

CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

Por:

HUMBERTO ROSAS GARCIA

Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico-Mineras



CONTENIDO

Página

RESUMEN	6
1. INTRODUCCION	6
2. PROBLEMAS EN LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES	6
3. TENDENCIA EN LA CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES ...	7
4. SISTEMA DE CLASIFICACION	8
4.1. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LOS ESTADOS UNIDOS	8
4.2. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE CANADA	9
4.3. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LA URSS	10
4.4. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS	11
5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACION	13
6. SUGERENCIAS SOBRE REPRESENTACION GRAFICA DEL SISTEMA PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS	13
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16

FIGURAS

1. Sistema de clasificación de los E.E. U.U.	8
2. Sistema de clasificación de Canadá	10
3. Sistema de clasificación de la URSS	11
4. Sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas	12
5. Representación gráfica sugerida para el sistema de las Naciones Unidas	15

TABLAS

1. Equivalencias de categorías entre los diferentes sistemas de clasificación de recursos minerales	14
---	----

* * *

RESUMEN

Los sistemas de clasificación de recursos minerales más ampliamente usados en el mundo, provienen de países cuya tecnología minera ha ejercido notable influencia, como son Estados Unidos, Canadá, algunos países de Europa y la URSS.

Hace dos años el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, a través del Comité de Recursos Minerales, promovió la normalización de definiciones y terminología para los recursos minerales y propuso una clasificación internacional de los mismos, con base en el informe preparado por un notable grupo de expertos. Todos estos sistemas propuestos son explicados y analizados tanto individualmente como en conjunto, y comparados entre sí.

Se formulan además algunas sugerencias relacionadas con la presentación gráfica del sistema propuesto por las Naciones Unidas.

1. INTRODUCCION

Con razón se ha dicho que los minerales son las piedras angulares de la vida moderna, ya que dan origen a casi todos los elementos usados por el hombre o constituyen fuentes vitales de energía. Si a lo anterior se agrega que la mayor parte de los recursos minerales no son renovables, el problema de conocer su magnitud y disponibilidad se convierte en un asunto de importancia capital para todos los países.

En materia de recursos minerales, hoy el interés va más allá de los tradicionales estimativos de reservas basados en cuidadosas mediciones de yacimientos conocidos, para entrar a considerar depósitos que, aunque no se conozcan, pueden ser objeto de inferencias lógicas respecto a su origen, distribución, ambiente geológico, etc., lo cual permite definir un grado de conocimiento geológico de tales recursos, y prever sus posibilidades de utilización en el futuro.

En Colombia la cuestión del aprovechamiento de los recursos minerales está em-

pezando a recibir atención preferencial. Precisamente el actual Plan Nacional de Desarrollo Económico Social contempla la necesidad de estimular la exploración y explotación de los recursos minerales y energéticos, como estrategia básica para la consolidación del desarrollo económico del país. El Gobierno Nacional se encuentra ultimando las gestiones para elaboración del Plan Nacional Minero que le permitirá al país completar y desarrollar los instrumentos de una planeación coherente, técnica y previsoras del sector minero.

Con ello en mente, resulta oportuno dar a conocer el presente informe sobre un tema que adquiere hoy especial importancia y actualidad, como es el relacionado con los sistemas de clasificación de recursos minerales.

2. PROBLEMAS EN LA CLASIFICACION DE LOS RECURSOS MINERALES

Los países productores de minerales se están preocupando cada día más por establecer el inventario de sus recursos minerales, para lo cual se hace necesario agrupar a éstos en diferentes categorías. El problema fundamental consiste en saber con qué recursos se cuenta, cómo medirlos, y qué grado de exactitud puede esperarse en la medición de los mismos. Se requiere además establecer ciertas normas para la extrapolación de información geológica, más allá de los límites de las observaciones directas, de las mediciones, y de los datos obtenidos durante la explotación de los yacimientos.

Otro aspecto importante es la delimitación entre los recursos descubiertos y los que no lo han sido pero acerca de los cuales hay bases geológicas para predecir su existencia. Quienes tienen experiencia en la obtención de datos sobre recursos minerales reconocen implícitamente un límite entre los recursos descubiertos y los no descubiertos. Lo importante es poder determinar ese límite en la práctica, empleando técnicas de medición que hagan posible el tratamiento estadístico de la información.

