

GEOLOGIA ECONÓMICA

RECURSOS Y SOSTENIBILIDAD

El Agua

Los Minerales

La Energía

El Territorio

El Trabajo

El Aire

por

Dr. Manuel Viladevall Solé

Ingeniero Geólogo (ENSG)

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica

Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona

Zona Universitària de Pedralbes. 08071 Barcelona (Espanya)

mviladevall@ub.edu

Grupo Consolidado en Innovación Docente nº 1066387275

INDICE DE MATERIAS

1. RELACIONES ENTRE EL HOMBRE Y EL MEDIO	3
1.1. ¿ES POSIBLE LA SOSTENIBILIDAD?.....	3
1.2. EL CONCEPTO WELMM de IIASA	6
2. GRANDES QUESTIONES: ¿CON QUE CONTAMOS?.....	8
2.1. EL PLANETA TIERRA	9
2.2. LOS RECURSOS.....	10
3. LOS MINERALES	16
3.1. INTRODUCCIÓN ECONOMICA	17
3.2. CLASIFICACIÓN ECONÓMICA	25
3.3. TIPOS DE YACIMENTOS MINERALES	26
3.4. LA PROSPECCIÓN MINERA	27
3.5. EXPLOTACIÓN + BENEFICIO	32
3.6. EL CICLO DE LOS RECURSOS MINERALES	34
4. METALES	35
4.1. MINERALES PRECIOSOS	35
4.2. LOS METALES BASE	45
4.3. LOS MINERALES SIDERÚRGICOS	57
4.4. LOS METALES ESPECIALES	64
5. MINERALES INDUSTRIALES	72
5.1. CARBONATO y SULFATO SODICO.....	74
5.2. ARCILLAS ESPECIALES	75
5.3. LOS FOSFATOS	78
5.4. CUARZO Y ARENAS SILICEAS	79
5.5. LA SAL	80
5.6. LAS ZEOLITAS	81
6. LAS ROCAS	84
6.1. ARCILLAS	86
6.2. LOS CEMENTOS	87
6.3. LAS ROCAS ORNAMENTALES	91
6.4. LOS YESOS	92
6.5. MATERIALES PARA LA OBRA PÚBLICA Y CONSTRUCCIÓN	94
7. EL AGUA MINERAL	96

8. LA CRISIS DE LA INDUSTRIA MINERA	100
8.1. LOS MECANISMOS.....	100
8.2. FASES DE REACCION Y SU DIVERSIFICACION	103
9. LOS RECURSOS ENERGETICOS.....	104
9.1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGIA.....	105
9.2. LAS FUENTES ENERGÉTICAS	107
9.3. EL CONSUMO DE ENERGÍA	108
9.4. EL PETRÓLEO	112
9.5. EL GAS	118
9.6. EL CARBON	120
9.7. LA ENERGÍA GEOTÉRMICA	125
9.8. LA ENERGÍA NUCLEAR	126
9.9. LA HIDROELECTRICIDAD	129
10. EL GRAN DEPREDADOR DE LOS RECURSOS NATURALES.....	130
11. MINERIA Y MEDIO AMBIENTE	132
12. SOSTENIBILIDAD.....	140
13. BIBLIOGRAFIA	141
14. ANEXOS	147



Materiales puzolánicos (Turquía 1983)

1. RELACIONES ENTRE EL HOMBRE Y EL MEDIO

La gestión de las necesidades del hombre sobre los diferentes recursos que el planeta Tierra proporciona, da lugar a una relación entre hombre y entorno que conocemos o denominamos, medioambiente.

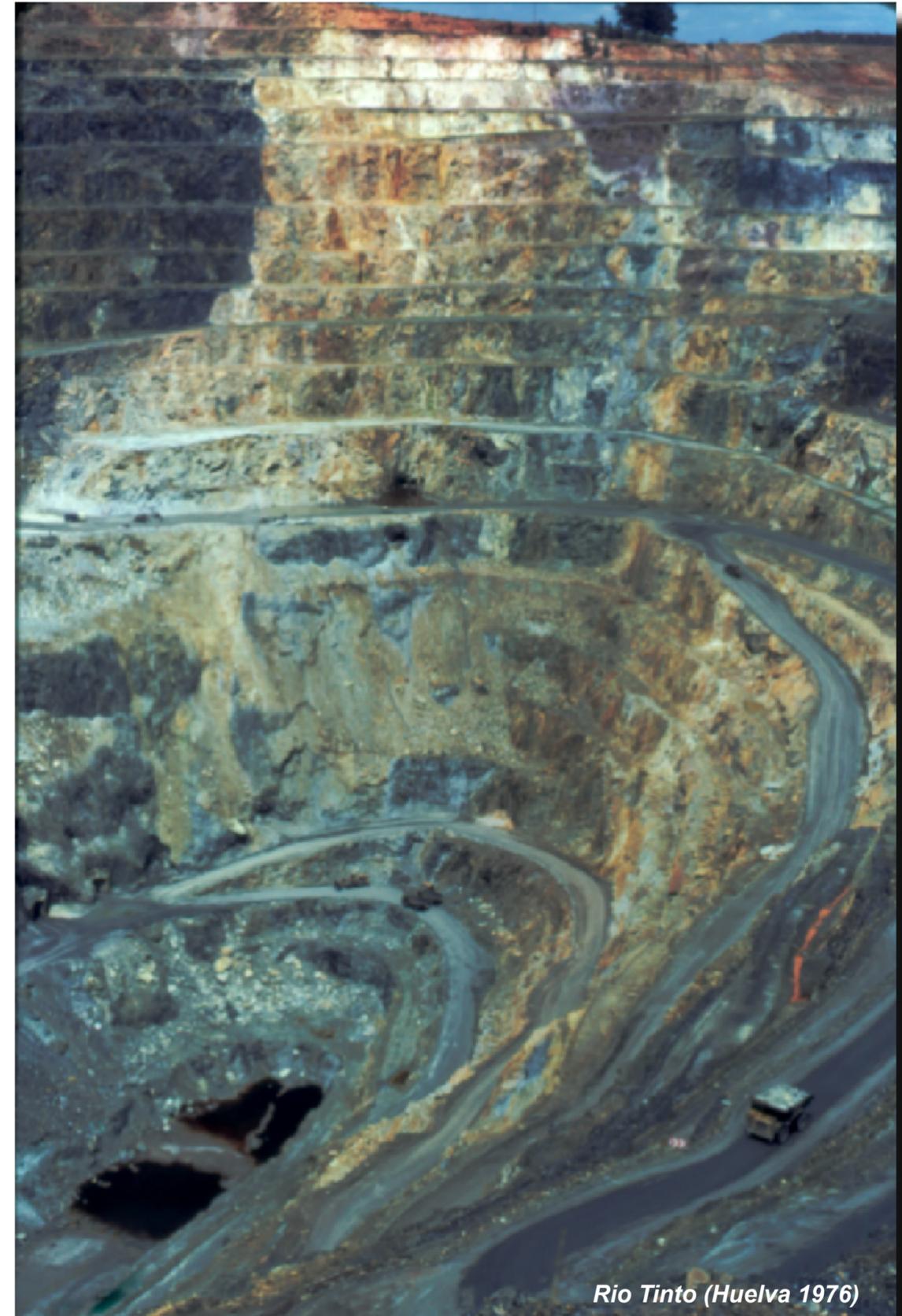
Por recursos, entendemos todos los objetos animados o inanimados que el entorno proporciona y que son, a su vez, útiles para el hombre. Como tales recursos tenemos: el agua, la mano de obra como trabajo físico y/o intelectual, los minerales y rocas que la litosfera proporciona, el territorio como espacio, así como la energía, bien sea de origen renovable o no renovable.

Esta acepción de utilidad de los recursos nos lleva a la definición de Economía ya que al ocuparse esta de cuestiones relacionadas con la satisfacción de las necesidades individuales y de la sociedad, la gestión del entorno o medioambiente, también es un parámetro económico. En efecto: un uso en términos de explotación de un recurso de manera no racional, conllevará a una mala gestión de este y también sobre todos los demás. Todo ello nos retrae al concepto de sostenibilidad.

1.1. ¿ES POSIBLE LA SOSTENIBILIDAD?

La sostenibilidad, es un concepto que nos remite a que todo el mundo tiene derecho a disponer de los recursos necesarios para alcanzar una calidad de vida estandarizada y que esta disposición, debe de prolongarse a las futuras generaciones.

Para que esto ocurra es necesario que todos los recursos sean gestionados de manera eficiente y solidaria. La primera cuestión que se plantea para que así ocurra, es : la disposición de los recursos es considerada a escala global, a escala regional o local. Teniendo en cuenta que la humanidad vive en estos tiempos una serie de cambios integrados, cuya máxima exposición es la globalización, a escala mundial, hay que entender que la sostenibilidad de los recursos solo podrá ser determinada, también a escala global.



Rio Tinto (Huelva 1976)

El ejemplo (figura 1)

En este ejemplo se representa lo que sucedería cuando nos enfrentemos a una sobre demanda de un metal como hierro. Esta sobre demanda implicará una disminución de las leyes o contenidos en metal de la mena y como consecuencia el volumen de material a extraer para tener una misma cantidad de metal será mucho mayor.. Esta disminución de la ley representará, a su vez mayores costes medioambientales ya que se generarán una mayor cantidad de estériles que a su vez ocuparán una mayor superficie un mayor espacio territorial. A mayor impacto ambiental mayor riesgo de contaminación.

Para suplir esta demanda de hierro, necesitaremos además más agua para el proceso de lavado y enriquecimiento de la mena sobre la ganga, proceso que dará lugar a un mayor volumen de agua contaminada, un mayor volumen de agua a tratar y por consiguiente mayor riesgo de contaminación. En cuanto a la energía tenemos distintas variantes: una mayor cantidad y en consecuencia coste en energía en su explotación, en el transporte de la explotación a la planta de tratamiento, en el propio tratamiento y depuración y finalmente en su transporte ya en forma de mineral hasta los hornos de fusión y también, de manera lógica, en esta última.

La fusión requerirá a su vez, una mayor producción de carbón de coque así como de fundentes que implicarán a su vez, leyes mas bajas en el carbón y fundentes (fluorina, carbonatos varios, etc.) lo que implica, mayor territorio, mas impactos, mas riesgos de contaminación, mas gasto en agua y en energía y mayor contaminación atmosférica. Finalmente mayor producción de residuos de la industria manufacturera y de material usado en un futuro. En definitiva una mala gestión de los recursos repercute en su sostenibilidad y automáticamente sobre: LITOSFERA, HIDROSFERA, BIOSFERA Y ATMOSFERA.

Mientras que los recurso de la hidrosfera son las aguas superficiales y subterráneas, los recursos de la litosfera, en función de su uso o aplicación se clasifican en, minerales metálicos, minerales industriales, rocas para la obra pública y construcción y minerales energéticos no renovables o convencionales.

De los recursos litosféricos, depende toda la industria manufacturera del automóvil, electrodomésticos, aeronáutica, etc. y por tanto la metalúrgica; de ellos depende también la industria química y petroquímica y por tanto la industria agropecuaria; depende además toda la industria de la construcción y obra pública y más del 80% de toda la energía que se produce en el planeta.

Una de las consecuencias de la utilización de estos recursos, es la generación de ingentes cantidades de residuos, muchos de los cuales son susceptibles de ser reutilizados o simplemente aprovechados. No obstante y a pesar de todo, su gestión junto con los residuos generados, actúan como grandes focos de contaminación que afectan a todas las esferas y por consiguiente a los ecosistemas terrestres y marinos.



Gneises leptínicos de Breda, Girona, 2002

UN INCREMENTO (Δ) SOSTENIDO EN LA DEMANDA DE HIERRO DARÁ COMO RESULTADO

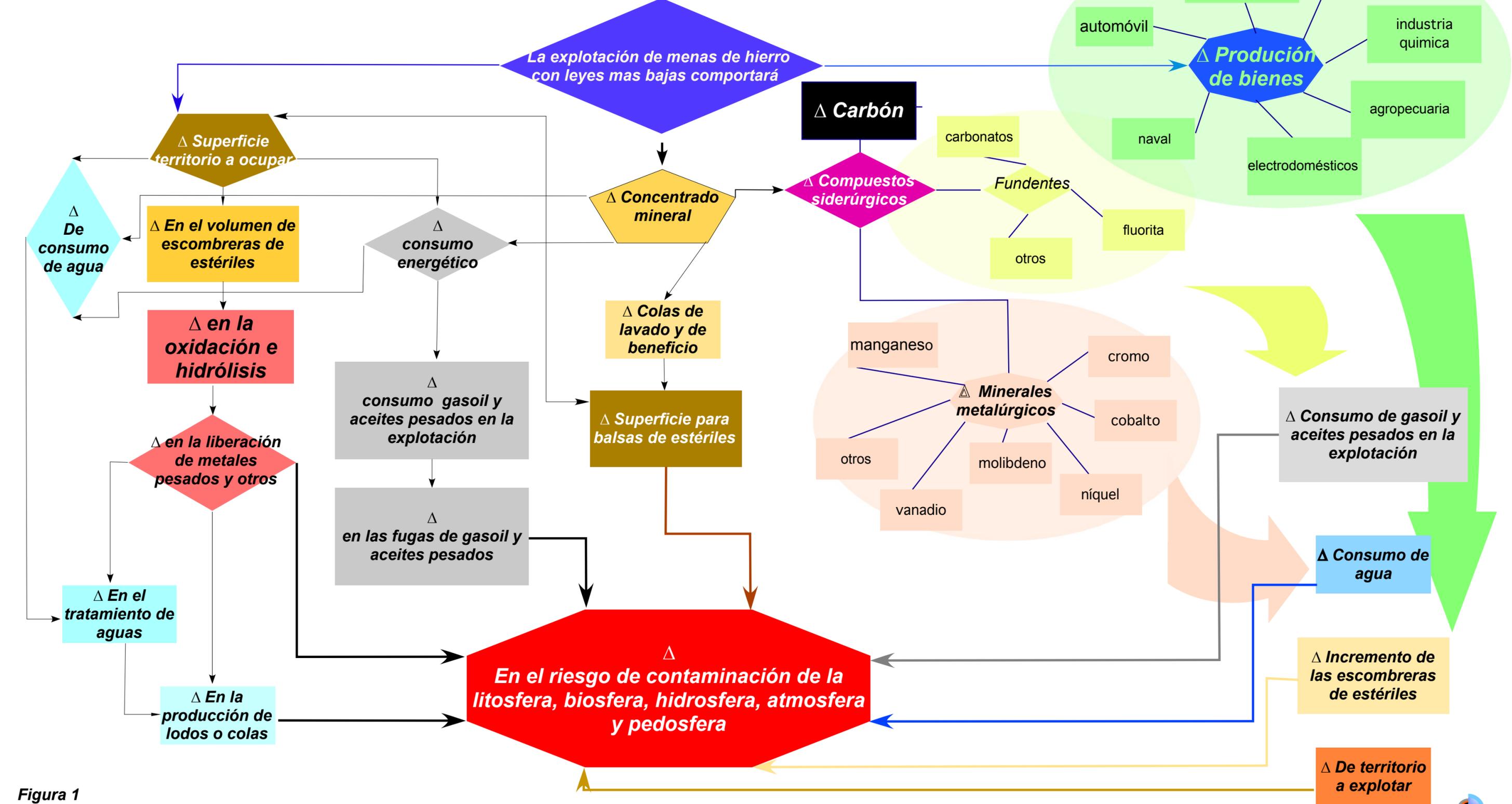


Figura 1

1.2. EL CONCEPTO WELMM de IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis , Austria) <http://www.iiasa.ac.at/>

IIASA, así como numerosos científicos, proponen al vocablo “recurso”, bienes como el AGUA, la ENERGÍA (convencional y no convencional), el TERRITORIO (espacio vital o ocupacional), los MINERALES (metales, minerales industriales y rocas) y la MANO DE OBR, que tomaría las siglas en inglés de WELMM.

Estos recursos son a su vez causa y efecto, a partir de los procesos y problemas que plantean, del desequilibrio del medio y en consecuencia de la SOSTENIBILIDAD, ya que algo más del 15 % de la población mundial, utiliza también algo más del 70% de los recursos. Una conclusión a la que llega IIASA, es que los recursos WELMM no son independientes entre sí, tanto bajo el punto de vista cualitativo como cuantitativo y por lo tanto, son difíciles de tratar de forma individualizada.

En efecto: un tratamiento poco ajustado sobre uno de los recursos mencionados, dará lugar a un sobrepeso en los otros tanto cualitativa como cuantitativamente. Ejemplo: una mayor riqueza real que implica mejores empleos o aparente (especulación salvaje), ha llevado a la destrucción de la práctica totalidad del litoral mediterráneo de la Península Ibérica por:

- a. ocupación del territorio edificándolo lo que implica,
- b. una mayor demanda de materiales para la construcción que a su vez requiere
- c. más agua y
- d. más energía, que a su vez requiere
- e. más mano de obra y así se inicia un bucle hasta que con toda esta superficie construida alcanza
- f. a ser ocupada y para ello
- g. requerirá, una mayor demanda en infraestructuras en servicios que implica una mayor ocupación del territorio en las zona no afectadas que a su vez requerirán,
- h. un sobre o un subempleo de mano de obra que demandará mas
- i. agua y en consecuencia a una sobre explotación de un acuífero o del agua de mar que se requerirá a su vez más
- j. energía hasta hacer añicos a
- k. la SOSTENIBILIDAD.
- l. MAS CONTAMINACIÓ QUE A SU VEZ.....

El concepto WELMM COMO hemos indicado, da suma importancia a los datos geológicos, principalmente a los que configuran el paisaje geoquímico. El método de análisis del sistema que lo implica se concibe ciertamente muy fructuoso en el instante de tomar decisiones, como por ejemplo en la optimización de los procesos industriales, mediante un sistema complejo que comprenda el conjunto de datos geológico para poder satisfacer las necesidades industriales

Con el fin de determinar de una forma racional las relaciones del hombre y su entorno se plantea la dualidad entre “LAS NECESIDADES” y “EL ENTORNO GEOLÓGICO s.s “.

El planteamiento de la sociedad nacida a partir de la revolución industrial era muy claro: primero las necesidades , sin importar el medio en general y el entorno geológico en particular. En la actualidad el planteamiento es completamente distinto ya que para la mayor parte de la humanidad las “necesidades” deben estar en función del entorno o medio natural con lo que se cumple el concepto de Sostenibilidad. Uno de los fenómenos mas preocupantes y que hay que incluir dentro del WELMM, es el aire o composición atmosférica que tanta relación tiene en el sobrecalentamiento del planeta y que uno de sus efectos ha sido el desastre por parte de los huracanes en las costas de los EUA en el 2005.

Hay que reseñar, que a un pequeño sector de los herederos de la revolución industrial, se les ha proporcionado lo que denominamos “bienestar social”, en detrimento del entorno lo que impide en parte este tratamiento, por haberse adquirido cotas de “sobrepasamiento” de este bienestar y por temer, perderlo. Los desheredados de la revolución industrial, que componen la mayor parte de la humanidad, desean incluirse en este selectivo “club”, como por ejemplo China, India, etc, por razones que debemos entender como obvias.

Sea cual fuere el planteamiento, con una dualidad que se antoja como irreversible, sean primero las necesidades y luego el entorno o viceversa, el análisis del sistema deberá efectuarse a diferentes escalas.

ESCALAS DE TRABAJO DEL WELMM

- *SOBRE UN MACRO TERRITORIO con los procesos y problemas que afectan a nivel del Globo Terráqueo cuyos principales exponentes serían: el problema demográfico, el hambre, las materias primas minerales y energéticas, el agua, la atmósfera, etc.*
- *SOBRE UNA MESOESCALA con los procesos y problemas que afectan a una región o territorio: recursos, medio ambiente, etc.*
- *SOBRE UNA MICROESCALA con los procesos y problemas que afectan a una comunidad: cultura, salud, urbanización, desechos, etc.*

Macroescala

Los procesos y problemas que nos afectan a nivel del Globo Terráqueo son en parte desconocidos ya que se concibe la idea de que dichos problemas se hallan ligados de forma intrínseca a aspectos políticos y en algunos casos, a procesos de tipo macroeconómicos por lo que en gran parte son insolubles para nosotros. Evidentemente la resolución de dichos problemas pasa por las otras escalas pero las medidas tan solo se pueden proponer a escala global.

Un ejemplo clarificador lo tenemos en el agujero de la capa de ozono en la Antártica y sin salir de este continente, el deshielo de sus glaciares. Este agujero que afecta a una región determinada del globo, representa un macro problema a escala mundial, problema que tan solo se podrá resolver a macro escala, tal como el impedir la producción de fluoclorurados que inicialmente se realizarán a micro escala, para pasar posteriormente a meso y macro escala.

Los Recursos Humanos. El Crecimiento Demográfico.

La población mundial en el año 1.650 se cifraba en torno a los 500 millones de personas y crecía en torno al 0,3% anual, con un período de duplicación de cada 250 años. En 1.900 esta población había alcanzado los 1.600 millones de personas y crecía en una tasa anual del 0,5% con un período de duplicación de 140 años pero en 1930 ésta ya era de unos 2.070 M de habitantes, con lo que dichas tasas fueron pulverizadas, pasando en medio siglo a los 4.500 M de 1981, con lo que ésta se había más que duplicado en 50 años para superar los 6.400 M en el 2005, y unas expectativas para el 2050 de 9.000 Millones de habitantes

Un mayor crecimiento demográfico afecta principalmente a los países en vías de desarrollo (PVD), que por definición son los países que se hallan en peores condiciones de afrontar dicho crecimiento.

Si consideramos que la superficie de la tierra es de unos 510 M Km² y que tan solo 149 M Km² son de tierras emergidas, es fácil comprender que si en el 2005 correspondía unos 24.000 m² por cada habitante, con este crecimiento demográfico en el 2050 corresponderán tan solo 16.000 m².

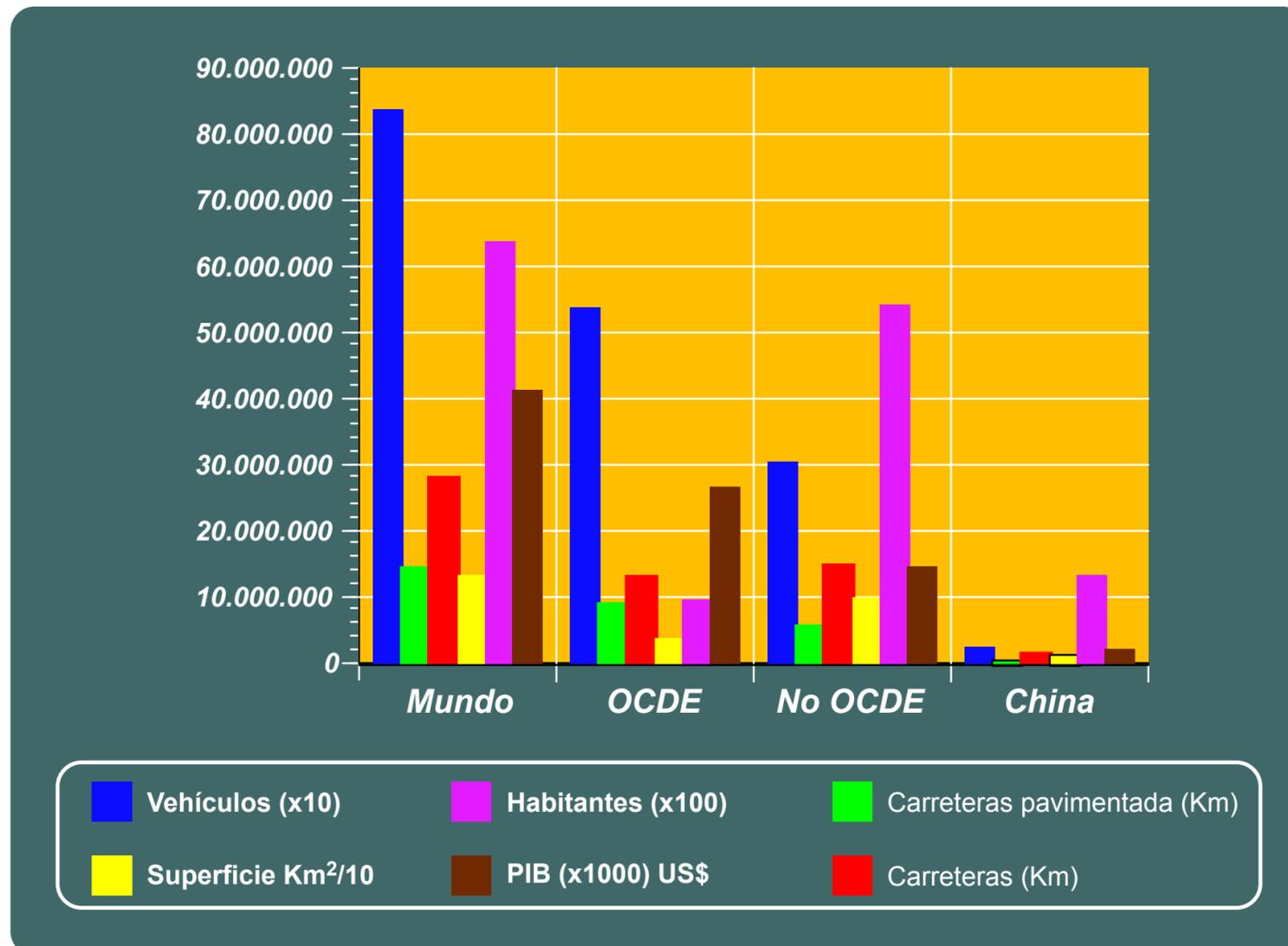
2. GRANDES QUESTIONES: ¿CON QUE CONTAMOS?

CON UN PLANETA :
EL PLANETA TIERRA

UE 25: Alemania, Francia, UK, Italia, España, Polonia, Grecia, Suecia, Finlandia, Dinamarca, Austria, Portugal, Holanda, Bélgica, República Checa, Eslovaquia, Eslovenia, Hungría, Irlanda, Chipre, Estonia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta.

NAFTA: Estados Unidos de América (EUA), Canadá, México.

DATOS Socioeconómicos 2004



Fuente NASA - USGS

Figura 2. OECD countries o países de la OCDE: UE, NAFTA, Japón, Australia, Corea del Sur, Islandia, Nueva Zelanda, Noruega, Suiza y Turquía

2.1. ¿QUE CONFORMA EL PLANETA TIERRA?

Los usos del suelo: EL PAISAJE Ordenación del territorio

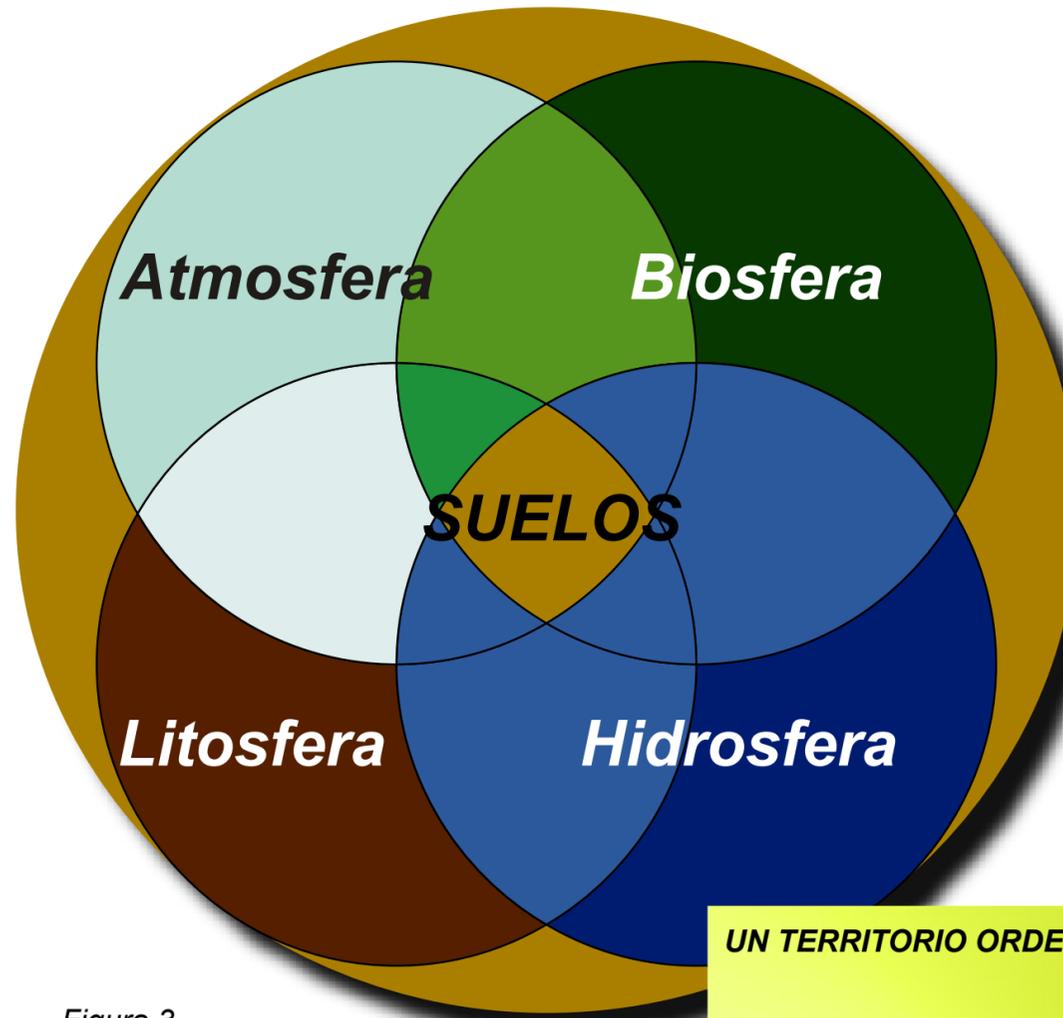


Figura 3

El planeta lo componen 4 esferas que a su vez dan lugar a una quinta esfera o pedosfera conocida también como "SUELOS". (Figura 3)

- a. La Hidrosfera representa todos los recursos del agua, entre ellos la energía;
- b. La atmósfera, todos los recursos del aire (oxígeno), entre ellos la energía;
- c. La biosfera es la esfera de la vida (recursos biológicos o biota), entre ellos también se halla una buena parte de los recursos en energéticos renovables y como no el Hombre.
- d. La litosfera que contiene a todos los recursos minerales y también a los energéticos no renovables y algunos renovables (geotermia).

La interacción de todas ellas dan lugar a los suelos que son la base de los recursos en alimentos (agrícolas y ganaderos) y en consecuencia del posterior desarrollo industrial y de servicios (las grandes urbes).



2.2. LOS RECURSOS:

¿CON QUE RECURSOS HUMANOS CONTAMOS Y CON QUE FORMACIÓN?

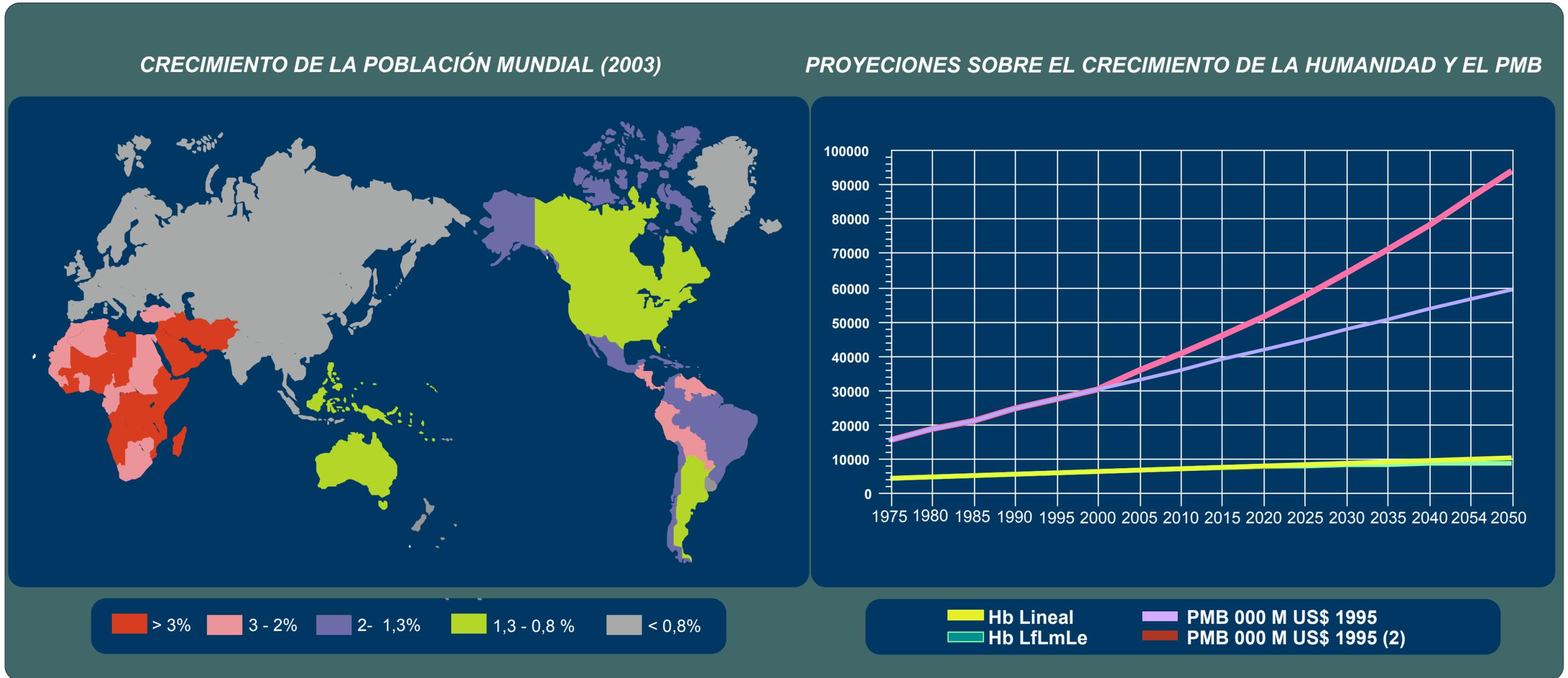
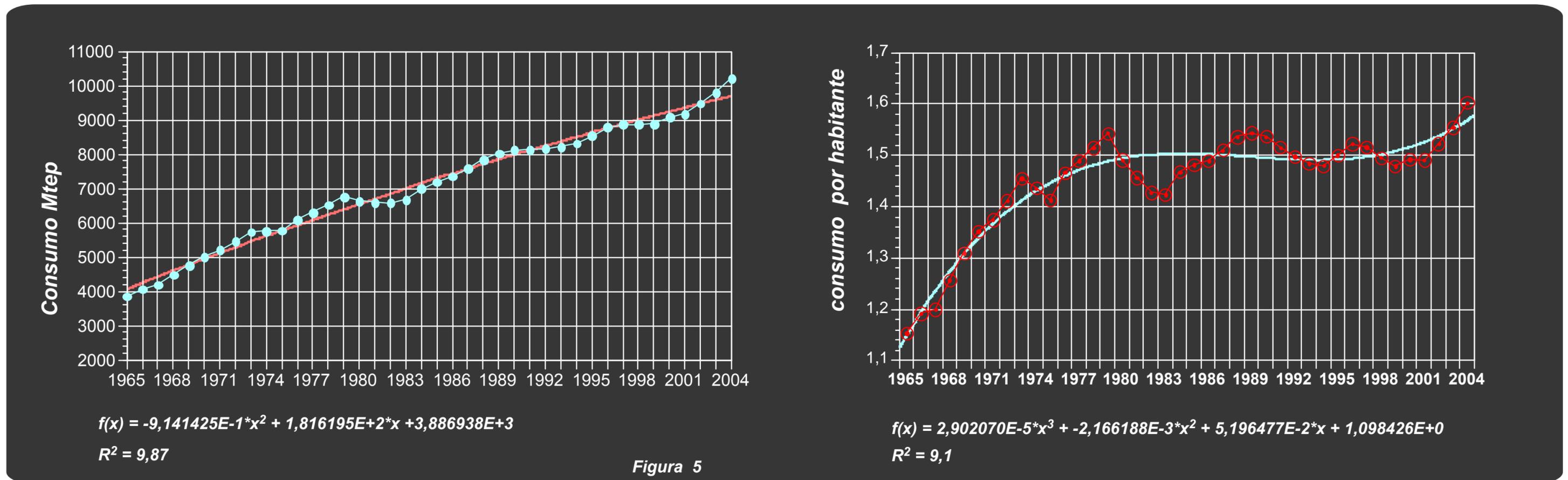


Figura 4. Todos los países de la OCDE a excepción de Turquía se sitúan por debajo del 1,3 %. Fuentes USCensus Bureau, UNESCO, OCDE.

¿CON QUE ENERGIA CONTAMOS ?

CONSUMO DE ENERGIA EN MILLONES DE TONELADAS EQUIVALENTE PETROLEO (M tep), EN LOS ÚLTIMOS CUARENTA AÑOS Y EVOLUCIÓN DEL CONSUMO POR HABITANTE Y AÑO.



Fuentes BP y US Census Bureau

Figura 5. En los gráficos presentados, puede observarse un crecimiento prolongado en el consumo, hasta la crisis de los ochenta (también grave crisis de la minería), una meseta con un consumo sostenido hasta el año 2000 para de forma aparente, reiniciarse una tendencia hacia un mayor consumo a partir de esta fecha.

