las reservas serán probadas. En cualquier etapa intermedia existirán los tres tipos en diferentes proporciones.

Los cálculos de reservas probables y posibles los efectúan las empresas para planear sus operaciones futuras, pero en general no se publican. Los datos disponibles de reservas se refieren siempre a reservas probadas, que son las que trataremos ahora.

Para determinar las reservas probadas de un yacimiento - es decir el volumen total de petróleo "in situ" recuperable - es necesario conocer, además de la cantidad de petróleo o de gas presentes, las características mecánicas del depósito, y la posible eficiencia de los métodos de recuperación secundaria a aplicar. En las primeras etapas del desarrollo de un yacimiento petrolífero no se dispone por lo general de toda la información necesaria para calcular con exactitud la recuperación, por lo cual las estimaciones se basan en parte en la experiencia que se tiene sobre el comportamiento de yacimientos similares. A medida que avanza el desarrollo, la información geológica adicional que se obtiene hace posible un cálculo de recuperación más exacto. Los cálculos de reservas probadas que se duplican para una región o país, comprenden desde yacimientos en la primera etapa de producción hasta depósitos en la fase de agotamiento, e incluyen, por lo tanto, cifras con distintos grados de precisión.

/La recuperación

La recuperación media actual en el mundo es de alrededor del 25 al 30 por ciento del petróleo "in situ". Es evidente en consecuencia, que las reservas de petróleo disponibles pueden variar considerablemente con el progreso en la eficiencia de los métodos de producción.

c) Reservas de América Latina

En el cuadro 9 y el gráfico X se registran la producción de petróleo y el estado de las reservas de América Latina en los años 1945 y 1961 y en el cuadro 10 las reservas de gas natural de petróleo. Las reservas totales de la región en el año 1945 ascendían a 1 335 675 000 toneladas. En el año 1961, a pesar de haberse extraído en el intervalo una cantidad de petróleo equivalente a casi el doble de las reservas probadas en 1945, las reservas totales ascendían a 3 576 621 000 toneladas, es decir, se habían casi triplicado en comparación con las del año 1945 y se sextuplicaban tomando como referencia las estimaciones del año 1938. En el gráfico XI en que se comparan las relaciones reserva/producción para el mundo y para América Latina en el período 1949-1961, puede verse como el incremento de las reservas probadas de petróleo aumentó en forma más o menos paralela con el aumento de la producción.

Si tomamos la duración teórica de las reservas - es decir, la duración calculada al ritmo de consumo del año en que se efectuó la estimación - el cuadro que se presenta es similar. En el cuadro 11 se consigna la duración teórica de las reservas calculadas anualmente para América Latina y para el mundo en el período 1949-1961.

El panorama que hemos analizado brevemente, muestra que, hasta ahora, tanto en el mundo como en América Latina, los nuevos descubrimientos y el desarrollo de depósitos ya conocidos han permitido mantener las reservas probadas en un margen de seguridad razonable, pese al gran incremento de la demanda. En otros términos, el desarrollo de reservas se ha efectuado en función de la demanda, sin que las existencias naturales de petróleo hayan sido todavía un factor limitativo.

Cuadro 9

AMERICA LATINA: PRODUCCION Y RESERVAS DE PETROLEO CRUDO, 1945 Y 1961

(Miles de toneladas)

País	1954			1961		
	P.e.	Producción	Reservas	P.e.	Producción	Reservas
Argentina	0.90	3 274	42 930	0.90	13 162	343 440
Bolivia	0.82	50	6 519	0.82	414	16 298
Brasil	0.86	11	137	0.86	4 791	42 373
Colombia	0.87	3 266	69 165	0.87	7 033	103 748
Cuba	0.82	22	391	0.82	9	130
Chile		-	-	0.82	1 199	19 557
Ecuador	0.83	345	3 299	0.83	400	3 959
México	0.90	6 231	124 497	0.90	14 782	357 750
Perú	0.84	1 947	21 370	0.84	2 540	53 424
Trinidad	0.91	3 111	43 407	0.91	6 580	68 728
Venezuela	0.92	47 332	1 023 960	0.92	155 158	2 567 214
<u>Total América Latina</u>		<u>65 589</u>	<u>1 335 675</u>		<u>205 988</u>	<u>3 576 621</u>

Fuentes: Producción: 1945, Estadísticas oficiales de los diferentes países; 1961, Oil and Gas Journal, 25-XII-61.

Reservas: 1945, Memoria del Ministro de Minas al H. Congreso Nacional, Colombia 1946 Tomo III; Oil and Gas Journal, 25-XII-61, para 1961.

Cuadro 10

AMERICA LATINA: RESERVAS DE GAS NATURAL

(Millones de metros cúbicos)

País	Año de estimación	Reservas medidas	Poder calorífico (Kcal/m ³)	Reservas indicadas e inferidas	Total
Argentina	1960	210 000	9 300	27 440	237 440
Bolivia					
Brasil	1957	10 762	-	-	-
Chile	1961	80 000	10 000	220 000	300 000
Colombia					
Cuba					
Ecuador					
México	1960	230 000
Perú					
Trinidad	1960	20 459	8 899	a/	a/
Venezuela	1960	952 630	10 412	a/	a/

Fuente: World Power Conference, World Power Conference Survey of Energy Resources, London W.C.2, 1962.

a/ No registradas.