Quizá lo más importante en la clasificación de los recursos minerales es establecer con claridad el grado de utilización de los recursos conocidos de acuerdo con los medios tecnológicos y económicos disponibles. Todos los países reconocen que parte de los recursos conocidos se encuentran en condiciones que no justifican los costos de su explotación por los métodos actuales de minería, y para tales recursos se han creado denominaciones como "subeconómicos", "no comerciales", "marginales", etc. Para los encargados de tomar decisiones en un país lo fundamental es saber qué recursos conocidos pueden ponerse actualmente en producción. Entonces para fines de clasificación, el problema no solo consiste en reconocer teóricamente la presunta existencia de la línea que separa lo actualmente explotable de lo que no lo es pero puede serlo más adelante, sino en saber cómo se refleja esa línea en las mediciones y en la información suministrada a cerca del recurso.

Otro aspecto importante en algunos tipos de depósitos es lo referente al porcentaje de material extraído de la mina con relación al total de material in situ. Después de la extracción se plantea también lo referente a las pérdidas producidas durante la elaboración del mineral, puesto que la recuperabilidad es un factor determinante de la factibilidad de extracción. La práctica más generalizada consiste en clasificar los recursos in situ y presentar en forma de tenores y otros coeficientes las partes recuperables de los recursos totales.

Existen además problemas particulares en la evaluación de determinados recursos minerales. Tal es el caso del carbón, donde la recuperabilidad es un factor decisivo que varía según los países, los métodos de extracción, y las condiciones de infraestructura en que se realiza su explotación.

El uranio es otro mineral que presenta características muy particulares para su clasificación. Por ejemplo, la recuperabilidad de un yacimiento está relacionada con la separación de material fisionable en posteriores procesos de beneficio. Otra característica

particular que ofrecen los recursos uraníferos para su clasificación es la especial significación que tienen las consideraciones sobre costo. Actualmente los datos referentes a recursos uraníferos se registran regularmente en función del costo.

3. TENDENCIAS EN LA CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

Existen varios sistemas de clasificación de recursos minerales que están siendo utilizados en diversas regiones del mundo. Estos sistemas han sido desarrollados en países que ejercen mayor influencia tecnológica en materia de minería como son Estados Unidos, Canadá, la Unión Soviética, y los países de Europa Occidental.

En 1979, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, a través del Comité de Recursos Minerales, y con base en el informe de un grupo de expertos, propuso un sistema internacional para la clasificación de recursos minerales.

Aunque los sistemas propuestos se diferencian en muchos aspectos, los conceptos básicos son los mismos. Todos ellos coinciden en establecer dos características fundamentales de los yacimientos, que son: el grado de certeza geológica, o sea la posibilidad de ocurrencia del yacimiento de acuerdo con la información geológica obtenida hasta el momento; y la factibilidad económica, que es el grado de probabilidad de que el depósito sea económicamente rentable.

Otra característica común a todos los sistemas de clasificación es el hecho de reconocer, dentro del campo de la certeza geológica, la diferencia entre los depósitos descubiertos, donde existe un grado de conocimiento geológico relativamente alto, y los depósitos no descubiertos pero que permiten hacer inferencias con relación a su posible existencia, debido a la presencia de un ambiente geológico favorable.

4. SISTEMAS DE CLASIFICACION DE RECURSOS MINERALES

A continuación se explican cada uno de los sistemas empleados en los Estados Unidos, Canadá, la URSS, y el sistema internacional propuesto recientemente por las Naciones Unidas.

4.1. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LOS E.E. U.U.

Según el U.S. Department of Interior, 1976 (Fig. 1) para servir los propósitos de planificación del Departamento del Interior, los recursos totales se clasifican en función de la viabilidad económica y del grado de certeza geológica. Las normas generales para utilización de este sistema de clasificación son:

1. Las categorías y definiciones de los recursos deben ser aplicables a todas las concentraciones de minerales metalíferos y no metalíferos, y combustibles fósiles. Las categorías se pueden subdividir para fines especiales.
2. Si fuere necesario, las definiciones pueden ampliarse para hacerlas más precisas y armonizarlas con el uso aceptado respecto

de determinados productos o tipos de evaluación de recursos.

3. Las cantidades y calidades se pueden expresar en diversos términos y unidades para su adecuación a diferentes propósitos, pero deben enunciarse en forma clara y precisa.

Los términos utilizados son los siguientes:

Recurso: Concentración natural de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en el interior o en la superficie de la corteza terrestre de forma tal que la extracción económica de un producto sea o pueda llegar a ser factible.

Recursos identificados: Masas específicas que contienen mineral cuya ubicación, calidad y cantidad son conocidas por comprobaciones geológicas apoyadas en estimaciones técnicas.

Recursos no descubiertos: Masas no específicas de mineral que se supone existen sobre la base de conocimientos y teorías geológicas de carácter amplio.