LOS RECURSOS HÍDRICOS



¿Qué es el agua?

- es un líquido incoloro, inodoro y insípido compuesta por hidrógeno y oxígeno H_2O .
- es un recurso renovable natural en el ciclo hidrológico pero finito en relación a los niveles de consumo.

¿Para que sirve?

- es Indispensable para toda forma de vida.
- es Imprescindible para la agricultura y ganadería
- es imprescindible para la industria.
- es necesaria par el sector servicios y ocio

En las actividades agrícolas para obtener:

- Una tonelada de trigo se requieren $1.500 m^3$ de agua.
- Una tonelada de arroz se necesita $4.000 m^3$ de agua.

En la crianza de algunos animales domésticos.

- Los cerdos consumen 15 litros diarios por cabeza.
- Vacas, caballos y mulas consumen un promedio de 40 litros diarios por cabeza.

En actividades industriales y obtención de productos.

- Una tonelada de cemento requiere 3.500 litros.
- Una tonelada de acero requiere aproximadamente $250 m^3$
- Una tonelada de papel requiere entre 220 a $380 m^3$
- El consumo de una ducha es de 30 a 40 litros, y el de un ba-o oscila entre 100 y 130 litros.
- La descarga de una cisterna varía entre 3 y 10 litros.

Países en desarrollo y países desarrollados se diferencian por sus consumos medios de agua por habitante, que en los de extrema pobreza puede llegar a un máximo de 5 litros, mientras los ricos llegan a consumir hasta 350 litros diarios por persona en usos domésticos.

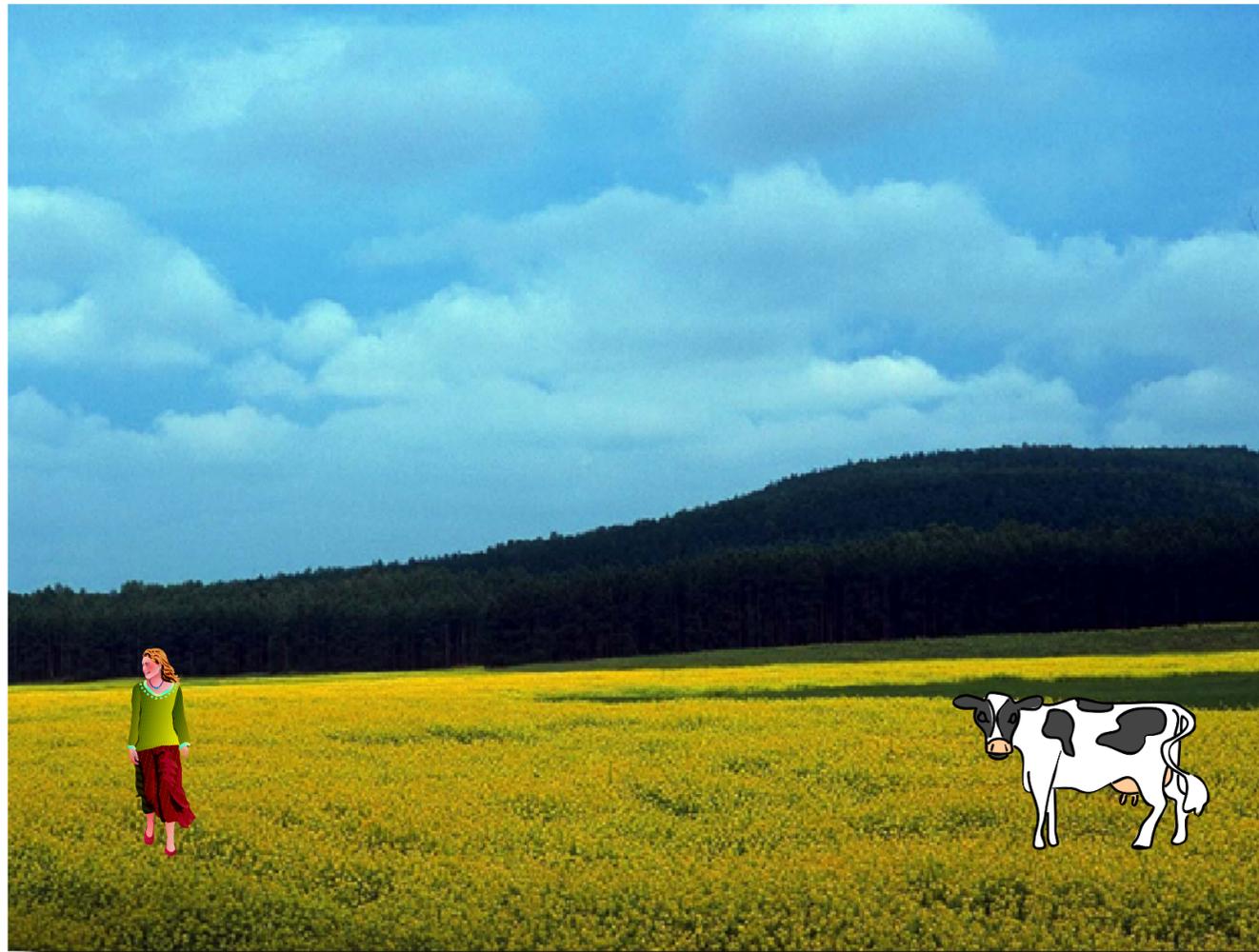
Tipos de Agua	Ubicación	Volumen en Km^3	%
Agua Salada	Océanos y Mares	1.350.000.000	97,27
Agua Dulce	Aguas superficiales	8.637.250	0,62
	Aguas Subterráneas		
	Humedad del suelo		
Hielo + Nieve	Glaciares, Casquetes Polares y cumbres alta montaña.	29.200.000	2,10
Vapor de Agua	Atmósfera	14.000	0,001

¿CON QUE RECURSOS MINERALES Y CON QUE EXTENSIÓN DE SUELOS CONTAMOS PARA PODER DESARROLLAR UNA AGRICULTURA Y UNA GANADERÍA SIMILAR A LA DE LOS PAISES DE LA OCDE?

LOS ALIMENTOS:

Para su obtención son necesarios: territorio, agua, energía y fertilizantes.

Los fertilizantes son en su mayoría materiales que nos proporciona la litosfera y sin ellos no es posible la agricultura intensiva y en consecuencia, tampoco la ganadería y la acuicultura. Estos materiales son: fosfatos (origen natural); nitratos (origen natural, animal e industrial); potasio (origen natural); azufre (origen natural e industrial) y oligoelementos también de origen natural e industrial.



Además de los materiales mencionados, en una agricultura intensiva son necesarios:

- ☞ Pesticidas
- ☞ Herbicidas
- ☞ Maquinaria
- ☞ Materiales para la Construcción
- ☞ Agua
- ☞ Energía



PRODUCCIÓN MUNDIAL DE FOSFATOS y POTASAS PARA FERTILIZANTES (Kt)

Si la tendencia de la producción es la que indica el algoritmo polinómico de la figura 7, las reservas de fosfatos indicadas por el USGS en 2004, se agotarían en 2028 mientras que las reservas base alcanzarían hasta 2095. Mientras las reservas no son sostenibles para una generación, las reservas base no lo son para dos generaciones.

	Mineral	Contenido en P ₂ O ₅	Reservas	Reservas base
Argelia	805	240		
Australia	2.014	490	77.000	1.200.000
Brasil	5.400	1.920	260.000	370.000
Burkina Faso	2	1		
Canada	1.000	380	25.000	200.000
Chile	22	5		
China	25.500	7.650	6.000.000	13.000.000
Islas Christmas	500	167		
Colombia	43	8		
Egipto,	2.219	650	100.000	760.000
EUA	35.800	10.400	1.400.000	4.000.000
Filipinas	400	135		
Finlandia	780	288		
India	1.180	349	90.000	180.000
Indonesia	1	3		
Iraq	100	30		
Israel	2.947	900	180.000	800.000
Jordania	6.223	2.000	900.000	1.700.000
Kazakhstan	230	52		
Korea, Norte	300	95		
Marruecos	26.700	8.500	5.700.000	21.000.000
Nauru	22	7		
Pakistan	11	2		
Peru	32	12		
Rusia	11.000	4.000	200.000	1.000.000
Senegal	1.600	574	50.000	160.000
South Africa	2.735	1.067	1.500.000	2.500.000
Sri Lanka	42	14		
Siria	2.883	870	100.000	800.000
Tanzania	4	1		
Thailand	14	4		
Togo	1.115	400	30.000	60.000
Tunez	8.050	2.400	100.000	600.000
Uzbekistan	430	102		
Venezuela	250	70		
Vietnam	750	225		
Zimbabwe	83	27		
TOTAL	141.000	44.000	18.000.000	50.000.000

Tabla nº 1

Fuente USGS 2005

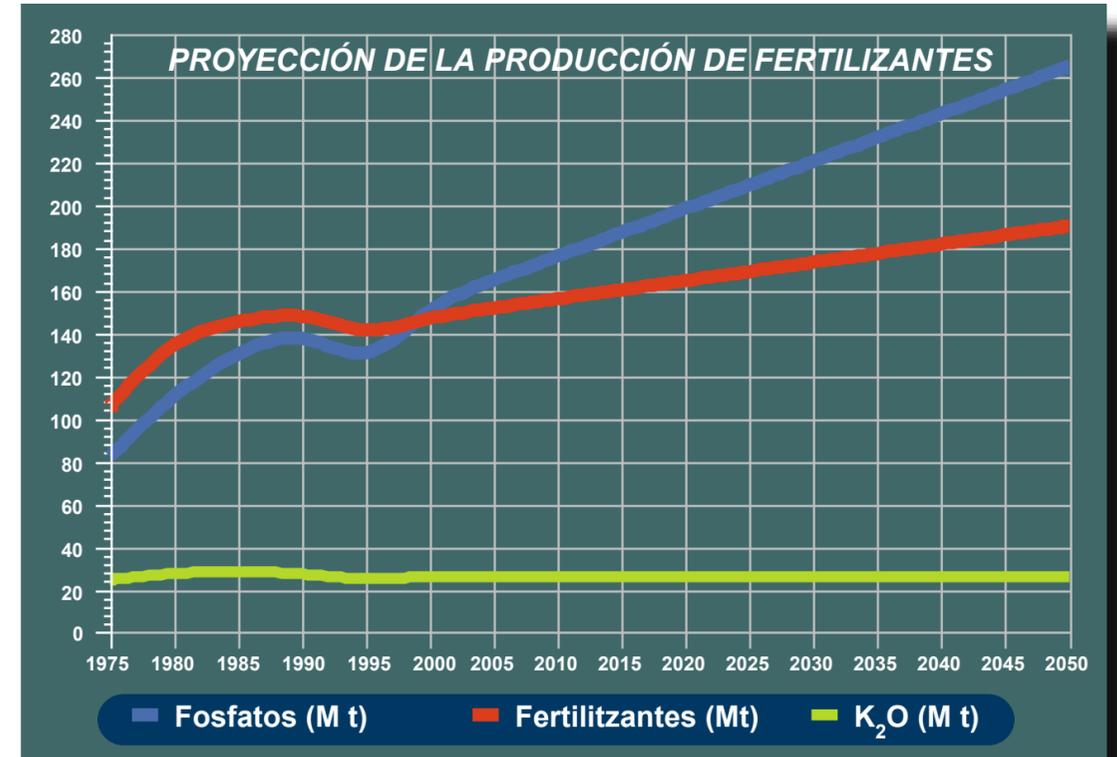


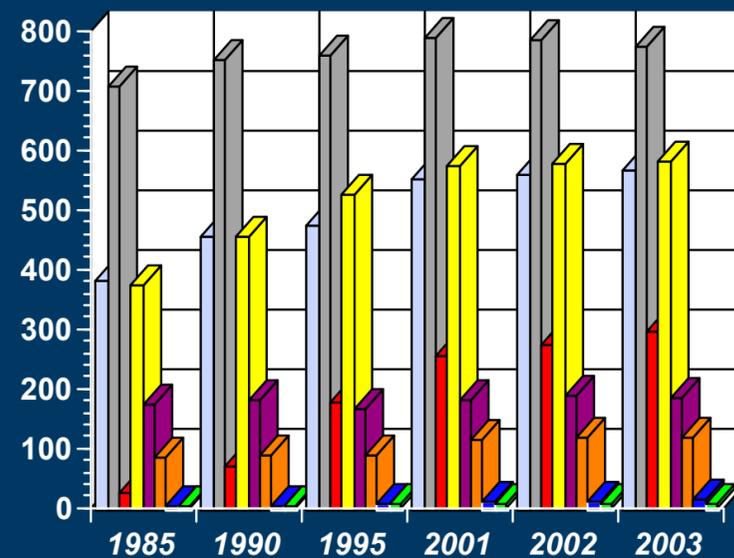
Figura 7

Pais	Potasas (K ₂ O)	Reservas	Reservas Base
Alemania	3,600	710,000	850,000
Bielorusia	4,650	750,000	1,000,000
Brasil	360	300,000	600,000
Canada	9,500	4,400,000	9,700,000
Chile	400	10,000	50,000
China	550	8,000	450,000
España	600	20,000	35,000
EUA	1,200	90,000	300,000
Israel	1,940	40,000	580,000
Jordania	1,130	40,000	580,000
Rusia	5,400	1,800,000	2,200,000
Ucrania	60	25,000	30,000
UK	580	5,000	140,000
Total	30,000	8,300,000	17,000,000

Tabla nº 2

¿Serán suficientes los recursos para el resto del mundo si se desea alcanzar las mismas cotas en número de vehículos por habitante similares al de los países de la OCDE?

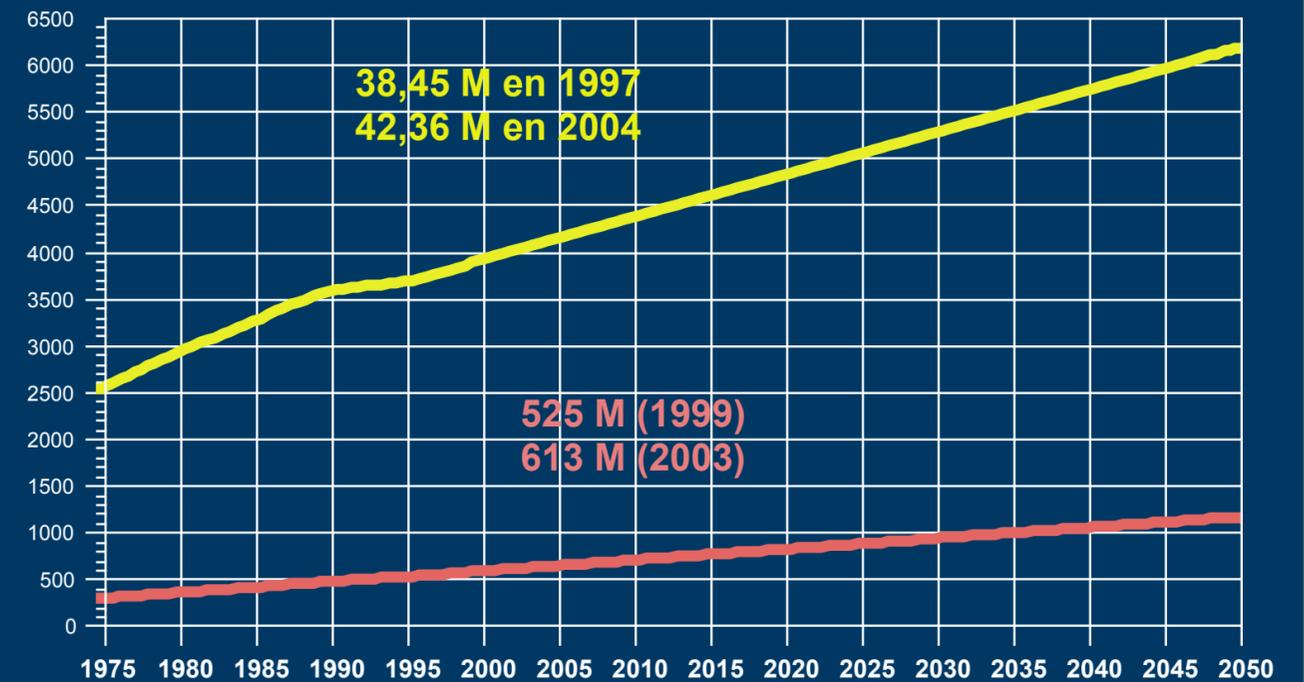
Evolución del parque de vehículos x 1.000 Habitantes



- EUA
- UE
- Japón
- Corea
- Argentina
- Brasil
- China
- India

Figura 8

MICROECONOMIA:
PARQUE DE AUTOMÓVILES EN EL MUNDO



- Prod. Vehículos en 0000 unidades
- Parque de Vehículos en Millones de unidades

Figura 8. El número de vehículos particulares en 2003 era de 213,62 Millones en la UE25; NAFTA de 166,64 Millones y China tan sólo, 7,5 Millones. En cuanto al total del parque de vehículos los 25 miembros de la UE poseían 245,57 Millones mientras que NAFTA era de 267 Millones y la China de 16,4 Millones. Ambos valores representan que la UE25 posee el 35% de los vehículos particulares del Mundo mientras que NAFTA cuenta con el 27% (el 72% entre ambos). NAFTA a su vez tiene el 32% de el parque de vehículos del Mundo mientras que la UE 25 el 29,3%. Entre ambos el 62%.

China que posee el 20% de la población Mundial, tan solo cuenta con el 1,27% de los vehículos particulares y el 2,89% del parque Mundial. Algo similar sucedería con la India que con más de 1000 Millones de habitantes tan sólo tiene el 1,09% de los vehículos particulares y el 1,28% del parque Mundial. Figura 8.

SOSTENIBILIDAD
Y
RECURSOS GEOLÓGICOS

LOS MINERALES

Metales Preciosos

Metales Férricos

Metales Base

Minerales Industriales

Metales especiales

Rocas

3.1. INTRODUCCIÓN ECONOMICA

3.1. INTRODUCCIÓN ECONOMICA

Desde la más remota antigüedad, los recursos mineros han sido un asunto de estado y como tal, han motivado un sinfín de conflictos tanto por su posesión como por su comercialización ya que de ellos dependía la supervivencia del propio Estado, así como de la población a la cual pertenecían. Así, en el 400 a.C, el autor del Arthasastra (tratado político de la antigua India), ya nos mostraba el peso específico que la minería poseía en esta época con la descripción de: “ las minas son la fuente del tesoro público; el tesoro permite la creación del ejército. El tesoro y el ejército permiten conquistar el mundo “.Será, no obstante, durante la revolución industrial cuando se iniciará la explotación y comercialización a gran escala de los recursos minerales, de tal forma que desde principios del siglo XIX. hasta la actualidad, la humanidad ha extraído 27 veces más materiales del subsuelo que desde la prehistoria hasta principios de este siglo.

La revolución industrial marcó un hito en la historia y fue, el paso de la utilización de los recursos RENOVABLES (prerevolución industrial) al de los NO RENOVABLES. En el siglo XXI la humanidad, por una serie de imperativos, algunas de las cuales trataremos aquí, volverá al uso masivo de los recursos renovables.

El poder que los recursos mineros ejercen sobre los pueblos y en el desarrollo de su historia moderna, lo tenemos en un ejemplo poco conocido y que comenta Giraud (1983.):

“ Ciertos países del tercer mundo guardan un profundo testimonio sobre sus efectos, así la historia moderna de Zimbabwe, por ejemplo, ha sido influenciada en gran medida por el error de Cecil Rhodes. Este personaje persuadido de que se descubrirían más al Norte yacimientos tan ricos como los del Transvaal, hizo construir por la British South Africa Company, un ferrocarril hacia el Océano Indico para el transporte y evacuación del mineral. No obstante los descubrimientos realizados no alcanzaron las previsiones ni las inversiones realizadas. Fue entonces que para rentabilizar el ferrocarril se enzarzó en una política de colonización blanca a lo largo de éste. La agricultura reemplazó a las minas y Rodesia del Sur (Zimbabwe) pasó pues a ser el dominio de una minoría blanca, al contrario de Rodesia del Norte (Zambia) y el Congo (Zaire) en donde el descubrimiento había sido rápido y excepcionalmente rentable “.

Sobre el poder que los recursos mineros ejercen en la historia antigua, tal como ya hemos indicado y el peso que estos tienen en la historia moderna, tal como iremos comprobando a través de los próximos capítulos, cave una reflexión: “ ya que las minas pertenecen a la trama en la que se realiza la historia de los pueblos y de los estados, éstas más que un producto de la geología, son una causa de la geopolítica “

DETERMINACION DEL PRECIO DE LOS PRODUCTOS MINERALES

Teniendo en cuenta que un yacimiento mineral es un objeto geopolítico, consideraremos que su definición deberá ser económica y no metalogenética. La definición económica de un yacimiento mineral es: “la de toda concentración de sustancias útiles en el seno de formaciones estériles o inútiles”. A la sustancia útil se le denomina mena y a la no útil en el momento de su declaración, ganga.

Toda explotación de cualquier recurso o materia prima en general, viene condicionada por la verificación de la desigualdad económica fundamental: $Pt - (C_i + C_e + C_f) \geq 0$

¿QUE ENTENDEMOS POR MINERALES?

- Unos compuestos químicos con estructuras definidas de origen natural o antrópico .
- Que una asociación de ellos dan lugar a las rocas o a las menas.
- Que una o varias de las partes de rocas y menas son de utilidad para el hombre.

“Precio de la Tonelada metal menos costos de investigación, explotación y tratamiento, deberán ser superior o igual a cero”.

$$Pt - (C_i + C_e + C_t) \geq 0$$

Pt: precio de la tonelada metal

Ci: costos de investigación

Ce: costos de explotación

Ct: costos de tratamiento

Otra manera de matizar el precio o valor de la tonelada metal es introduciendo toda una serie de parámetros que dependerán de numerosos factores y cuya evolución se traducirá en cifras en las grandes Bolsas Nacionales (Londres, New York, Tokio, Paris, Madrid, etc), principalmente en los países de desarrollados. Estos parámetros son principalmente Rareza, Oferta y Demanda y Coyuntura Económica que a su vez se hallarán sometidos a toda una serie de conceptos macro y micro económicos tales como costos laborales, costos energéticos, materias primas e industriales en general, costos financieros, PIB, inflación, etc.

$$V = (Mc - P) \times Q \times C - (Gt + Gr) \pm B \text{ ó } P'$$

V : valor en dinero constante

Mc : metal contenido en el producto mineral (peso, humedad y análisis)

P : pérdidas (diferencia entre metal contenido y recuperado)

Q : cotización en bolsa internacional de los metales

C : cambio sobre la divisa en la que se cotiza el metal (\$, £, €, etc..)

Gt : gastos de tratamiento del producto mineral

Gr : afino del metal bruto obtenido

B : valor en dinero de otros metales pagables y contenidos en el producto mineral

P' : valor en dinero de impurezas penalizables contenidas en el producto mineral.

P, definido por el proceso metalúrgico en 3-5% para el Cu y Pb; y 8-20% para el Zn.

Gt y Gr, se definen como gastos de tratamiento para el Zn.

EN FUNCIÓN DE SU UTILIDAD, LOS RECURSOS SE CLASIFICAN EN:

- ROCAS
- MINERALES INDUSTRIALES
- METALES DE BASE
- METALES FERREOS y SIDERÚRGICOS
- METALES ESPECIALES
- METALES PRECIOSOS
- SUBSTÁNCIAS ENERGÉTICAS

Por último B y C, tienen un período (el precio que paga el fundidor en función de la venta de la materia prima), siendo el tiempo, generalmente, de tres meses.

RAREZA

La rareza de un mineral, viene marcada por su poca capacidad en dar lugar a yacimientos explotables, por lo que su valor se hallará supeditado a costosos procedimientos de tratamiento mineralúrgico de concentración, generalmente a más de 1.000 veces superior a su contenido inicial. Ejemplo: El Circonio posee un Clarke de 156 ppm, siendo sus yacimientos muy escasos (tipo placer marino). Ejemplo Queensland (Australia)

Rareza Aparente: elementos cuyo uso se halla en estado incipiente y del que se desconocen sus formas de acumulación (rareza aparente). Ejemplo: el Hafnio concentrado en los zircones de los granitos ácidos y de reciente descubrimiento; Tierras Raras, etc.

Realmente Raros: tales como las Niobio-tántalo, Platinoides, Oro, Gemas, etc.

LEY DE LA OFERTA Y LA DEMANDA. LOS RECURSOS



Esta vendrá dada por:

A. Reservas y Recursos

B. Metales estratégicos o “Stocks de Guerra”. son metales que se juntan a la demanda industrial para producir oscilaciones bruscas en la bolsa y dar lugar a explotaciones con leyes más bajas de un metal que se paga mejor.

CONCEPTOS SOBRE RECURSOS Y RESERVAS

A la hora de utilizar los vocablos “reservas” y “recursos”, es necesario fijar claramente qué sentido se da a los mismos, ya que a pesar de muchos intentos, no existe todavía una auténtica definición aceptada por todos.

En términos geológico-mineros, los RECURSOS MINERALES O ENERGETICOS, constituyen una concentración natural que se encuentra dentro o encima de la corteza terrestre, de tal forma que es posible su extracción económica en el momento actual o en un futuro previsible. Cuando la extracción se puede realizar en el momento actual a estos recursos se les denomina “Reservas”. Figura

% DE LOS RECURSOS MINEROS CON RESPECTO AL P.I.B DE 2003

LA COYUNTURA ECONOMICA

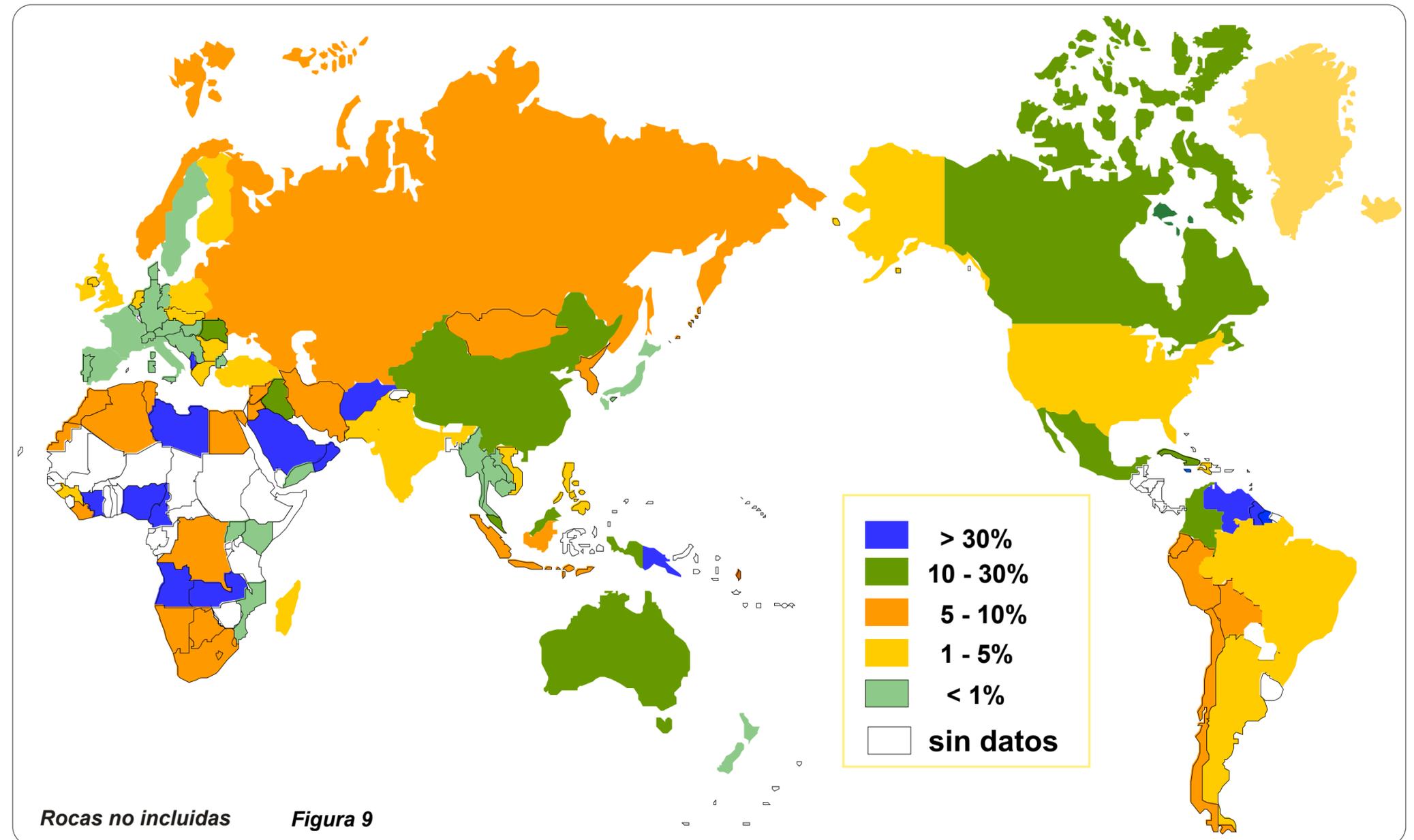
Para ciertos metales, existen unas agrupaciones o "CARTELS", en su mayoría de fundidores, que fijan las cotizaciones de los metales. En la actualidad las sociedades mineras tienden a adoptar éste sistema para evitar ofertas brutales de minerales que disminuirían las cotizaciones y marginarían algunas minas.

Un CARTEL eficaz debe controlar el 75%, al menos, de la producción del metal. Estos pueden ser efímeros y disgregarse cuando uno de los oponentes pone en producción un yacimiento sobrebeneficiario.

Ejemplos: ALCOA, es un cartel para el aluminio del que solo Australia es independiente. El cartel británico del Estaño, del que la industria conservera americana adsorbeía el 50% produciendo tan solo el 1%. De bears para el diamante, etc. Para defenderse de los Cartels americanos y europeos han construido paulatinamente un stock del que liberan pequeñas fracciones para inhibir toda baja en la cotización de metales.

A nivel de prospección minera, hay que reseñar que en un país virgen el riesgo de fracaso crece exponencialmente con la disminución del área a prospectar de lo que se deduce que en teoría económica pura, la prospección minera es un contrasentido financiero:

Gran País ---> Gran Inversión en investigación ----> Riesgo Débil



En muchos países, el Estado toma los riesgos de la prospección de determinadas substancias para cederlos posteriormente a las compañías mineras que pasarán a una prospección de reconocimiento, valoración y explotación. Si esta última es rentable, las compañías pagarán posteriormente al estado, mediante cánones, los gastos por él sufragado en las fases anteriores.

Las fluctuaciones de las cotizaciones afectarán pues a la actividad minera, pudiendo ésta continuar en períodos de pérdidas durante un tiempo límite y en espera, antes de cerrar la explotación, lo que representarían gastos enormes para su readaptación, de épocas más favorables. Ejemplo: Modificaciones de las cotizaciones por la oferta de metal. Tenemos un primer ejemplo en la CEI. La Unión Soviética, antes de 1930, producía el 90% del Platino mundial gracias a sus placeres de los Urales. Debido a ello las fluctuaciones bursátiles eran muy débiles. No obstante en 1935, se descubrió que los "schlams" del refinado electrolítico del níquel en Sudbury (Ontario, Canadá), contenían algunos mg/t de Pt. Esto afectó de forma brutal la producción de éste metal ya que el canadiense era obtenido sin costos de prospección, explotación y tratamiento, era un desecho. Todo ello produjo la caída de la cotización del platino. Más recientemente tenemos bellos ejemplos de situaciones parecidas con el wolfram el estaño, coltan, petróleo (invasión de Kuwait por Irak e invasión de Irak por los EUA), etc.

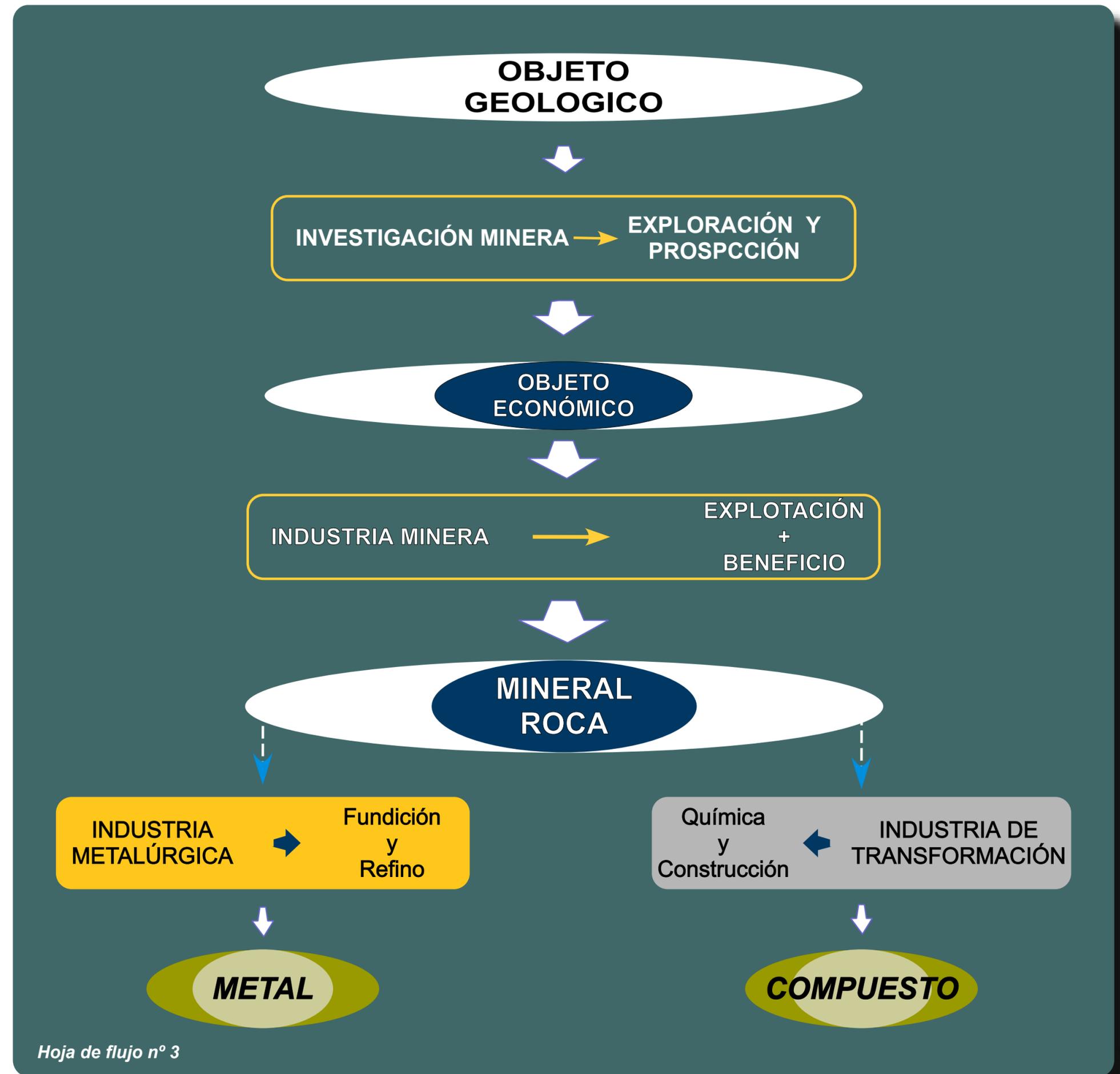
**CADENA DE OPERACIONES
QUE DETERMINAN
EL VALOR DE:**

UN METAL

UN MINERAL INDUSTRIAL

UNA ROCA

UN COMPUESTO



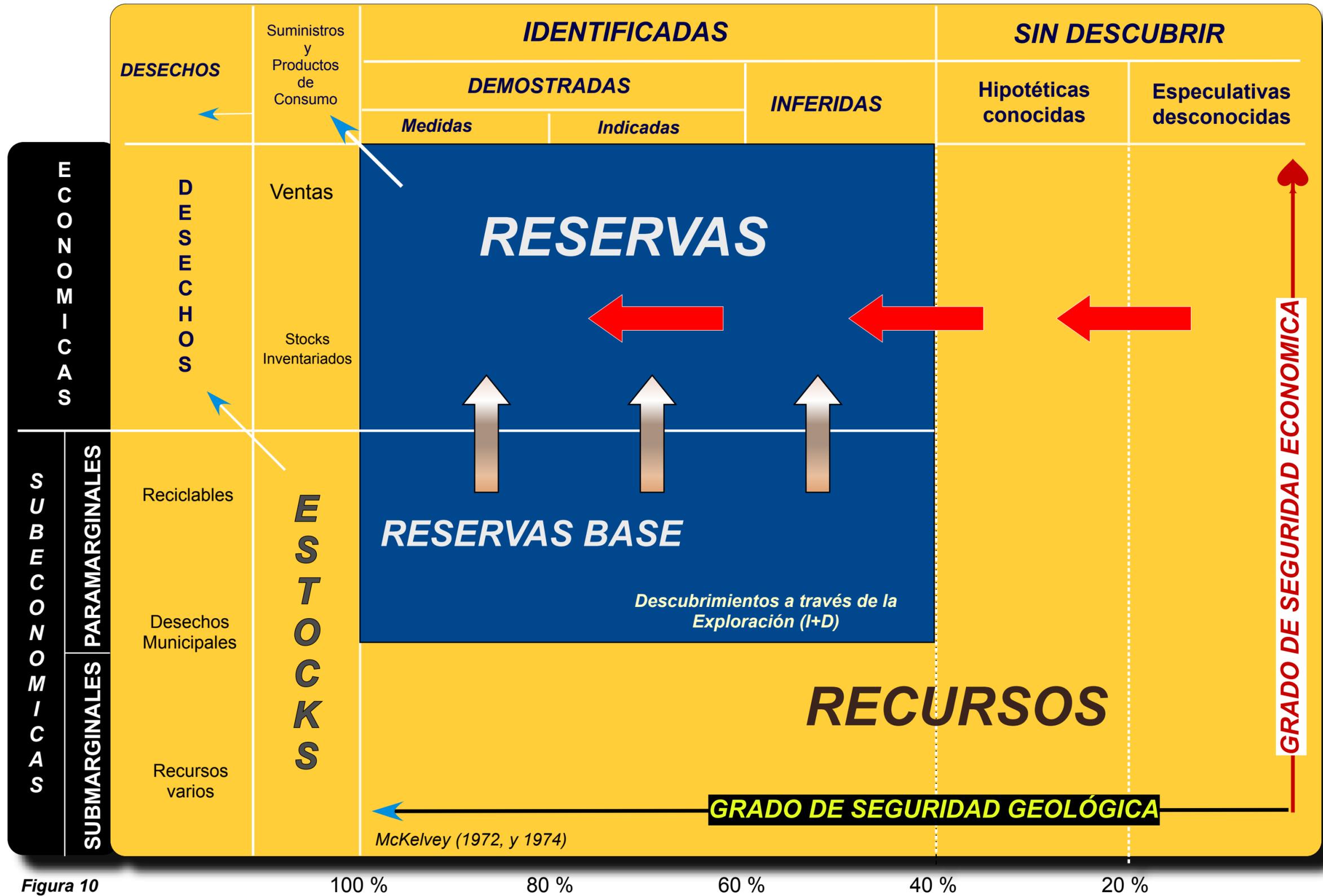


Figura 10

En la definición de recursos y reservas, intervienen dos grandes variables; la seguridad (probabilidad) geológica y la seguridad económica. Esta última puede subdividirse también en dos sub-variables tales como la económica (s.s.) en términos de costos, tecnología y de mercado y una variable socio-económica asociada al ámbito estrictamente legal y/o medioambiental. Cuando de estas dos sub-variables económicas tan sólo la última no alcanza los valores deseados, entonces nos encontraremos en frente de unas reservas base.