/Gráfico X

Gráfico X

AMERICA LATINA ; RESERVAS PROBADAS Y PRODUCCION DE PETROLEO CRUDO, 1945-61
(Millones de toneladas)

Escala semilogarítmica

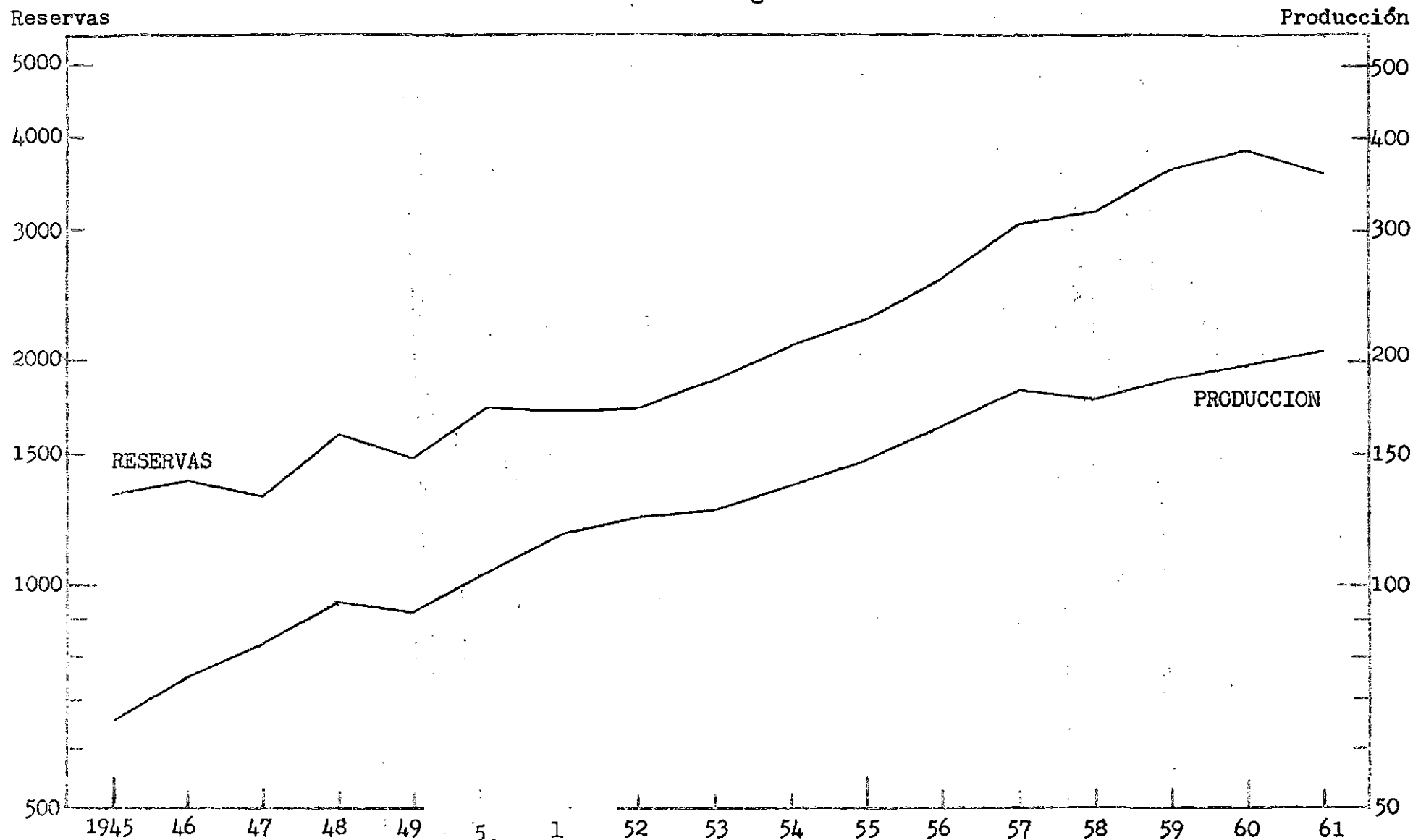
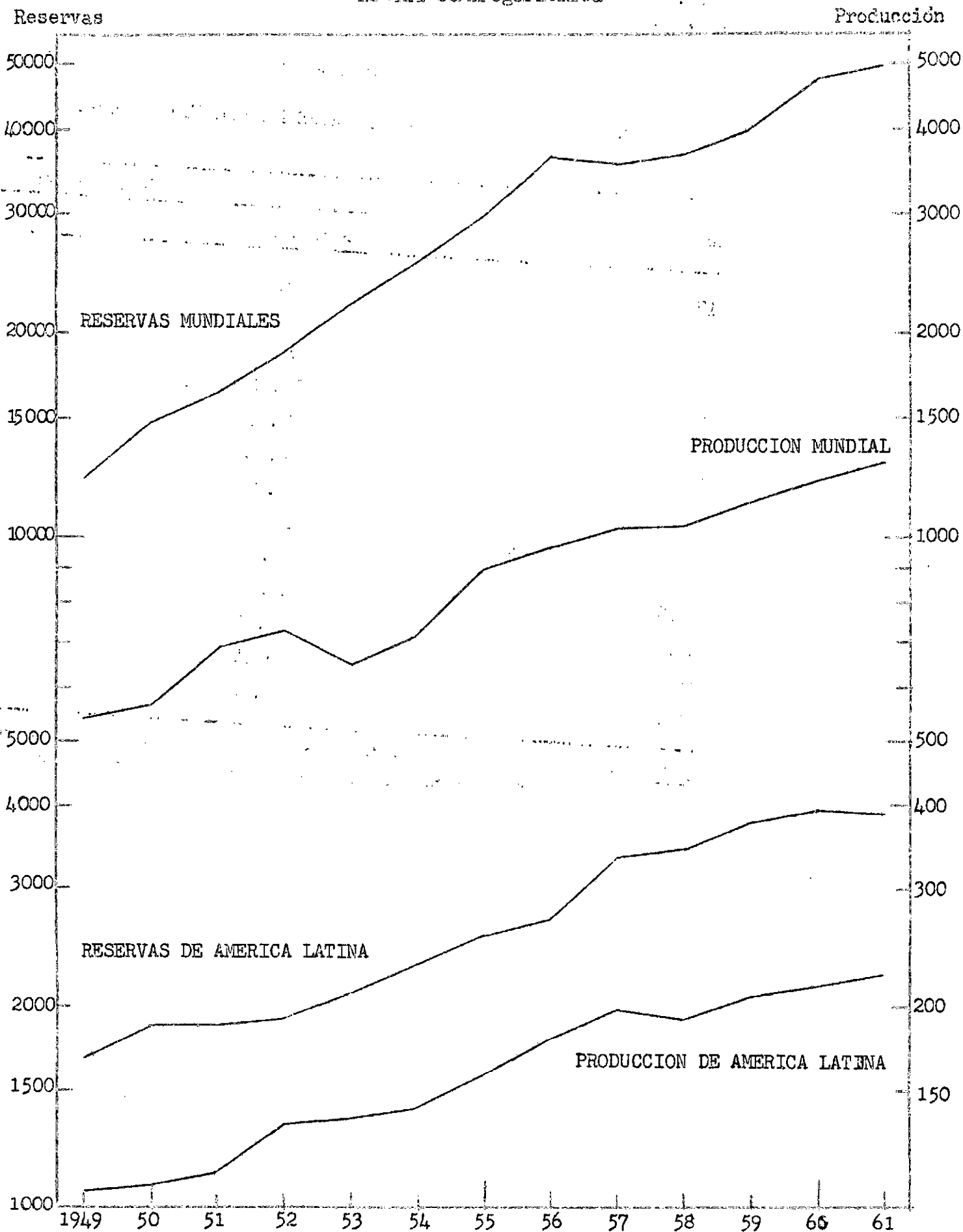