Reservas: La porción de los recursos identificados de la cual puede extraerse

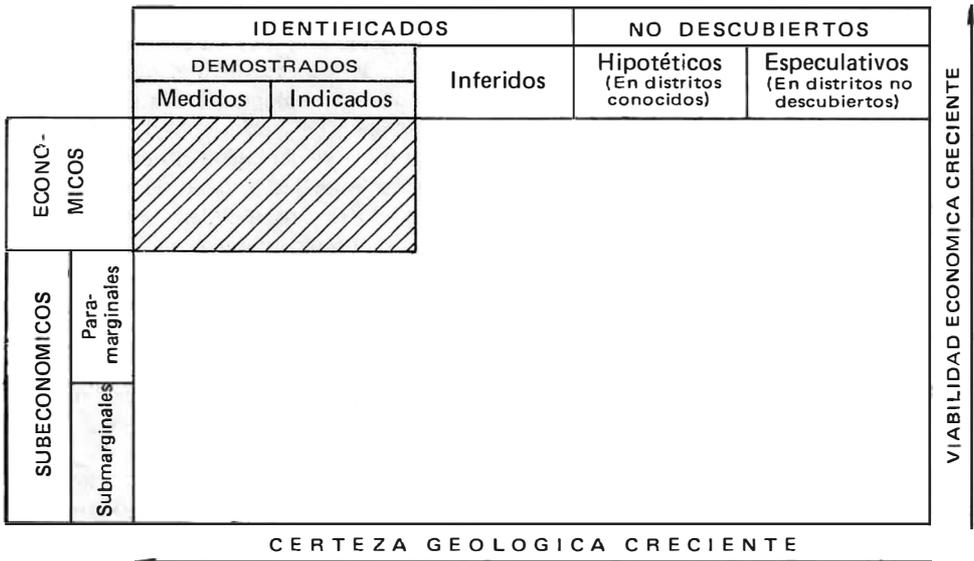


FIG. 1. Sistema de clasificación de los Estados Unidos (Basado en US Bureau of Mines y Geol. Survey, 1976).

económica y legalmente, en el momento de su determinación, un mineral o producto energético utilizable.

Recursos medidos: Recursos cuyo tonelaje se ha calculado utilizando las dimensiones que se aprecian en los afloramientos, trincheras, labores mineras y perforaciones, y cuyo tenor se calcula con base en un muestreo detallado. Los lugares de inspección, muestreo y medición se espacian con tal proximidad, y el carácter geológico se define con tal exactitud, que permiten establecer adecuadamente el tamaño, forma y contenido del mineral. Los tonelajes y tenores calculados se consideran exactos dentro de cierto margen que no debe exceder en más del 20% a los valores calculados.

Recursos indicados: Aquellos cuyos tonelajes y tenores se calculan en parte por medio de mediciones, muestras o datos concretos de producción, y en parte con base en proyecciones a distancias razonables según los indicios geológicos. En este caso, los sitios disponibles para inspección, medición y toma de muestras están demasiado espaciados o son inadecuados para poder delimitar plenamente las masas de mineral o el tenor establecido para el conjunto.

Recursos demostrados: Término colectivo para indicar la suma de los recursos medidos e indicados.

Recursos inferidos: Aquellos cuyas estimaciones cuantitativas se basan principalmente en conocimientos amplios sobre el carácter geológico del yacimiento para lo cual existen pocas muestras o mediciones, si es que las hay. Las estimaciones se basan en una continuidad o repetición hipotética de algunas evidencias geológicas como comparaciones con depósitos de tipo similar.

Recursos paramarginales: Parte de los recursos subeconómicos que (1) se aproxima a una producción económica o (2) no está comercialmente disponible por circunstancias de carácter jurídico o político.

Recursos submarginales: Porción de los recursos subeconómicos que exigiría un precio sustancialmente más elevado (más de 1,5 veces el precio en el momento de la determinación) o bien un adelanto tecnológico que permitiera reducir los costos de explotación.