GLOSARIO DE TERMINOS SOBRE RESERVAS Y RECURSOS

El método de clasificación más utilizado sobre reservas y recursos, es el de McKelvey (1972, y 1974) de la figura 10. De este método, el US Bureau of Mine propone una serie de términos que se han ido modificado en el tiempo.

(1) RECURSO: es una concentración de origen natural de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en o sobre la corteza terrestre, de tal forma que su extracción económica es potencialmente posible en la actualidad. Bajo la variable de probabilidad o certeza geológica, los recursos se clasifican en:

1.1 IDENTIFICADOS: son masas específicas de materiales que contienen minerales cuya localización, calidad y cantidad son conocidas por evidencias geológicas o probadas mediante mediciones de ingeniería con respecto a la clasificación de demostradas. Su grado de seguridad geológica se sitúa entre el 40%-100%.

1.1.1. DEMOSTRADOS: es el término para definir la suma de los recursos medidos e indicados así como y en función de la seguridad económica, el término "Reserva". El grado de seguridad económica se sitúa entre un 60%-100%.

1.1.1.1. MEDIDOS: son aquellos cuyo tonelaje ha sido estimado a partir del dimensionado del afloramiento, fosas submarinas, explotaciones y perforaciones, y la ley ha sido determinada a partir de los ensayos realizados. Los lugares para la inspección, la toma de muestras y las medidas, se hallan próximas entre sí, de tal forma que puede ser bien definido el carácter geológico y bien establecido el tamaño, la forma y la ley del mineral. El grado de seguridad geológica oscilará entre el 80% y 100%.

1.1.1.2. INDICADOS: son aquellos cuyo tonelaje ha sido estimado parcialmente, a través de mediciones, ensayos o datos de producción. Parcialmente podrán realizarse proyecciones a un futuro razonable o utilizando evidencias geológicas.

Los lugares en que se ha llevado a cabo la inspección, las medidas y los ensayos, se hallan más distantes entre sí, de tal manera que la masa mineral y su ley no pueden ser configurados totalmente. Su grado de seguridad geológica deberá oscilar entre el 60 y 80%.

1.1.2 . RECURSOS INFERIDOS: son aquellos cuyas cantidades estimadas están basadas fundamentalmente en un amplio conocimiento de las características geológicas de los depósitos, existiendo de los mismos muy pocas medidas o ensayos.

Las estimaciones están basadas sobre una supuesta continuidad o repetición de aquellos de los que se conoce una evidencia geológica; esta evidencia puede incluir comparaciones con depósitos similares. El grado de seguridad geológica oscilará entre un 40% y un 60%.

1.2 RECURSOS SIN DECUBRIR: son masas sin especificar de materiales que contienen minerales que presumiblemente existen en base a amplios conocimientos y teorías geológicas. Su seguridad geológica oscila entre 0%-40%.

1.2.1. HIPOTETICOS: son aquellos sin descubrir que cabe esperarse razonablemente que existan en una zona minera conocida bajo condiciones geológicas dadas. Una exploración que confirmase su existencia y revelase la cantidad y calidad del producto, permitiría su recalificación como IDENTIFICADA SUBECONOMICA. El grado de seguridad geológica oscila entre un 20%-40%.

1.2.2. ESPECULATIVOS: son aquellos sin descubrir que pueden también existir en los depósitos conocidos pero que no han sido descubiertos y que se fundamenta su existencia por criterios geológicos o probabilísticos. El grado de seguridad geológica oscilaría entre el 0%-20%.

Bajo la variable económica (socio-económica) los recursos se pueden clasificar en:

1.3. **RECURSOS ECONOMICOS:** son aquellos recursos identificados susceptibles de ser explotados y comercializados en el momento de su calificación.

1.4. **RECURSOS SUBECONOMICOS:** son aquellos recursos que todavía no son económicos o reservas, pero que pueden convertirse en éstos como resultado de cambios en las condiciones económicas, tecnológicas y/o legales. Se denominan también “RESERVAS MARGINALES”

1.4.1. **RECURSOS PARAMARGINALES:** son aquellos que se aproximan a ser económicamente explotables o no se encuentran comercialmente disponibles debido solamente a circunstancias legales o políticas.

1.4.2. **RECURSOS SUBMARGINALES:** son aquellos que necesitarían que su precio fuera sustancialmente más altos (más de 1,5 veces el precio en el momento de su determinación) o bien una reducción de costes debido a un avance tecnológico. Cuando las variables de probabilidades económicas y geológicas confluyen en identificadas y económicas a los recursos se les denomina: RESERVAS.

(2) **RESERVAS:** son aquella parte de los recursos identificados de los cuales un mineral puede ser económica y largamente extraído en un momento determinado.

2.1. RESERVAS INFERIDAS

2.2. RESERVAS INDICADAS

2.3. RESERVAS DEMOSTRADAS

2.1.1. Los recursos demostrados económicos, se pueden denominar “RESERVAS BASE” y los inferidos, RESERVAS INFERIDAS.

En la actualidad, a partir de 1979 y bajo recomendaciones de la ONU, adoptamos principalmente el término RECURSO sobre el de RESERVA por una serie de razones (ESTEBAN 1985):

En algunos idiomas tales como el inglés, francés y español, se produce cierta confusión ya que dichos vocablos presentan un significado parecido, pero diferente del técnico, mientras que en otros se dispone de un solo término y en ruso ambos significan lo mismo.

En esta clasificación se proponen tres tipos de recursos denominados R-1; R-2 y R-3 que se diferencian según el nivel de seguridad económica y geológica que presentan.

Los R-1, serían los yacimientos conocidos con cálculos fidedignos que se subdividirían en: R-1-E (económicamente explotables) y R-1-S (subeconómicos); los R-2, se refieren generalmente a recursos que son una prolongación de yacimientos conocidos y con cálculos preliminares, subdividiéndose también en R-2-E y R-2-S. Por último los R-3, que se trataría de yacimientos no descubiertos y cálculos provisionales.

Otra nomenclatura que se utiliza en España es la de :

a) RESERVAS A LA VISTA que equivaldría a los “recursos demostrados”;

b) RESERVAS PROBABLES que equivaldrían a los “recursos indicados”;

c) RESERVAS POSIBLES, equivalentes a los “recurso inferidos”.

HERRERIO 1980, modifica el cuadro propuesto por McKelvey en 1974-76, incluyendo los cambios que se producen en los distintos stocks “stockpile” (tal como escombreras, desechos industriales y urbanos, etc.). Por otra parte las reservas pueden ser expandidas en función de los esfuerzos que se realicen mediante la exploración y prospección, ambas de manera cualitativa y cuantitativa y/o a través de la reducción de los costos debido a la I+D.

3.2. CLASIFICACIÓN ECONÓMICA DE LOS MINERALES Y ROCAS

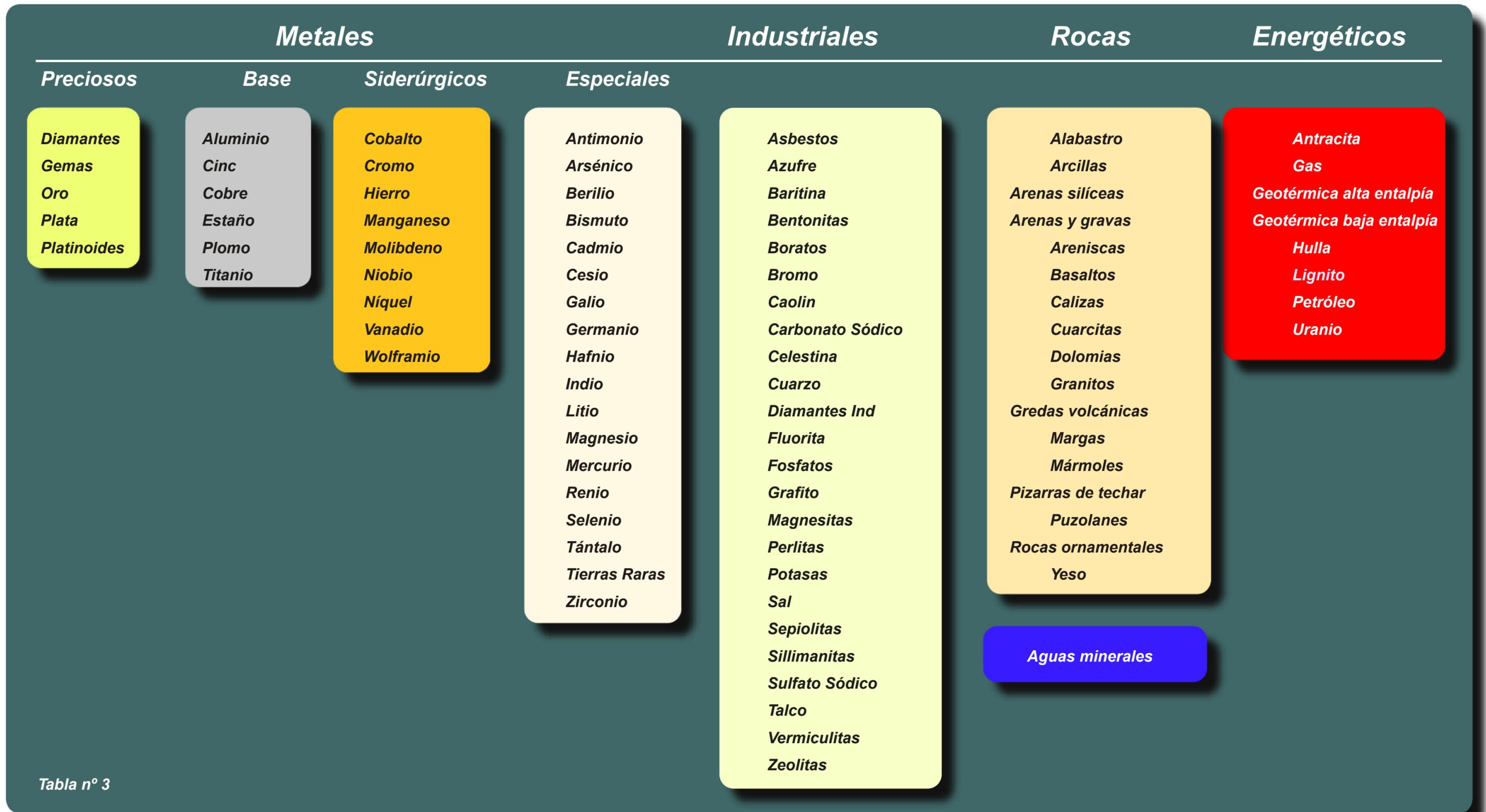
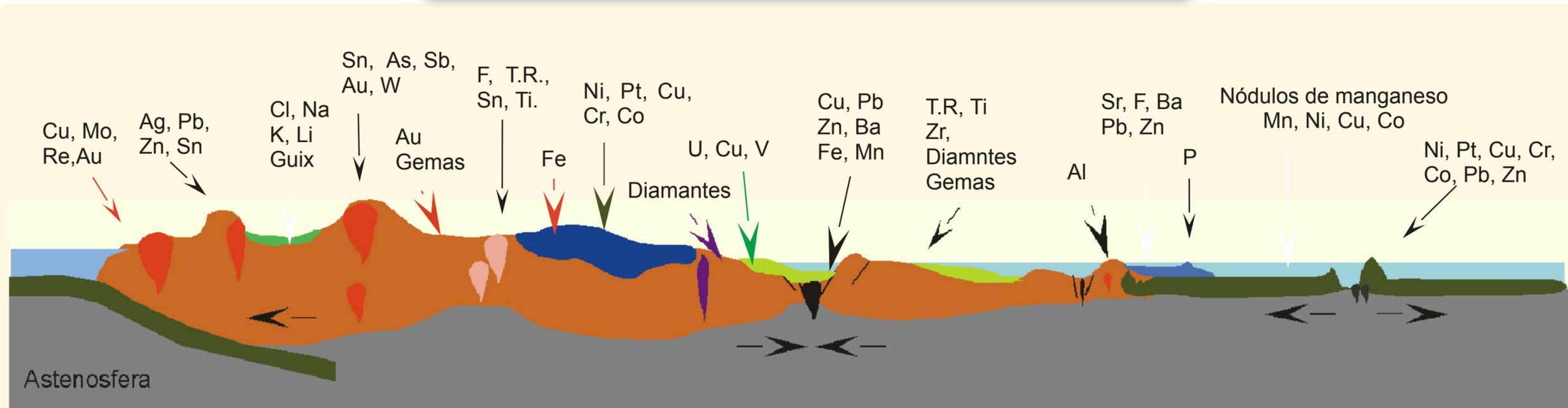


Tabla nº 3

3.3. TIPOS DE YACIMENTOS MINERALES



Corteza Continental (Rocas Ígneas, sedimentarias y metamórficas)

Rocas Calcoalcalinas: Intrusivas: Granitos, Dioritas
 Volcánicas: Riolitas, Traquitas, Andesitas
 Mineralizaciones: (Pb), (Zn), (Cu), (Ag), (Au), (As), (W), (Sb), (Bi), (Fe), (Ti), (U), (Mo), (F), (Ba), Caolín, Zeolitas, Bentonitas, Feldespatos, Rocas Ornamentales, Áridos

Rocas Alcalinas: Volcánicas: Fonolitas, Basaltos,
 Intrusivas: Sienitas, Kimberlitas
 Mineralizaciones: (T.R), (Sn), (F), (Ti), Diamantes, Gemas, Áridos, Cementos.

Metamórficas: Pizarras, Mármoles, Esquistos, Gneises, Skarns, etc.
 Mineralizaciones: (W), (Sn), (Fe), Gemas, (Pb), (Zn), (Cu), (Co), Rocas Ornamentales, Áridos, Grafito, Talcos, Aluminio-silicatos

Rocas Sedimentarias Detríticas: Areniscas, Conglomerados, Limos y Arcillas
 Mineralizaciones: (Cu), (Au), (Pt), (Co), (V), (Al), (Fe), (P), Gemas, Diamantes, (Zr), (T.R), (Ti), Nódulos de Manganeso (Cu, V.), Sepiolitas, Arcillas, Rocas Ornamentales, Áridos.
 Carbones, Uranio, Petróleo, Gas.

Carbonáticas: Calizas, Dolomías y Magnesitas
 Mineralizaciones: (Pb), (Zn), (F), (Sr), (Mg), Cementos, Áridos, Rocas Ornamentales.

Evaporitas: Sulfatos, Carbonatos, Cloruros
 Mineralizaciones: (Cl), (K), (Na), Li, (Ca)
 Yesos, Sulfatos varios, Rocas Ornamentales

Corteza Oceánica (rocas básicas y ultrabásicas)

Peridotitas y Gabros
 Mineralizaciones: (Ni), (Cr), (Co), (Cu), (G Pt), (Au) (Fe), Rocas Ornamentales, Áridos

Figura 11

3.4. LA PROSPECCIÓN MINERA (Flow-sheet de un proyecto de prospección minera)



Prospección Aluvionar (Prospección Estratégica)



Prospección en Suelos (Prospección Táctica)



Prospección Magnética Reconocimiento de Cuerpos)

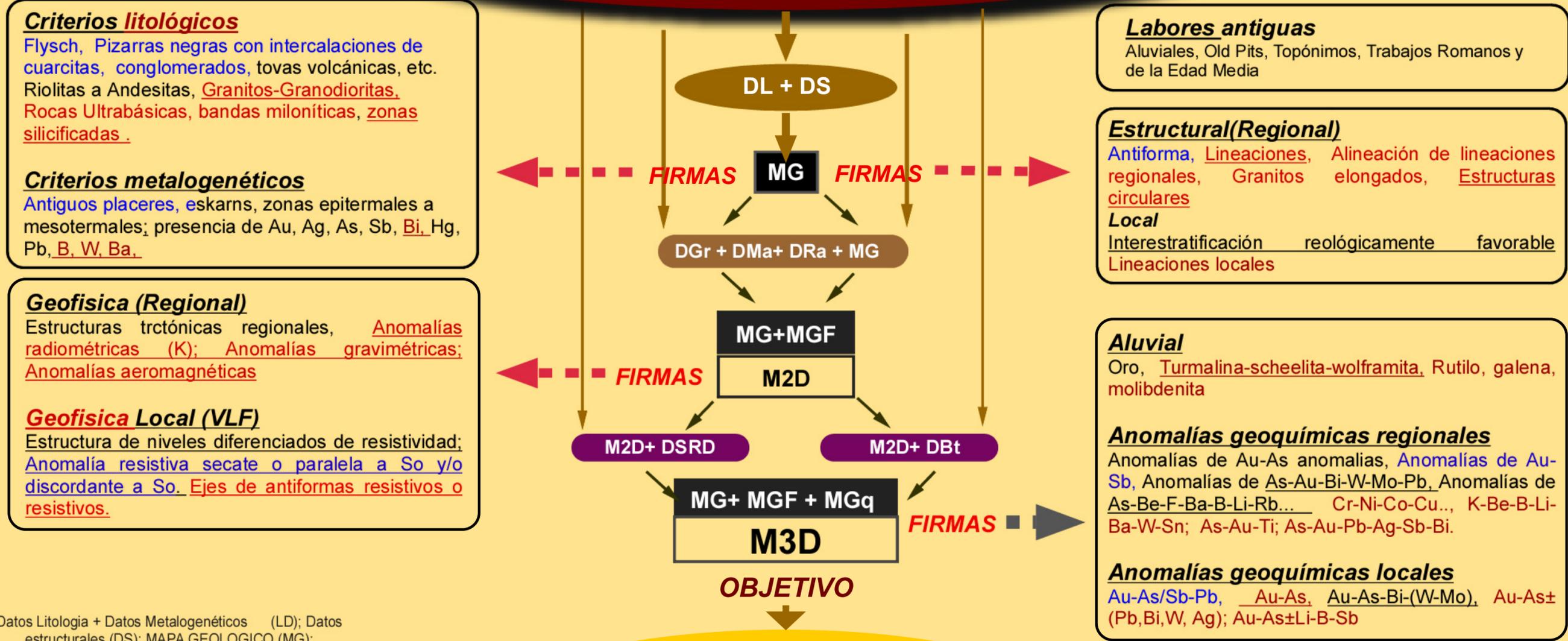
Hoja de flujo nº4

CRITERIOS GEOLÓGICOS Y MÉTODOS EN PROSPECCIÓN DE ORO EN EUROPA

HERRAMIENTAS

La Historia y la arqueología; la topografía, la geología, los sensores remotos, la geofísica, la geoquímica, otros.

COMPILACION DE DATOS



Datos Litología + Datos Metalogenéticos (LD); Datos estructurales (DS); MAPA GEOLOGICO (MG);

Datos gravimétricos (DGr); Datos magnéticos (DMa); Datos Radiométricos (DRa); MAPA GEOFISICO (MGF);

MAPA 2D (M2D)

Datos Multi elemento de sedimentos en redes de drenaje (DSRD); Datos de Bateo (DBt); MAPA GEOQUIMICO (MGq); 3D MAP (M3D)

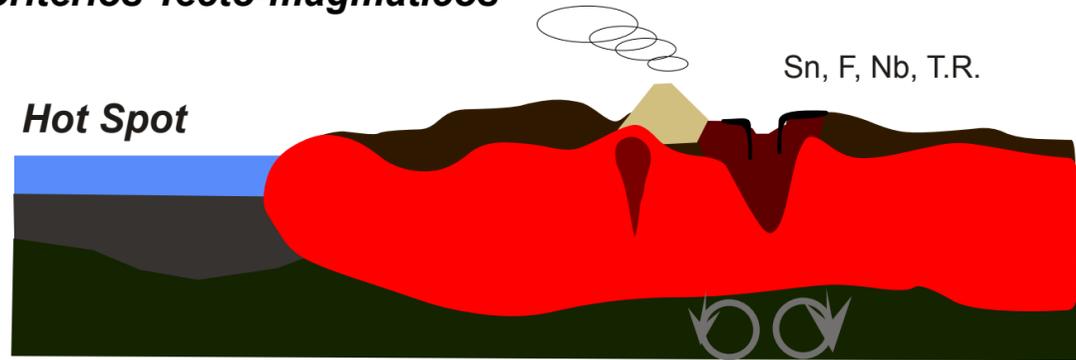
Tipos de yacimientos de oro con atributos discriminantes:
Turbidite Hosted Deposits
Shear Zone (1st-2nd Order)
Granite-Related Deposits
Vulcano-submarinos
Vulcano-aereos

Viladevall et al (1999)

Figura 12

LOS CRITERIOS GEOLÓGICOS EN LA PROSPECCIÓN MINERA

Crterios Tecto-magmáticos

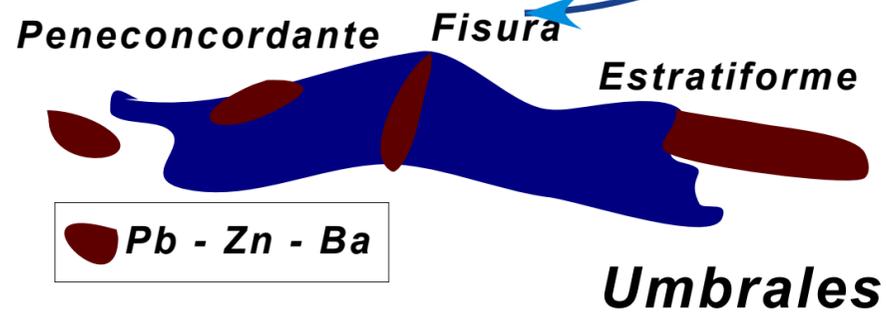


Granitoides: Sn, W, Nb-Ta, F, Ba y T.R. ; Magmatismo efusivo: Zafiros, Rubies, Espinelas y Circones en placeres derivados de basanoides.

CRITERIOS Geoquímicos



CRITERIOS Paleogeográficos

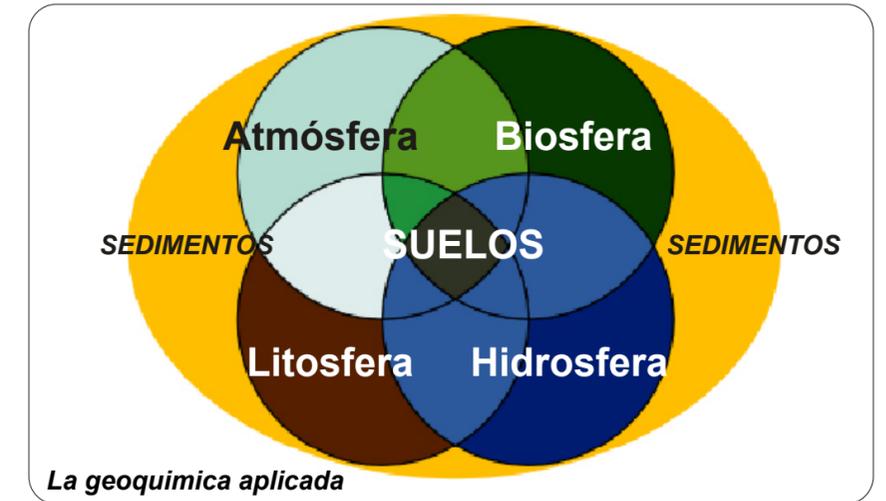


CRITERIOS ESTRUCTURALES: Las lineaciones auríferas africanas



Figura 13

LAS BASES DE LA PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA



SUS MÉTODOS

Figura 14

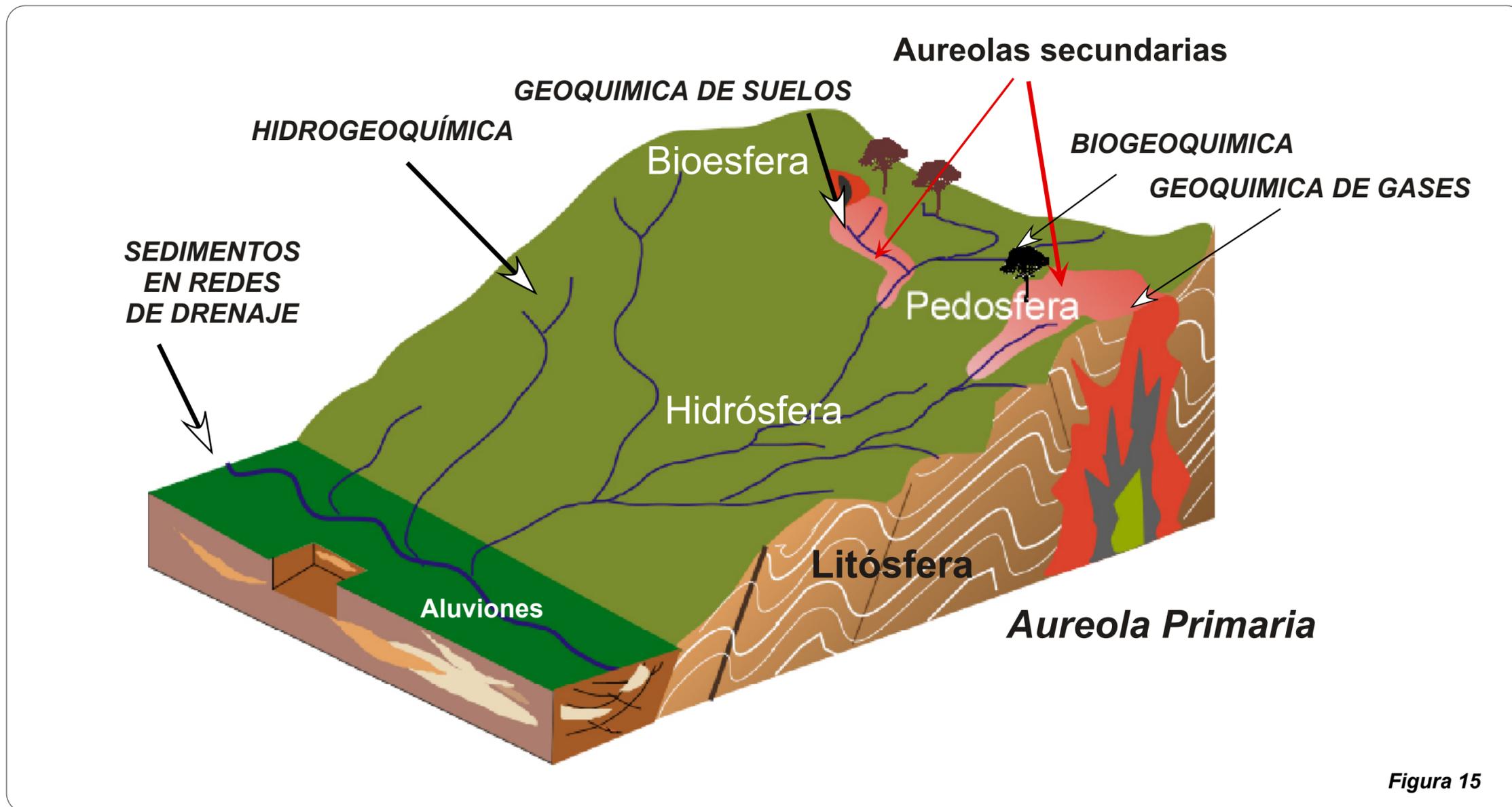


Figura 15

Mètodes Geofísics aplicados a la prospección minera		Contraste	Parámetros medidos o calculados	Unidades	Método Directo	Método Indirecto	
MÉTODOS NO DIRECCIONALES CAMPOS DE POTENCIAL	Radiométricos	Escintilometría	Radiación Gamma		Choques/segundo (c/s) Ch/min (c/m)	Minerales de uranio y toria; Fosfatos; Moncitas y Circones Gas Radón y Torón	Arcillas; granitos; riolitas; tovas volánicas; arcosas; black Shales; pizarras carbones
		Espectrometría	Radiación Alfa				
		Gravimetría	Densidad	Aceleración de la gravedad	Miligals (mgl) Unitat gravimètrica (0,1 mgl)	Sulfuros masivos, Magnetitas, Cromita Baritina, Carbón	Cúpulas y domos salinos
		Magnetometría	Susceptibilitat magnètica	Campo magnético	Gamma (g) Nanotesla (nT)	Magnetita, pirrotina, cromita, Ilmenita	Eskarns, VS, cúpulas metamórficas
MÉTODOS DIRECCIONALES	Eléctricos	Polarización Espontánea (P.S) <i>Mis à la masse</i>	Conductividad y potencial redox	Diferencia de potencial	Milivolt (mV)	Sulfurs massius, grafit	Fracturas
			CONDUCTIVIDAD	Resistividad aparente	Ohm-metre (W m)	Prolongació de mineralitzacions conductores	
		Minerals ^{conductores} _{resistentes} Filones					
		techo de cuerpos ^{conductores} _{resistentes}					
		Capacidad de carga (+ resistividad) Capacidad de polarización		Milisegundos (ms) %	Sulfuros diseminados arcillas; bauxitas, cromitas		
		Electromagnéticos	Electromagnetismo	Mapas y perfiles Sondeos y perfiles	CONDUCTIVIDAD	Parámetros de amplitud y fase del campo; ángulo de basculamiento; deformación de la elipse de polarización	
Componentes en fase y en cuadratura	Minerals conductores y filones						
Mapas y perfiles	Velocidad de propagación			Tiempo y velocidad	Nanosegundos y Metro/nanosegundos (m/ns)	Placeres y recubrimientos	
Mapas y perfiles	Velocidad de propagación	Tiempo Y velocidad	Segundos y Metros/segundo (m/s)	Domos de sal Depósitos Estratiformes			
	Sísmica	Refracción Reflexión	Velocidad de propagación	Tiempo Y velocidad	Segundos y Metros/segundo (m/s)	Domos de sal Depósitos Estratiformes	Estructuras

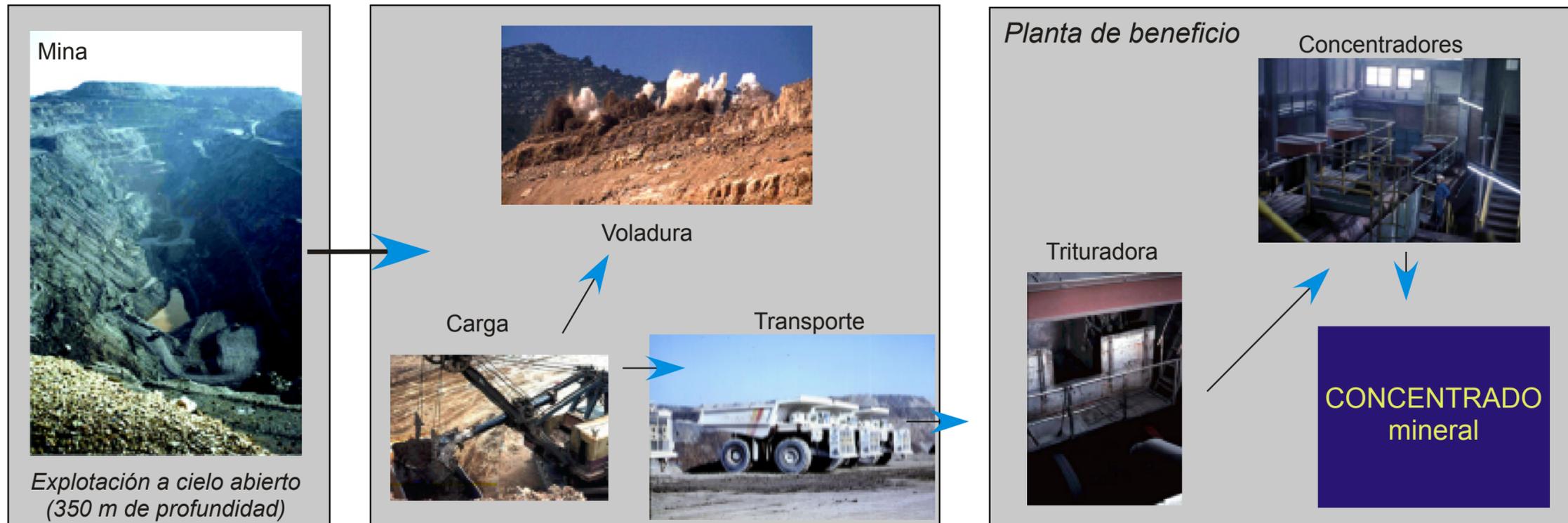
Figura 16

3.5. EXPLOTACIÓN + BENEFICIO

Profundidad tipos de explotación	Resistencia de las rocas	Sistema extracción	Método
<p>Superficial A cielo abierto (poco profundo hasta 400 m)</p> <p>Yacimiento</p> <p>Profundo Subterráneo (poco profundo hasta 3.000 m)</p>	Rocas consolidadas	Mecánicos	Zanjas paralelas Cantera Descubierta Terrazas Contornos Auger
	Rocas no consolidadas	Hidráulicos	Monitor Hidráulico Dragado Por sondeos Lixiviación
	Rocas competentes alta-mediana	Sin sostenimiento	Cámaras y pilares o por bancos Cámaras almacén o por subniveles
	Rocas competentes mediana-baja	Con sostenimiento	Relleno Apuntalamiento
	Rocas ripables mediana-baja	Con hundimiento	Tajo largo Hundimientos por subniveles o bloques



Figura 17



DEPÓSITOS MINERALES Y SU RELACIÓN CON LAS LEYES ECONÓMICAS: Tasa de Concentración

Metal	Contenido Crustal %	Ley mínima de corte %	Tasa de Concentración
Aluminio	8,2	40,0	5,0
Hierro	5,6	25,0	5,0
Titanio	0,57	1,5	2,5
Manganeso	0,095	25,0	260
Vanadio	0,0135	0,5	35
Cromo	0,01	40,0	4.000
Niquel	0,007	1,0	140
Cinc	0,007	2,5	350
Cobre	0,0055	0,5	90
Cobalto	0,0025	0,2	80
Plomo	0,00125	3,0	2.400
Uranio	0,0027	0,01	40
Estaño	0,0002	0,5	2.500
Molibdeno	0.00015	0,1	660
Wolframio	0,00015	0,3	2.000
Mercurio	0,000008	0,1	12.500
Plata	0,000008	0,005	625
Platino	0,0000004	0,0002	500
Oro	0,0000002	0,0001	500

EVOLUCION DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS MINEROS EN FUNCIÓN DE LA LEY ECONÓMICA

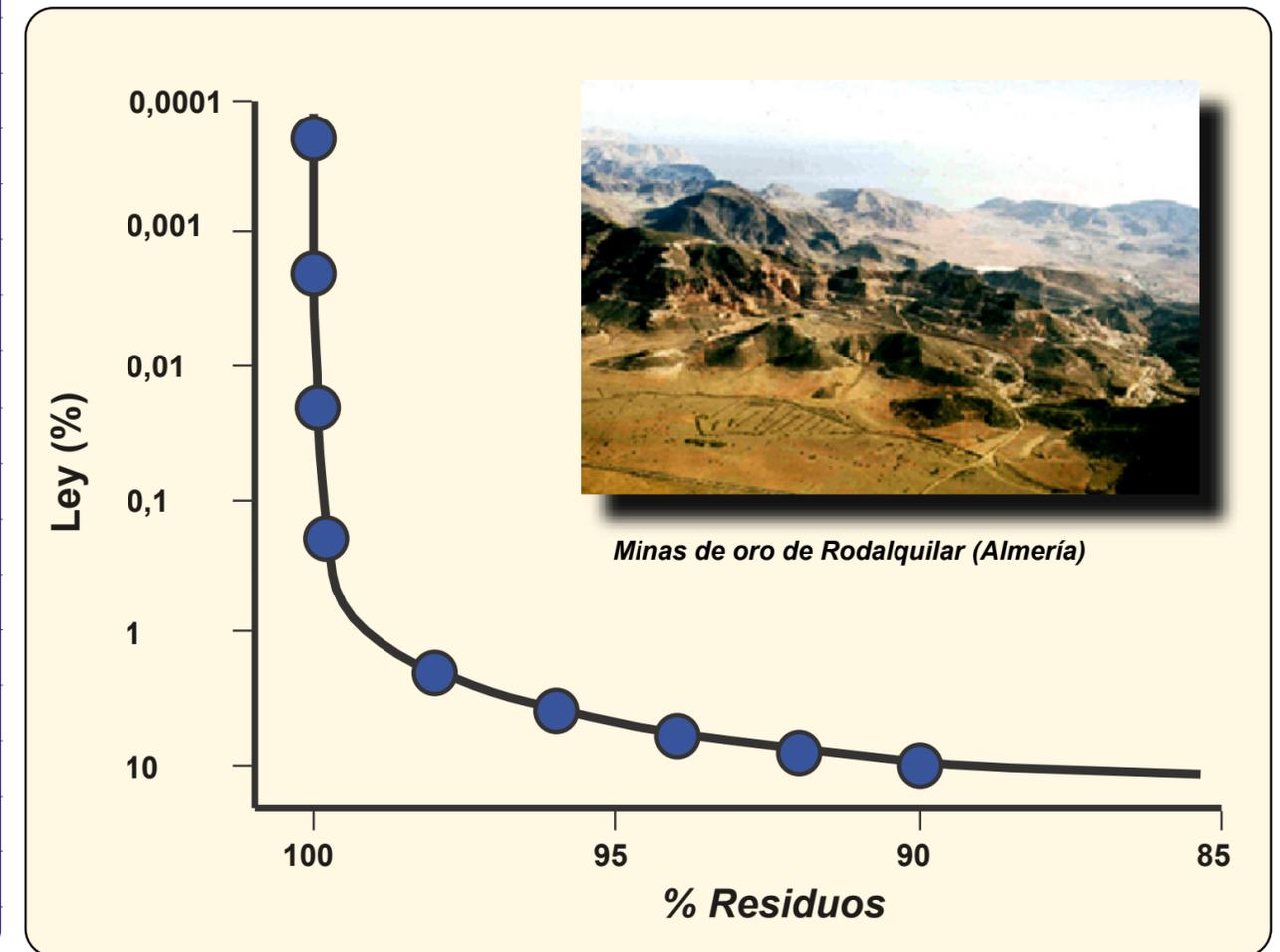
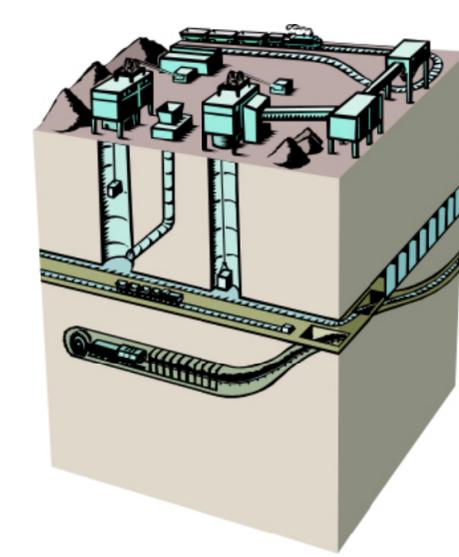


Tabla nº 4. Obsérvese la relación entre el contenido de un metal de la corteza terrestre y su significado económico, Ello convierte a los yacimientos minerales en auténticas rarezas de la corteza terrestre. Rarezas que han tenido lugar mediante procesos geológicos que han durado, algunos de ellos, millones de años.