Gráfico XI

Gráfico 11. Pág. 71
**INCREMENTO EN LA PRODUCCION Y RESERVAS DE PETROLEO CRUDO EN EL MUNDO
 Y EN AMERICA LATINA, 1949-61**
 (Millones de metros cúbicos)

Escala semilogarítmica



Cuadro 11

DURACION TEORICA DE LAS RESERVAS DE PETROLEO, 1949-1961

Año	Años de duración	
	América Latina	Mundo
1949	16.07	22.47
1950	16.58	26.52
1951	14.63	23.94
1952	14.12	25.87
1953	15.59	34.09
1954	16.16	35.24
1955	15.72	32.45
1956	15.64	37.98
1957	16.69	34.57
1958	17.72	35.39
1959	19.15	35.23
1960	19.44	39.55
1961	17.36	38.06

Nota: En cada caso la duración se ha calculado sobre la base del consumo de ese año y se refiere sólo a la producción y reservas de petróleo.

/No obstante,

No obstante, si bien esa afirmación es válida en términos generales para el conjunto de la región, la situación, considerada por países, presenta caracteres especiales que es necesario considerar. Algunos países productores del área - particularmente Argentina, Brasil y Chile - si bien han incrementado su producción en forma continua, dependen todavía en parte de la importación para satisfacer su consumo. En el caso de Argentina el problema es de explotación, no de disponibilidad de reservas. En cuanto a Brasil y Chile, es indudable que deben aumentar considerablemente sus reservas probadas para poder llegar al autoabastecimiento. El resto de los países con reservas conocidas - con excepción de Venezuela y Colombia, que son netamente exportadores - producen aproximadamente lo necesario para autoabastecerse. Doce países de la región no tienen reservas conocidas de petróleo.

En resumen, podemos decir que, con las excepciones señaladas, los países de América Latina deben aumentar sus esfuerzos para revelar nuevas reservas de petróleo, no solamente para alcanzar el autoabastecimiento a los niveles actuales, sino para afrontar las crecientes demandas de petróleo y gas que implican los planes actuales de desarrollo, sobre todo teniendo en cuenta que el consumo en la mayor parte del área es todavía relativamente bajo, comparado con el de otras regiones más industrializadas del mundo.

Se presenta así el interrogante de si las reservas potenciales de petróleo y gas de la región - es decir, las existencias no descubiertas todavía - podrán, por lo menos en el futuro previsible, ser suficientes para afrontar esa demanda en rápido aumento. Si bien no se puede dar una respuesta terminante, se pueden hacer previsiones razonables basándose en la hipótesis de que las posibilidades petrolíferas de una región son aproximadamente proporcionales a la cantidad de rocas sedimentarias que contenga.

Consideremos ahora el caso de América Latina. En el mapa se han registrado los yacimientos en producción y se han trazado aproximadamente los límites de las cuencas sedimentarias conocidas, y de la plataforma continental. Puede verse que la mayoría de los países de la región poseen áreas de rocas sedimentarias que son fuentes potenciales de petróleo y que en su mayor parte no han sido todavía suficientemente exploradas.

/Finalmente, como

Finalmente, como un ejemplo ilustrativo de la relación entre producción y capacidad de exploración, conviene señalar el caso de Estados Unidos. Ese país, con un volumen de rocas sedimentarias del mismo orden de magnitud del que se encuentra en América Latina, satisface casi el 40 por ciento de la demanda mundial de petróleo, y ha conseguido hasta ahora desarrollar nuevas reservas acordes con esa producción. No existe ninguna razón "a priori" para suponer que las condiciones geológicas de su territorio sean excepcionalmente favorables. Es mucho más razonable suponer que esa situación se debe a que es el país que más intensamente ha explorado su territorio.

Podemos concluir, en consecuencia, que las condiciones geológicas de la mayor parte de los países de América Latina son favorables en lo que respecta a las posibilidades de incrementar sus reservas petrolíferas en la medida que lo requieran sus necesidades de desarrollo.

Es necesario destacar, sin embargo, que la condición previa indispensable para concretar esas posibilidades, es el relevamiento geológico de las zonas potencialmente productivas. En áreas con rocas sedimentarias que abarcan extensiones de centenares de miles de kilómetros cuadrados, el mapeo en escala adecuada es la única manera de delimitar los lugares que por sus condiciones geológicas favorables deben estudiarse luego en detalle.

Anexo I

CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS MINERALES

1. Recursos y reservas minerales

El primer problema que se enfrenta cuando se trata de determinar la riqueza en minerales de un país o de una región, es el de definir correctamente qué se entiende por "recurso" o por "reserva" mineral.