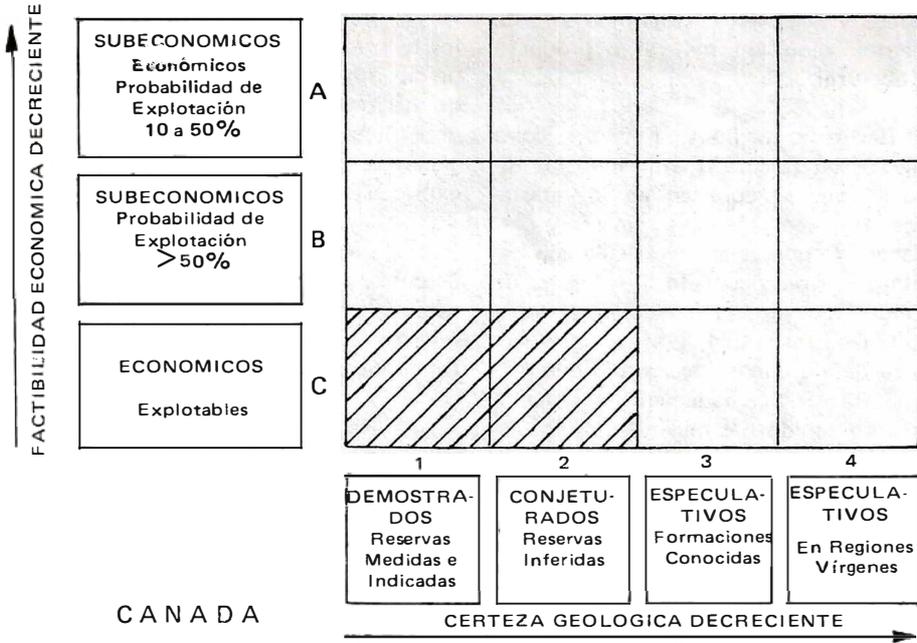
Recursos hipotéticos: Recursos no descubiertos cuya existencia cabe esperarse razonablemente en un distrito minero conocido, dentro de las condiciones geológicas conocidas.

Recursos especulativos: Recursos no descubiertos que pudieran presentarse en una disposición geológica favorable para yacimientos de tipo conocido.

4.2. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DEL CANADA

El sistema canadiense es una modificación del sistema de los Estados Unidos (Fig. 2). También se emplea un sistema de ejes cartesianos donde el eje horizontal indica la certeza geológica y el vertical la factibilidad económica. Además se introduce una codificación en la designación de las categorías. Para el eje horizontal se usan números y para el vertical se emplean letras. Así se habla de recursos, por ejemplo, tipo 1A, o 3B, etc.

Una diferencia con el enfoque de los Estados Unidos es que la distinción entre recursos económicos y subeconómicos no se basa estrictamente en una relación costo/precio, sino en la probabilidad de explotación en el tiempo. El sistema canadiense establece la categoría 1B como recursos subeconómicos que tienen una probabilidad mayor del 50% de llegar a ser explotables en un plazo de 25 años si son descubiertos. La categoría 1C comprende los recursos con una probabilidad del 10 al 50% de ser explotables en un plazo de 25 años. Con ello se busca que los grupos de evaluación multidisciplinarios hagan estimaciones subjetivas en cuanto al curso probable de los acontecimientos del mercado y de la tecnología a lo largo de esos 25 años.



Otra diferencia importante se encuentra en la variable geológica. Se ha introducido una categoría 2 de "recursos conjeturados", que son parcialmente inferidos, así como otras extensiones que no son lo suficientemente conocidas para clasificarlas como recursos descubiertos o identificados.

4.3. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS DE LA URSS

En 1960, la Comisión Estatal de Recursos de la URSS aprobó un nuevo sistema de clasificación de minerales sólidos (metálicos y no metálicos) así como del petróleo, el gas y las aguas subterráneas, según el grado de exploración, el conocimiento de las propiedades físicas del material en bruto, la calidad (tenor, constituyentes menores, impurezas, etc.), las condiciones de explotación minera del yacimiento, etc. Este sistema comprende cuatro categorías indicadas por los símbolos A, B, C₁ y C₂. (Fig. 3), según informe de Bondarenko, 1976, citado por Naciones Unidas, 1979.

Según las instrucciones oficiales, las diferentes categorías establecidas para la cla-

sificación de minerales sólidos se basan en las siguientes características:

Categoría A: Comprende aquellos recursos que por haber sido suficientemente explorados y estudiados (mediante perforaciones o escavaciones de minas) permiten hacer una evaluación plena del tipo de yacimiento, la forma y estructura de las masas minerales, cantidad, calidad y propiedades tecnológicas del mineral.

Categoría B: Comprende los recursos suficientemente explorados y estudiados para hacer la evaluación de las principales características de la mineralización, tipo de formación, forma y carácter de las masas minerales, regularidad de su distribución y otros factores. Las reservas minerales se determinan por aberturas (fosos, zanjas, pozos de perforación, túneles), incluyendo una extrapolación limitada cuando la forma del cuerpo mineral es regular y su calidad constante.