Figura 18. Obsérvese como a medida que se benefician depósitos con leyes o contenidos mas bajos, el aumento en la producción de residuos crece también de forma exponencial y con ello los perjuicios correspondientes. Un ejemplo de ello se presenta en la figura 1 de la página nº 5.



Industria extractiva



Industria del cloro (Erkimia, Flix 2004)

En este diagrama de la figura 19, se representa no tan solo los procesos de prospección, explotación, beneficio, transformación y usos, si no también la producción de residuos que en cada una de las distintas etapas se generan.

Estos residuos pueden en parte y aún más en las próximas décadas incorporarse a los sistemas productivos de los distintos recursos litosféricos sean minerales o rocas, en cuanto sean considerados como reservas tal como se indica en la figura 10 de la página 22. Cuando esto suceda de forma generalizada y globalizada, podemos empezar a entender el significado de sostenibilidad.

4. METALES

4.1. LOS MINERALES PRECIOSOS

Oro

Plata

Platinoides

- λ Platino
- λ Paladio
- λ Rodio
- λ Osmio..



Joyeria
Inversiones
Industria

- Eléctrica
- Electrónica
- Fotográfica
- Automóvil
- Química
- Médica
- Dentária



Gemas

- λ Diamantes
- λ Berilio
- λ Corindón



Joyeria
Inversiones
Industria

- Abrasivos
- Corte (metalúrgica)



PRODUCCIÓN DE METALES PRECIOSOS en 2003

Producción de Metales Preciosos de la UE y NAFTA en 2003 en toneladas; millones de quilates (Kc) y en miles de toneladas (kt)

	Au t	Ag t	PGm t	Diamantes	Total Kt
Eslovaquia	0,08				0,00
España	3,30	50,00			0,05
Finlandia	5,60	34,00	0,50		0,04
Francia	2,80	1,00			0,00
Grecia	0,00	79,00			0,08
Irlanda	0,00	24,00			0,02
Italia	0,50	4,00			0,00
Polonia	0,30	1220	0,03		1,22
Portugal	0,00	19,00			0,02
Suecia	4,30	306,00			0,31
Total	16,9	1737,00	0,53		1,75

	Au t	Ag t	PGm t	Diamantes	Total Kt
EUA	277	1.240	18.2		1.535,2
Canadá	141,6	1.309	19.6	11,2	1.469,2
México	20	2.569			2.589
Total	437,6	5.118	37.8		5.593.4

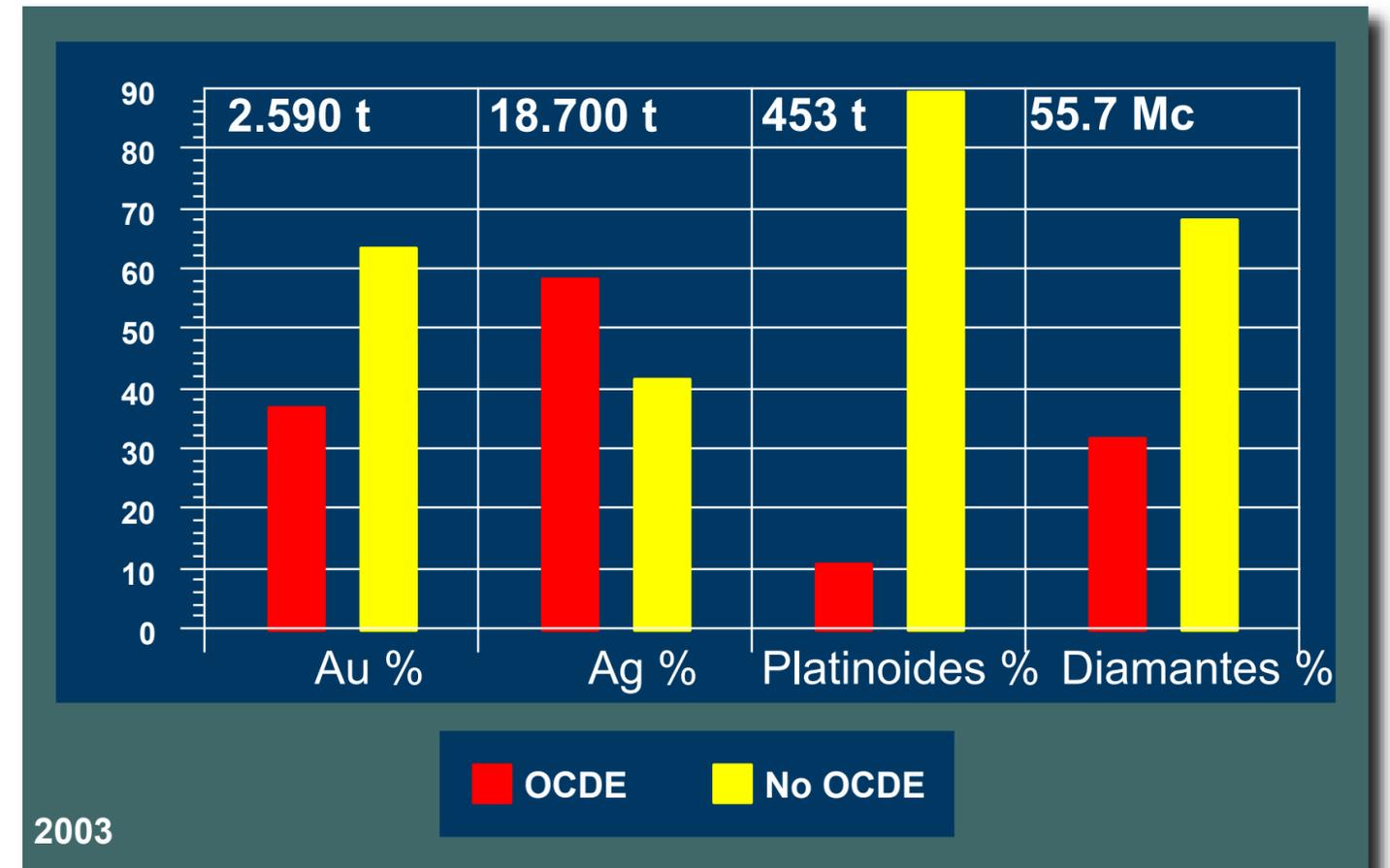


Figura 20. En este histograma se observa que, a excepción de la plata, la principal producción y también reservas de metales preciosos y diamantes se encuentran entre los países no pertenecientes a la OCDE.

Tabla nº 6

LOS DIAMANTES

Composición:	Carbono puro	Peso Atómico:	12.01	Forma cristalina:	Isométrico, octahédrico.
Densidad:	3,516 - 3,525	Dureza:	10	Características:	Elevado Índice de refracción
Unidad de medida:	Quilate (un kilogramo equivale a 5.000 ct y una libra 2.268 ct.				
Mayor diamante conocido:	Culliman de 3106 ct = 0,621 kg				
Usos:	Hasta 1862, gemológicos a partir de esta fecha, gemológicos e industriales (Boart)				
Yacimientos:	Kiberlitas y Lamproitas a partir de magmas ultramáficos . Estructuras volcánicas explosivas.				
Localización en el espacio:	Ambientes cratónicos en todos los continentes con más de 5.000 kiberlitas censadas de las cuales 500 son diamantíferas habiendo sido explotadas unas 50 siendo en la actualidad unas 15 en explotación.				
Localización en el Tiempo:	Desde hace 1.700 Ma (proteozoico inferior)				

Producción Mundial 2003 (Kq)	Gemológicos	Industriales
Angola	4,770	0,530
Australia	14,900	18,200
Botsuana	22,800	7,600
Brasil	0,500	
Canada	11,200	
Centro Africa Rp	0,300	0,100
China	0,235	0,955
Congo	5,400	21,600
Costa de Marfil	0,205	0,102
Ghana	0,800	0,200
Ginea	0,368	0,123
Guyana	0,250	
Liberia	0,036	0,024
Mozambique	0,000	0,000
Namibia	1,650	
Rusia	12,000	12,000
Sierra Leona	0,214	0,290
Suráfrica	5,070	7,600
Tanzania	0,198	0,035
Venezuela	0,030	0,050
Resto Mundo	0,024	0,067
Total Mundo	80,9	69,5

América del Sur: El descubrimiento de diamantes fue realizado por primera vez en Brasil en 1723; en Venezuela en 1883 y en la Guayana Británica en 1887. Todos los descubrimientos fueron casuales dentro de la exploración aluvionar de oro. Los cuerpos kiberlíticos no fueron descubiertos hasta 1968 en Brasil y 1982 en Venezuela. La mayor parte del beneficio diamantífero del continente deriva de explotaciones aluvionares a excepción de pequeños cuerpos kimberlíticos en el Mato Grosso (Brasil) y en estado de Bolívar en Guayana. En 1994 la producción global fue de 3 Mct.

América del Norte: Al igual que en América del Sur los diamantes fueron descubiertos como subproductos de la explotación aluvial de oro en 1843 en los Apalaches y en 1849 en los campos auríferos de California. En el Canadá a pesar de algunas referencias en los Grandes Lagos en 1899, su descubrimiento no fue hasta 1984 en Ontario en Seskatchewan en 1989 y en los territorios del NW hasta 1991. No obstante su producción en épocas pasadas y en la actualidad son muy modestas. Grandes programas de exploración se realizan en la actualidad principalmente en el Canadá.

África: El continente africano fue de largo el mayor productor de diamantes del mundo hasta 1959 con el 98% de la producción. Entre 1988 y 1992 produjo el 48% del volumen, cifrándose el total mundial de 1992 en 100 Mct de los cuales el 63% de su valor de 5.000 M US\$ correspondían a este continente. Los primeros descubrimientos en el continente se realizaron en aluviones del Cabo (S. África) en 1866. Después de 1905, 23 de los 46 países africanos explotaban diamantes. Las kimberlitas fueron descubiertas en S. África en 1869 y reconocidas como yacimientos primarios en 1872. En la actualidad de los 46 estados africanos, 16 presentan kimberlitas en los tres grandes cratones.

Europa: Pequeños hallazgos o indicios se han detectado en Irlanda, Escocia, Francia, España, Noruega, Suecia, Finlandia y Bohemia. La estructura del continente europeo a excepción de la Europa Oriental no permiten la presencia de Kimberlitas. En Ucrania, Bielorusia y en el cratón Báltico, principalmente en Karelia se han detectado kimberlitas productoras.

Asia: La primera cita de diamantes en el mundo se realiza en Asia y concretamente en la India. Los Vedas ya mencionan dicha gema y se calcula que los primeros descubrimientos fueron en el 800 a.C. y en Borneo en el año 800 d.C. Los últimos descubrimientos son los realizados en China a principios del siglo 19 y en Siberia en 1950. En la actualidad Siberia representa el 4 lugar en volumen y el segundo lugar en cuanto a valor, mientras que la India se sitúa en el lugar 20 de los 22 países productores. La producción mayor de Asia se realiza en materiales primarios y una pequeña producción en aluviones de Siberia, India y Borneo.

Australia: Los primeros diamantes fueron hallados en 1851 cerca de Bathurst en Nueva Gales del Sur como subproducto de aluviones auríferos. Entre 1883 y 1922 la producción fue de 204.000 ct. A partir de 1960 se intensificó la exploración minera y fueron localizadas varias brechas kimberlíticas principalmente en el cratón norte del territorio. La producción global de Australia desde 1860 a 1990 ha sido de 180 M ct la mayoría de ellos desde 1985. En la actualidad el yacimiento de Argyle produce prácticamente el 40% de la producción mundial en volumen y el 7% del valor.

EL ORO

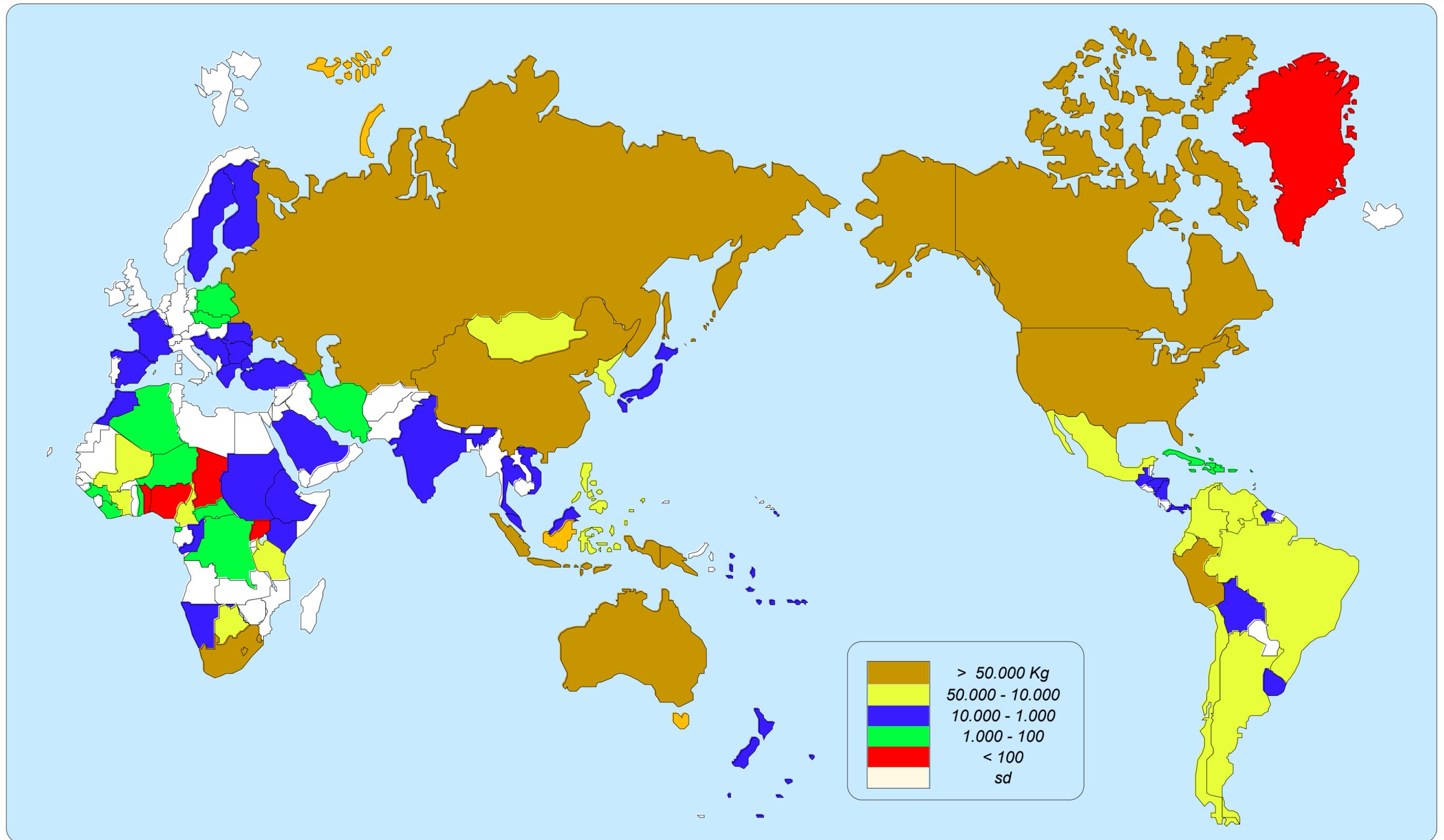


Figura 21. Producción mundial de oro en 2003. Fuentes USGS y Mining annual review (tabla A3)

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ORO

La producción total de oro metal desde la Prehistoria hasta 2000 se cifraría en unas 185.000 t, de las cuales 168.000 se produjeron en el período de 1493-2000 y aproximadamente unas 120.000 toneladas entre finales de la segunda guerra mundial y finales del siglo XX. Bache (1989) considera que su distribución pudo ser :

* De la Prehistoria a la Edad Antigua: 10.255 t de las cuales 4.185 corresponderían a África, especialmente, Egipto; 2.100 t a Asia y 3.370 t a Europa (principalmente la Península Ibérica).

* Edad Media : 2.472 t de las cuales 838t corresponderían a Africa; 903 t a Asia; 571 t a Europa y 160 t a la América pre-colombina.

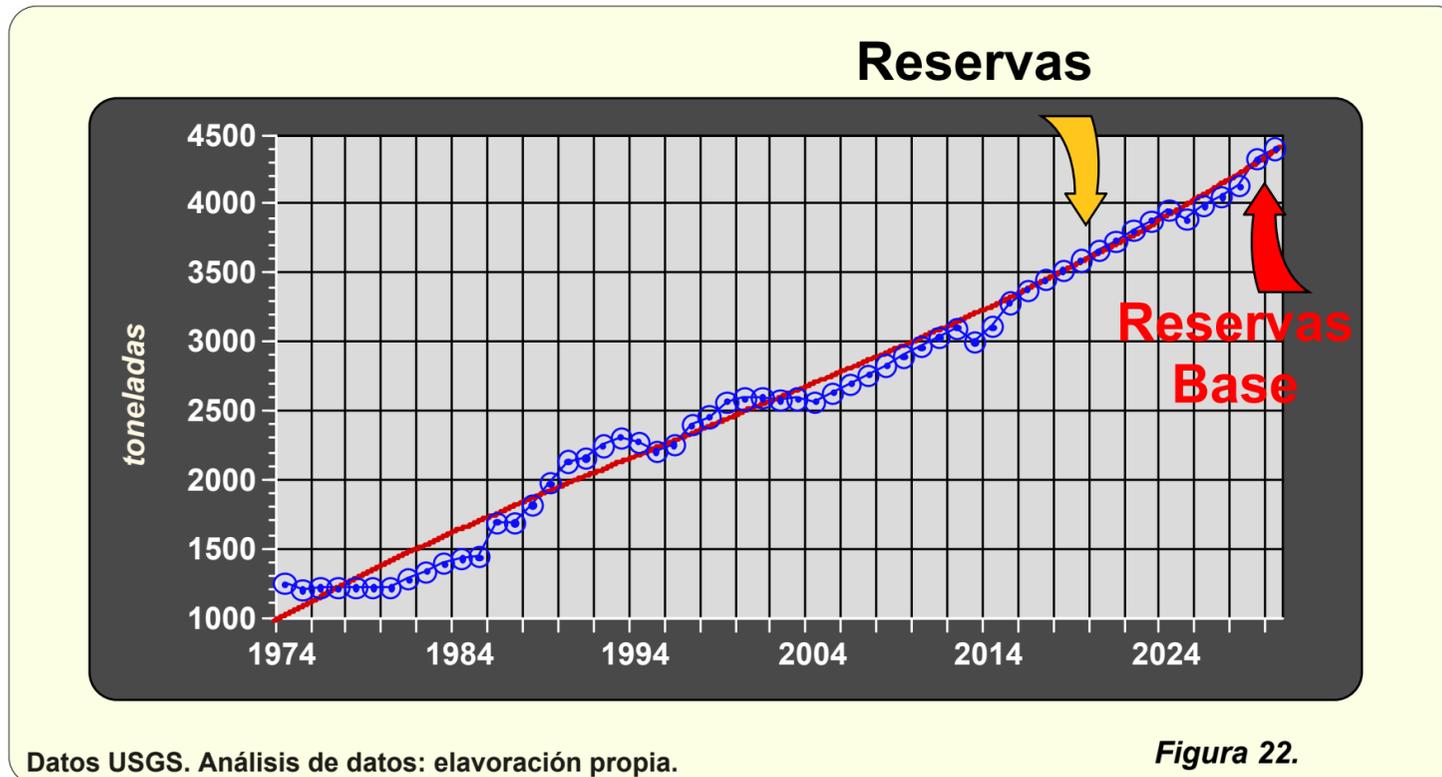
* Desde los años 1492-2000, las zonas productoras fueron la América colombina; en el siglo XIX California, Alaska, Rusia, Australia y finalmente Sudáfrica, siendo esta última la principal productora hasta nuestros días.

Stoher (1985), nos precisa que esta producción globalizada hasta la década de los setenta se podría cifrar en unas 93.300 t que equivaldría en 2003 a unos $1,12 \times 10^{12}$ €. De éstas, la mitad se han producido en los últimos 35 años, o sea después de la II Guerra Mundial.

Distribución de la Producción de Oro durante Cinco Siglos (t)

América del Norte	18.000
Am. Central y del Sur	5.426
Africa	38.725
Oceanía	8.670
Asia (excepto CEI)	4.150
Europa (excepto CEI)	1.220
CEI	12.000
Otros	1.809

Tabla nº 9

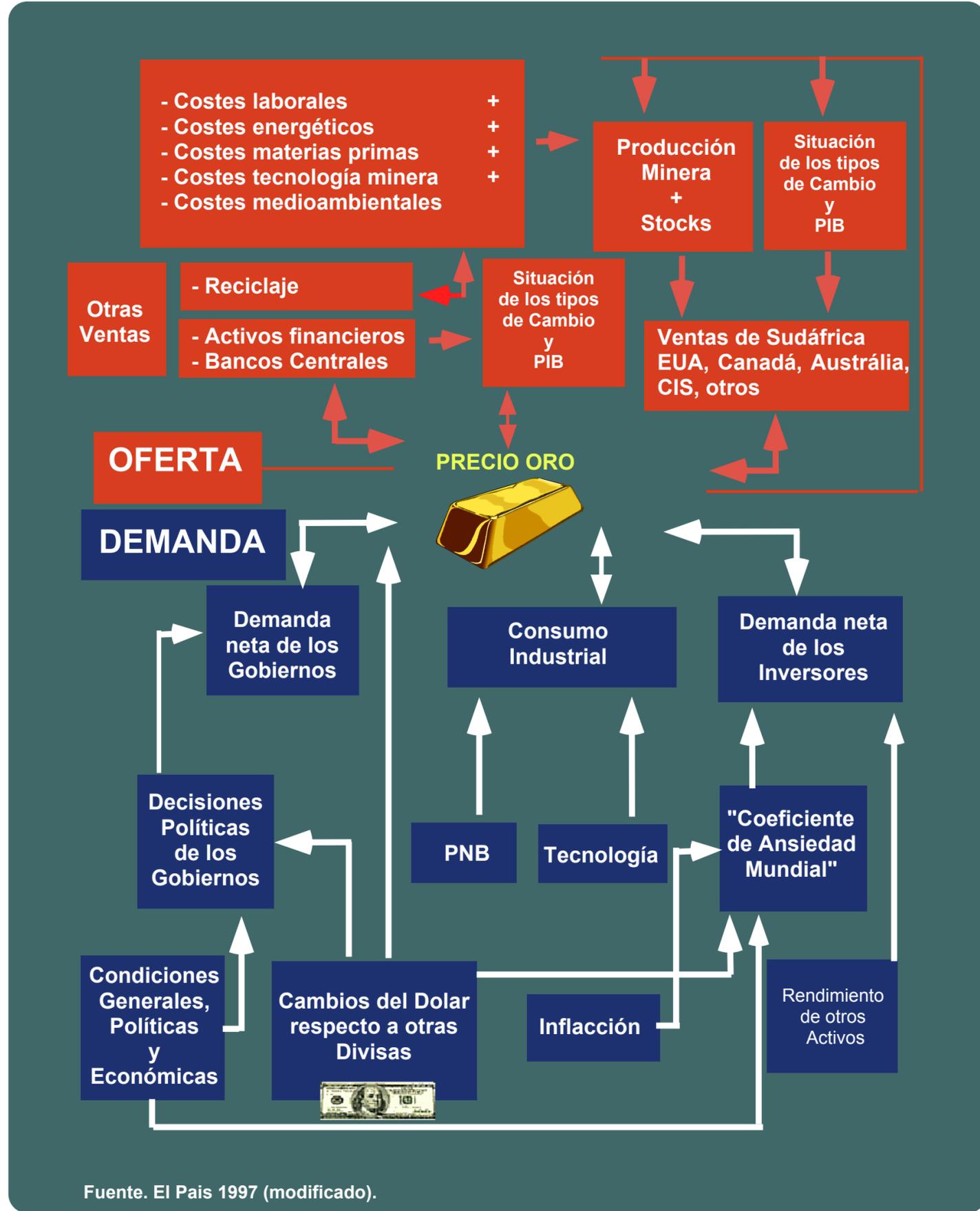


PROYECCIONES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ORO Y SUS RESERVAS

La proyección de la demanda a partir de los datos acumulados de la producción mundial de oro desde 1974 hasta 2003 y teniendo en cuenta que las reservas en 2003 eran de 42.000 t y las reservas base en el mismo año de 90.000 t, las reservas de oro se agotarían en el año 2017 y las reservas base en el 2029. Ver figura de recursos y reservas. Figuras 21 y 22

El oro, es uno de los minerales que en mayor número de países se produce (93), tal como se puede observar en la tabla nº A3 y figura 21. Algunas de estas zonas eran ya grandes productoras en los últimos cinco siglos. Tabla nº 8.

COMO SE DETERMINA EL PRECIO DEL ORO



Hoja de flujo nº 2

Evolución del precio del oro desde 1974 en US\$/gramo

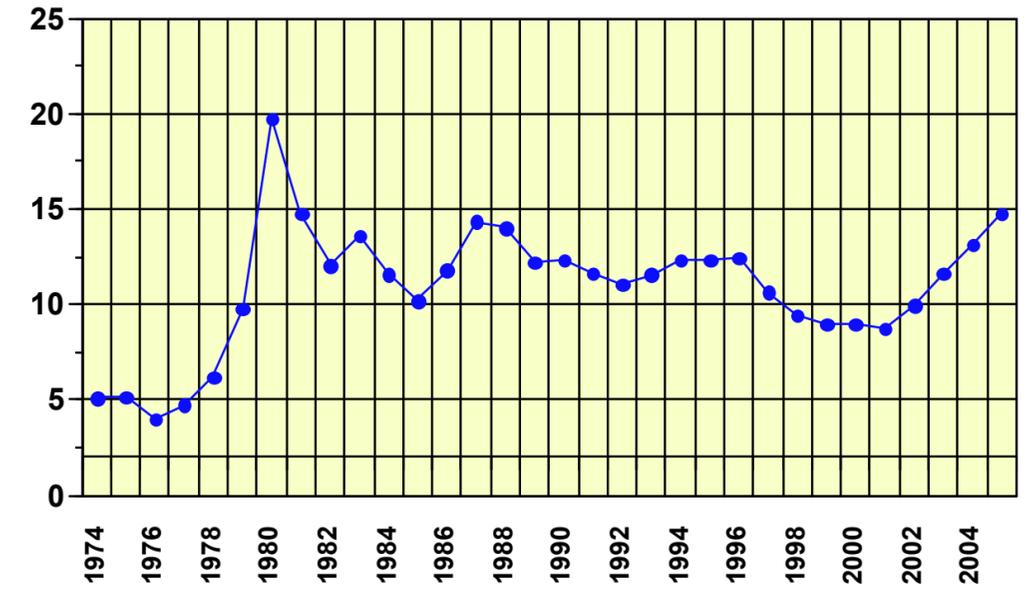


Figura 23. El gran pico que alcanzó los 20US\$ el gramo fue en los años ochenta a raíz de la liberalización del oro y a la gran crisis minera y del petróleo. Fuente datos, Gold Council

Poder adquisitivo en gramos de oro de la Humanidad

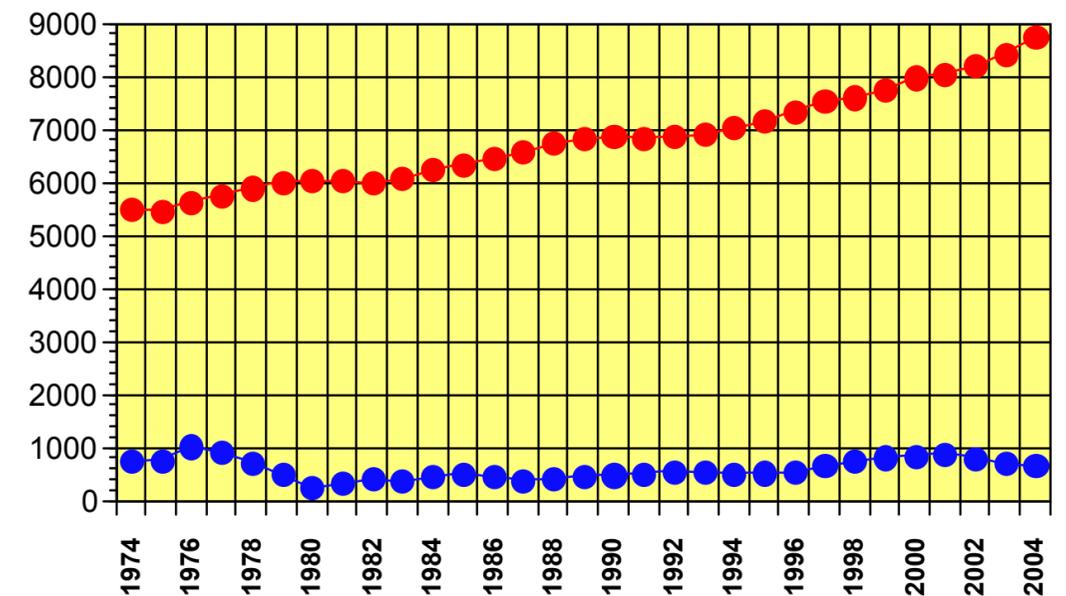


Figura 24. En rojo, renta "per cápita" en US\$ (2004) y en azul el poder adquisitivo en gramos de oro de la humanidad. Desde 1974 la pendiente nos indica una ligera disminución de dicho poder debido al elevado precio del oro. Fuente datos, Gold Council

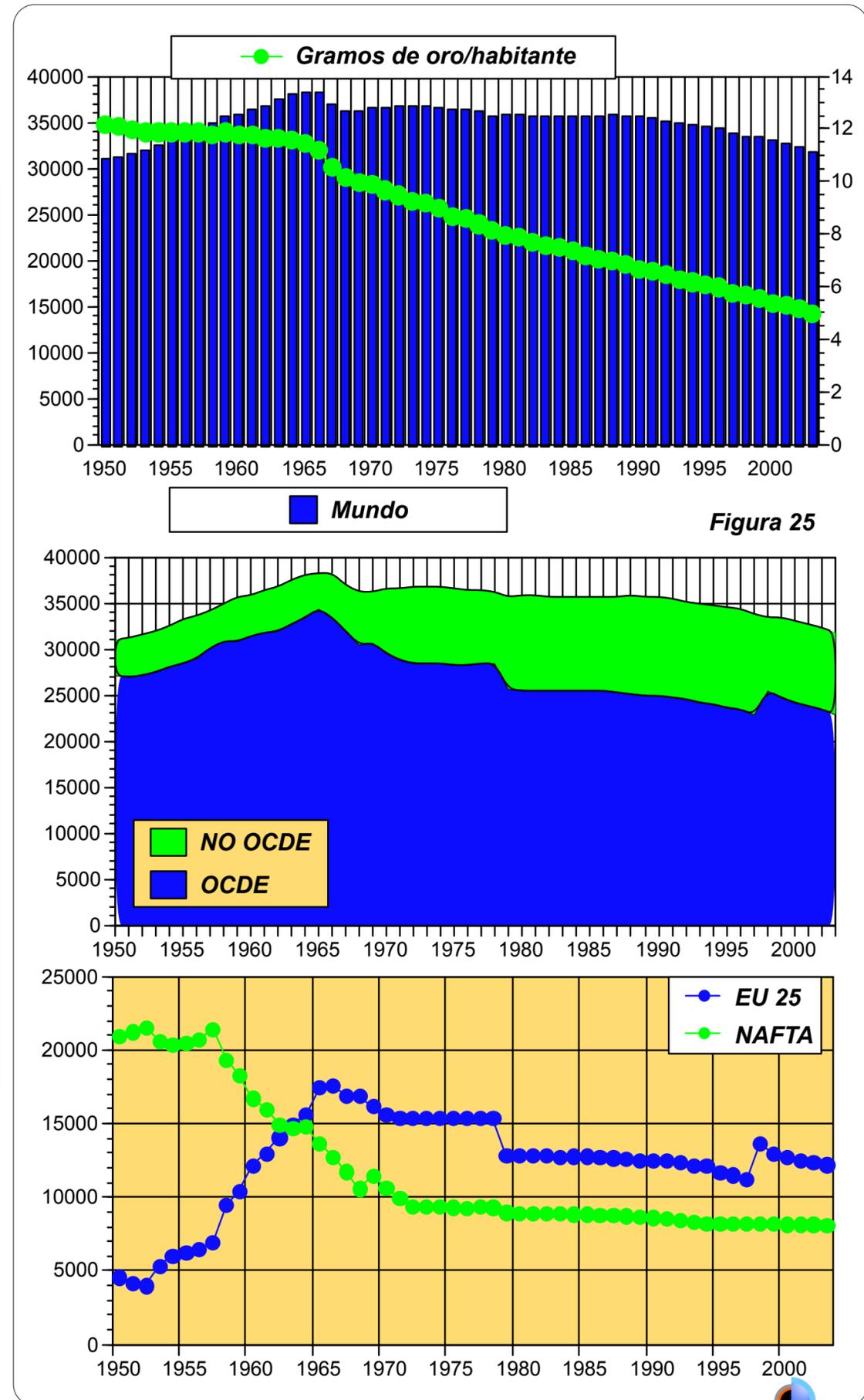
Valor de la Producción Mundial de Metales Preciosos en 2003 en millones de Euros (M€)

	Au	Ag	PGm	Diamantes gemas	Diamantes industriaies	Total M€
Total Mundo	27.013,7	2.627,3	8.994,7	4.069,3	396,9	43.101,8
CIS	3.306,77	233,4	2.475,7	603,6	68,5	6.687,9
Merco Sur	1.433,6	262,7	-	25,2	-	1.721,4
NAFTA	4.886,7	719,2	750,4	563,4	-	6.918,9
UE 25	176,1	244,0	10,6	-	-	254,6
Potências de Australàsia	6.752,1	493,7	146,9	761,3	109,4	8.263,5
Resto Mundo (M€)	10.781,5	674,2	5.611,1	2.115,9	218,9	19.079,3
OCDE	7.885,5	1.084,4	907,3	1.312,83	103,92	11.293,95
No OCDE	19.128,2	1.542,9	8.087,4	2.756,44	292,92	31.807,86
Eslovaquia (K€)	782,3					782,3
España (K€)	34.419,0	7.024,9				41.443,9
Finlandia (K€)	58.408,0	4.776,9	9.934,5			73.119,4
Francia (K€)	29.204,0	140,5				29.344,5
Grecia (K€)	0	11.099,3				11.099,3
Irlanda (K€)	0	3.371,9				3.371,9
Italia (K€)	5.215,0	562,0				5.777,0
Polonia (K€)	3.129,0	171.407,2	635,8			175.172,0
Portugal (K€)	0	2.669,5				2.669,5
Suecia (K€)	44.849,0	42.992,3				87.841,3
Total (M€)	176,0	244,04	10,57			430,62 M€

tabla nº 9

EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS DE ORO DE LOS BANCOS CENTRALES (Figura 25)

Obsérvese el descenso de las reservas en los bancos centrales de los países de la OCDE a mediados de la década de los sesenta. Ello es debido al cambio del patrón oro por el US\$.