En muchos casos, las estimaciones de la riqueza minera de un país o de una región se hacen sumando cantidades que, aunque han sido publicadas con la misma denominación, no son realmente comparables. Esto se debe, básicamente, a las dificultades intrínsecas que presenta toda estimación de recursos o reservas minerales, debido al número y a la complejidad de los factores que deben tomarse en consideración.

Los yacimientos o depósitos minerales son cuerpos geológicos que se caracterizan por tener concentraciones muy elevadas de ciertos elementos o minerales que entran en la constitución de la corteza terrestre, y el material mismo que los constituye se denomina mena o mineral.

La condición esencial para que uno de esos cuerpos sea calificado como yacimiento, es que de él puedan extraerse uno o más metales o minerales útiles en forma económica.

Los factores que determinan las posibilidades de explotación económica son múltiples. Algunos de ellos - como forma y tamaño del depósito y composición y ley de la mena - son de naturaleza geológica y pueden ser determinadas por un estudio adecuado del yacimiento, pero otras - como condiciones del mercado, procedimientos de explotación y beneficio de los minerales, etc. - son independientes de las características del yacimiento y pueden variar considerablemente con el tiempo. Otros factores, como distancia, accesibilidad, clima, disponibilidad de agua en la zona, etc., son también independientes de las condiciones del depósito, pero suelen tener una importancia decisiva en la determinación de sus posibilidades de explotación. En yacimientos de materiales de poco valor unitario y gran volumen - como hierro y carbón, por ejemplo -, las posibilidades de explotación dependen, en gran medida, de las condiciones del transporte a los centros de consumo. En las zonas áridas o desérticas, donde el agua para las plantas de beneficio debe ser traída desde largas distancias, la explotabilidad de un yacimiento depende de que las reservas sean suficientemente grandes como para

/justificar las

justificar las considerables inversiones de capital que esas obras requieren. En una zona sin problema de abastecimiento de agua, las reservas mínimas necesarias para que un yacimiento sea económico serán mucho menores.

Los ejemplos podrían multiplicarse casi indefinidamente, pero los que hemos presentado son suficientes para demostrar que el problema de determinar qué es una reserva mineral es sumamente complejo, e implica la consideración de factores geológicos y económicos, incluyendo entre estos últimos los tecnológicos y los que podríamos denominar condiciones generales de contorno, tales como: ubicación geográfica, disponibilidad de agua, etc. Además, y éste es un punto de importancia fundamental, el peso relativo que estos factores tienen en la calificación de las reservas varía considerablemente según se trate de las de un yacimiento o un distrito minero, o de las de un país o región.

El estudio de los yacimientos en particular se realiza, en la mayoría de los casos, para proceder a su explotación más o menos inmediata. Para ese fin, el margen de error y la incertidumbre de los factores geológicos de la evaluación - es decir, los que inciden en la determinación de las dimensiones, forma y calidad del depósito - son demasiado grandes. Para eliminarlos o para reducirlos a un nivel aceptable, la empresa minera realiza una serie de trabajos de exploración. Como estos trabajos son caros, la empresa los emprende solamente si el estudio geológico previo indica que las condiciones son favorables.

En cuanto a las incógnitas económicas, a la empresa le resulta relativamente fácil despejarlas, porque hace su estimación basándose en las condiciones económicas y tecnológicas del momento, aceptando el riesgo normal en toda producción comercial.

Por otra parte, y éste es un punto muy importante, la empresa minera efectúa solamente los trabajos de exploración indispensables para asegurarse de que dispondrá de mena para operar durante un período razonable, de modo tal que le permita recuperar las inversiones efectuadas con un margen previsto de beneficio. Posteriormente, tratará de llevar sus trabajos de exploración de manera tal que pueda cada año asegurarse de la existencia adicional de una cantidad de mena por lo menos igual a la explotada durante ese año.

/Cuando se

Cuando se trata de estimar los recursos minerales de una región, la situación es muy distinta. En primer lugar, las incógnitas geológicas no pueden despejarse realizando labores de exploración, y los cálculos deben entonces basarse en las estimaciones geológicas, aceptando el grado de incertidumbre que implican.

La definición, en términos económicos, de lo que debe considerarse mena ya no puede basarse en las condiciones técnicas y económicas imperantes en el momento, porque la estimación de la riqueza minera de un país o de una región se hace sobre la base de previsiones a largo plazo. El criterio que se adopta casi universalmente para este tipo de evaluación es el de considerar reserva todo lo que resultaría aprovechable en las condiciones económicas y técnicas del futuro previsible. Es obvio que la previsión de esas condiciones implica que el evaluador debe tomar decisiones arbitrarias, en el sentido de que se basan en gran medida en sus opiniones personales. Así se explica que las estimaciones de la riqueza minera de una misma región, realizadas por distintas personas, den muchas veces resultados que difieren considerablemente entre sí.

Como resumen de la discusión precedente se puede afirmar que la riqueza de un yacimiento o de una región no se puede expresar por una cifra de reservas que tenga valor absoluto. Sólo se pueden dar estimaciones que son válidas dentro de ciertas condiciones económicas y de cierto grado de certeza que es necesario especificar en cada caso. Las clasificaciones de reservas, en el punto que trataremos a continuación, se han ideado precisamente con el objeto de cumplir esta última condición.

2. Clasificación de las reservas

Los primeros términos usados en la industria minera para la evaluación de yacimientos, y que todavía gozan de amplia aceptación, fueron los de reservas positivas, probables y posibles. Las reservas positivas son las que han sido verificadas por trabajos de exploración y de cuya existencia y calidad (composición y leyes) existe seguridad suficiente como para justificar las inversiones necesarias para su explotación. Las reservas probables también han sido reconocidas por labores mineras o por los afloramientos, pero la incertidumbre con respecto a su cantidad y calidad es

/considerablemente mayor

considerablemente mayor que en el caso anterior. Las reservas posibles son una evaluación geológica. En una mina en operación, como es natural, las reservas van cambiando de categoría a medida que las nuevas labores de exploración y desarrollo permiten conocer mejor las características del yacimiento.