Categoría C₁ : Comprende los recursos suficientemente explorados y estudiados para hacer una evaluación aproximada del ti-

GRADO CRECIENTE DE FACTIBILIDAD ECONOMICA		EXPLORADOS	POSIBLES	PRONOSTICADOS		
	SUB-ECONOMICOS	a b c ₁	c ₂	DENTRO DE LOS YACIMIENTOS CONOCIDOS	EN ZONAS CON YACIMIENTOS CONOCIDOS	EN ZONAS SIN YACIMIENTOS CONOCIDOS
ECONOMICOS	A B C ₁	C ₂				
		GRADO CRECIENTE DE FIABILIDAD GEOLOGICA				

FIG. 3. Sistema de clasificación de la URSS. (Tomado de Naciones Unidas, 1979).

po de formación, la forma y la estructura de los cuerpos minerales, su clase natural, las calidades comerciales, las propiedades tecnológicas y otros factores, sobre la base de aberturas y extrapolaciones acordes con datos geológicos y geofísicos.

Categoría C₂ : Comprende los recursos que solamente han sido evaluados de manera provisional. En éstos, el tipo de formación, así como la forma y distribución de las masas minerales se determinan con base en datos geológicos y geofísicos obtenidos por mediciones en ciertos puntos, o por analogía con otras zonas estudiadas. Las reservas de esta categoría se calculan por extrapolación a lo largo del buzamiento, y por analogía para las masas minerales no estudiadas.

Además de los recursos minerales de las categorías A, B, C₁ y C₂ (explorados y posibles), están los recursos "pronosticados" que se determinan sobre la base de conocimientos geológicos generales. Estos son recursos no probados que se cree pueden existir a juzgar por los factores naturales que rigen la formación y distribución de los depósitos, según estudios de la estructura geológica regional, y la historia de su evolución geológica. Estos recursos sirven de fundamento para posibles expansiones de la base minera en algún sector apropiado de la economía y para la planificación de las investigaciones y las exploraciones geológicas.

4.4. SISTEMA DE CLASIFICACION DE RECURSOS PROPUESTOS POR LAS NACIONES UNIDAS

En este sistema se prevén tres categorías fundamentales de recursos (Fig. 4), designadas con los símbolos R-1, R-2 y R-3. Estas categorías se distinguen entre sí por el nivel de certeza que puede atribuirse a cada una de ellas desde el punto de vista geológico. Comprenden todos los recursos in situ que podrían presentar interés económico durante el período previsible de los próximos decenios (Naciones Unidas, 1979).

Categoría R-1: Comprende los recursos in situ en yacimientos que se han estudiado en detalle suficiente para determinar su tipo de formación, sus dimensiones y sus características fundamentales en cada acumulación de mineral. Las principales características sobre extracción y elaboración del mineral se determinan mediante penetración física directa, midiendo el yacimiento, y con extrapolación limitada de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos. Los valores se han calculado con un nivel relativamente elevado de certeza, y en casos extremos con un error máximo de estimación del 50%. Tales estimaciones son principalmente pertinentes para la planificación de las actividades de explotación.

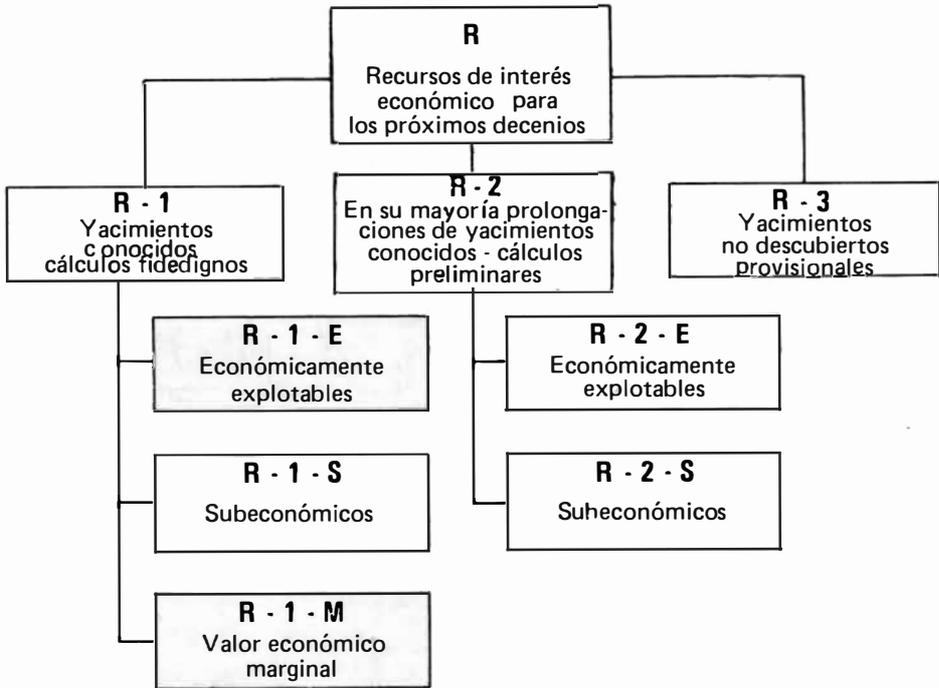


FIG. 4. Sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas.