LA PLATA

La plata era ya utilizada como elemento de ornamento y como moneda (patrón plata), en las culturas de la Edad de los metales. Vilar (1982), indica que en Mesopotámia y concretamente durante el imperio de Hammurabi, una mala cosecha podía hacer bajar a la mitad la cantidad de cebada correspondiente a cierto peso en plata, lo que significaba un aumento del valor de esta en un 100%.

Las civilizaciones que mayor uso hicieron del metal como patrón, fueron los imperios Hititas y los Mesopotámicos, si bien estos junto con Egipto usaron también el oro y la cebada .

En un principio la plata, igual que el cobre y el oro, se obtenía a partir de su estado nativo, y excepcionalmente a través de una metalurgia rudimentaria del propio oro nativo con leyes en plata de 16 - 25% para el oro Nubio y de 5 - 10% para el oro del NW y E de la Península Ibérica, de aquí su escasez y el hecho de que fuera el metal más cotizado.

Su gran desarrollo así como su subordinación al oro, arranca de la metalurgia de los sulfuros de plata, poco conocidos en aquella época, y principalmente de las menas de plomo como las galenas argentíferas con leyes en plata de más de 100 - 200g/t

En el Cercano Oriente, la metalurgia del plomo viene muy por detrás de la del cobre, aproximadamente en el segundo milenio a.C., y parece que el único mineral beneficiable era la galena, abundante por otra parte en la costa egipcia del Mar Rojo con explotaciones aún activas en la actualidad.

El valle del Nilo, Arabia, Palestina y Siria, eran pobres en este metal y por consiguiente no tenían explotaciones. Por el contrario, la Meseta de Anatolia, en el corazón del antiguo imperio Hitita, desde el Tauro y montes de Armenia al Mar Egeo, era particularmente rica, así como la Meseta Iraniana y la Península Indostánica. En la antigua Grecia, se encuentran los famosos yacimientos de Laurium cercanos a Atenas, aún activos en la actualidad, que según Routhier (1987), se iniciaron posiblemente en el 3.000 a.C, pero lo que sí es seguro, es que en el 500 a.C y gracias a la metalurgia del plomo (galena y carbonatos de Pb), se extrajo mediante copelación tal cantidad de plata que hizo de Atenas en el siglo de Pericles, la principal potencia económica y cultural del Mediterráneo. Jenofonte en el 356 a.C., escribió sobre dichas minas y en la actualidad se reconocen más de 2.000 pozos realizados por los antiguos, teniendo uno de ellos más de 120 m de profundidad. Bateman, (1961) indica, a partir de los trabajos por los antiguos griegos realizados, que éstos poseían unos conocimientos óptimos sobre la estructura y composición de las menas de Laurium.

En las culturas mediterráneas , la metalurgia de la plata, no pudo disociarse de la del plomo, lo cual represento ya un elevado grado de especialización, a la par tecnológico, y fruto de un cúmulo de observaciones que sugieren un origen único para el descubrimiento de la técnica de reducir el mineral a plata o plomo.

Así mismo ya nos se prospectaba un metal nativo, sino un mineral del cual se obtenían dos productos de elevado valor. En Occidente, la Península Ibérica y la Isla de Cerdeña, figuran desde los tiempos prehistóricos como productores de plata. Una leyenda griega nos dice sobre la Península Ibérica: “ que en ésta, había grandes riquezas debido al incendio de los bosques pirenaicos y que debido a ello, se formaron verdaderos ríos de plata”. En la Península el uso de la plata es paralelo a la del plomo y se conoce a partir del segundo milenio en la cultura andaluza (Maluquer op.cit.). Este metal fue ampliamente buscado por los cartagineses y generalmente donde estos se asentaban, existían yacimientos de este metal (¿Ibiza?), Murcia (Cartagena), etc..



El Potosi (Bolivia 1989)



**Minas de la Unión (Cartagena, Murcia)
Antiguo puerto Romano de Portman**



Sierra Almagrera (Almería). Minas de Plomo y Plata y objeto codiciado durante las guerras Púnicas.

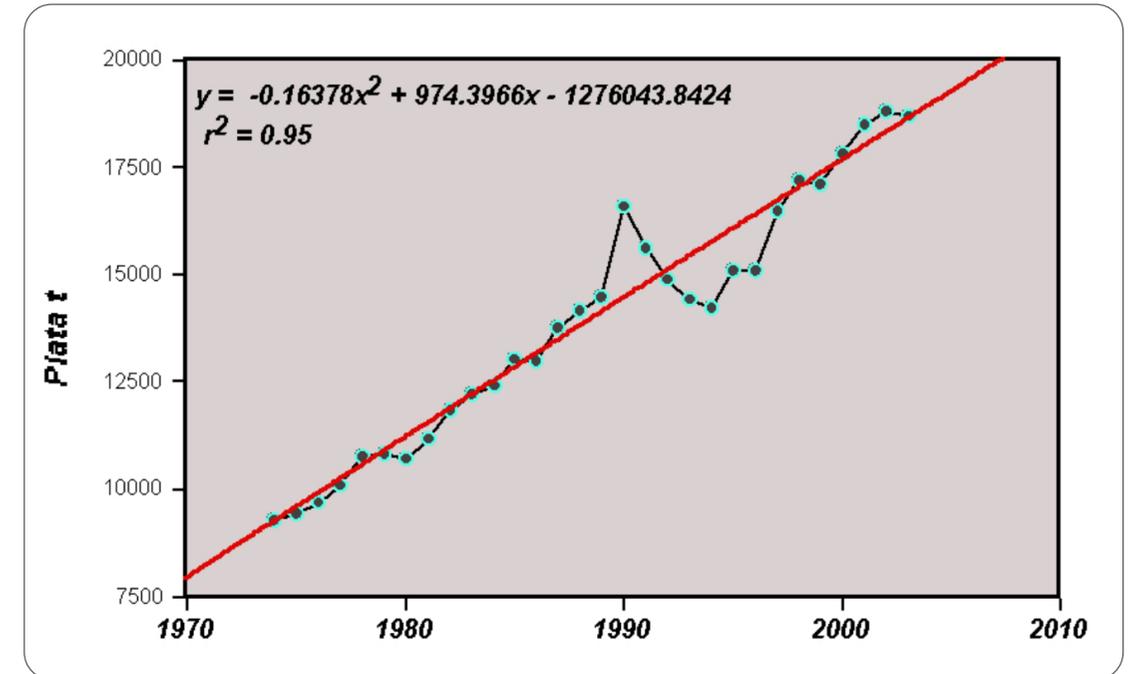


Figura 26. Evolución de la producción de plata

Plinio el Viejo (70 d.C). escribe que el cartaginés Aníbal, poseía una mina de plata en la España Meridional (probablemente en las sierras de Cartagena o Almería (¿Sierra Almagrera?)), denominada Bébulo con una galería de 1.500 pasos y un rendimiento de 145 Kg (¿), de plata diarios.

El papel que representó la plata en la antigüedad, concretamente durante las guerras Púnicas, nos lo demuestra un hecho estratégico de primer orden, que nos obliga a reflexionar sobre el elevado grado de desarrollo de la República romana. Durante la invasión de Aníbal a la Península italiana (218 a.c.), los romanos se plantearon el cortar los suministros de plata con que los cartagineses pagaban a sus ejércitos de mercenarios, para lo cual mandaron a Escipión el Africano a conquistar las minas, situadas en la Hispania Meridional, concretamente en la zona de Cartagena. Una vez Escipión conquistó esta parte de la península Ibérica, Aníbal se quedó sin soldada para sus ejércitos, con la consecuencia de perder Cartago, la Segunda Guerra Púnica. Blazquez, (1970)

Este hecho estratégico no era aislado en la historia antigua ya que anteriormente en el 400 a.c., el autor del Arthasastra (tratado político de la antigua India), se expresaba de la siguiente manera: “ las minas son la fuente del tesoro público; el tesoro permite la creación del ejército. El tesoro y el ejército permiten conquistar el mundo “. (in Giraud, 1983).

El principal consumidor de plata continúa siendo la industria fotográfica (R.X, industria de las artes gráficas y fotografía amateur), con un crecimiento espectacular en los ochenta y noventa para descender igualmente de manera espectacular en los dos mil. En USA dicho consumo llegó a alcanzar el 52% del total de plata y se situó en 1987 sobre las 1.872 t.). En la industria electrónica, su aplicación reside en su elevada conductividad y sus principales substitutos de la plata en espejos y superficies reflectantes son el acero, el aluminio y el rodio. Como compuestos de las monedas, la plata es substituida cada vez más por la aleación de cobre-níquel y el oro y platino son sus substitutos en la industria electrónica por su mayor resistencia a la oxidación. Por último, este metal es substituido en las baterías de plata por el litio.

El principal productor minero de plata del mundo es el Perú con 2.774 toneladas en 2003.

Las reservas se situaban en 2003 alrededor de las 270.000 t y las reservas base sobre las 570.000 t, localizándose las principales reservas en Polonia con 51.000 y 140.000 t respectivamente.

LOS PLATINOIDES

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

El platino es uno de los metales más raros de la corteza terrestre con un contenido medio o Clark, inferior al del Oro (2 ppb), es un metal de color blanco-plateado, de aquí su nombre de "platino" dado por Ulloa en 1735 y por Wood en 1741. Su densidad es de 21,46, superior a la del oro, es maleable y dúctil, pudiéndose endurecer mediante un batido en frío o mediante su aleación con otro metal del grupo de los platinoideos (generalmente el Iridio). Es de difícil fusión (punto de fusión 1769°C) y su coeficiente de dilatación térmica es de $9,1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, muy próximo al de ciertos vidrios a los cuales se puede soldar fácilmente. No se oxida y es insoluble en los ácidos a excepción del agua regia. Es fácilmente cianurable y atacable por álcalis fundidos. Se alea fácilmente con el arsénico, antimonio, plomo y germanio dando eutécticos de bajo punto de fusión. Se combina también con el aluminio, el silicio y el boro dando fases intermetálicas fracturadas.

PRINCIPALES APLICACIONES

- Las primeras aplicaciones tuvieron lugar como metal para el sistema métrico decimal y en el siglo XIX en joyería.
- En la actualidad, su aplicación se halla en función de sus propiedades físicas tales como la resistencia a la corrosión y oxidación y químicas como en la catálisis. En la industria química se utiliza para el refinado del petróleo, para la fabricación de ácido nítrico, sulfúrico y una extensa gama de hidrocarburos. Su estado es en negro, espumoso, tela, hilo, tamiz, etc. En electricidad se utiliza para bujías de motores y especialmente de aviones y en los contactos de los relees telefónicos. En catálisis (una tercera parte de la producción mundial), en el campo de la automoción, es utilizado junto con el iridio y el paladio (sustituto del platino). Los catalizadores del automóvil evitan parte de la contaminación atmosférica ya que los vapores nitrosos son disociados en oxígeno y nitrógeno, oxidando además el monóxido de carbono y restos de hidrocarburos.
- En la industria electrónica el Pt se utiliza como aleación reemplazando al oro y plata en la fabricación de películas de circuitos integrados y a las aleaciones de paladio y rutenio en resistencias.
- Por sus características de inalterabilidad se utiliza en un sinfín de instrumentos de precisión. Se utiliza además en la industria del electrodoméstico en aparatos de TV, lavadoras, así como en calculadoras y juegos electrónicos. Otras utilidades las hallamos en la industria dentaria, en la fabricación de fibra de vidrio y en grandes cantidades para el vidrio de precisión: lentillas, espejos, prismas, óptica s.l. En efecto, el vidrio fundido ataca a la mayor parte de los metales adhiriéndose a ellos, con lo que es necesario moldes de platino capaces de resistir el ataque. En informática se utiliza para las memorias de los ordenadores, así como en la industria aeroespacial en los rayos láser y en la fabricación de termopares.
- Otra demanda, con estructura similar a la del oro, es la de tipo especulativo para inversiones en monedas y medallas conmemorativas (tabla 3.7) con valores de casi un 30% del industrial.

LOS YACIMIENTOS

El platino aparece en estado nativo y contiene siempre pequeñas proporciones de otros platinoideos en forma de inclusiones de iridio-osmio o de osmio nativo. Sus minerales asociados son también el iridio, el osmio la esperrilita, etc. Los yacimientos principales son los aluviales de las montañas del Ural en la CEI y en Colombia así como en grandes depósitos interstratificados de origen volcánico en la República de Sudáfrica. En el Canadá (Sudbury, Ontario), el platino se obtiene como subproducto del proceso del níquel y se encuentra en forma de esperrilita o PtAs₂. Más del 93% de la producción occidental y el 50% de la producción mundial se sitúa en la República de Sur África en las minas de Rustenburg Platinum Mines e Impala Platinum que explotan el Merensky Reef que forma parte del gran complejo ultrabásico de Bushveld, uno de los yacimientos más ricos del mundo con una superficie de 418.000 Km² en el centro del Transvaal. tabla 3.8. Las reservas se estiman en 163 Mt con 10,1 g/t de PGMs + Au y 319 Mt de UG2 con 6,6 t de PGMs+Au. En los yacimientos de Noril'sk en los Urales, las mineralizaciones se hallan asociadas a un cuerpo intrusivo en unas calizas con niveles de un 3,5% de Ni y de 10,4 g/t de PGMs.

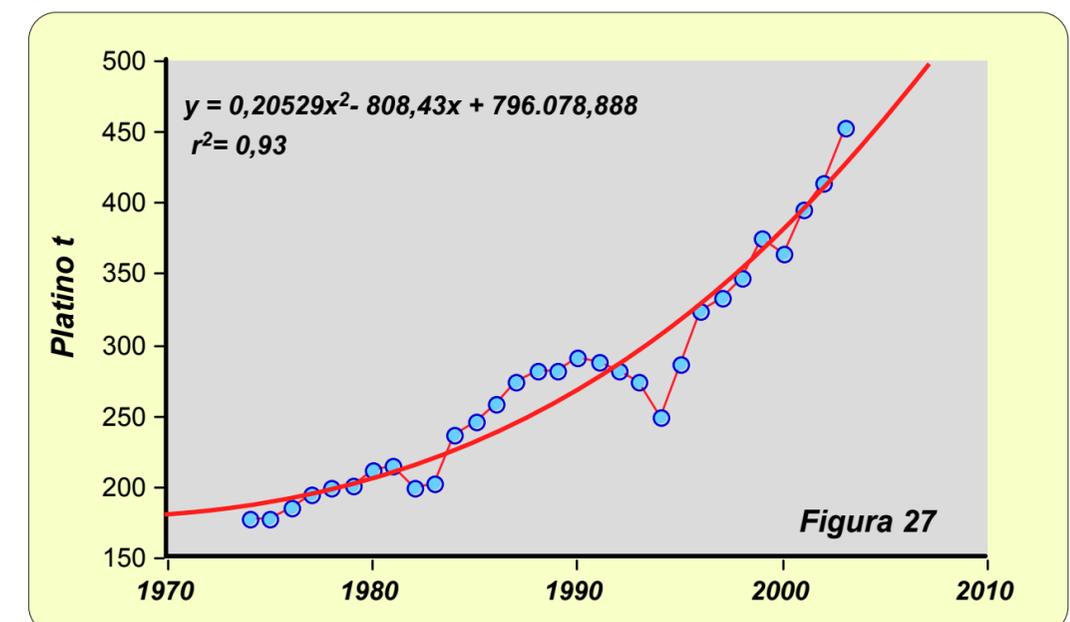


Figura 26. Evolución y tendencia en la producción mundial de platino

4.2. LOS METALES BASE

- λ **Aluminio**
 - λ **Cobre**
 - λ **Plomo**
 - λ **Cinc**
 - λ **Estaño**
 - λ **Titanio**
- Lignito*

PRODUCCIÓN DE METALES BASE
(Concentrado mineral en millones de toneladas)

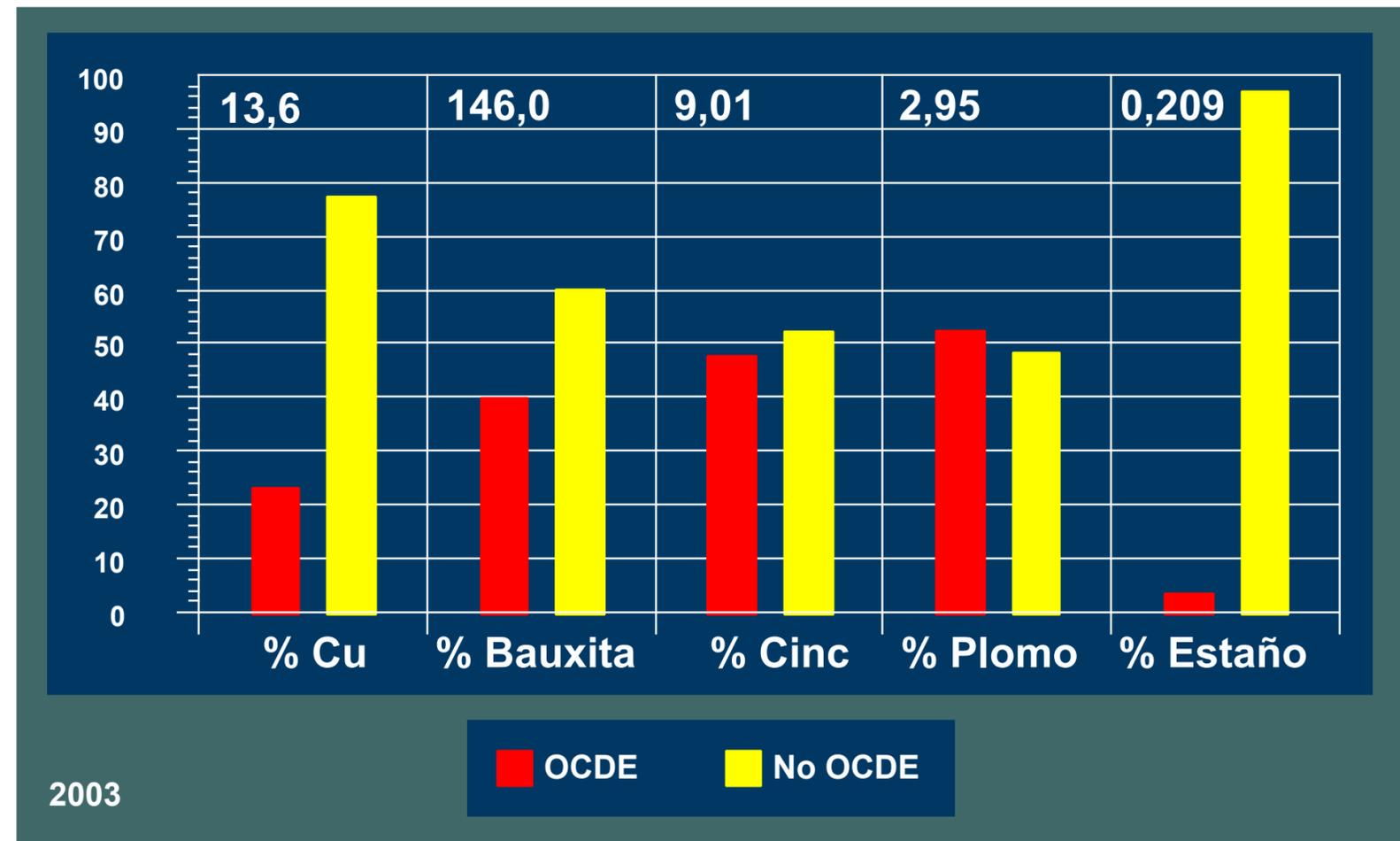


Figura 28. A excepción del plomo, la principal producción y también las reservas de metales base, se localizan en territorios de países no pertenecientes a la OCDE. Entre los territorios de la OCDE, los más desfavorecidos son los de la UE ya que el territorio NAFTA (excepción del aluminio), presenta un buen equilibrio entre producción de metales base y su demanda.

Producción Mundial de Metales Base en 2003 en miles de toneladas (kt) y en millones de euros (M€)

	Cobre	Bauxita	Cinc	Plomo	Estaño	Total	Cobre	Bauxita	Cinc	Plomo	Estaño	Total M€
Total Mundo	13.600	146.044	9.010	2.950	209	171.813,0	22.708,6	2.469,6	7.299,2	2.786,6	909,6	36.173,5
CIS	1.258	8.737	520	55,3	2,4	10.572,7	2.100,6	147,7	421,3	52,2	10,2	2.732,0
Merco Sur	5.125,9	13.148	418,2	34,7	29,2	18.756,0	8.559,0	222,3	338,8	32,8	127,1	9.280,0
NAFTA	2.038,6	-	2198	750	-	4.986,6	3.403,9	-	1.780,6	708,5	-	5.893,0
UE 25	678,9	3.084	715,8	160,4	1	4.640,1	1.133,6	52,2	579,9	151,5	4,4	1.921,5
Potencias de Australasia	2.447,8	79.201	3.385,5	1.393,7	135,3	86.563,2	4.087,2	1.339,3	2.742,6	1.316,5	588,7	10.074,3
Resto del Mundo	2.050,8	41.874	1.772,5	555,9	41,2	46.294,4	3.424,4	708,1	1.436,0	525,1	179,2	6.272,6
OCDE	3.108,7	5.8320	4.288,4	1.572,5	7,5	64.188,4	6.021,4	997,5	3.595,6	1.572,5	32,7	12.184,5
No OCDE	10.491,3	87.724	4.721,6	1.377,5	201,5	94.024,6	16.687,2	1.472,2	3.703,6	1.377,5	876,9	23.989,0
UE (25)												
Chipre	2,5	-	-	-	-	2,5	4,2	-	-	-	-	4,2
Espanya	-	-	70	2	-	72,0	-	-	56,7	1,9	0,09	58,6
Finlandia	20,4	-	38,9	-	-	59,3	34,1	-	31,5	-	-	65,6
Grecia	-	2.418	20	2	-	2.440,0	-	40,9	16,0	1,9	-	59,0
Hungria	-	666	-	-	-	666,0	-	11,3	-	-	-	11,3
Irlanda	-	-	250	50	-	300,0	-	-	202,5	47,2	-	249,8
Italia	-	-	-	1	-	1,0	-	-	-	0,9	-	0,9
Polonia	495	-	150	55	-	700,0	826,5	-	121,5	51,9	-	1000,0
Portugal	78	-	-	-	1	79,0	130,2	-	-	-	4,3	134,6
Suecia	83	-	186,9	50,4	-	320,3	138,6	-	151,4	47,6	-	337,6
Total (Kt)	678,9	3.084	715,8	160,4	1	4.640,1	1.133,6	52,2	579,9	151,5	4,4	1.921,5 M€

Tabla nº10. Observase la baja producción de la UE y NAFTA que solo alcanzan el 3% respectivamente de la producción mundial. El valor total de la producción de un año de los metales base alcanzó en 2003 cerca de los 36.173 millones de euros.

ALUMINIO

Después del hierro, el aluminio es el metal mas utilizado y es en la actualidad el principal de los metales base por su multitud de actividades en el ámbito económico. La tendencia de la demanda se halla asegurada durante este siglo (Figura 28). El aluminio puro es blando y frágil, pero sus aleaciones con pequeñas cantidades de cobre, manganeso, silicio, magnesio y otros elementos presentan una gran variedad de características adecuadas a las más diversas aplicaciones. Estas aleaciones por su ligereza constituyen el componente principal de los aviones y cohetes, en los que el peso es un factor crítico. Cuando se evapora aluminio en el vacío, forma un revestimiento que refleja tanto la luz visible como la infrarroja; además la capa de óxido que se forma impide el deterioro del recubrimiento, por esta razón se ha empleado para revestir los espejos de telescopios, en sustitución de la plata. Dada su gran reactividad química, finamente pulverizado se usa como combustible sólido de cohetes y en el explosivo termita, como ánodo de sacrificio y en procesos de aluminotermia para la obtención de metales.

Otros usos del aluminio son:

- En embalaje en la industria de la alimentación como papel de aluminio, latas, tetrabriks, etc.; En la construcción como ventanas, puertas, perfiles estructurales, etc.
- En bienes de uso; utensilios de cocina, herramientas, etc.; En el transporte de electricidad. Aunque su conductividad eléctrica es tan sólo el 60% de la del cobre su mayor ligereza permite una mayor separación de las torres de alta tensión, disminuyendo los costes de la infraestructura; En la fabricación de recipientes criogénicos (hasta -200 °C), ya que no presenta temperatura de transición (dúctil a frágil) como el acero, así la tenacidad del material es mejor a bajas temperaturas, calderería; Los hidruros complejos de aluminio son reductores valiosos en síntesis de química orgánica.
- Militares: las sales de aluminio de los ácidos grasos (p. ej. el estearato de aluminio) forman parte de la formulación del NAPALM.
- Los haluros de aluminio tienen características de ácido Lewis y son utilizados como tales como catalizadores o reactivos auxiliares; Como aluminosilicatos, componentes esenciales de las arcillas y rocas metamórficas (andalucita, sillimanita, estauroлита, etc.) son la base de muchas cerámicas y de refractarios; Aditivos de óxido de aluminio o aluminosilicatos a vidrios varían las características térmicas, mecánicas y ópticas de los vidrios; El corindón (Al₂O₃) es utilizado como abrasivo. Unas variantes (rubí, zafiro) se utilizan en la joyería como piedras preciosas.
- Otras aleaciones muy conocidas de aluminio son las denominadas: Duraluminio; El aluminio es también usado en la fabricación de antiácidos o antitranspirantes .

Historia: Tanto en Grecia como en Roma se empleaba el alumbre , una sal doble de aluminio y potasio como moridente en tintorería y astringente en medicina, uso aún en vigor.

Abundancia y obtención.

El aluminio está considerado como uno de los elementos mayoritarios de la corteza terrestre con un Clarke o contenido medio del 8,05%. Las rocas más ricas en aluminio son las dioritas, arcillas y granitos. mientras que las mas pobres son las rocas calizas con un 0,4%. Sus aplicaciones industriales son relativamente recientes, produciéndose a escala industrial desde finales del siglo XIX.

Cuando fue descubierto se observó que su beneficio de las rocas era muy complejo, por lo que durante un tiempo fue considerado un metal precioso, más caro incluso que el oro; sin embargo, con las mejoras de los procesos como el de Hall-Héroult en 1886, lo que permitió, junto con el proceso Bayer del mismo año, que se extendiera su uso hasta hacerse con uno de los principales mercados de los metales.

PAISES PRODUCTORES

La producción mundial de bauxita fue en 2003 de 146 millones de toneladas, siendo el principal productor Australia con 55,6 millones de toneladas en 2003 seguida de Guinea y Jamaica con 15,5 y 13,4 millones de toneladas respectivamente y durante este mismo período. Las reservas totales (incluidas las reservas base) se situaban en el mismo período alrededor de 56.000 millones de toneladas de las que alrededor del 25% corresponderían a Guinea y otro 20% a Australia.

Evolución de la demanda minera de bauxitas (Kt)

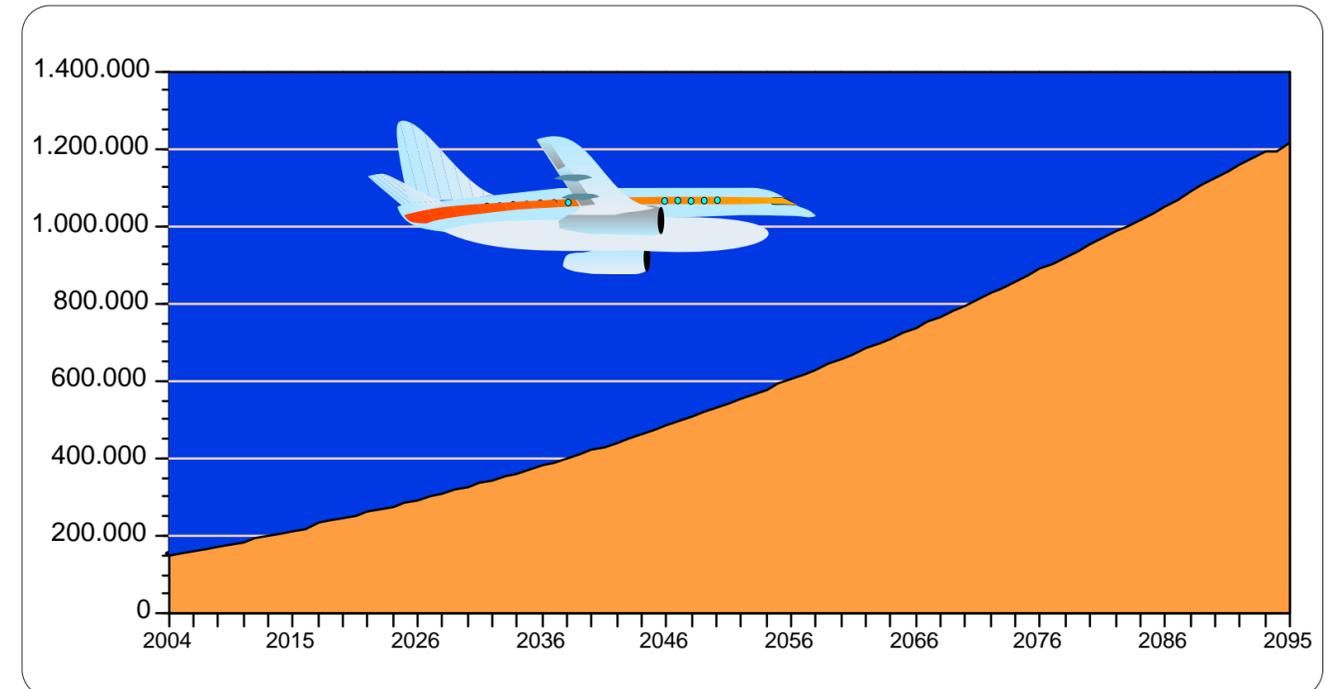


Figura 29. La producción total de bauxita que tendrá lugar entre 2004 a 2095, según la tendencia observada desde 1974 a 2003 será aproximadamente de 53.985.327.202,2 toneladas. Esta producción implicara, a su vez la producción complementaria de más de 150.000 millones de toneladas de estériles o lo que es lo mismo algo mas de 55.000 millones de metros cúbicos.

Reciclaje

La recuperación del metal a partir de la chatarra (reciclado) era una práctica conocida desde principios del siglo XX. Es, sin embargo, a partir de los 60 cuando se generaliza, más por razones medioambientales que estrictamente económicas. Figura 30.

El proceso ordinario de obtención del metal consta de dos etapas, la obtención de alúmina por el proceso Bayer a partir de la bauxita, y posterior electrólisis del óxido para obtener el aluminio. El uso de recipientes de aluminio no se ha encontrado que acarree problemas de salud, a excepción de los diabéticos así como se ha sugerido que el aluminio puede estar relacionado con el Alzheimer, aunque la teoría ha sido refutada.

El aluminio no cambia sus características químicas durante el reciclado. El proceso se puede repetir indefinidamente y los objetos de aluminio se pueden fabricar enteramente con material reciclado. Muchos desechos de aluminio como las latas se pueden prensar fácilmente, reduciendo su volumen y facilitando su almacenamiento y transporte, las latas usadas de aluminio tienen el valor más alto de todos los residuos de envases y embalajes, lo anterior es un incentivo para su recuperación.

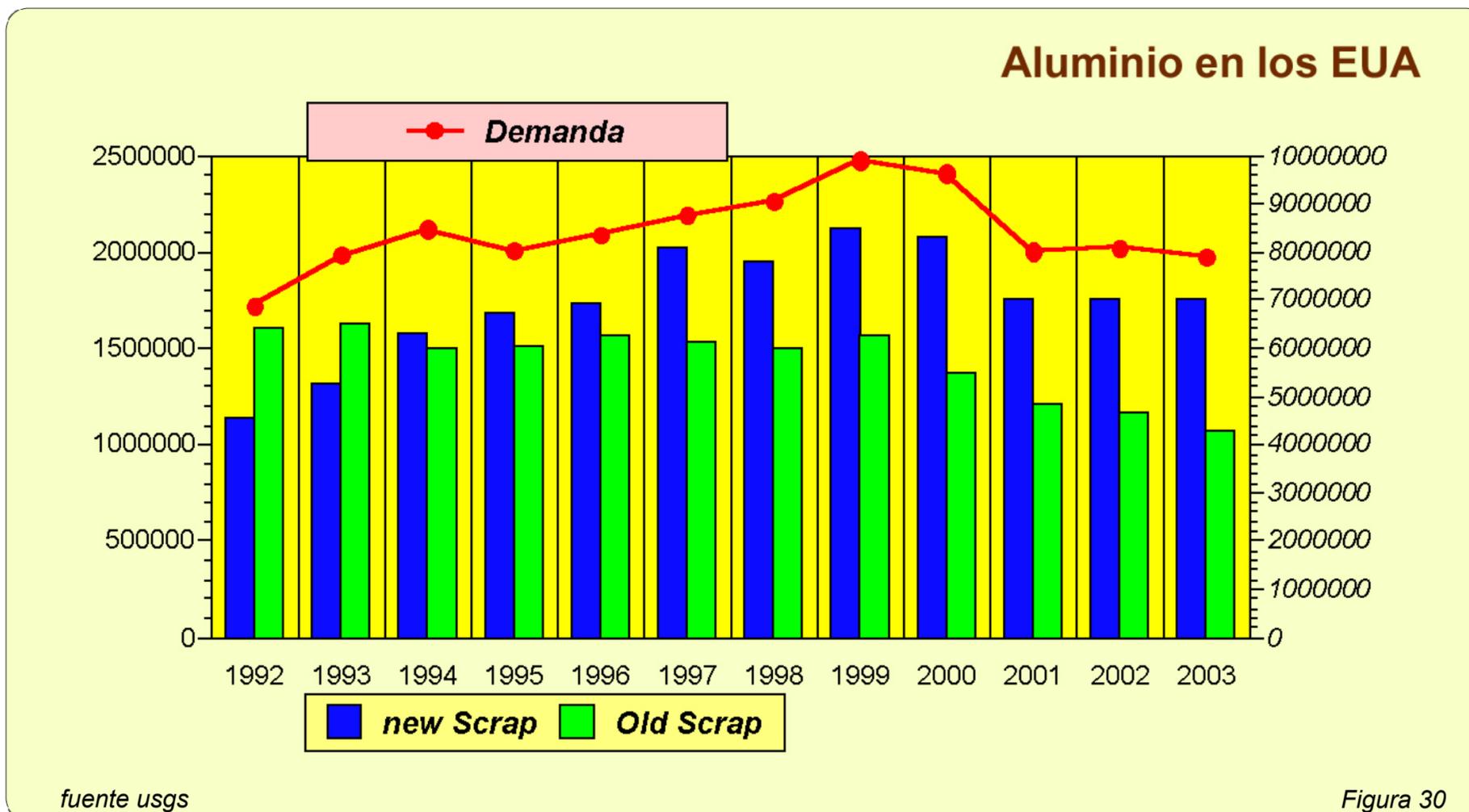


Figura 30

Algunos beneficios en el reciclaje de aluminio son:

- Al utilizar aluminio recuperado en el proceso de fabricación de nuevos productos existe un ahorro de energía del 95% respecto a si se utilizara materia prima virgen (bauxita).
- El proceso de reciclado es normalmente fácil, ya que los objetos de aluminio desechados están compuestos normalmente sólo de aluminio por lo que no se requiere una separación previa de otros materiales.
- Un residuo de aluminio es fácil de manejar: es ligero, no se rompe, no arde y no se oxida, por lo mismo es también fácil de transportar.

El aluminio es un material cotizado y rentable con un mercado importante a nivel mundial. Por ello todo el aluminio recogido tiene garantizado su reciclado. El reciclaje de aluminio produce beneficios ya que proporciona fuente de ingresos y ocupación para la mano de obra no calificada.

EL PLOMO

Usos industriales (Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS)

- el mas usual, se encuentra en la fabricación de acumuladores que permite además un excelente reciclaje del mismo.
- otros de los usos se dirigen a la fabricación de compuestos como: e tetraetilplomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave y municiones.