Como ya ha sido señalado por muchos especialistas, esta clasificación se adapta muy bien a las necesidades de la empresa minera; pero para la estimación de la riqueza de una región, en cambio, establece limitaciones demasiado rígidas para los distintos tipos de reservas.

Para corregir esta situación, el United States Geological Survey y el United States Bureau of Mines adoptaron en 1944 una clasificación de reservas más flexible para las evaluaciones de recursos minerales en escala nacional o regional. Según esta clasificación, las reservas se dividen en medidas, indicadas e inferidas.^{1/}

1/ Medidas (o cubicadas). Son aquellas reservas cuyo tonelaje se computa por las dimensiones reveladas en afloramientos, trincheras, labores mineras y perforaciones y cuya ley se determina por medio de un muestreo detallado. Los sitios en los cuales se han efectuado las observaciones, la toma de muestras y las mediciones están tan próximas, y las características geológicas están tan bien definidas, que queda perfectamente establecido el tamaño, forma y composición de la mena. El tonelaje y la ley computados se consideran exactos dentro de los límites que se establecen, y se supone que esos límites no difieren del tonelaje o ley calculados en más del 20 por ciento.

Indicadas. Son aquellas cuyo tonelaje y ley se calculan, en parte, mediante mediciones específicas, muestras o datos de producción, y, en parte, sobre la proyección hasta una distancia razonable, basándose en evidencias geológicas. Los sitios disponibles para las observaciones, mediciones y muestreos están demasiado separados o espaciados inadecuadamente para poder delimitar los cuerpos mineralizados o determinar en detalle las leyes de los mismos.

Inferidas. Son aquellas reservas para las cuales las estimaciones numéricas se basan en gran parte en un conocimiento general del carácter geológico del depósito, y de las que no existen, o existen muy pocas mediciones o muestras. Las estimaciones se basan en una supuesta continuidad o repetición apoyada en evidencias geológicas; estas evidencias pueden incluir comparaciones con depósitos de tipo similar. Se pueden agregar cuerpos mineralizados ocultos si hay evidencia geológica específica de su presencia. Las estimaciones de reservas inferidas deben incluir información sobre los límites específicos dentro de los cuales el material puede estar.

Esta nomenclatura, si bien es mucho más apta para evaluaciones regionales que la mencionada antes, presenta todavía dos dificultades. La primera es que el evaluador no tiene, en general, acceso a la información que poseen las empresas privadas y, por lo tanto, no puede hacer la distinción entre reservas "medidas" e "indicadas". Por lo demás, la categoría de reservas "medidas", que equivale aproximadamente a la de "positivas" de la primera clasificación, sólo representa, como ya se señaló, la cantidad de mineral que las empresas consideran indispensable asegurar antes de comenzar la explotación y, en consecuencia, su diferenciación exacta no es necesaria para evaluar la riqueza de una región. La segunda dificultad es que el término "reserva" se usa prácticamente siempre en el sentido de mineral aprovechable en las condiciones económicas presentes. Al economista, en cambio, le interesan igualmente las existencias de mineral que podrían aprovecharse en las condiciones imperantes dentro del futuro que él considera previsible.

Para obviar la primera dificultad, F. Blondel y S. G. Lasky propusieron abandonar los términos "medidas" e "indicadas" y reemplazarlos por un único término - "demostradas" - que los incluiría a los dos.^{1/}

En lo que respecta al segundo punto, los mismos autores recomiendan (siguiendo el criterio señalado por Lasky en 1949) restringir el término "reservas para el mineral que se considera explotable en las condiciones existentes, incluyendo costo, precio, tecnología y circunstancias locales especiales". Al resto, es decir al mineral que para ser explotado necesita condiciones más favorables que las que existen actualmente, así como mayor exploración para poner en evidencia depósitos todavía no incluidos en las categorías de "posibles" o "inferido", proponen denominarlo mineral (o mena) potencial.

1/ "Reservas demostradas" son aquellas para las cuales el tonelaje y la ley se computan en parte mediante mediciones específicas, muestras o datos de producción, y en parte mediante la proyección a una distancia razonable basada en evidencia geológica. Pueden incluir cuerpos mineralizados en los cuales los sitios donde se han efectuado las observaciones, muestreos, y mediciones están tan próximos, y el carácter geológico está tan bien definido, que se puede establecer perfectamente el tamaño, forma y composición de los mismos. Se pueden también agregar otros cuerpos en los cuales los sitios donde se han realizado las observaciones, muestreos y mediciones, están demasiado separados, o inadecuadamente espaciados para poder determinar sus leyes en detalle".

Resumiendo lo que antecede, para la estimación de la riqueza mineral de un país o región, se usaría la siguiente ecuación:

$$\text{Recursos minerales} = \text{Reservas demostradas} + \text{Reservas inferidas} + \text{Mineral potencial}$$

En nuestra opinión, en las circunstancias actuales, ésta es la fórmula que mejor se adapta a la estimación de los recursos mineros en escala nacional o regional.

Debemos señalar también que en la mayoría de los otros recursos naturales (bosques, suelos, etc.) la riqueza de una región puede indicarse, aunque sea aproximadamente, por medio de cifras; y esto es válido aún para las regiones menos estudiadas. La riqueza forestal de un país o región, por ejemplo, se puede expresar, en primera instancia por lo menos, mediante el área cubierta por bosques, información de la que en general se dispone. Aún en los casos en que no existen estudios detallados de ninguna clase, la comparación con otras áreas boscosas similares, pero mejor investigadas, permite formarse una idea bastante clara de la magnitud de la riqueza potencial que esa área representa.