Categoría R-2: Corresponde a estimaciones de recursos in situ que están directamente relacionadas con yacimientos minerales descubiertos pero, a diferencia de los recursos incluidos en la categoría R-1, las estimaciones son preliminares y se basan fundamentalmente en información geológica general corroborada con mediciones en algunos puntos. El tipo de formación, la forma y las dimensiones del yacimiento, se deducen de consideraciones geológicas y estructurales generales, por analogía con depósitos vecinos incluidos en la categoría R-1. Los errores de estimación pueden ser mayores del 50%. Las estimaciones de la categoría R-2 son principalmente pertinentes para la planificación de nuevas actividades de exploración con miras a una futura reclasificación a la categoría R-1.

Categoría R-3: Se refiere a recursos que aún no se han descubierto, pero de los cuales se piensa que existen yacimientos de tipos conocidos que es posible descubrir. Las estimaciones de las cantidades in situ se reali-

zan principalmente con base en extrapolaciones geológicas, o en indicios geofísicos, o por analogía estadística. Las estimaciones correspondientes a la categoría R-3 indican la medida de las oportunidades en materia de exploración y las perspectivas a un plazo más largo en materia de abastecimiento de materias primas.

Cada una de las categorías anteriores pueden subdividirse de la siguiente manera:

E - Recursos in situ que se consideran explotables en un país o región, en las condiciones socioeconómicas imperantes, y con la tecnología disponible.

S - Los recursos in situ restantes que no se consideran actualmente de interés, pero que pueden llegar a serlo en virtud de cambios económicos o tecnológicos previsibles.

Las subclasificaciones E y S son particularmente útiles para subdividir la cate-

ría R-1 y quizás la categoría R-2, pero se piensa que, en la práctica, la categoría R-3 por lo general no se subdividirá.

Si se desea, puede establecerse una subdivisión más, denominada M, para indicar los recursos que podrán explotarse en un futuro más inmediato a consecuencia de cambios normales o previstos en las condiciones técnicas o económicas.

A continuación se enumeran algunos de los términos más comunes que, en diversa medida, se han utilizado para las categorías propuestas:

R-1: Determinados, demostrados, razonablemente asegurados.

R-2: Inferidos, adicionales estimados, posibles.

R-3: Potenciales, no descubiertos, hipotéticos, conjeturados, pronosticados.

E: Económicos

S: Subeconómicos

M: Marginales

5. ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CLASIFICACION

En términos generales, todos los sistemas de clasificación de recursos minerales que se explicaron anteriormente se basan en la consideración de dos variables que son certeza geológica y factibilidad económica.

Con excepción del sistema propuesto por las Naciones Unidas, todos los demás coinciden en representar gráficamente estas dos variables por medio de ejes cartesianos donde se indica el grado en que crece o decrece cada una de las variables. Sin embargo, a pesar de que el sistema propuesto por las Naciones Unidas se aparta de este método de representación, lleva también implícito el mismo concepto de las dos variables, pero ya no representadas por medio de ejes coorde-

nados sino como niveles dentro de una estructura jerárquica. Así se tiene un primer nivel R que abarca la totalidad de los recursos minerales: un segundo nivel formado por R-1, R-2 y R-3 que comprende diferentes grados de conocimiento geológico; y un tercer nivel formado por los grados E, S y M referentes a la factibilidad económica.

Como se ve, las diferencias entre los sistemas de clasificación radican fundamentalmente en el número de clases y subclases establecidas, y en los criterios de diferenciación de las mismas, todo lo cual da lugar a variaciones sustanciales en la calidad de las estadísticas a nivel internacional.

Por lo anterior, resulta imposible hacer una correlación exacta entre las diferentes categorías de que consta cada uno de los sistemas de clasificación. Además los autores no siempre interpretan de modo idéntico las definiciones. Sin embargo, en la Tabla 1 intentamos hacer, si nó una correlación verdadera, por lo menos una base de comparación entre los sistemas de Estados Unidos, Canadá, Rusia y Naciones Unidas.

6. SUGERENCIAS SOBRE REPRESENTACION GRAFICA DEL SISTEMA PROPUESTO POR LAS NACIONES UNIDAS

El sistema de clasificación propuesto por la Naciones Unidas es el único en que las diferentes categorías no son representadas mediante un sistema cartesiano. Esto no impide reconocer las ventajas que ofrece el sistema cartesiano, como la de permitir visualizar de un solo golpe, la mutua interrelación de dos variables. Por lo tanto, vale la pena considerar en qué forma el sistema propuesto por las Naciones Unidas pudiera adaptarse para su representación gráfica mediante coordenadas cartesianas, como ocurre con los demás sistemas.