Estos últimos, debido a la gran proliferación de perdigones en campos, ríos y marismas ocasionan una gran contaminación y se plantea en la actualidad sustituir el plomo por bismuto. Por su ductilidad única del plomo, hace que sea apropiado como forro para cable, porque puede estirarse para formar un elemento continuo alrededor de los conductores internos.

El pigmento de mayor uso, es el blanco de plomo $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$; otros pigmentos importantes son el sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo. Se utilizan además una gran variedad de compuestos de plomo, como silicatos, carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. Los silicatos de plomo se usan para la fabricación de fritas de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir plomo en los acabados del vidrio y de la cerámica. El azuro de plomo, $Pb(N_3)_2$, es el detonador estándar para los explosivos. Los arsenatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos. El litargirio (óxido de plomo) se emplea para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario. Asimismo, una mezcla calcinada de zirconato de plomo y de titanato de plomo, conocida como PZT, está ampliando su mercado como un material piezoeléctrico.

Evolución de la demanda minera de plomo

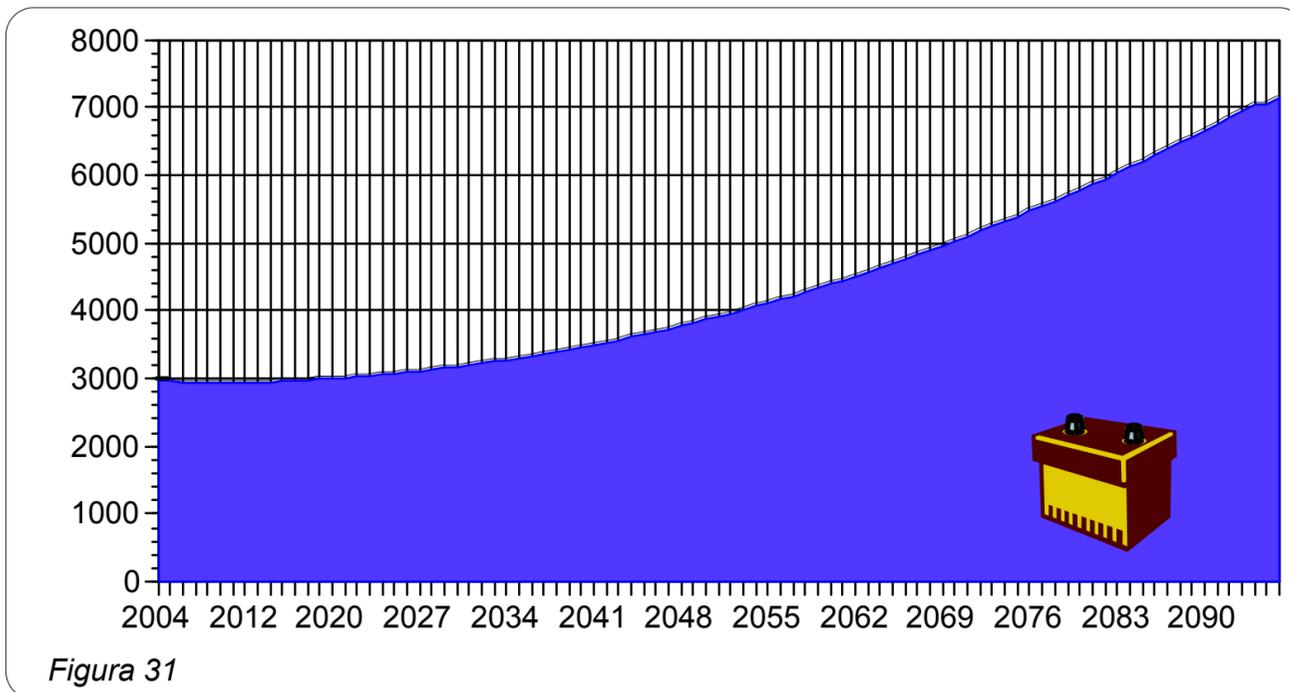


Figura 31. La producción minera total de plomo que tendrá lugar entre 2004 a 2095, según la tendencia observada desde 1974 a 2003, será aproximadamente de 392,55 millones de toneladas.

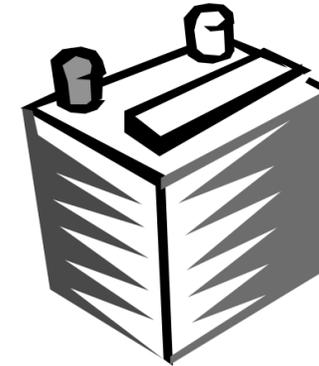
Esta producción implicara, a su vez la producción complementaria de más de 4.906,84 millones de toneladas de estériles altamente contaminantes o lo que es lo mismo algo mas de 1.692,014 millones de metros cúbicos.



Minas de Plomo-Cinc de Bonavé (Pirineo Central, 1976)

Se están desarrollando compuestos organoplúmbicos para aplicaciones como :

- catalizadores en la fabricación de espuma de poliuretano
- tóxicos para las pinturas navales con el fin de inhibir la incrustación en los cascos,
- agentes biocidas contra las bacterias grampositivas,
- protección de la madera contra el ataque de los barrenillos y hongos marinos,
- preservadores para el algodón contra la descomposición y el moho,
- agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos,
- agentes reductores del desgaste en los lubricantes e inhibidores de la corrosión para el acero.



Debido a su excelente resistencia a la corrosión, el plomo encuentra un amplio uso en la construcción, en particular en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos, porque forma su propio revestimiento protector de óxido por lo que el plomo se utiliza en la fabricación y manipulación del ácido sulfúrico.

En virtud de las aplicaciones cada vez más amplias de la energía atómica, se han vuelto cada vez más importantes las aplicaciones del plomo como blindaje contra la radiación.

Los principales productores mineros de plomo son Australia con 694,000 t de concentrado en 2003 y China con 660.000 t durante este mismo período. Las reservas totales (incluidas las reservas base) se situaban en el mismo período alrededor de 207 millones de toneladas de las que el 20% corresponderían a China.

Por otra parte, el plomo es uno de los metales mas reciclados tal como se observa en la figura 32.

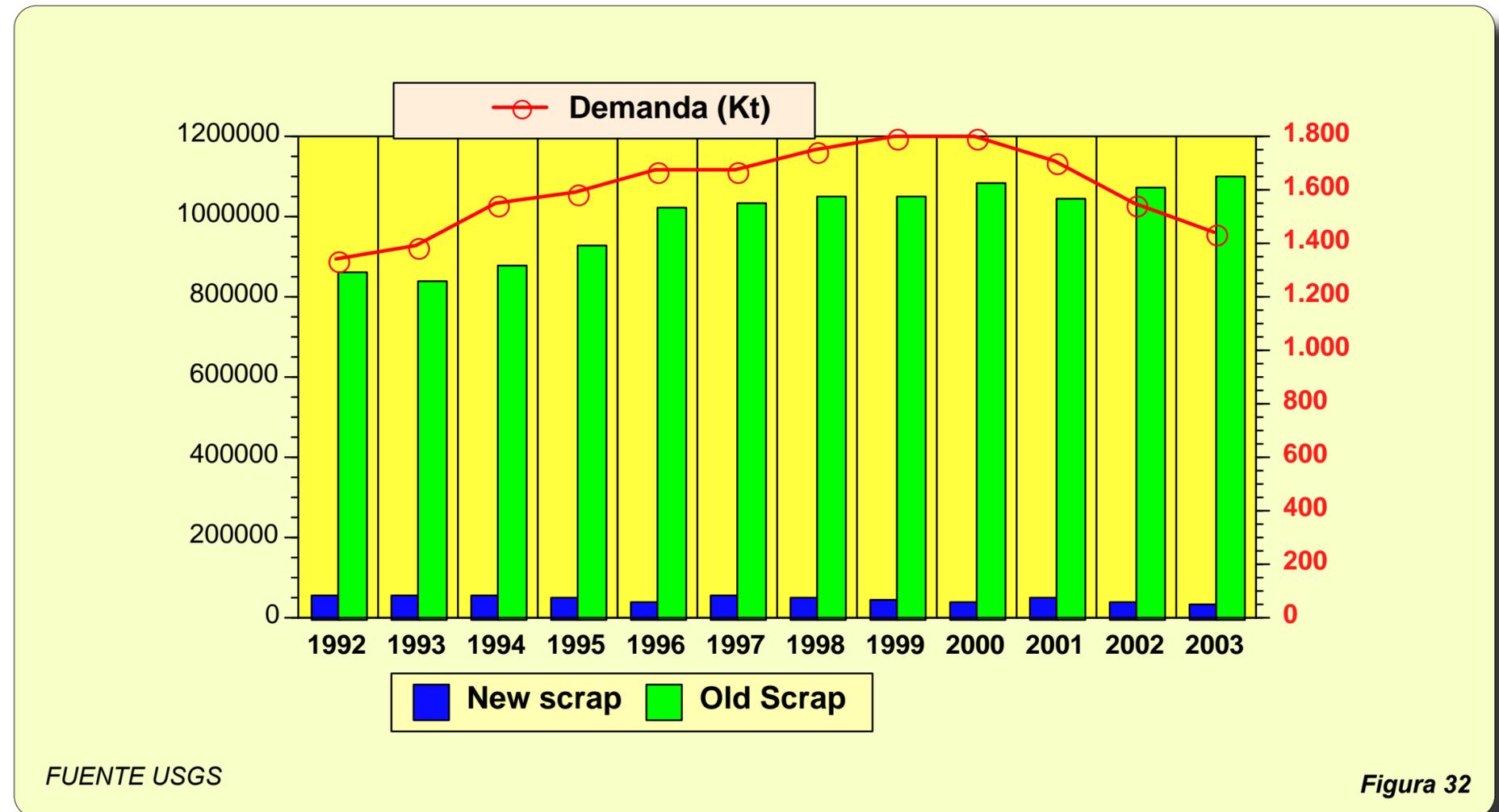


Figura 32

EL CINC

La principal aplicación del cinc (Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS), alrededor del 50% del consumo anual, es para los galvanizados del acero para protegerle de la corrosión, protección efectiva incluso cuando se agrieta el recubrimiento ya que el cinc actúa como ánodo. Otros usos incluyen: baterías de Zn-AgO usadas en la industria aeroespacial para misiles y cápsulas espaciales por su óptimo rendimiento por unidad de peso y baterías cinc-aire para ordenadores portátiles.

- Piezas de fundición inyectada en la industria de automoción.
- Metalurgia de metales preciosos en procesos de cementación en la lixiviación cianurada ya que el cinc es un gran cianicida .



Minas de la Unión (1978, Murcia)

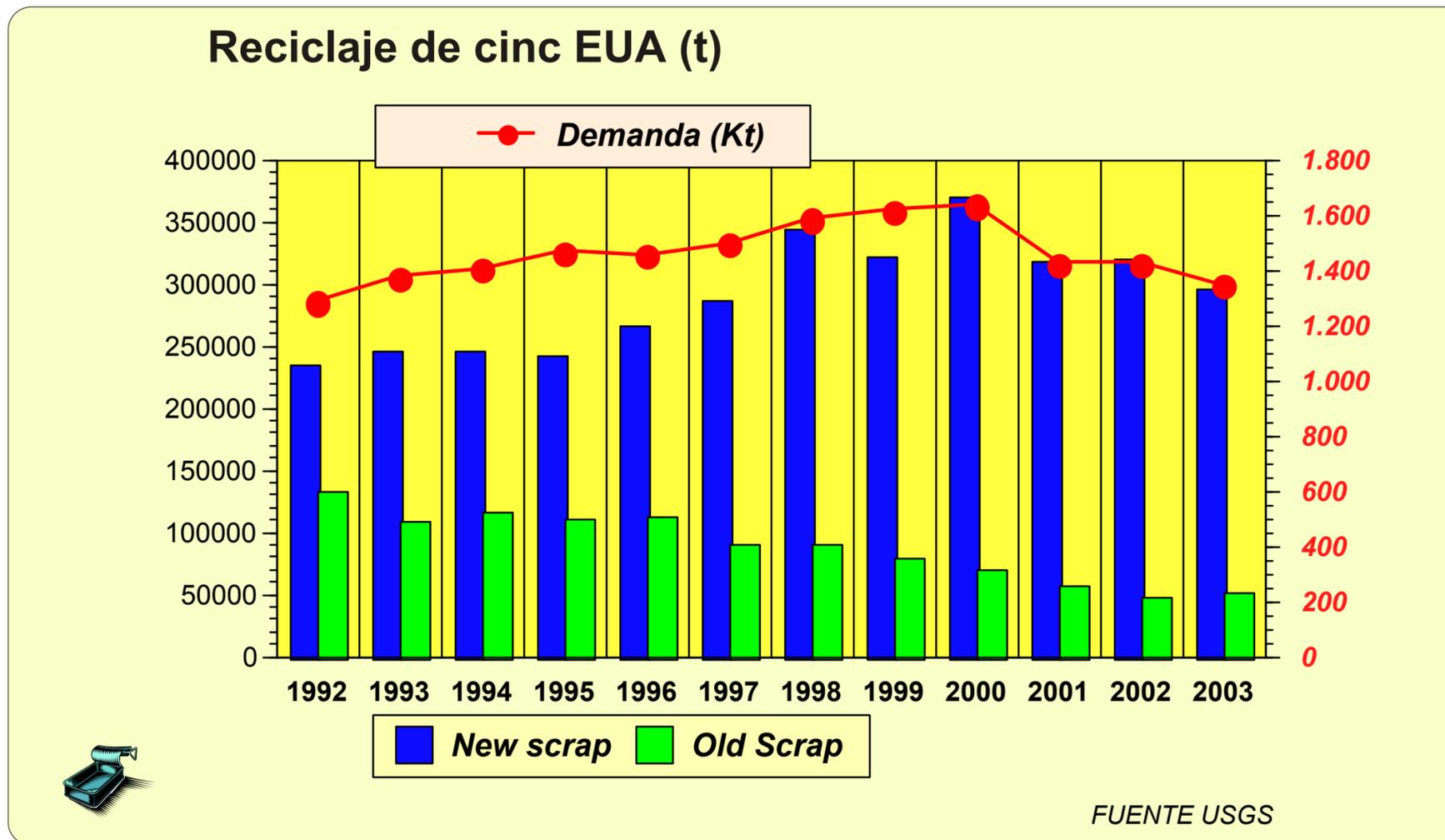


Figura 33

PAÍSES PRODUCTORES

Los principales productores mineros de cinc son: China con 1.650.000 t de concentrado en 2003, seguidos de Australia y del Perú con 1,48 y 1,2 millones de toneladas respectivamente durante este mismo período. Las reservas totales (incluidas las reservas base) se situaban en el mismo período alrededor de 680 millones de toneladas de las que alrededor del 20% corresponderían a China y otro 20% a los EUA.

Aleaciones

Las aleaciones más empleadas son las de aluminio (3,5-4,5%, Zamak; 11-13%, Zn-Al-Cu-Mg; 22%, Prestal, aleación que presenta superplasticidad) y cobre (alrededor del 1%) que mejoran las características mecánicas del cinc y su aptitud al moldeo. Es componente, aunque minoritario, en aleaciones diversas, principalmente de cobre como latones (3 a 45% de cinc), alpacas (Cu-Ni-Zn) y bronce (Cu-Sn) de moldeo.

Compuestos

El óxido de cinc es el más conocido y utilizado industrialmente, especialmente como base de pigmentos blancos para pintura, pero también en la industria del caucho y en cremas solares. Otros compuestos importantes son el cloruro de cinc (desodorantes) y sulfuro de cinc (pinturas luminiscentes). Aproximadamente la cuarta parte del cinc consumido lo es en forma de compuesto.

ESTAÑO

El estaño (Sn) es un metal plateado, maleable, que no se oxida fácilmente con el aire y es resistente a la corrosión. El contenido medio en la corteza terrestre se halla alrededor de 2,5 gramos por tonelada de roca siendo las arcillas, las que mayor contenido presentan con 6 g/t seguido de los granitos con 3 g/t. El estaño se obtiene, principalmente a partir del mineral casiterita en donde se presenta como óxido. Este metal forma parte de muchas aleaciones y se usa para recubrir otros metales protegiéndolos de la corrosión.

Su aleación con plomo (50% plomo y 50% estaño) da lugar a la soldadura utilizado para soldar conductores electrónicos ya que por su baja temperatura de fusión, la hace ideal para esa aplicación ya que facilita su fundición y disminuye las probabilidades de daños en los circuitos y piezas electrónicas.

Otro gran uso, es la hojalata que es una producto laminado plano, constituido por acero con bajo contenido en carbono (entre 0,03% y 0,13%), recubierto por ambas caras por una capa de estaño. (Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS).



Los principales productores mineros de estaño son Indonesia con 70,000 t de concentrado en 2003 y China con 50.000 t durante este mismo período. La producción de China en 2004 alcanzó las 100.000 t.

Las reservas totales (incluidas las reservas base) se situaban en 2003 alrededor de 17,1 millones de toneladas de las que el 30% corresponderían a China con 5,2 millones de toneladas, seguida de Malasia con 2,2 millones de toneladas.

La recuperación de estaño en los EUA (Figura 34), se situaba en 2003 alrededor del 15% del consumo total del metal. Estos valores son parecidos en porcentaje a los de la UE.

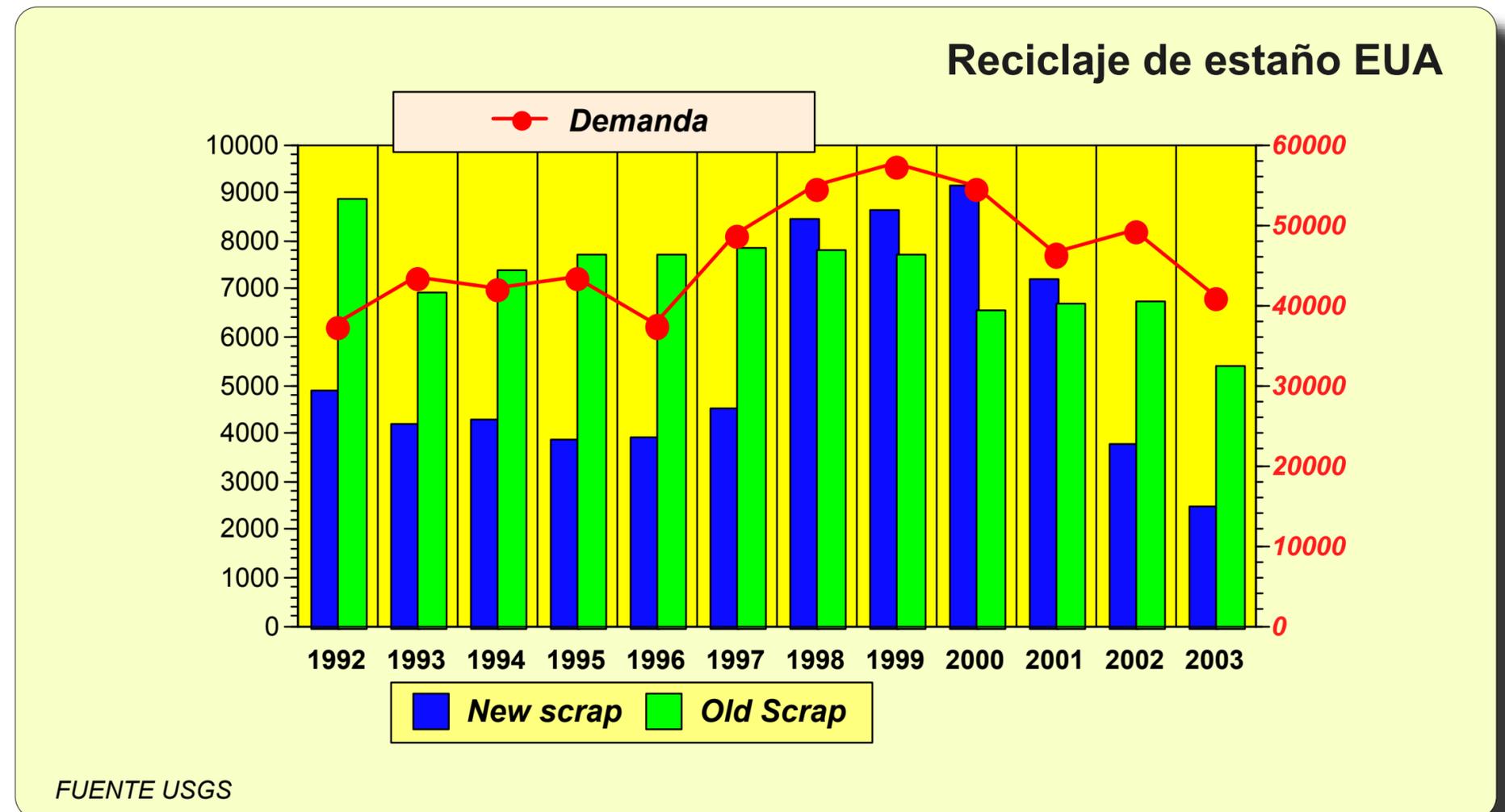


Figura 34

EL COBRE

La aplicación base del cobre es como material conductor, destinándose para ello sobre 45% de su consumo anual .
(Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS)

Otros usos serían:

- En la construcción como tubos de condensadores y fontanería o electroimanes.
- Motores eléctricos.
- La industria tiende al uso del cobre en circuitos integrados en sustitución del aluminio de menor conductividad.
- Aplicación en soldaduras de Alta resistencia .
- Aplicaciones médicas como en la fabricación de lentes de cristal de cobre empleadas en radiología.
- Acuñación de moneda (aleado con níquel), ornamentación (escultura , construcción de campanas y otros), en aleaciones con cinc (latón), estaño (bronces) y plata y oro en joyería.
- El sulfato de cobre (II) es el compuesto de cobre de mayor importancia industrial y se emplea en agricultura, en la purificación del agua y como conservante de la madera.

Rio Tinto (Huelva 1976)

Aleaciones

Los cobres aleados son aquellos que contienen un porcentaje inferiores al 3% de algún elemento añadido para mejorar alguna sus características como la maquinabilidad (Pb) (facilidad de mecanizado), resistencia mecánica (Sn) o resistencia en caliente, conservando la alta conductibilidad térmica y eléctrica del cobre; los elementos utilizados son estaño, cadmio, hierro, telurio, circonio, cromo y berilio. Otras aleaciones de cobre importantes son latones (cinc), bronces (estaño), cuproaluminios (aluminio), cuproníqueles (níquel), cuprosilicios (silicio) y alpacas (níquel-cinc). El cobre es un oligoelemento esencial para muchas formas de vida, entre ellas para los humanos en los que, al igual que el hierro (para cuya absorción es necesario) contribuye a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunológico y huesos. Por otra parte, un exceso de cobre en forma de compuestos y sales pueden ser altamente tóxicos.

Historia

Ankh, símbolo egipcio de la vida. El cobre nativo, parece ser que fue el primer metal usado por el hombre, ya que ya era conocido hace 10.000 años. En Mesopotámica era conocido desde el 8700 a.C. aunque el descubrimiento accidental del metal bien pudo producirse varios milenios antes. Hacia el 5000 a.C. ya se realizaba la fusión y refinado del cobre a partir de óxidos como malaquita y azurita. Se han recuperado monedas, armas y utensilios domésticos sumerios de cobre y bronce de 3000 a.C., así como egipcios de la misma época, incluso tuberías de cobre. Los egipcios también descubrieron que la adición de pequeñas cantidades de estaño facilitaba la fusión del metal y perfeccionaron los métodos de obtención del bronce; al observar además la perdurabilidad del material representaron el cobre con el Ankh, símbolo de la vida eterna. En la antigua China se conoce el uso del cobre desde al menos 2000 años antes de nuestra era y hacia 1200 a.C. ya se fabricaban bronces de excelente calidad poniendo de manifiesto un dominio de la metalurgia del cobre sin parangón en occidente.

Espejo de Venus

Los fenicios importaron el cobre a Grecia quienes no tardaron en explotar las minas de su territorio como atestiguan los nombres de ciudades como Calce, Calcis y Calcitis , aunque fue Chipre , el país del cobre por excelencia, hasta el punto de que los romanos llamaron al metal aes cyprium o simplemente cyprium y cuprum de donde proviene su nombre. Pero no sólo tomó el nombre de la isla ya que por igual razón el cobre se representó con el mismo signo que Venus (la Afrodita griega) pues Chipre estaba consagrada a la diosa de la belleza y los espejos se fabricaban de este metal. El símbolo, espejo de Venus, modificación del Ankh egipcio, fue posteriormente adoptado por Carl Linné para simbolizar el género femenino (Åä).

El uso del bronce predominó de tal manera durante un periodo de la historia de la humanidad que terminó denominándose «Era del Bronce» a la que media entre el predominio de la piedra y el auge del hierro; la transición entre el periodo neolítico (final de la Edad de Piedra) y la edad del bronce se denomina periodo calcolítico (del griego Chalcos), límite que marca el paso de la Protohistoria a la Historia.

Abundancia y yacimientos

El contenido medio de la corteza terrestre es de unos 47 gramos/tonelada de roca siendo los basaltos los que mayor contenido presentan y las calizas las de menor contenido. Mientras que los yacimientos de cobre de Chipre se hallan asociados a rocas basálticas, los principales depósitos actuales de cobre o Pórfidos Cupríferos, se halla asociados a rocas ígneas (sub-volcánicas) ácidas-intermedias, situándose esto yacimientos en la Cadena Andina (Chile es el productor principal con 4,9 Millones de toneladas en 2003), en las Montañas Rocosas de los EUA y en la franja del Índico-Pacífico en Indonesia, Filipinas y Papua Nueva Guinea. Las leyes de explotación del cobre en dichos depósitos no supera el 0,5% en cobre.

Los yacimientos de cobre generalmente presentan una capa superior muy oxidada o "gosan" donde se encuentran los minerales oxidados (cuprita), junto a cobre nativo y oro en pequeñas cantidades lo que explica su elaboración milenaria ya que ambos metales podían ser beneficiados con facilidad. Por debajo del gosán y también por debajo del nivel freático, se encuentran los denominados minerales cupríferos cementados como la Calcocina (S_2Cu) y Covellina (SCu) y finalmente en la parte más profunda como mineral primario, la Calcopirita (S_2FeCu). Acompañando a estos minerales se encuentran otros como la Bornita (Cu_5FeS_4), los cobres grises y los carbonatos azurita y malaquita.

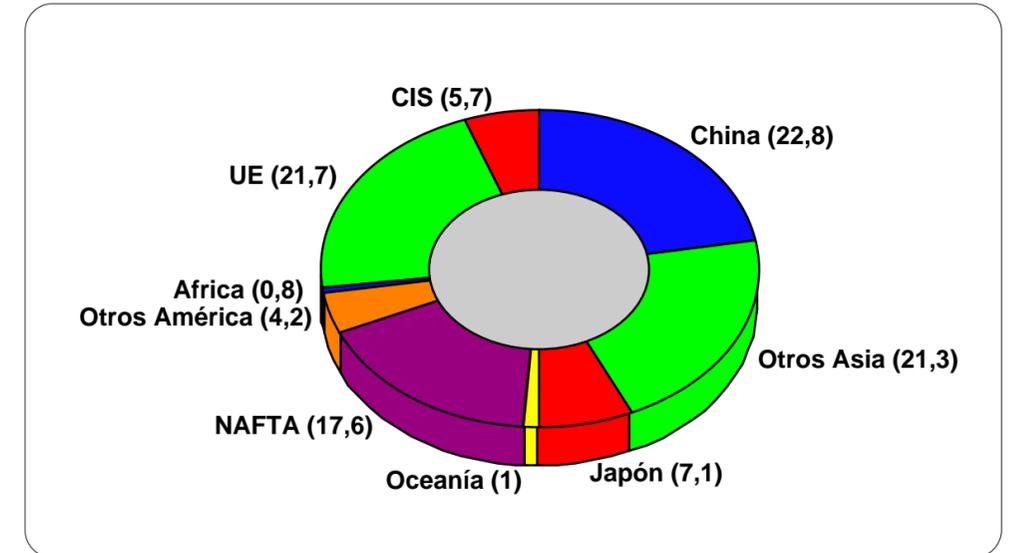


Figura 35. Consumo de cobre en 2003

Reciclaje del cobre en los EUA

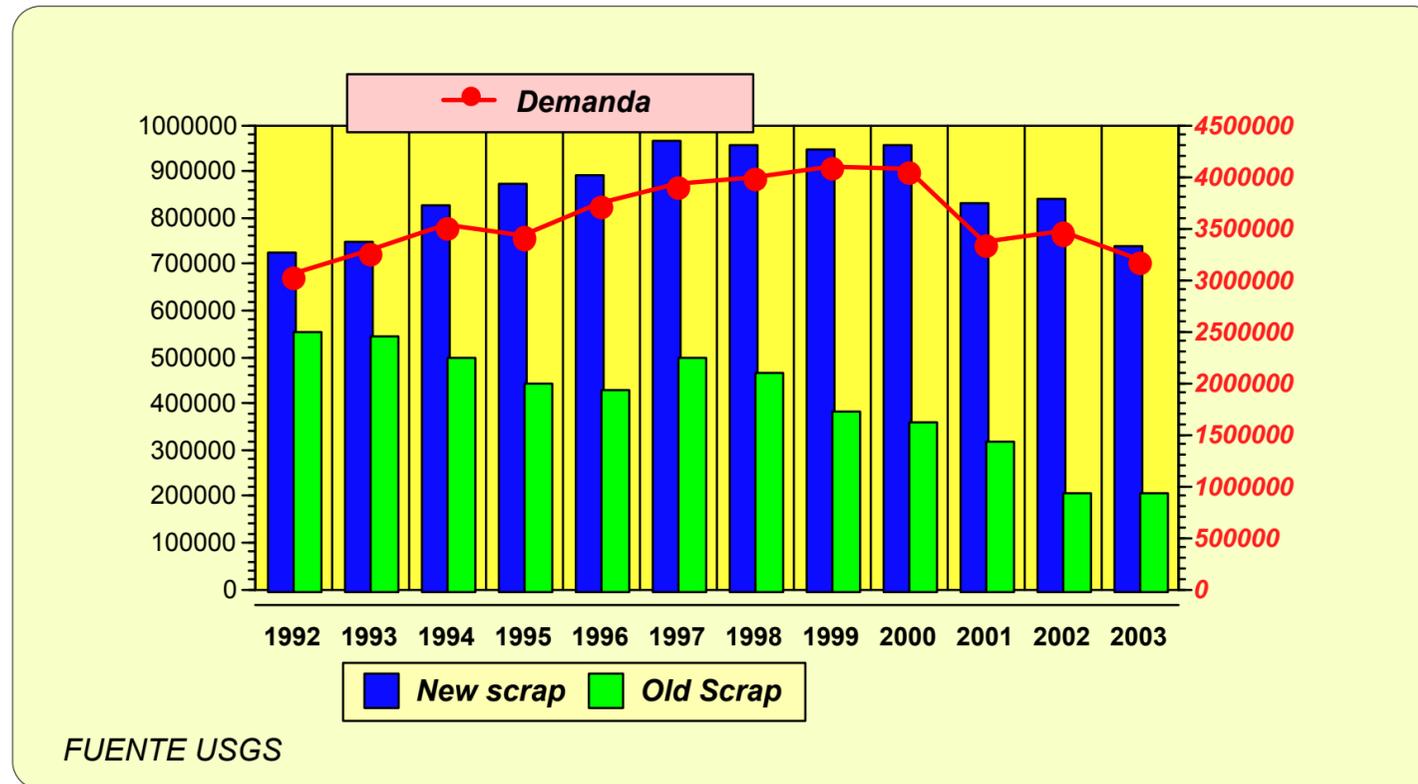


Figura 36

Los recursos mundiales de cobre se estima que ascienden a 1.600 millones de toneladas en la corteza terrestre y a 700 millones en el lecho marino. Las reservas demostradas, según US Geological Survey a 940 millones de toneladas, estando casi el 40% de ellas en Chile. Figura 37.

La producción del cobre comienza con la extracción del mineral. Esta puede realizarse a cielo y/o en galerías subterráneas. El beneficio del mineral, generalmente calcopirita se basa en un lixiviado del cobre a partir de un ataque ácido y de la mena previamente molido. El enriquecimiento mediante este procedimiento es en forma de sulfato de cobre de la que se obtiene el cobre cátodo por electrólisis, procedimiento que se denomina "Solution Extraction / Electrowinning". Otro sistema es su enriquecimiento en forma de concentrado de mineral de cobre mediante procesos de gravedad para posteriormente ser también lixiviado o simplemente, añadiendo los fundentes necesarios de base sílice para sulfuros y sulfuros para óxidos, alcanzar una fusión obteniendo el cobre blister. Este se refina por procedimientos térmicos obteniendo ánodos de cobre que, a su vez, se refinan mediante electrólisis usándolos junto a láminas madre de cobre como cátodo en medio ácido. De los lodos o como subproductos se recuperan de las menas de cobre, el oro, la plata el platino, el molibdeno y el Rhenio.

El reciclaje del Cobre permite un 30% del consumo en los EUA (Figuras 35 y 36) y 60% en UE.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE COBRE EN 2003 (t)

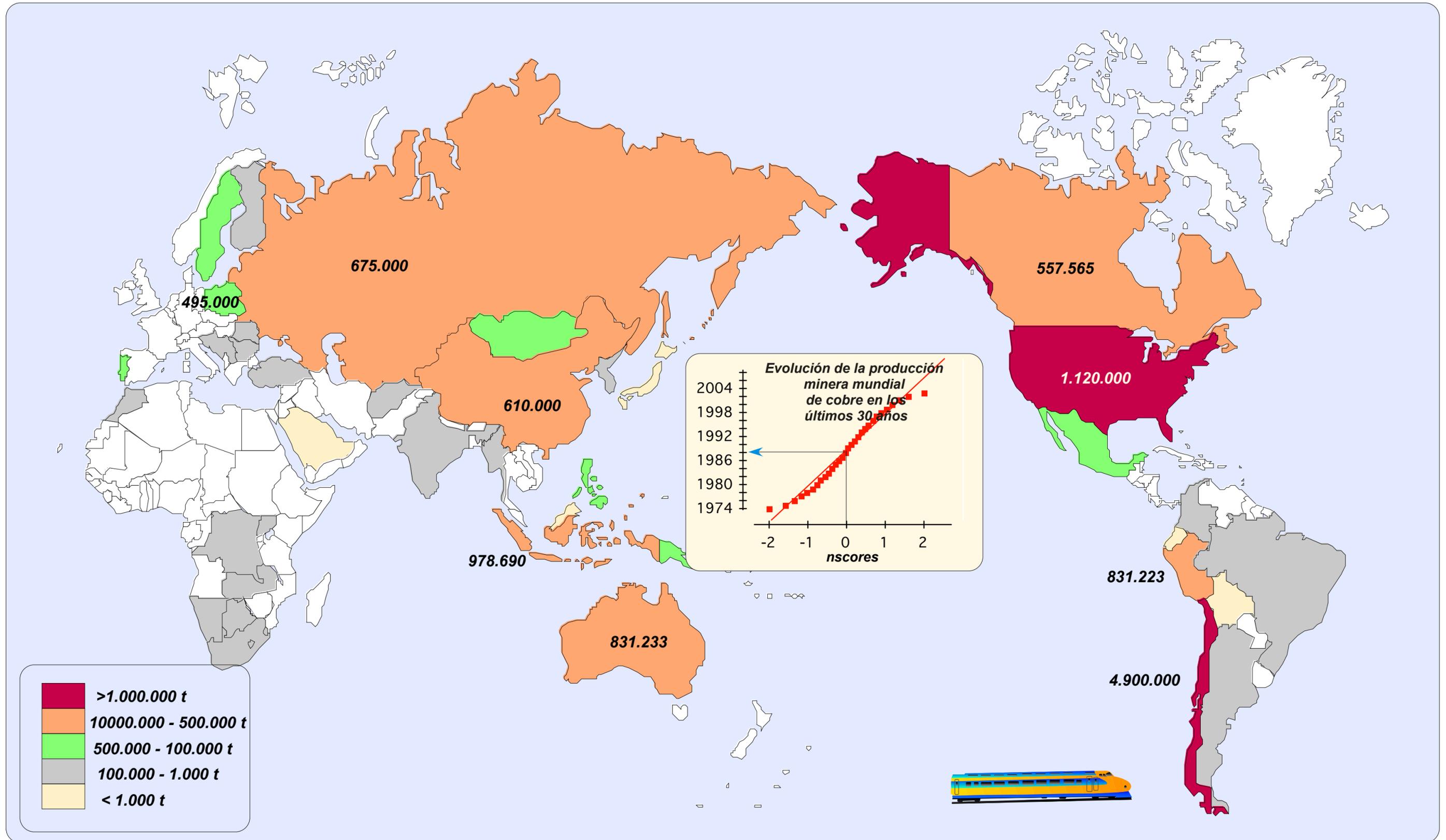


Figura 37

EL TITANIO

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CONCENTRADOS MINERALES DE ÓXIDOS DE TITANIO (Ilmenita+Leucoxeno+Rutilo)

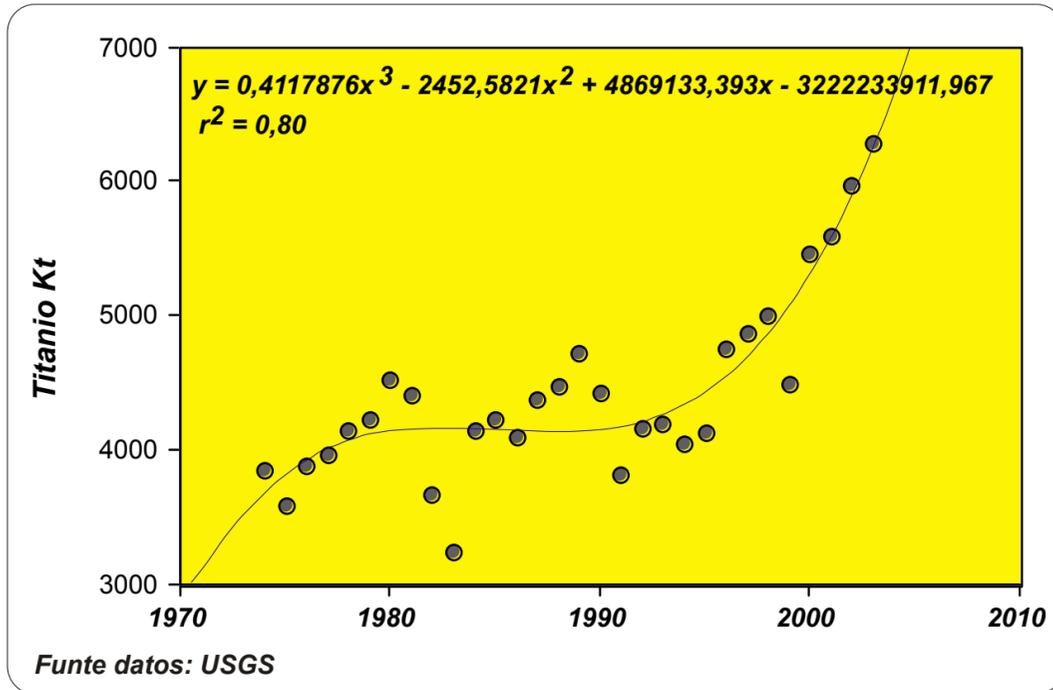


Figura 38

LAS RESERVAS DE CONCENTRADOS MINERALES ALCANZABAN EN 2003:

RESERVAS:	720.000.000 t
RESERVAS BASE:	1.400.000.000 t
RECURSOS:	20.000.000.000 t

Con las reservas de 2003 y con el crecimiento de la demanda de concentrados minerales expresados en la ecuación de la figura, las reservas se agotarían alrededor del año 2115

Características principales

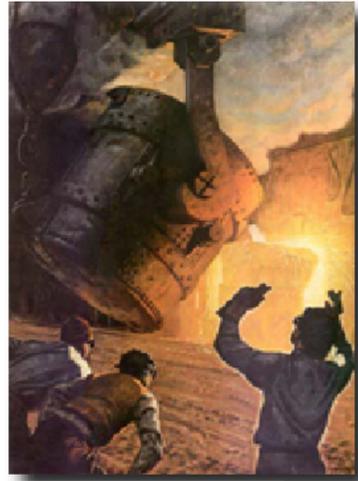
El titanio ha sido desde finales del siglo veinte considerado no como un metal especial si no como un metal base y por esta razón lo hemos incluido en este grupo. El titanio es un elemento abundante en la corteza terrestre (0,45%) y por esta razón se sitúa dentro de sus elementos mayoritarios, y dentro de los elementos "rock forming minerals". El metal es de color blanco y brillante con una estructura hexagonal compacta y se caracteriza por su dureza, buen conductor de la electricidad y del calor, alta resistencia a la corrosión cuando se oxida (elemento sustitutivo del platino), es además ligero y tenaz por lo que posee buenas propiedades mecánicas y además es ligero.