En el caso de los recursos minerales la situación es muy distinta. La distribución de los yacimientos minerales es muy errática, y la mayoría de ellos son difíciles de descubrir. El estado de los conocimientos geológicos actuales - refiriéndonos siempre a grandes áreas - no permite hacer predicciones sobre la magnitud de la riqueza mineral; solamente hace posible delimitar áreas "favorables" o "desfavorables" para la prospección.

En consecuencia, la magnitud de los recursos minerales de un país no puede estimarse por medio de una cifra global obtenible más o menos fácilmente, sino que es necesario revelarla, paso a paso, mediante un proceso complejo de investigación.

Podemos decir, entonces, que las cifras con que se describe la riqueza minera de una región - toneladas de "reservas" o de "mineral potencial" - no reflejan solamente una realidad física sino también - y a veces en mayor medida - el grado de conocimiento que se tiene sobre ella.

En consecuencia, todos los inventarios de recursos minerales en escala nacional o regional, sobre todo cuando se preparan para la información de economistas que deben considerar planes de promoción y desarrollo a largo plazo, deberían ir acompañados de una relación sintética, pero suficientemente ilustrativa, de la cantidad y calidad de la información geológico-minera que existe sobre las áreas consideradas.

Anexo II

INVENTARIO Y EVALUACION DE LOS RECURSOS MINERALES CONOCIDOS^{1/}

Esta tarea consiste esencialmente en informar a la nación sobre los siguientes puntos: cantidad existente de materia prima mineral; ubicación y calidad de la misma, y cuándo puede ser extraída y usada y a qué ritmo. La primera etapa debe ser una estimación del material en el terreno; su calidad, su cantidad, su riqueza relativa, su distribución y ubicación exactas y el tamaño, forma, espaciamiento y carácter geológico de los yacimientos individuales. Se deben analizar cuidadosamente las condiciones geológicas que afectarán la explotabilidad del material, y los factores mineralógicos y químicos que pueden incidir sobre el procesamiento. La segunda etapa es la estimación de la porción recuperable de ese material del ritmo al cual puede ser extraído y procesado y del costo de esas operaciones.

Para realizar las estimaciones los servicios oficiales tienen que basarse en parte en la información obtenida por sus propios medios y en parte en los datos proporcionados por las empresas privadas o estatales. La decisión, en cada caso, depende de la naturaleza de la información y de su disponibilidad.

Para calcular las reservas "demostradas" - medidas e indicadas - debe recurrirse a las compañías operativas porque ese tipo de reservas representa, en términos generales, la cantidad de mineral que las empresas han considerado necesario evidenciar para asegurar la continuidad de la explotación durante un período razonable. En muchos casos esta información es difícil de obtener, por la resistencia de los empresarios a divulgar datos que consideran reservados por razones comerciales.

En el caso de las reservas inferidas, cuando ese mineral pertenece a extensiones inexploradas de yacimientos en operación, son también las compañías interesadas las que efectúan la evaluación. Cuando se trata, por el

^{1/} La denominación "recursos conocidos" tal como la usamos aquí, es aproximadamente equivalente a la de "recursos identificados" de algunos autores e incluye a todos aquellos de los cuales existen estimaciones cuantitativas con cualquier grado de precisión. Los "recursos desconocidos" - expresión que usamos a falta de otra mejor, a pesar de ser algo contradictoria - incluye a todos aquellos sobre los cuales no existen evidencias directas, aunque en algunos casos pueda sospecharse su presencia, de manera muy general, por razones geológicas. La división no es rígida, porque es evidente que existen casos intermedios difíciles de clasificar, pero para los fines de esta exposición es suficientemente clara.

contrario, de zonas marginales de distritos en explotación, de distritos nuevos, • de metales o minerales en que la actividad minera no se ha interesado todavía por ser de demanda muy reciente, los servicios estatales, por la cantidad de información geológica de que pueden disponer, son los que están en mejores condiciones para hacer la estimación de las reservas.

Cuando se trata de mineral potencial, es decir de aquel que necesita para ser explotado condiciones más favorables que las actuales, su evaluación corresponde también primordialmente a los organismos estatales. En primer lugar, porque esa parte de los recursos minerales se distribuye por lo general sobre grandes áreas, y la estimación de su magnitud debe hacerse casi siempre en base a evidencias geológicas. En segundo término, porque los recursos potenciales se definen en función de condiciones y necesidades futuras, que el Estado es el que está en mejores condiciones para determinar.

El registro de las existencias físicas conocidas es sólo la primera etapa de la tarea que estamos reseñando. La segunda consiste en el análisis de los datos en función de las necesidades presentes y futuras de la nación. Para ello deben tomarse en cuenta factores tales como producción, consumo (o demanda) presente y futura, capacidad de procesamiento, posibilidad de cambios en la demanda debidos a nuevas tendencias de uso, cambios tecnológicos previsible, etc. El resultado de este análisis debe permitir a la nación tener una idea clara del potencial de materia prima mineral de que dispone en la actualidad, y en varias alternativas probables del futuro previsible.

La tarea propuesta requiere el concurso de especialistas en diferentes disciplinas, especialmente geólogos, ingenieros de minas, metalurgistas, economistas y estadígrafos. Es necesaria, además, la colaboración de otros organismos estatales, en especial la de los encargados de los planes de desarrollo a largo plazo, porque son los que deben hacer las predicciones sobre las necesidades nacionales futuras de materia prima mineral, y de posibles demandas en los mercados internacionales.

Aunque dado el carácter de este estudio no podemos intentar el análisis detallado del tipo de problemas a resolver, algunos ejemplos del pasado reciente pueden ilustrar sobre su naturaleza.

/Hace relativamente

Hace relativamente pocos años las estimaciones de recursos de aluminio contenían sólo las existencias de bauxita de alta ley: en la actualidad deben incluirse no solamente bauxitas pobres, sino también arcillas con alto contenido de alumina. A principios de este siglo un inventario de recursos de cobre habría incluido menas con un contenido de hasta 1 por ciento como límite en los grandes depósitos de tipo porfirico, mientras que hoy deben estimarse reservas de hasta 0.3 ó 0.4 por ciento. Las grandes reservas de mineral de hierro, con alto contenido de sílice y de baja ley (taconita) de los Estados Unidos, que han comenzado hace algún tiempo a explotarse en la región del Lago Superior, eran consideradas antieconómicas no hace muchos años.