Esta posibilidad resalta ante el hecho de que el sistema de las Naciones Unidas, a pesar de no ser presentado en forma cartesiana, sí considera implícitamente las

ESTADOS UNIDOS	CANADA	UNION SOVIETICA	NACIONES UNIDAS
Medidos	Reservas medidas	$A+B \cdot C_1 + a \cdot b + c_1$	1
Indicados	Reservas indicadas	$C_1 + \text{parte } C_2 \text{ y } c_1 + \text{parte } c_2$	2 (parte)
Inferidos	Conjeturados	Pronosticados dentro de yacimientos conocidos	2 (parte)
Hipotéticos	Especulativos en formaciones conocidas	Pronosticados en zonas de yacimientos conocidos	3
Especulativos	Especulativos en regiones vírgenes	Pronosticados en zonas sin yacimientos conocidos	3
Identificados	Demostrados Conjeturados	$A+B \cdot C_1 + C_2 + a \cdot b + c + c_2 +$ pronosticados dentro de yacimientos conocidos	1,2
No descubiertos	Especulativos	Pronosticados fuera de los yacimientos conocidos	3
Económicos	Económicos	$A+B+C \cdot C_1$	E
Subeconómicos	Subeconómicos	$a+b+c+c_1$	M S
Paramarginales	Subeconómicos probabilidad > 50%	No definidos	M
Submarginales	Subeconómicos probabilidad 10 a 50%	No definidos	S

TABLA 1. Equivalencias de categorías entre los diferentes sistemas de clasificación de recursos minerales.

mismas variables de certeza geológica y de factibilidad económica a que se refieren los demás sistemas, como fue explicado en la sección anterior.

Antes de diseñar un gráfico cartesiano para representar el sistema propuesto por las Naciones Unidas, conviene agregar algunos elementos de juicio analizando separadamente los gráficos correspondientes a los demás sistemas. Las características de tales gráficos son:

Sistema de Estados Unidos: Considera dos ejes que parten de un punto. Uno horizontal a la izquierda que indica la dirección en que aumenta la certeza geológica, y otro vertical dirigido hacia arriba que indica la di-

rección en que crece la factibilidad económica. En este caso, por tratarse siempre de cantidades positivas, la dirección del eje horizontal (certeza geológica) no concuerda con la convención universal de representar valores positivos a la derecha.

Sistema de Canadá y la URSS: Estos dos sistemas consideran un eje horizontal a la derecha y uno vertical hacia arriba, de acuerdo con la convención general para representación de valores positivos como es el caso de los recursos minerales. En ese sentido, este sistema resulta el más aconsejable para aplicar a las categorías establecidas por las Naciones Unidas. En el caso del sistema de la URSS, las flechas de los ejes aparecen extrañamente en dirección opuesta, como

puede apreciarse en el gráfico de la Figura 3, tomado de Naciones Unidas, 1979. Todo parece indicar que dicho gráfico no corresponde exactamente al original soviético. Aunque esta posibilidad no se pudo confirmar por falta de bibliografía soviética sobre el particular, se puede deducir por el hecho de que en la misma publicación de las Naciones Unidas el gráfico del sistema canadiense también aparece con las direcciones de los ejes invertidas. Posiblemente, lo que indujo a los expertos de las Naciones Unidas a introducir esta modificación fue el deseo de mostrar que las variables crecían en la misma dirección indicada por las flechas, en vez de decrecer como ocurre en los gráficos originales. De todos modos, lo verdaderamente fundamental es mostrar que los ejes coordenados parten de un punto, precisamente llamado origen, en vez de que aparezcan convergiendo hacia él. Que la variable crezca o decrezca en determinada dirección no tiene mayor importancia. En últimas, una variable decreciente, por ejemplo la certeza geológica, puede representarse como creciente cambiando la palabra "certeza" por otra que indique el concepto inverso como "incertidumbre" geológica.

De lo anterior se deduce que la convención empleada en Canadá y la URSS para orientación de ejes de uso universal, es la más adecuada para efectuar una representación cartesiana del esquema gerárquico propuesto por las Naciones Unidas. En este caso, los grados de certeza geológica se indicarían con los numerales 1, 2 y 3, y los grados de factibilidad económica con los literales E, S y M. El gráfico resultante se muestra en la Figura 5.