Aplicaciones

- La mayor parte de la producción de titanio se consume como dióxido de titanio (TiO₂), un pigmento blanco permanente que se emplea en pinturas, papel y plásticos. Estas pinturas se utilizan en reflectores debido a que reflejan muy bien la radiación infrarroja (protectores solares en productos farmacéuticos).
- Debido a su tenacidad, baja densidad, resistencia a la corrosión en agua de mar y resistencia a altas temperaturas, sus aleaciones (Al, Fe, Mn y Mo) se emplean para materiales militares en aviones, submarinos y misiles, así como también en distintos productos de consumo ordinario como: componentes de bicicletas, relojes, etc. El titanio se alea generalmente con aluminio, hierro, manganeso, molibdeno y otros metales.
- En la actualidad es uno de los elementos principales en prótesis dentarias y en traumatología médica en general así como algunos compuestos como elementos farmacológicos en el tratamiento del cáncer como ya se ha indicado en la protección dermatológica.

Abundancia y obtención

Las menas principales de titanio son: Ilmenita (FeTiO₃), Rutilo (TiO₂), Anatasa (TiO₂), Brookita (TiO₂), Leucoxeno, Perovskita (CaTiO₃), y Titanita o Esfena (CaTiSiO₅); también como titanato y en muchas menas de hierro. De estos minerales, sólo la Ilmenita, el Leucoxeno y el Rutilo tienen una significativa importancia económica. La principal fuente de titanio son los placeres marinos como los placeres de playa en Queensland (Australia), los de la costa pacífica de los EUA y los de Sudáfrica, Malasia, Camboya, etc. Se encuentran depósitos importantes en rocas alcalinas como los yacimientos noruegos.(figuras 38 y 41)



4.3. LOS MINERALES SIDERÚRGICOS



- ☞ **Hierro**
- ☞ **Manganeso**
- ☞ **Níquel**
- ☞ **Cromo**
- ☞ **Cobalto**
- ☞ **Molibdeno**
- ☞ **Niobio**
- ☞ **Wolframio**
- ☞ **Vanadio**
- ☞ **Magnesio**

PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL DE MINERALES SIDERÚRGICOS EN 2003 (Kt) y VALOR DE LA PRODUCCIÓN EN M€

	Fe	Mn	Ni	Cr	Co	Mo	Nb-Ta	W	V ₂ O ₃	Mg	TOTAL
Total Mundo	640.754	8.210	1.400,0	15.500,0	48,4	125,0	34,01	62,1	40,6	496	666.670,11
CIS	53.000	580	318,0	3.044,0	4,8	7,4	-	3,9	9,5	66	57.033,5
Merco Sur	144.420	990	45,0	391,0	1,3	30,0	29,2	0,5	-	6	145.912,6
NAFTA	55.833	112	162,8	-	4,3	44,5	3,31	2,8	-	54	56.216,6
UE 25	15.369	-	24,1	553,0	-	-	-	2,1	-	-	15.948,3
Australàsia	267.407	2.047	413,0	2.628,8	7,9	30,6	1,01	52,0	13,5	340	272.940,8
Resto Mundo	104.725	4.481	437,1	8.883,5	30,1	12,5	0,5	0,9	17,7	30	118.618,3
OCDE	190.562	1.359	397,5	921,2	11,2	44,5	4,3	4,9	0,3	54	193.358,8
No OCDE	450.192	6.851	1002,5	14.578,8	37,2	80,5	29,7	57,3	40,4	442	473.311,3
<hr/>											
Total Mundo (M€)	15.314,0	616,6	11.997,7	21.721,7	1.005,7	1.076,0	468,3	279,5	177,1	1.458,5	54.115,1
CIS	1.266,7	43,6	2.725,2	3.118,2	99,7	63,5	-	17,6	41,4	194,1	7.570,0
Merco Sur	3.451,6	74,3	385,6	547,4	27,0	258,2	366,3	2,1	-	17,6	5.130,4
NAFTA	1.334,4	8,4	1.394,8	-	89,4	383,2	43,7	12,4	-	158,8	3.425,1
UE 25	367,3	-	-	2.230,8	-	-	-	9,5	-	-	1.358,4
Australàsia	6.391,0	153,7	3.539,3	2.817,7	164,2	263,4	44,8	23,4	58,7	999,8	14.666,7
Resto Mundo	2.502,9	336,5	3.952,8	13.007,6	625,4	107,6	13,5	3,9	77,0	88,2	21.964,4
OCDE	4.554,4	102,1	3.199,9	2.746,7	232,8	383,2	88,5	21,8	1,1	158,8	10.240,2
No OCDE	10.759,6	514,5	8.797,8	18.975,1	772,9	692,7	379,8	257,6	176,1	1.299,7	43.874,9

Tabla nº 11. La producción minera de minerales siderúrgicos en 2003 fué de 667 millones de toneladas con un valor de más de 54 mil millones de euros

El inicio de la metalurgia del hierro se sitúa en la zona de la Península de Anatolia (actual Turquía), como mencionan Esquilo y Estrabón, en la colonia asiria de Kanesh ya trabajaba el hierro desde el 1900 aC, aunque se trataba de una producción muy escasa que abastecía sólo el mercado local, esta tierra no es especialmente rica en mineral de este metal.

No obstante fue Asia Menor uno de los primeros territorios en utilizar este metal. El pueblo hitita, que habitó esta península durante este periodo, lo utilizó en ceremonias y rituales. Su uso se extendió por todo el territorio de forma progresiva traspasando fronteras y comercializándose en Egipto, Grecia, Chipre y Palestina. En la península Ibérica debió venir con los fenicios pero su divulgación, se atribuye a los celtas en el siglo VI a.C. De la combinación del hierro con una pequeña cantidad de carbono y mediante el conveniente temple se deriva el acero sobre todo con las aguas de Bilibis (actual Calatayud La fundición de hierro propiamente dicha o reducción del hierro al estado líquido no fue conocida hasta los comienzos del siglo XIX debido a la invención del método de altos hornos que datan del mismo tiempo aunque ya en la Edad Antigua se obtuviera hierro semifundido.

Forma parte de los elementos mayoritarios de la corteza terrestre y es el sidreófilo por excelencia estando muy presente en meteoritos. Se encuentra formando parte de numerosos minerales, entre los que destacan las principales menas de hierro como la Hematitas (Fe_2O_3), la Magnetita (Fe_3O_4), la limonita ($FeO(OH)$) y la Siderita ($FeCO_3$). La Pirita (FeS_2), que explica el grado de calcofilia del hierro que todo y siendo un mineral muy abundante, la presencia de azufre no lo hace apto para la siderurgia. Por último la Ilmenita ($FeTiO_3$) que principalmente mena de titanio.

• Los gases sufren una serie de reacciones; el coque puede reaccionar con el oxígeno para formar dióxido de carbono y la caliza descomponerse, siendo este proceso uno de los mas importantes emisores de dóxido de carbono a la atmósfera $C + O_2 \rightarrow CO_2$

•• El proceso de oxidación de coque con oxígeno libera energía y se utiliza para calentar (llegándose hasta unos 1900 °C en la parte inferior del horno). En primer lugar los óxidos de hierro pueden reducirse, parcial o totalmente, con el monóxido de carbono, CO; por ejemplo: Fe_3O_4 (Magnetita) + 3CO \rightarrow 3FeO + CO₂ y/o FeO + CO \rightarrow Fe + CO₂

••• Después, conforme se baja en el horno y la temperatura aumenta, reaccionan con el coque (carbono en su mayor parte), reduciéndose los óxidos. Por ejemplo: $Fe_3O_4 + C \rightarrow 3FeO + CO$

•••• El carbonato de calcio (caliza) se descompone: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ y el dióxido de carbono es reducido con el coque a monóxido de carbono.

••••• Más abajo se producen procesos de carburación: $3Fe + 2CO \rightarrow Fe_3C + CO_2$ Finalmente se produce la combustión y desulfuración (eliminación de azufre) mediante la entrada de aire. Y por último se separan dos fracciones: la escoria y el arrabio (hierro fundido, que es la materia prima que luego se emplea en la industria). El arrabio suele contener bastantes impurezas no deseables, y es necesario someterlo a un proceso de afino en hornos llamados convertidores.

En 2003 los cinco mayores productores de hierro eran Brasil, Australia, China, India y Rusia, con el 72% de la producción mundial. Ver figura 40.

Los aceros son aleaciones de hierro y carbono, en concentraciones máximas de 2.2% en peso Aproximadamente. El carbono es el elemento de aleación principal, pero los aceros contienen otros elementos. Dependiendo de su contenido en carbono se clasifican en:

• Acero con menos del 0.25% de C en peso. Son blandos aunque dúctiles. Se utilizan en vehículos y elementos estructurales principalmente. También existen los aceros de alta resistencia y baja aleación, que contienen otros elementos aleados hasta un 10% en peso; tienen una mayor resistencia mecánica y pueden ser trabajados fácilmente.

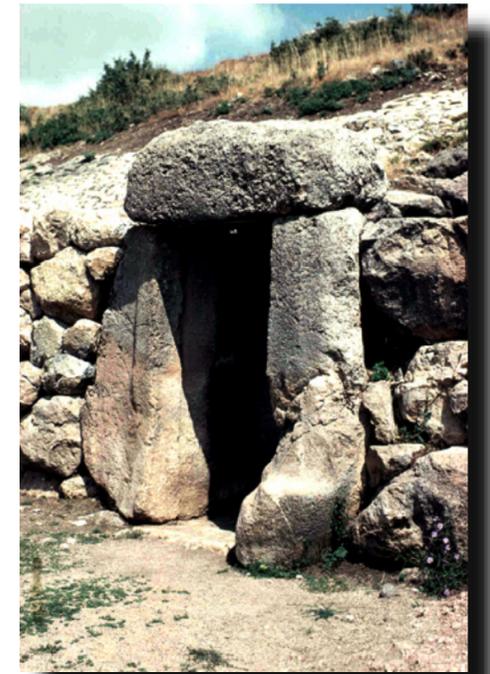
•• Aceros entre un 0.25% y un 0.6% de C en peso. Para mejorar sus propiedades son tratados térmicamente. Son más resistentes que los aceros bajos en carbono, pero menos dúctiles; se emplean en piezas de ingeniería que requieren una alta resistencia mecánica y al desgaste.

••• Acero alto en carbono. Entre un 0.60% y un 1.4% de C en peso. Son aún más resistentes, pero también menos dúctiles. Se añaden otros elementos para que formen carburos, por ejemplo, con wolframio se forma elmcarburo de wolframio, WC; estos carburos son muy duros. Estos aceros se emplean principalmente en herramientas.

•••• La oxidación del hierro, es uno de sus inconvenientes para lo cuase les añaden a los aceros otros elementos aleantes como el cromo y níquel para que sean más resistentes a la corrosión y se les conoce como aceros inoxidable.

••••• Cuando el contenido en carbono es superior a un 2.1% en peso, la aleación se denomina fundición. Generalmente tienen entre un 3% y un 4.5% de C en peso. Hay distintos tipos de fundiciones (gris, esferoidal, blanca y maleable); según el tipo se utilizan para distintas aplicaciones: en motores, válvulas, engranajes, etcétera.

•••••• Por otra parte, los óxidos de hierro tienen variadas aplicaciones: en pinturas, obtención de hierro, la magnetita (Fe_3O_4) y el óxido de hierro III en aplicaciones magnéticas.



Hattusas Capital del Imperio Hitita Puerta de los Leones. Viladevall 1982)

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE HIERRO EN kt

En 2003, habían 37 países productores de mineral de hierro, principalmente de yacimientos tipo BIF. Los principales productores fueron Brasil y Australia y el valor de la producción alcanzó los 15.314.020.600 €. Las principales zonas productoras se reflejan en el mapa de la Figura 41. Las reservas en 2003, se cifraban en 230 mil millones de toneladas de hierro y los recursos de hierro ya eran incalculables.

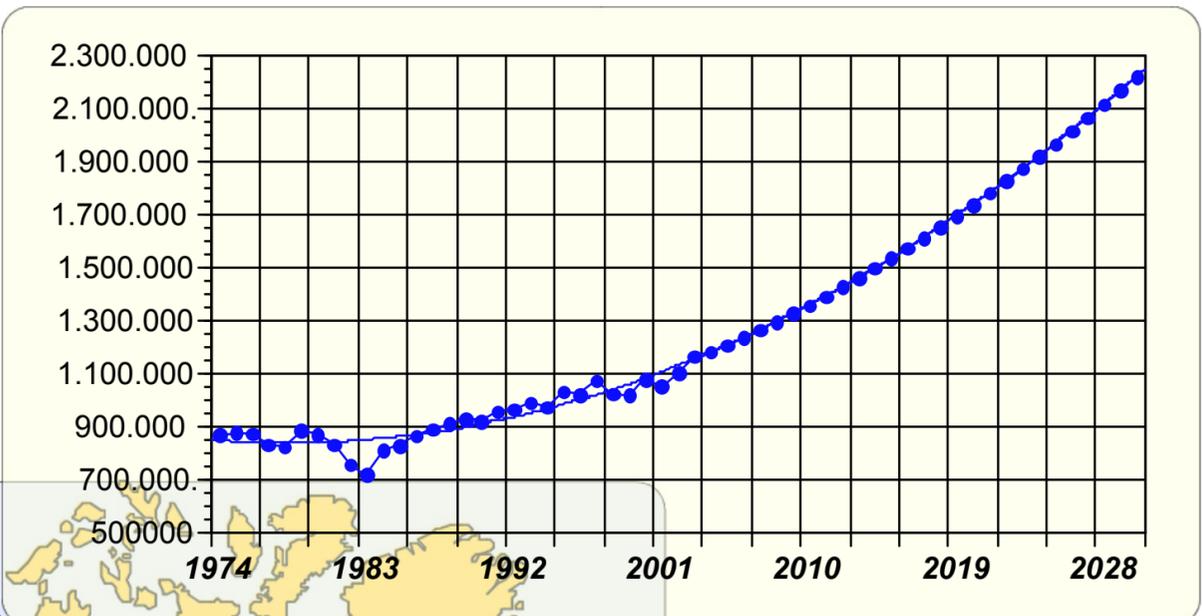
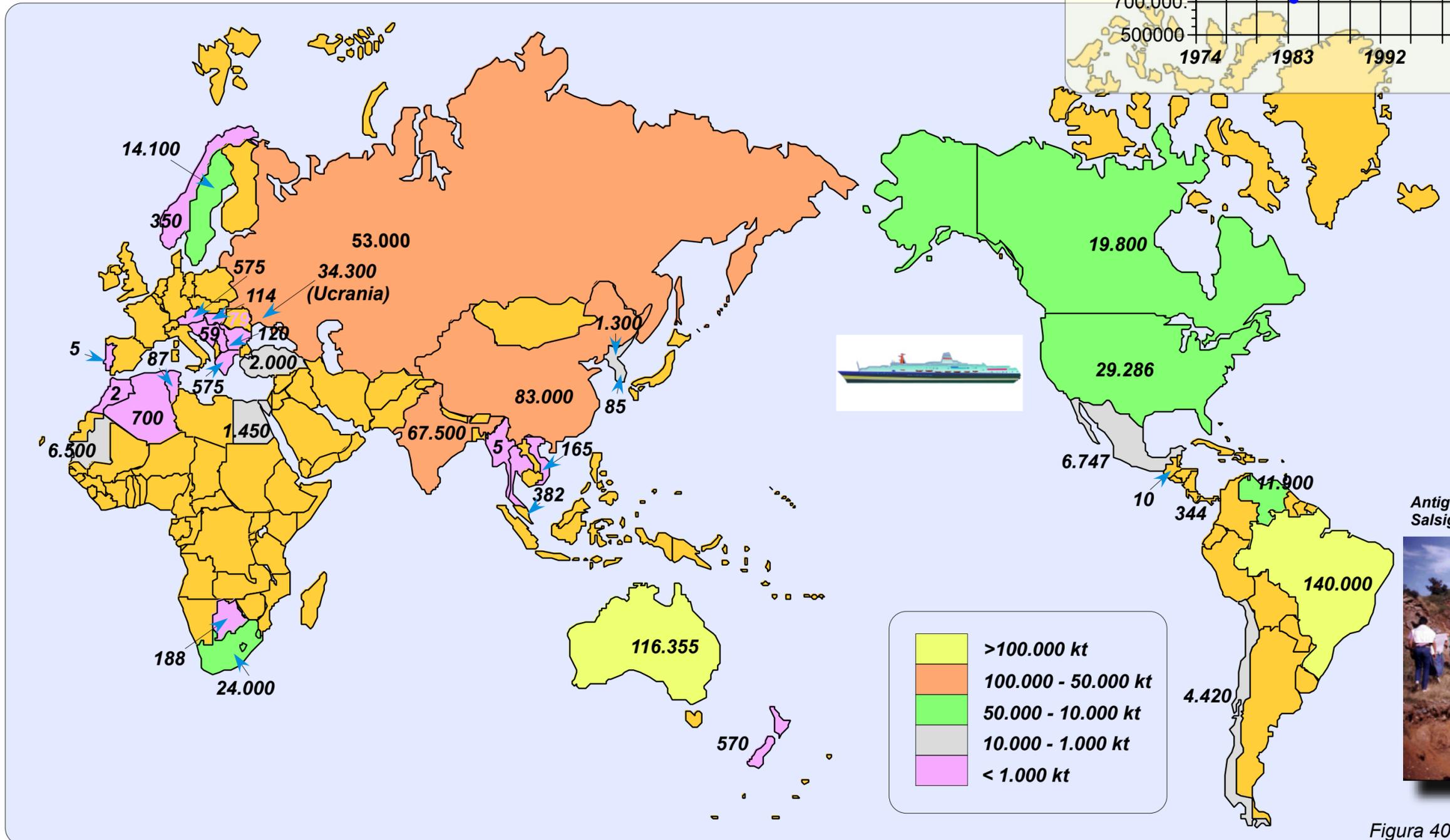


Figura 39. Producción de mineral de hierro 1974-2003 y su proyección hacia el 2030, en miles de toneladas (Kt)



Antigua explotación de hierro romana en Salsigne (Francia)

Figura 40

EL NIQUEL (Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS):

El 65% del níquel que se consume en el mundo es bajo la forma de una aleación que da lugar al acero inoxidable austenítico. Otro 12% en superaleaciones de níquel. El restante, 23% se reparte: como :

- Alnico, aleación para imanes.
- El mu-metal se usa para apantallar campos magnéticos por su elevada permeabilidad magnética.
- Monel aleaciones níquel-cobre (monel) son muy resistentes a la corrosión, utilizándose en motores marinos e industria química.
- La aleación níquel-titanio (nitinol-55) presenta el fenómeno de memoria de forma y se usa en robótica, también existen aleaciones que presentan superplasticidad.
- Cuscos de laboratorios químicos.
- Catálisis de la hidrogenación de aceites vegetales; otras aplicaciones son: acuñación de moneda, recubrimientos metálicos y fundición.

YACIMIENTOS, PRODUCCIÓN, PRECIOS Y RESERVAS.

- Los yacimientos principales de níquel tienen lugar a partir de la alteración de complejos duníticos por un clima tropical húmedo dando lugar a limonitas níquelíferas [(Fe,Ni)O(OH)] y garnierita (silicato hidratado de níquel). las zonas representativas de estos yacimientos son Nueva Caledonia ,Cuba. e Indonesia.
- Complejos magmáticos ultrabásicos sulfurados siendo el mineral principal la pentlandita [(Ni,Fe)9S8]. Los grandes yacimientos se sitúan en Rusia (Norilsk) Sudbury (Ontario) en el Canadá entre otros.
- La Producción minera en 2004 alcanzó los 1.400.000 t, siendo los principales productores según fuentes del USGS :Rusia con 315.000 t; Australia con 210.000 t; Canadá con 180.000 t; Indonesia y Nueva Caledonia.
- Los precios han crecido entre el 2000 y el 2004 en más de un 50%, cifrándose en 2004 a 13.843 US\$/t. VER TABLA N°12
- la recuperación de níquel se cifra en un 44% con respecto a la oferta en los EUA.
- Las reservas base de níquel en 2004 alcanzaban las 140.000.000 t, mientras que los recursos adicionales (1% metal contenido) alcanzan otros 130.000.000 t(60% en lateritas y 40 en sulfuros). Con las reservas de 2004 y con el crecimiento de la demanda de aleaciones de níquel y níquel metálico, las reservas se agotarían alrededor del año.2045

EL CROMO (Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones> y USGS):éste se emplea principalmente en metalurgia para aportar resistencia a la corrosión y un acabado brillante. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>

- En aleaciones, por ejemplo, el acero inoxidable que contiene más de un 8% en cromo.
- En procesos de cromado (depositar una capa protectora mediante electrodeposición). También se utiliza en el anodizado del aluminio. Sus cromatos y óxidos se emplean en colorantes y pinturas. En general, sus sales se emplean, debido a sus variados colores, como mordientes.
- El dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) es un reactivo químico que se emplea en la limpieza de material de vidrio de laboratorio y, en análisis volumétricos, como agente valorante.
- Catalizadores, por ejemplo, en la síntesis de amoníaco (NH_3).
- El mineral cromita ($Cr_2O_3 \cdot FeO$) se emplea en moldes para la fabricación de ladrillos (en general, para fabricar materiales refractarios). Con todo, una buena parte de la cromita consumida se emplea para obtener cromo o en aleaciones.
- En el curtido del cuero es frecuente emplear el denominado "curtido al cromo" en el que se emplea hidroxisulfato de cromo (III) ($Cr(OH)(SO_4)$).
- Para preservar la madera se suelen utilizar sustancias químicas que se fijan a la madera protegiéndola. Entre estas sustancias se emplea óxido de cromo (VI) (CrO_3).
- Cuando en el corindón (Al_2O_3) se sustituyen algunos iones de aluminio por iones de cromo se obtiene el rubí; esta gema se puede emplear, por ejemplo, en láseres.
- El dióxido de cromo (CrO_2) se emplea para fabricar las cintas magnéticas empleadas en las casetes, dando mejores resultados que con óxido de hierro (Fe_2O_3) debido a que presentan una mayor coercitividad.

YACIMIENTOS, PRODUCCIÓN, PRECIOS Y RESERVAS

- Los yacimientos principales de cromo tienen lugar durante los procesos de diferenciación magmática como elemento refractario en los complejos ultrabásico (green ston belts y ofiolitas)
- La Producción minera en 2004 alcanzó los 17.500.000 t, siendo los principales productores según fuentes del USGS: Sudáfrica con 7.625.545 t; Kazajistán con 3.267.000 t; India con 2.948.944 t y Finlandia (579,780 t)
- Los precios del mineral (según contenido) han crecido entre el 2000 y el 2004 en más de un 50%, cifrándose en 2004 en 100 US\$/t. Ver Tabla n°12
- La recuperación de cromo en los EUA en aceros se cifra en un 28% con respecto a la oferta.
- Las reservas base de mineral de cromo (cromitas) en 2004 alcanzaban las 1.800.000.000 t, mientras que los recursos adicionales alcanzan otros 12.000.000.000 t concentrados en su mayoría en los complejos de Bushveld de Sudáfrica. Con las reservas de 2004 y con el crecimiento de la demanda las reservas de cromo se agotarían alrededor del año.2046 y los recursos en el 2114.

COBALTO

Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>, USGS y Mining Annual Review): Es un elemento raro en la corteza terrestre con un contenido medio de la corteza terrestre de 18 g/t siendo las rocas ultrabásicas las que mayor contenido presentan (150 g/t). Las principales aplicaciones de este metal, son las aleaciones resistentes a la corrosión y aleaciones de aceros rápidos, carburos cementados y herramientas de diamante, y las superaleaciones como las usadas en turbinas de gas de aviación. Otras aplicaciones son:

- Imanes (Alnico) y cintas magnéticas.
- Catálisis del petróleo e industria química.
- Recubrimientos metálicos por deposición electrolítica por su aspecto, dureza y resistencia a la oxidación.
- Secante para pinturas, barnices y tintas.
- Recubrimiento base de esmaltes vitrificados.
- Pigmentos (cobalto azul y cobalto verde).
- Electroodos de baterías eléctricas
- Cables de acero de neumáticos.
- El isótopo ^{60}Co , se usa como fuente de radiación gamma en radioterapia, esterilización de alimentos (pasteurización fría) y radiografía industrial para el control de calidad de metales (detección de grietas).

Yacimientos, Producción, Precios y reservas.

- En 2003 la producción minera alcanzó las 48,400 toneladas de concentrado y el metal se pago sobre los 20.779 €/t. VER TABLA N°12
- Los países productores fueron el Congo y Zambia con 12.000 y 11.300 respectivamente extraídas de las formaciones de pizarras cupríferas del Zambia Copper Belt Formation con unas reservas base de 5.380.000 de toneladas (Cuba con 1.800.000 t son las segundas reservas en el mundo),
- Las reservas base en el mundo se cifran alrededor de 13 millones de toneladas lo que significa unas reservas hasta 2078.

MOLIBDENO

(Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>, USGS y Mining Annual Review): Es uno de los elementos mas escasos de la corteza terrestre con un Clark medio de 1,1 g/t siendo las rocas graníticas las que mayor contenido presentan con 1.3 g/t. Aproximadamente dos terceras partes del molibdeno consumido en el mundo se emplean en aleaciones. El uso del molibdeno se remonta a la Primera Guerra Mundial, cuando hubo una fuerte demanda de wólfam, que lo hizo escasear, y se necesitaban aceros muy resistentes. El molibdeno se utiliza para aleaciones de alta resistencia y que soporten bien altas temperaturas y la corrosión. Estas aleaciones se usan en la construcción y en piezas de aviones y automóviles.

- El molibdeno se usa como catalizador en la industria petrolera, en concreto, es útil para la eliminación de azufre.
- El isótopo ^{99}Mo se emplea en la industria de isótopos nucleares.
- Se emplea en distintos pigmentos (con un color anaranjado), para pinturas, tintes, plásticos y compuestos de caucho.
- El bisulfuro de molibdeno (MoS_2) es un buen lubricante y se puede emplear a altas temperaturas.
- El molibdeno se puede también emplear en algunas aplicaciones electrónicas, como en capas de metal conductoras en las pantallas de tipo TFT.

Yacimientos, Producción, Precios y reservas.

- El molibdeno procede principalmente como subproducto de menas de cobre asociadas a los yacimientos porfídicos de cobre. El mayor yacimiento y reservas del mundo se encuentra en un pórfido cuprífero-molibdenífero de Climax en los EUA.
- La producción en 2004 fue de 139.000 t un 11.2% superior a la de 2003 de las que 39.900 t corresponden a los EUA; 33.400 t a Chile y 31.000 t a China.
- Los precios del molibdeno metal, se han quintuplicado entre 2000 y 2004 pasando de 5.640 US\$/t a 29.670 US\$/t. VER TABLA N°12
- Las reservas base se cifran en 19.000.000 t de las que 8,300,000 corresponde a China y 5.400.000 a los EUA.
- En cuanto a su recuperación USG nos indica que difícilmente este alcanzando el 30% de su consumo. Parece pues que la oferta, teniendo en cuenta esta tasa de recuperación y un incremento ponderado del 5% anual, está garantizada como mínimo hasta el 2045.

MANGANESO

(Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>, USGS y Mining Annual Review): Es uno de los elementos mayoritarios en la corteza terrestre con un 0,1% siendo las rocas ultrabásicas con un 0,16% las que mayor contenido presentan. Es uno de los elementos importantes para la fabricación de aceros. El manganeso reacciona con el azufre presente formando sulfuro de manganeso, MnS, evitando que el azufre reaccione con el hierro (aumentando la fragilidad y siendo más difícil de forjar); también el exceso puede reaccionar con el carbono dando carburos de manganeso, mejorando las propiedades mecánicas del acero. Además, el manganeso tiene propiedades desoxidantes y evita la formación de burbujas.

- La mayor parte del manganeso se emplea para obtener ferromanganeso (contiene un 80% en Mn). Esta aleación de manganeso y hierro se obtiene por reducción del trióxido de dihierro Fe₂O₃, y el dióxido de manganeso, MnO₂.
- También se emplea en el silicomanganeso, una aleación con un 60-70% en manganeso y un 15-30% en silicio.
- Puede estar presente en otras aleaciones, por ejemplo con aluminio.
- El dióxido de manganeso, MnO₂, se utiliza como despolarizador en pilas secas, llamadas también pilas tipo Leclanché o de cinc/carbono (Zn/C). También se encuentra en las pilas alcalinas o de cinc/dióxido de manganeso (Zn/MnO₂).
- El MnO₂ también se emplea en la obtención de pinturas y en la decoloración del vidrio.

PRODUCCIÓN Y PRECIOS. VER tabla nº 11

WOLFRAMIO

(Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>, USGS y Mining Annual Review) El wolframio o tungsteno es un elemento químico con dos nombres pero cuyo símbolo es W. Es un elemento raro en la corteza terrestre con un clarke o contenido medio de 1,3 g/t siendo las magmáticas ácidas las que mayor contenido presentan con 2,2 g/t.

De color gris acero, muy duro y denso próximo al oro (19,3 g/cm³) y tiene el punto de fusión más elevado de todos los elementos. Por sus características físico-químicas lo hace de especial interés en la fabricación de:

- filamentos de las lámparas incandescentes y en resistencias eléctricas.
- sus aleaciones con el acero dan lugar a productos de alta tenacidad y resistencia mecánica para lo que son ampliamente utilizados en la fabricación de cabezas de sondeos de perforación (vidias) y en material militar como corazas de blindados.



Las principales menas de wolframio son : la Wolframita, (Mn, Fe)WO₄, y la Scheelita, CaWO₄. Los principales productores son en la actualidad China con las mayores reservas mundiales y Rusia (ver tabla ADJUNTA). Los principales yacimientos son de tipo filoniano para la wolframita y del tipo eskarn para la scheelita.

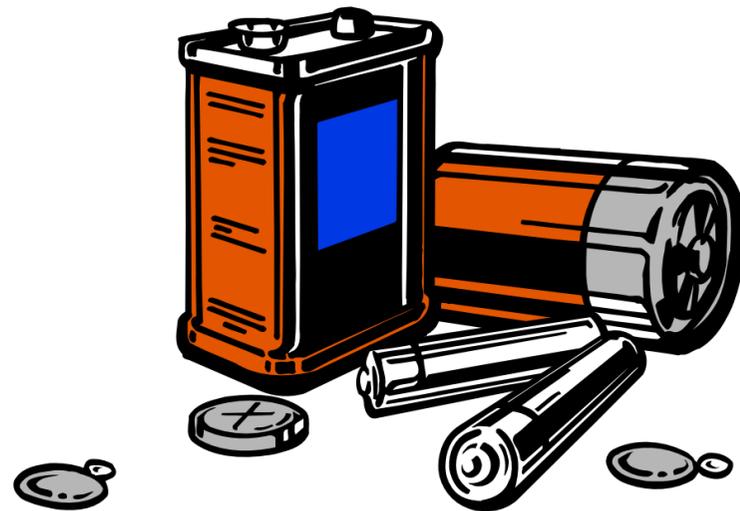
PRODUCCIÓN Y PRECIOS. VER Tabla nº 12

Productores	W (contenido) Kt	W K (4559 Euros/t)
Austria	1,400	6.300,000
Bolivia	0,442	1.989,000
Brasil	0,025	112,500
Birmania (Myanmar)	0,030	135,000
Canada	2,750	12.375,000
China	52,000	234.000,000
Corea N	0,600	2.700,000
Mongòlia	0,040	180,000
Portugal	0,700	3.150,000
Ruanda	0,150	675,000
Rusia	3,900	17.550,000
Tailandia	0,030	135,000
Uganda	0,010	45,000
Total Mundo	62,100	279.450,000
OCDE	4,850	21.825,000
No OCDE	57,250	257.625,000

Tabla nº 12

4.4. LOS METALES ESPECIALES

Los metales especiales son un grupo de elementos que se relacionan en un amplio aspecto de la industria química, metalúrgica en general, herramientas e industria electrónica.



- | | |
|------------------------|-------------------|
| ☞ Antimonio | ☞ Mercurio |
| ☞ Arsénico | ☞ Bismuto |
| ☞ Berilio | ☞ Cadmio |
| ☞ Cesio | ☞ Galio |
| ☞ Germanio | ☞ Hafnio |
| ☞ Indio | ☞ Litio |
| ☞ Magnesio | ☞ Renio |
| ☞ Selenio | ☞ Tántalo |
| ☞ Tierras Raras | ☞ Zirconio |

LAS TIERRAS RARAS

Las Tierras Raras (TR) o Rare Earth Elements (REE) han sido incluidas tan sólo muy recientemente en las denominadas “materias primas” a pesar de que su explotación se inició a finales del siglo pasado a partir del desarrollo del gas incandescente que contenía Zr y TR.

De los minerales industriales actualmente en explotación, las TR son las que mayor relación tienen con el desarrollo de las altas tecnologías. En efecto:

Las TR son un grupo de elementos de número atómico 57 al 71, con un nombre de grupo que no les corresponde ya que en la naturaleza no son “raras”, al ser más abundantes que la plata. El Ce, Y, Nd y La, presentan un Clarke superior al del Pb con una media de 183 ppm. (tabla nº 13).

LIGERAS (Grupo del Ce)		Nº At.	PESADAS (Grupo del Y)		Nº At
LANTANO	La	57	YTRIO	Y	39
CERIO	Ce	58	TERBIO	Tb	65
PRAESEODIMIO	Pr	59	DISPROSIO	Dy	66
NEODIMIO	Nd	60	HOLMIO	Ho	67
PROMETIO	Pm	61	ERBIO	Er	68
SAMARIO	Sm	62	TULIO	Tm	69
EUROPIO	Eu	63	YTERBIO	Yb	70
GADOLINIO	Gd	64	LUTECIO	Lu	71
TORIO	Th	90	ESCANDIO	Sc	21

Tabla nº13. El Th y el Sc también han sido incluidos. O’Driscoll. (1988).