Podemos tomar también un ejemplo ilustrativo de América Latina. El suelo de la provincia de Misiones, en el noroeste de la República Argentina, está formado en su mayor parte por una capa de laterita originada en la descomposición del basalto subyacente. Este material, por su baja ley (20 a 35 por ciento de Fe aproximadamente) no fue considerado nunca una reserva económica de hierro en las estimaciones de recursos minerales. En la actualidad, sin embargo, los estudios realizados por el gobierno de la provincia han demostrado que ese material, por lo menos en parte, puede explotarse económicamente, y ya se ha proyectado la instalación de una pequeña planta siderúrgica para iniciar su aprovechamiento.

Estos ejemplos muestran cómo sustancias minerales consideradas en un tiempo como no aprovechables, se han convertido en recursos debido a progresos en los métodos de explotación y tratamiento, o a cambios en las condiciones económicas. Situaciones como éstas se presentarán indudablemente también en el futuro, y una de las tareas de los organismos especializados es tratar de preverlas.

Una consideración que debe tenerse muy en cuenta en las estimaciones, es que el mero hecho de señalar la existencia de recursos considerados no aprovechables en las condiciones técnicas y económicas del momento, puede ser un factor decisivo en sus posibilidades de aprovechamiento futuro.

/Por lo

Por lo tanto, uno de los objetivos de la evaluación debe ser el de guiar la investigación tecnológica, señalándole qué problemas podrían ser de interés nacional resolver.

Finalmente, y éste es un punto de importancia fundamental, es evidente que las evaluaciones de recursos minerales sólo son válidas totalmente en el momento en que han sido efectuadas.

La evaluación de los recursos mineros de un país es, en consecuencia, un trabajo que los servicios geológicos nacionales deben realizar en forma permanente.

Anexo III

LA EXPLORACION MINERA

La exploración minera moderna requiere el uso de una serie de métodos cuya complejidad impide describirlos en detalle en este trabajo. Los principales son los estudios geológicos con el auxilio de la fotografía aérea, los métodos geofísicos aerotransportados (aerogeofísica) o sobre el terreno y los métodos geoquímicos. En la fase final del trabajo se realizan perforaciones, galerías, etc.

Debido a sus características particulares estos métodos deben usarse en un cierto orden definido. La fotogeología, los métodos aerogeofísicos y ciertas formas de la geoquímica se aplican a la exploración de grandes áreas. Esto hace posible hacer una primera selección de zonas más restringidas en las cuales aplicar los métodos de exploración más lentos y más caros por unidad de superficie.

El programa de exploración, por supuesto, debe adaptarse a cada problema. El conocimiento geológico de una región puede hacer que se eliminen algunas etapas de exploración general, usándose directamente los métodos de detalle o semidetalle. Es importante tener en cuenta que en todos los casos el trabajo debe descomponerse en etapas, para reducir el costo total y aumentar la eficacia. En cada etapa se seleccionan los lugares en que se aplicará la etapa siguiente.

Las primeras etapas en la exploración de una región conducen raramente al descubrimiento directo de yacimientos (con la excepción frecuente de hierro y uranio). Los datos aportados por los métodos geofísicos contribuyen a aclarar la estructura de la región y permiten así seleccionar las áreas más favorables. La selección de los métodos a usar en las primeras etapas, en consecuencia, está condicionada por la necesidad de obtener la mayor información estructural posible.

En las últimas etapas, que son las previas a la realización de sondeos, galerías, etc., los métodos utilizados dependen de las características particulares de los yacimientos ubicados. Los métodos eléctricos determinarán la posición de las vetas, la prospección geoquímica localizará las concentraciones del metal buscado, etc.

Conviene destacar que todas las técnicas mencionadas - fotogeología, métodos geofísicos, etc. - son esencialmente herramientas geológicas. Como ha sido señalado con acierto algunas veces, constituyen instrumentos puestos a disposición del geólogo para "prolongar el martillo". Los datos que proporcionan sólo son útiles si son interpretados sobre la base de un profundo conocimiento de las condiciones geológicas de la ocurrencia de yacimientos.

El costo de una exploración minera sistemática del tipo que acabamos de describir, es muy difícil de estimar teóricamente, ya que depende de multitud de factores - condiciones geológicas locales, información existente, acceso, topografía, etc. - que es necesario considerar en cada caso. El costo de cada etapa, además, depende en gran medida de los resultados obtenidos en las anteriores, de manera que es prácticamente imposible conocer el costo exacto de un proyecto hasta su finalización.

No obstante, y para tener una idea de la magnitud de las inversiones requeridas, se han calculado costos de proyectos ideales. En el cuadro A se dan los costos calculados por la División Geofísica del Servicio Geológico de Canadá^{1/} para cada una de las etapas de un proyecto hipotético de exploración del tipo de los que se realizan en ese país, que es uno de los que tienen más experiencia en ese campo.

La exploración está orientada esencialmente hacia la búsqueda de yacimientos de sulfuros metalíferos y de hierro. Este es el tipo de prospección que exige en mayor medida el uso de métodos aerogeofísicos. La secuencia de las etapas ha sido planeada cuidadosamente de manera tal que los resultados de cada una puedan usarse para efectuar la siguiente.