Conviene aclarar que el enfoque cartesiano que aquí se sugiere para el sistema de las Naciones Unidas, no es incompatible con su estructura gerárquica. Por el contrario, establece una dualidad conceptual (gerárquica y cartesiana) que se traduce en mejores condiciones de flexibilidad y versatilidad, indudablemente útiles en el tratamiento manual o automático de la información.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De todo lo dicho anteriormente se derivan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

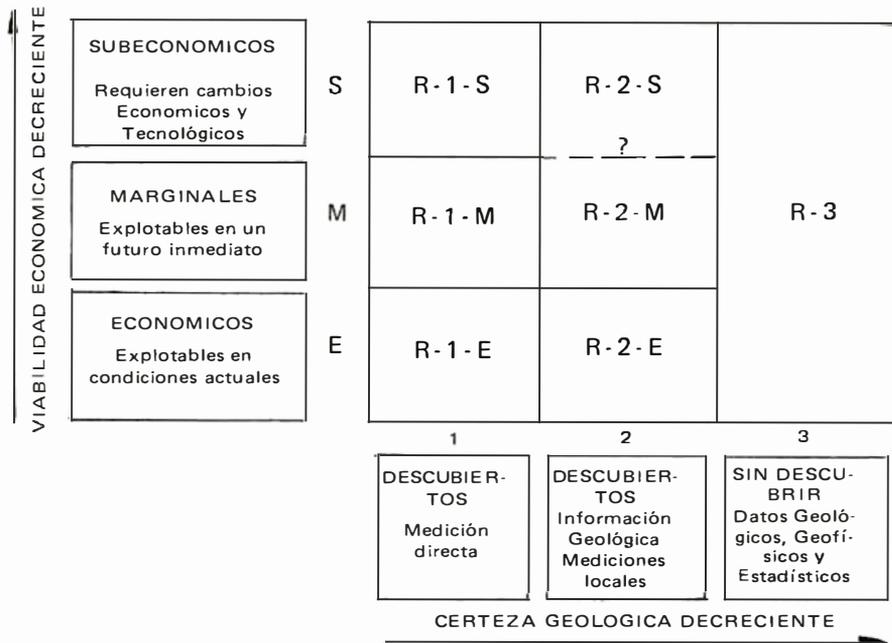


FIG. 5. Representación gráfica sugerida para el sistema de las Naciones Unidas.

1. Existen varios sistemas de clasificación de recursos minerales que están siendo usados en diferentes partes del mundo. Aunque hay cierta unidad de conceptos sobre los aspectos básicos de la clasificación de los recursos minerales, se presentan diferencias en las definiciones de categorías y en las normas de medición, lo cual origina variaciones en los sistemas de elaboración y procesamiento de datos, y consecuentemente en la calidad de la información.
2. Se hace necesario establecer un sistema internacional de clasificación de recursos minerales que permita unificar la terminología y las normas de medición e interpolación, a fin de obtener una mayor consistencia en los datos y métodos estadísticos especialmente para efectos de intercambio internacional.
3. Con tales fines, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas ha propuesto una clasificación internacional de los recursos minerales, que está siendo difundida y recomendada a través de sus diferentes agencias regionales en todo el mundo.
4. El sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas cuenta con sólidos fundamentos técnicos como son los conceptos de un distinguido grupo de expertos. Como consecuencia, la propuesta formulada por las Naciones Unidas cuenta con un amplio respaldo internacional, lo que le permite adquirir cada día una mayor aceptación en todo el mundo.
5. Conviene que todas las personas y entidades que desarrollan en el país actividades de exploración y evaluación mineral se interesen por conocer y difundir el método propuesto por las Naciones Unidas, a fin de que se expresen opiniones y se formulen sugerencias al respecto.
6. En el presente informe se sustentan algunas sugerencias sobre representación gráfica del sistema propuesto por las Naciones Unidas.
7. Una vez creado un consenso sobre la importancia de contribuir en este esfuerzo global de unificación de terminología, de criterios y de métodos en la clasificación de los recursos minerales, convendría que las instituciones del Sector Minero promovieran el uso en el país del sistema internacional de clasificación de recursos minerales propuesto por las Naciones Unidas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BONDARENKO, I., 1976.- *The resource classification system of the URSS for hard minerals*. Informe preparado para el Centro de Recursos Naturales, Energía y Transportes, 21, New York, Citado en Naciones Unidas, 1979.
- ECKSTRAND, O., R., 1977.- *Mineral Resource Appraisal and Mineral Deposits Computer Files in the Geological Survey of Canadá*. *Mathematical Geology*, Vol. 9, No. 3, p. 235-258.
- NACIONES UNIDAS, 1979.- *La clasificación internacional de los recursos minerales*. Consejo Económico y Social, Informe E/C. 7/104.
- U. S. BUREAU OF MINES, U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 1976.- *Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey*. Bulletin 1450-B.

* * *