En varios países de América Latina se están realizando o se han proyectado trabajos de exploración sistemática de yacimientos minerales, con la participación de los gobiernos nacionales y el apoyo del Fondo Especial de las Naciones Unidas. En todos esos proyectos se contempla el uso de fotografía aérea, fotogeología, aerogeofísica y geofísica sobre el terreno, geoquímica

^{1/} L. W. Morley, Aerogeophysics and its rate in mineral exploration, United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the less developed areas, 1962.

y perforaciones. En el cuadro B se consignan las superficies cubiertas y los costos.^{1/}

Los proyectos mencionados abarcan una amplia gama de condiciones geológicas, topográficas, de accesibilidad, etc. por lo que los costos unitarios son también dispares. Por otra parte, no se trata de costos exactos porque son los estimados al comienzo del proyecto y sólo al finalizar los mismos, como ya hemos señalado, se podrán ajustar adecuadamente. Uno de los factores que más influyen en las diferencias en las estimaciones de costos es la previsión de la cantidad de trabajo a efectuar en las etapas finales, que son las más costosas por unidad de superficie. Esta información fundamental no se tiene con exactitud sino después de completar las etapas de reconocimiento general.

La breve información expuesta demuestra que el costo de la exploración minera sistemática es elevado, y exige por lo tanto una cuidadosa selección de las áreas a estudiar. Para ello es indispensable que los países de la región cuenten con mapas geológicos de su territorio en escala adecuada.

^{1/} En la región se han realizado muchos otros programas de exploración con el uso de métodos modernos, pero referidos en su mayoría a un solo producto mineral (hierro, petróleo, etc.) o a la extensión de distritos o yacimientos ya conocidos.

Cuadro A

PROGRAMA HIPOTETICO DE EXPLOTACION MINERA ORIENTADO HACIA DEPOSITOS DE HIERRO Y DE SULFUROS METALICOS
PARA UN AREA INEXPLORADA DE 13 000 KILOMETROS CUADRADOS

E/CN.12/670/Add.1
Pág. 88

Fase	Etapa No.	Tipo de trabajo	Area (km ²)	Costo		Propósito del trabajo
				(Miles de dólares)	(Dólares por km ²)	
Programa paralelo	A	Prospección sobre el terreno	13 000	10-20	0.8-1.5	Localizar manifestaciones superficiales en áreas de afloramiento. Se debe llevar paralelo al programa principal.
Reconocimiento	1	Reconocimiento aeromagnético	13 000	72-3	0.15-0.23	Determinar la extensión del área cubierta por rocas ígneas y metamórficas y delinear cuencas sedimentarias y formaciones extensas de rocas volcánicas y ultrabásicas.
General	2	Reconocimiento geológico general	13 000	10-20	0.8-1.5	Mapear los tipos de rocas a lo largo de rutas fácilmente accesibles tales como caminos, ríos y riberas de lagos.
Mapeo	3	Fotografía aérea 1/50 000	13 000	20-30	1.5-2.3	Esta fase no se debe cargar a la exploración minera solamente, ya que los mapas serán usados para planificación del desarrollo y el estudio de otros tipos de recursos.
Planimétrico	4	Control sobre el terreno	13 000	10-15	0.8-1.15	
Sistemático	5	Compilación planimétrica 1/50 000	13 000	10-15	0.8-1.15	(Muchos gobiernos proceden directamente a la confección de mapas topográficos sin hacer primero mapas planimétricos de menor costo)
	6	Mosaicos controlados 1/50 000	13 000	2-3	0.15-0.23	
Mapeo Sistemático Aerogeofísico Geoquímico y Geológico	7	Mapeo aeromagnético	13 000	50-75	3.8-5.8	Ayudar al mapeo geológico trazando los contactos ocultos entre formaciones de rocas con diferentes propiedades magnéticas y localizar depósitos de hierro.
	8	Mapeo geológico de reconocimiento 1/250 000	13 000	25-30	2-2.7	Mapear grupos de formaciones, y estructuras geológicas, proveyendo así guías para la localización de yacimientos minerales.
	9	Reconocimiento geoquímico 1/250 000	13 000	20-30	1.5-2.3	Analizar químicamente sedimentos de ríos, aguas superficiales y muestras de rocas por Cu, Pb, Zn, delineando así las áreas más favorables.
	10	Mapeo geológico 1/50 000	1 600	18-70	11.5-45	Igual que (8) excepto que subdivide los grupos mapeados y además muestra la estructura con más detalles.
Exploración	11	Mapeo detallado aeromagnético y electromagnético	400	40-60	105-155	Mapeo detallado de cuerpos magnéticos y búsqueda de sistemas conductores. Las anomalías pueden ser causadas por depósitos de sulfuros metálicos.
Detallada	12	Geofísica sobre el terreno	130	40-60	310-460	Verificar la existencia y localización exacta en el terreno de las anomalías, ubicadas por aerogeofísica, y medirlas por otros métodos geofísicos.
	13	Mapeo geológico detallado, comprobaciones geoquímicas, perforaciones exploratorias	130	300-400	2 310-3 080	Mapeo detallado de estructuras geológicas para determinar la mejor ubicación y ángulo de las perforaciones. Análisis geoquímicos para comprobar si la anomalía es causada por depósito metálico.
Programa posterior	Z	Perforaciones para poner en evidencia el yacimiento		?	-	
Costo total por km ² de área explorada (dólares)					43-64	

Fuente: L. W. Morley, Aerogeophysics and its role in Mineral Exploration, United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the benefit of the less developed areas, 1963.

Cuadro B

AMERICA LATINA: ALGUNOS PROYECTOS DE PROSPECCION MINERA

Lugar del trabajo	Area cubierta (km ²)	Costo total (dólares)	Costo por km ² (dólares)	Duración aproximada del trabajo en años
Chile: Provincias de Tarapacá y parte de las provincias de Atacama y Coquimbo	120 000	1 730 000	14.4	2.0
Chile: Provincia de Coquimbo al sur del paralelo 30 sur	30 000	805 000	27.0	1.5
Argentina: faja en la Cordi- llera de los Andes entre los paralelos 32 y 40 sur	50 000 (Seleccio- nada en base a fotogeolo- gía previa)	2 410 900	48.0	4.0
Nicaragua	16 600	1 093 500	66.0	2.5
México: varias zonas	50 000	2 354 840	40.0	3.0