PRINCIPALES APLICACIONES

- **Catálisis, metalurgia, cerámica y vidrio con un 96% de la demanda y un crecimiento del 4-5%, utilizándose principalmente las TR ligeras en forma de concentrados o compuestos.**
- **Fosforescencia, magnetos, vidrios especiales y cerámica fina con un 4% del total de tierras raras y un crecimiento superior al 15%. Este grupo es el que presenta una mayor crecimiento por la innovación de su mercado, así como el que mayor inversión presenta.**

En los últimos años un número cada vez más creciente de aplicaciones se han desarrollado para las TR. De interés significativo, ha sido el aumento de la demanda del neodimio y samario en la fabricación de magnetos, así como para catálisis y superconductores. El crecimiento mundial de la demanda de TR se estima en un 2,5% anual incrementándose a principios de 2000 de dos a cuatro veces más.

El uso en USA de las TR en 1987 según fuentes del MAR 13 (1988), fue en cantidad, del 36% en catálisis del petróleo, del 31% en metalurgia; de un 29% en cerámica y vidrio y de un 4% en los restantes, descendiendo sensiblemente la demanda de las 21.400 t de 1984 a 10.300 t en 1987 debido al sensible descenso de su uso en catálisis del petróleo. No obstante el valor de la demanda en función del uso fue de un 30% para catálisis; 20% para magnetos; 16% para lámparas fosforescentes; 11-12% para vidrios y cerámicas; 10% para metalurgia; 7% en abrasivos y 5% otros.

USOS MAS CORRIENTES DE LAS TIERRAS RARAS

PRODUCTO	MATERIALES	T.Raras	USOS
Color/Iluminación/Radiación electromagnética/Laser			
Vidrio coloreado	vidrio (óxidos)	Nd, Er,Pr	Filtros de televisión, etc.
Control de radiación	vidrio	Ce	Radiación, catódicos, etc.
Cerámicas coloreadas	ZrSiO ₄	Ce, Y	Opacificación de recipientes
Luces coloreadas	Mg-Al comp	Eu, Y, Tb	Lámparas coloreadas
Coloración de tubos de R. cat.	Mg, Ca	Tb, Y, Ga, Eu	TV y ordenadores
Láseres	vidrio	Nd, Sm	Electrónica; audio visual
Cristales de microondas	1/2Fe ₅ O ₁₂	La	Procesadores de microondas
Catalisis			
Craking del petróleo	zeolita (Y)	óx.Ce,La,Nd,Pr	Refino del petróleo
Catálisis de oxidación		Ce ₂ O ₃	Reacciones químicas
Cerámica			
Baldosas	Zr	ox.Pr, Ce	Materiales de superficie
Cubiertas de protección	Fe-Cr-Al-Zr	ox.La, Y	Altas temperaturas
Recubrimientos metálicos	Zr	TR	General
Cerámicas piezoeléctricas		Oxidos de TR	Industria eléctrica
Catálisis	Al	La, Nd	Catálisis de polimeración
Eléctrico y magnético			
Resistencias		LaB ₆	Electricidad
Termostatos	BaTiO ₃	La, Y	Alta temperatura
Cristales superconduct.	ZrO ₂ ,CeO ₂	Pr, Gd, Y	Electrolitos para baterías
Almacén. de información	Gd ₃ Ga ₅ O ₁₂	La	Comunicaciones
Burbujas magnéticas de	granate	Gd	Memorias electrónicas
Almacenamiento óptico	Comp. F y B	TR	Ordenadores
Auriculares	Fe	TR	Audio-video. VTRs
Magnetos permanentes	Fe	TR, Nd, Sm	Automóviles, ordenadores, etc.
Magnetos para motores	Fe	TR	Robótica, automoción, etc.
Magnetos plásticos	plástico	TR, Sm	VTRs, Audio
Energía térmica			
"Fuel cell"	Ni, Fe	TR	Plantas eléctricas
Aire acondicionado	Fe-Ti	TR	Transferencia energética
Organo-metálicos			
Pinturas	resinas orgánicas	Ce	Sustitutivo del Pb
Carburante	combustibles	Ce	Corrosión mejora la combustión (orgánicos)
Miscelánea			
Radionúcleos	Fe(OR)	Dy-165	Tratamiento de la artritis
Anticorrosivos	metal y cerámica	Y	Máquinas herramientas, medicina, recubrimientos

fuelle: Mining Annual Review 2004. Tabla nº 14

CONTENIDO EN TIERRAS RARAS EN SUS PRINCIPALES MENAS

	MONACITA (TR,Th,Y)PO ₄	BASTNAESITA TR(CO ₃)F	XENOTIMA (Y,TR)PO ₄	APATITO (Ca,TR) ₅ [P,Si]O ₄] ₃ (O,F)
La ₂ O ₃	23,7	33,2	0,5	25,1
CeO ₂	45,6	49,1	5,0	45,0
Pr ₆ O ₁₁	5,0	4,3	0,7	3,9
Nd ₂ O ₃	17,2	12,0	2,2	14,0
Sm ₂ O ₃	2,5	0,78	1,9	1,9
Eu ₂ O ₃	0,05	0,11	0,2	0,5
TOTAL LIGERAS	94,05	99,49	90,1	10,5
Gd ₂ O ₃	1,5	0,17	4,0	1,5
Tb ₄ O ₇	0,04	0,016	1,0	0,1
Dy ₂ O ₃	0,68	0,031	8,7	1,0
Ho ₂ O ₃	0,05	0,005	2,1	0,1
Er ₂ O ₃	0,21	0,0035	5,4	0,15
Tm ₂ O ₃	0,02	0,0008	0,9	0,02
Yb ₂ O ₃	0,12	0,0013	6,2	0,08
Lu ₂ O ₃	0,04	0,0001	0,4	-
Y ₂ O ₃	2,4	0,09	60,8	4,3
TOTAL PESADAS	5,06	0,318	89,5	7,25
TOTAL OXIDOS	55-60%	60-70%	42-51%	<1%

Tabla.nº 15

DISTRIBUCION DE LOS YACIMIENTOS DE TIERRAS RARAS

El Apatito, se obtiene como subproducto de algunos yacimientos de fosfatos ricos en TR entre 110 y 1.550 ppm. Los más ricos son los de la formación Fosfórica de Florida con 1.000 ppm de Ytrio. Otros como los de la península de Kola en la CEI derivados de macizos alcalinos contienen, hasta un 5% de OTR14, así como niobio.

Además de estos cuatro minerales que representan la mayor reserva de TR, otros como la Branerita, típica de Elliot Lake en Ontario Canadá, se halla asociada a pegmatitas uraníferas, de la que también se extrae como subproducto el Ytrio; la Euxenita que es un complejo de niobio-tántalo, es también una fuente potencial de TR; la Gadolinita rica en Gd, se sitúa principalmente en la región de Québec, (Canadá). Por último, las arcillas ricas en TR en las cuales las TR (Ce, Y), se hallan adsorbidas, tales como el caolín, China presenta las mayores reservas.

PRODUCCION Y YACIMIENTOS

La producción de bastnaesita en 2003, casi se ha duplicado desde 1994 con una producción de 56.600 t a las 96.900 t en equivalente a óxidos de TR (fuente USGS). El principal productor en estas fechas fue la China con una producción de 92.000 t. La producción de monacitas alcanzó las 5.650 t de concentrado, siendo la India el principal productor con 5.000 t pero con un descenso del 10% con respecto a 1994. que fue de 6.810 t.

Las reservas, teniendo en cuenta que China posee las mayores del mundo con un 80% de las totales, se cifrarían para este país en unos 36 Mt y para todo el mundo en unas 48 Mt.

RESERVAS MUNDIALES DE TIERRAS RARAS

PAIS	TONELADAS	DISTRIBUCION (%)
USA	6.470.911	13,59
AUSTRALIA	754.923	1,58
INDIA	1.939.241	4,07
SUR AFRICA	986.820	2,07
CHINA	36.000.000	75,61
OTROS	1.462.000	3,07

Tabla nº 16

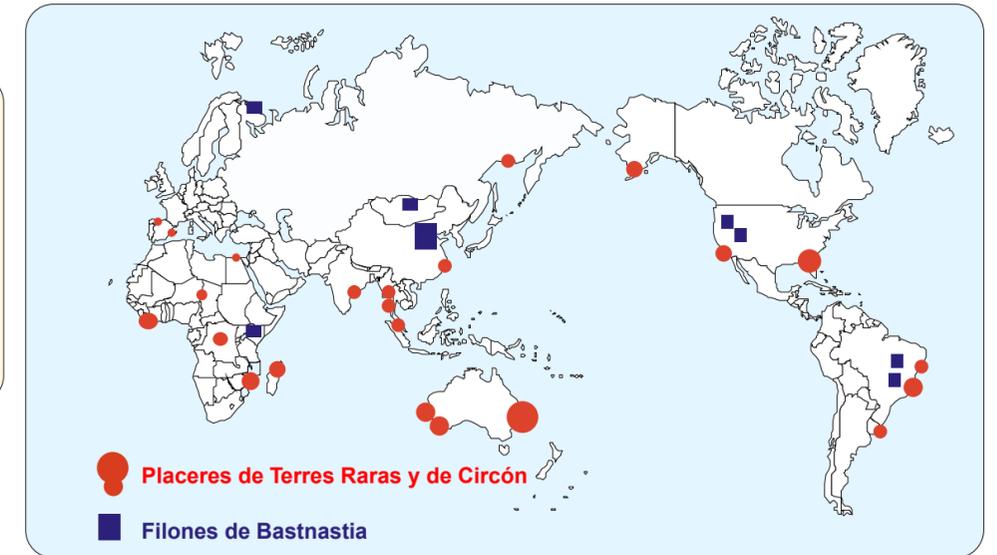


Figura 41

De las 200 especies minerales conocidas que contienen TR, desde la Aescinita al Circón, las menas se pueden subdividir en tres grupos:

1. **Minerales de muy baja concentración. Dentro de ésta categoría se incluyen la mayoría de los minerales mayoritarios o “rock forming minerals”.**
2. **Minerales que contienen pequeñas proporciones de TR pero que no son constituyentes mayoritarios (0,01%), incluyéndose dentro de las 200 especies indicadas.**
3. **Minerales en la que las TR es un constituyente esencial. Estos formarían parte de los 70 anunciados.**

Las menas principales de TR son la Bastnaesita, Monacita, Xenotima, Apatito, Brannerita, Euxenita, Gadolinita y Arcillas adsorbentes.

La Bastnaesita, uno de los principales minerales de TR, se halla asociado a la monacita en complejos alcalinos tales como sienitas no saturadas y particularmente carbonatitas. Los mayores yacimientos se sitúan en Mongolia Interior, China y en San Bernardino (California).

La Monacita (Tabla nº 16), rica en TR ligeras, es un accesorio típico de los granitoides que debido a su elevada densidad (5) y resistencia mecánica, se concentra en los grandes placeres, de los cuales se obtiene como subproducto de la Ilmenita, Circón y Rutilo, principalmente en los del sector Occidental de Australia y en el mismo territorio en Queensland y New South Wales, en Brasil e India.

La Xenotima, al igual que la monacita, (Tabla nº16) se concentra en placeres y se obtiene como subproducto de los anteriormente mencionados, pero principalmente en los de casiterita de Malasia.

EL CIRCÓN

La principal aplicación del circón bien en tamaño arena o bien micronizada (-200 a -300 mesh), se sitúa en la fundición (40% en USA), en los refractarios (25%) y en la industria de los abrasivos (10%). En otras aplicaciones tales como cerámicas, aleaciones, metal y química se emplea otro 25%. Como producto para la fundición y a raíz de su elevado precio, ha sido en parte sustituido por el olivino y el cromo, a mediados de la década de los ochenta. A pesar de ello su demanda se ha ido incrementándose sustancialmente.

El circonio metal por su excelente resistencia a la corrosión se emplea como un componente de ferro-aleaciones para las plantas química y nucleares y en la industria aeroespacial. Las principales aleaciones además de las indicadas son las de Cu-Zr (1%) que disminuye la conductividad térmica del Cu en un 50%; Al-Zr (20%) que disminuye la corrosión por agua de mar; Nb-Zr (1%) en revestimiento de reactores nucleares y para superconductores magnéticos; 50% Mo-40% Ru-50%Rh-3%Pd-2%Zr-0,1%Nb para combustibles nucleares, etc.

La Baddeleyita, se ha utilizado en los últimos años en un 60% como refractario, un 20 % como abrasivo, un 15% en cerámica coloreada (amarilla y azul) y otro 15 % en otros usos. En proporciones de 0,2% se utiliza en los refractarios especiales de magnesio.

PRODUCCIÓN, RESERVAS Y YACIMIENTOS.

La producción mundial en 2004 de circonio y como subproducto derivado de este, el hafnio, fué de 860.000 toneladas con un crecimiento constante tanto en la producción como en la demanda en los últimos diez años. Los productores principales son Australia con 450.000 t y Sudáfrica con 302.000 t. Las Reservas base en ZrO_2 eran en 2004 de 72.000.000 t, casi la mitad en Australia, Ello significa un agotamiento de estas reservas en los alrededores del 2050. si bien los recurso, cifrados en 60.000.000 t permitirán alcanzar la década del 2080. (figura 41)

Los depósitos principales de circón son de tipo placer de playa con dos tipos:

A. los de pleamar-bajamar de tipo mareal de 5-20cm de ancho y varios metros de profundidad

B. las dunas costeras de 6,6 metros de alto y más de 800 m de ancho.

Ambos tipos se localizan principalmente en Australia en las localidades indicadas anteriormente por las TR , en la India, Brasil, Sudáfrica, Tailandia, USA etc. La Baddeleyita también se encuentra en placeres de tipo fluvial junto con el circón en Minas Gerais (Brasil), en carbonatitas CEI y Pala Bora (Sudáfrica).

El Hafnio, es un subproducto del proceso de obtención del Zr metal y su máxima utilización (50%) se halla ligada a las barras de combustible nuclear para navíos nucleares. Otros usos son aleaciones refractarias de Hf-Columbita y cerámicas especiales.

El precio del concentrado de circón osciló en 2004, entre 400 y 440 US\$ t f.o.b planta.

EL LITIO

Minas de Atacama (Chile). Foto Juan José Pueyo Mur

El litio se comercializa en el mundo en forma de carbonato de litio (Li_2CO_3) y es el metal más ligero que existe ya que su densidad es tan sólo la mitad de la del agua. Como los otros metales alcalinos es univalente y muy reactivo, aunque menos que el sodio, por lo que no se encuentra libre en la naturaleza.

Aplicaciones ((Fuentes: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cromo#Aplicaciones>, USGS y Mining Annual Review)

Por su elevado calor específico, el mayor de todos los sólidos, se emplea en aplicaciones de transferencia de calor y por su elevado potencial electroquímico constituye un ánodo adecuado para las baterías eléctricas consumiendo el 19% de la producción mundial. Otros usos:

- Las sales de litio, en particular el carbonato de litio y el citrato de litio, se emplean en el tratamiento de la manía y la depresión bipolar, aunque últimamente, se ha extendido su uso a la depresión unipolar.
- El cloruro de litio y el bromuro de litio tienen una elevada higroscopicidad por lo que son excelentes secantes. El segundo se emplea en bombas de calor de absorción, entre otros compuestos como el nitrato de Litio. Ello da lugar al 9% del consumo mundial
- El estearato de litio es un lubricante de propósito general en aplicaciones a alta temperatura.
- El litio es un agente aleante empleando en la síntesis de compuestos orgánicos.
- El hidróxido de litio se usa en las naves espaciales y submarinos para depurar el aire extrayendo el dióxido de carbono.
- Es componente común de las aleaciones de aluminio, cadmio, cobre y manganeso empleadas en la construcción aeronáutica, y se ha empleado con éxito en la fabricación de cerámicas y lentes, como la del telescopio de 0,5 m de monte Palomar.
- También tiene aplicaciones nucleares.



Abundancia y obtención: Es un metal escaso en la corteza terrestre que encuentra disperso en ciertas rocas, pero nunca libre, dada su gran reactividad. Se encuentra en pequeña proporción en rocas volcánicas y sales naturales. Desde la Segunda Guerra Mundial, la producción de litio se ha incrementado enormemente, separándolo de las rocas de las que forma parte y de las aguas minerales. Los principales minerales de los que se extrae son Lepidolita, Petalita, Espodumena y Ambigonita. En Estados Unidos se obtiene de las salinas de California y Nevada principalmente. La producción minera de litio alcanzó en 2004 las 15.500 t siendo el principal productor Chile con 6.600 t; Australia a partir de la Espodumena (3.450 t); China (2.700 t); Argentina (1.300) y en menor proporción: Brasil, Bolivia, Canadá, Portugal y EUA. Las reservas base se sitúan alrededor de 11 millones de toneladas hallándose prácticamente la mitad en el salar de Uyuni en Bolivia. Los recursos alcanzarían los 13 millones de toneladas.

MERCURIO

El mercurio es uno de los metales de mas baja reputación en el momento actual debido a sus acciones neuro-tóxicas y en concreto por su elevado poder de contaminación. Ello es debido en gran parte a sus características físico químicas ya que es un metal líquido a temperatura ambiente y de muy baja presión de vapor. Por ello existe una fuerte reglamentación sobre ello que en parte es la causa del desconocimiento real de su producción en la actualidad.

Según E. Brooks (2004) del USGS la producción mundial en 2004 ha sido supuestamente de 1.260 t, ya que parece ser que los productores ocultan sus datos por lo anteriormente indicado. Esta producción fue muy inferior a las 2.200 de media de la década de los noventa. Los principales productores fueron: China (610 t); Kyrguristan (300 t); España (150 t); Argelia (110 t); Finlandia (65 t); Rusia (50 t) y con producciones inferiores, México, Tayikistán, Marruecos, Ucrania y los EUA. España que aún posee las principales reservas base con 90.000 t ha pasado de ser el primer productor en 2001 al tercero en 2004 con tendencia a la baja. Las reservas base en 2004 eran de 240.000 t, situándose las principales en la UE (España e Italia) con más del 65%, seguida de China y CIS. Los recursos mundiales se estiman en más de 600.000 t.

A pesar de tener unas reservas base limitadas y una demanda aunque no perceptible, muy elevada ya que solo la minería del oro en Latinoamérica consume más de 200 t (oficialmente ???) y en todo el mundo mas que probable la producción indicada, el reciclaje de este metal por las razones expuestas anteriormente empieza a ser muy elevado, principalmente en las plantas químicas de producción de cloro en el que se usa el mercurio como catalizador. El reciclaje es muy elevado también en sus usos tradicionales como son en baterías, termostatos, amalgamas dentarias, etc.



La Escucha, Almadén 1976

OTROS METALES ESPECIALES

SELENIO

Es un subproducto del refinado electrolítico del cobre. Debido a que su contenido varía en función de los tipos de minerales de cobre su producción es muy difícil de estimar. Sus reservas se estiman en unas 180.000 t hallándose el 55% de ellas en los de la OCDE; y el 45% en el resto, principalmente en los CEI. Es un elemento que se puede obtener a partir del reciclado de componentes electrónicos siendo UK un especialista en ello, de tal manera que EUA exporta dichos materiales para ser reciclados.

o Los principales productores de la 1.500 t de 2004 fueron: Japón (750 t); Canadá (250 t), Bélgica (200 t), Alemania (100 t), Finlandia (50 t), Filipinas (40 t), Suecia (20 t), Perú (20 t), México,), Zambia, Serbia y Montenegro (20t), Perú (16t), EUA y Corea. Las reservas base se sitúan alrededor de las 170.000 t
o Los principales consumidores son: EUA, UE, Japón y China, EUA. Los precios del selenio experimentaron un crecimiento sostenido entre 2000 y 2004 pasando de 3,84 US\$ la libra a 27,0 US\$/libra en 2004.

PRINCIPALES APLICACIONES

- o Eléctricas: 33%. Fotorreceptores para papeles de fotocopias e impresoras laser; células fotovoltaicas; receptores de R.X.
- o Vidrios: 20%. El selenio decolora los colores verdes producidos por el hierro; produce el color rubí en cristales artísticos; reduce la transmisión del calor solar en cristales de arquitectura.
- o Pigmentos: 19%. Compuestos de sulfoseleniuros de cadmio como pigmentos de alta estabilidad para plásticos, cerámicas, vidrios y pinturas, resisten elevadas temperaturas a los rayos ultravioleta y a la exposición química. El selenio da el color rojo primario dentro del naranja a través del espectro de color castaño.
- o Metalurgia: 14%. el selenio mejora las capacidades mecánicas de los aceros al carbono, del acero inoxidable y del cobre. Se utiliza para baterías de plomo de bajo mantenimiento.
- o Agricultura. 6%. Es un elemento esencial para la vida para lo cual es añadido en forma de trazas en la alimentación animal, fórmulas veterinarias, como corrector de suelos y en medicina es un fungicida así como para dietas alimentarias humanas.
- o Otras aplicaciones: 8%. Como catalizador para la oxidación selectiva.

Teniendo en cuenta que el selenio es uno de los elementos mas perjudiciales para la salud humana y para el medio ambiente, en la actualidad se presentan como substitutos del selenio, los compuestos químicos orgánicos en las fotocopiadoras; la sílice y el cerio en la fabricación del vidrio y el plomo, bismuto y teluros en sus aplicaciones de la metalurgia del acero.

TELURO

El Teluro se obtiene a partir de los teluros de oro, como subproducto de la minería del oro y a partir de la metalurgia del cobre también como subproducto. Los grandes productores de cobre son pues los de teluro como Chile, EUA, Zaire, Canadá etc. El 28,3% de las 47.000 t de reservas base se hallan en los PD; el 61,2% en los PVD y el 10,5% en los antiguos países de economía planificada. El precio, según USGS fué en 2004, de 12 US\$ la libra.

PRINCIPALES APLICACIONES

- o Metalurgia : 55%. Aleaciones (0,04%) para aceros especiales de altas propiedades mecánicas a la vibración y fatiga
- o Química: 25%. Es una agente secundario para la vulcanización del caucho ya que mantiene la flexibilidad de éste a elevadas temperaturas. En catálisis de fibras artificiales
- o Eléctrica: 15%. Es un componente en las aleaciones de fotorreceptores para fotocopiadoras e impresoras. El compuesto de Cd-Hg-Te es el mejor material fotosensitivo para detectores de infrarrojos.
- o Otros: 5%. Pigmentos

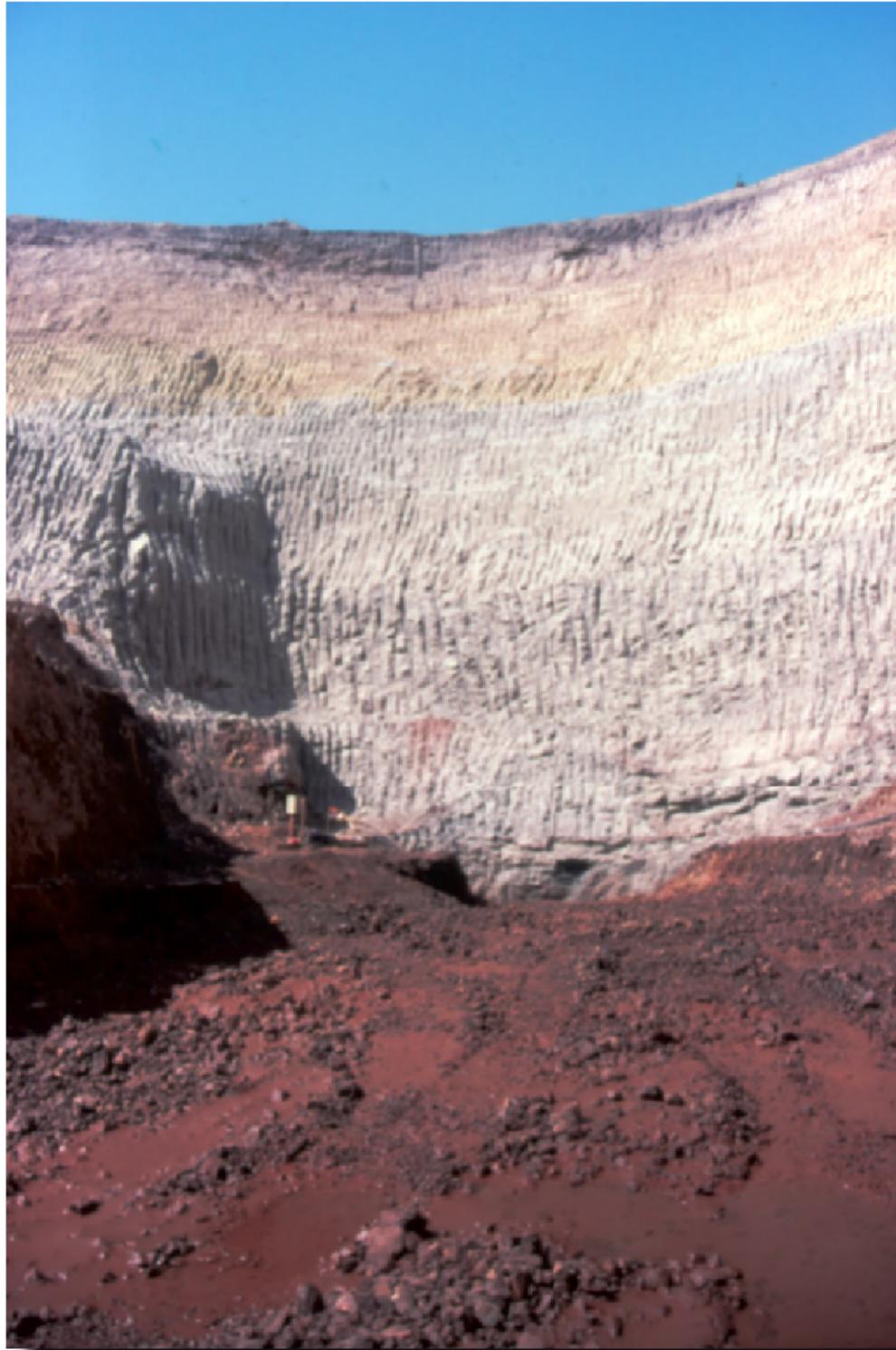
Como substitutos, el bismuto para los aceros; el selenio y plomo en sus aplicaciones metalúrgicas y por el selenio y germanio en el sector de la electrónica.

RENIO

El renio se extrae casi exclusivamente como subproducto de la lixiviación de los concentrados del molibdeno cuprífero (USA, Canadá, Chile y Perú) y del cobre (CEI y Japón). Otras fuentes son las menas de uranio (USA) y se cree que en el Kazajaskan ex soviético existen algunas mineralizaciones primarias de Cu-Re. Las principales fuentes son pues los Pórfidos Cupríferos y de molibdeno.

Los usos del renio no son muy conocidos, a mediados de los noventa, entre el 60-75% de las ventas eran utilizadas para catálisis. No obstante para la década del 2000 la industria de la aviación militar y comercial así como la industria aeroespacial consumirá unas 50.000 lb mientras que el petróleo y otros usos consumirán unas 20.000 lb.

5. MINERALES Industriales



Minas de Baritina (Almeria, 1994)

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| ☞ Asbestos | ☞ Fosfatos |
| ☞ Atapulgita -Paligorskita | ☞ Grafito |
| ☞ Azufre | ☞ Magnesitas |
| ☞ Baritina | ☞ Perlitas |
| ☞ Bentonitas- Motmorillonita | ☞ Potasas |
| ☞ Boratos | ☞ Sal |
| ☞ Bromo | ☞ Sepiolitas |
| ☞ Caolín | ☞ Sillimanitas |
| ☞ Carbonato Sódico | ☞ Sulfato Sódico |
| ☞ Celestina | ☞ Talco |
| ☞ Cuarzo | ☞ Vermiculitas |
| ☞ Diamantes Ind | ☞ Zeolitas |
| ☞ Fluorita | |

Una exhaustiva bibliografía sobre las aplicaciones de los minerales industriales, se hallan en los anexos.

IMPORTANCIA DE LOS MINERALES INDUSTRIALES

La importancia que los diferentes minerales industriales tienen en nuestra sociedad, nos lo muestra McVey, 1989, en un ejemplo cotidiano: “Al levantarnos, escribe el autor, observaremos que las paredes y techo de nuestra habitación llevan yeso; los vasos, la cafeteras, etc. con los que hacemos y tomamos el café, contienen boro, litio, carbonato de sodio, etc.; si leemos el periódico o revista, estos llevan carbonato y sulfato de sodio, además, las prendas con las que nos vestimos han sido lavadas con detergentes que contienen una elevada proporción de sulfato sódico, fosfatos y zeolitas, etc.”

Producción de minerales Industriales Básicos 2003

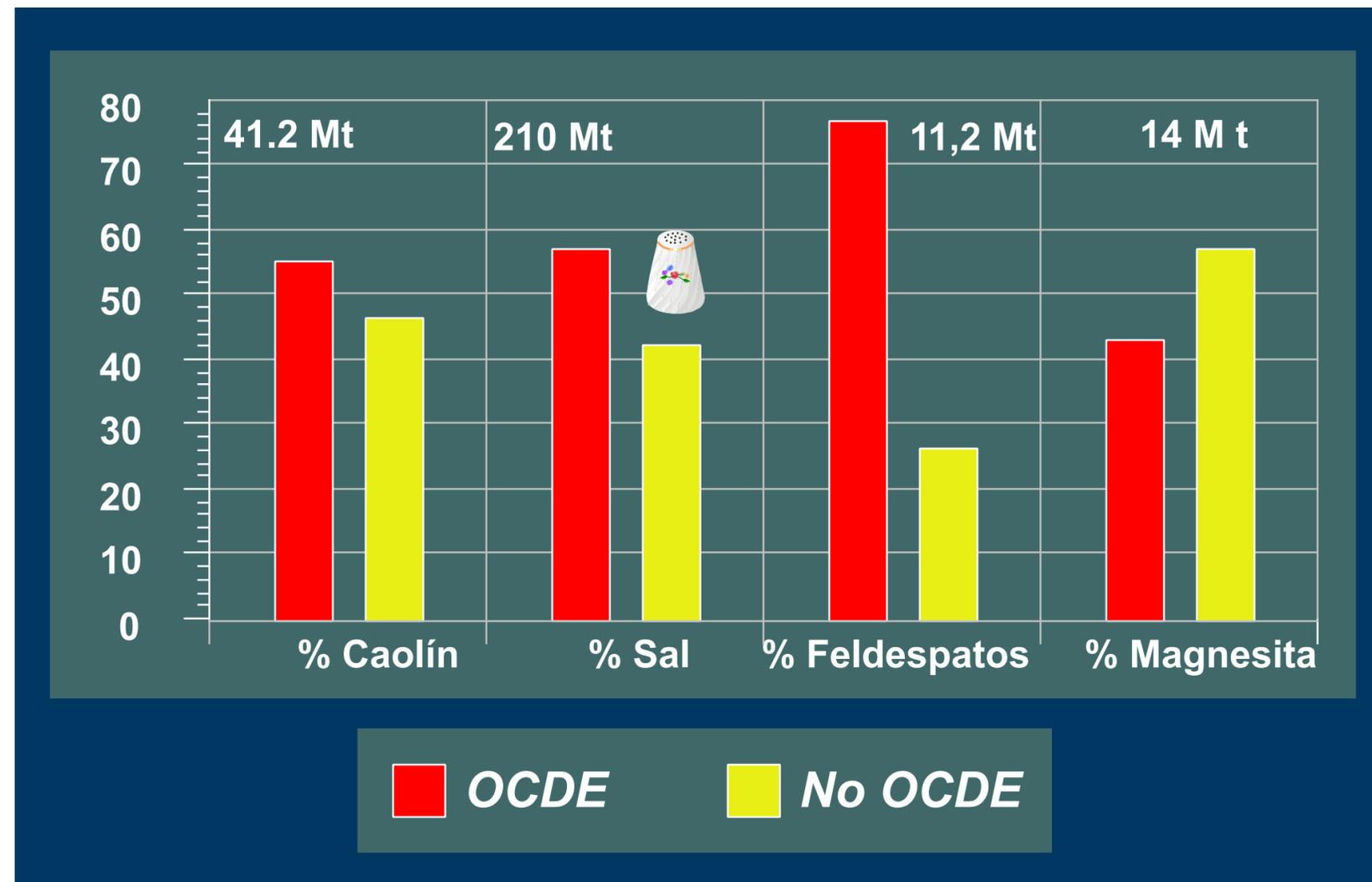


Figura 42

5.1. CARBONATO SODICO (Soda ash)

El carbonato de sodio o "soda ash", es uno de los principales minerales industriales y uno de los dos primeros álcalis comerciales del mundo, con una producción en 1986 de más de 32 Mt., de los cuales 8,5 Mt eran de origen natural y alcanzar los 40,3 millones en 2004 siendo las naturales d 11,4 millones de toneladas. Su crecimiento ha sido de un 2% anual desde hace más de 30 años, dando paso al carbonato natural por encima del sintético. Los precios se han duplicado en términos reales desde 1973 a 2004, siendo en este último período de 69 US\$ f.o.b mina. El 49% del carbonato se usa en la fabricación del vidrio, ya que es su principal ingrediente después de la sílice, que al igual que el sulfato sódico se utiliza para reducir el eutéctico de la fusión y dar fluidez a la mezcla. Se utiliza además: un 28% en la industria química s.l.; un 11% en detergentes y el resto en el tratamiento de aguas residuales y en la industria del papel. La producción Mundial tal como he indicado fue en 2004 de 40,3 millones de toneladas, siendo el principal productor, China con más de 12 millones de toneladas; Nafta con 11,6 en este período y la Unión Europea (25) de 7,1 millones de toneladas. Las reservas de carbonatos naturales se situarían alrededor de los 40.000 millones de toneladas, mientras que los recursos superarían los 200.000 millones de toneladas. La distribución de depósitos naturales de carbonato sódico en el mundo se halla en estrecha relación con cuencas volcánicas afectadas por condiciones endorreicas, principalmente en zonas de rift y de back arc . El Na procedería de la lixiviación de las tobas volcánicas y el CO₂, sería de origen biogénico y/o atmosférico.



SULFATO SODICO

El sulfato sódico es un producto que se obtiene de forma natural a partir de minerales como la Glauberita, Mirabilita, Tenardita y de salmueras, pero que también se produce de forma artificial a partir del proceso Mannheim:



y como subproducto de la manufactura del rayón, celulosa, química del cromo, litio y ácido ascórbico. El 80% de su producción es destinada a los detergentes y en la fabricación textil.

La producción mundial en 1986 se estimaba en 4,2 Mt, de las cuales el 44% procedían de la industria minera y el 56% de la industria química s.l. En 2004 la producción total alcanzó los seis millones de toneladas de los cuales cuatro procederían de las áreas extractivas y el resto de origen químico. El precio es muy variable tomando como precio medio del sulfato natural el de 104 US\$ FOB en 1986 y de 114 US\$ FOB en 2004. Las ventajas del natural con respecto al sintético son:

- El sulfato natural se halla casi completamente libre de elementos penalizantes o elementos tóxicos tales como As, Pb, Zn y Cr, que no pueden ser completamente eliminados de los sintéticos.
- El pH en los naturales oscila entre 7 y 9, mientras que en los sintéticos es ligeramente ácido.
- Los ratios y precios de producción se mantienen generalmente de forma uniforme y son además evaluables ya que no dependen, como en el caso de los sintéticos (al tratarse de un subproducto), de la demanda de las materias primas de la cual deriva.

Los principales países productores de sulfato sódico natural son : EUA, Canadá, CEI, España y México con el 90% de la producción mundial. Las principales países productores de sulfato sódico sintético fueron: EUA, Japón, Bélgica, CEI y Alemania. Las reservas base se cifran en más de 4.600 millones de toneladas siendo las mayores reservas la de los EUA con 1.400 millones siendo España y Canadá las segundas con 270 millones de toneladas.

5.2. ARCILLAS ESPECIALES (Montmorillonitas - Bentonitas, Caolín, Sepiolitas (Paligorskitas o Atapulgitas), Vermiculitas, Talco)

LAS BENTONITAS

Las bentonitas son unas rocas compuesta por arcillas cristalinas, principalmente Esmectita (Montmorillonita) y frecuentemente Beidelita, formada a partir de la desvitrificación y alteración química de tobas o cenizas volcánicas. Los accesorios lo constituyen fenocristales (F.K, Oligoclasa, Biotitas, Piroxenos, etc) y material vitroclástico.

Sus usos son muy variados pero principalmente en fundición, en la peletización de menas de hierro, lodos de sondeos, filtros (clarificación de vinos, aceites, aguas urbanas), tratamiento de aguas residuales, alimentación animal, como absorbentes granulados en general, etc.

El principal productor mundial son USA con una producción en 1981 de 4,21Mt y 4,55 Mt en 2004 con un valor de 115,2M US\$ en 1981 y 182 M US\$ en 2004; de la UE25, Grecia con 950.000 t, Italia con 500.000 t y la República Checa con 175 000t en 2004. Las reservas y recursos son excepcionales.

Yacimientos:

La mayoría de los yacimientos se han formado a partir de rocas volcánicas de diferentes tipos, siendo los mas comunes los derivados de materiales de composición riolítica a andesítica, alterados en condiciones continentales (lagos y salmueras alcalinas sobrecalentadas por focos termales), otros tipos se hallarían asociados a procesos diagenéticos y anquimetamórficos y por último a la actividad hidrotermal tales como las Gador en España. El marco geotectónico sería similar al de las pumitas, perlitas y zeolitas.

EL CAOLÍN

El caolín también denominado "China clay" ya que su nombre procede del Chino que significa colina alta. Este mineral consiste principalmente de Caolinita que es un silicato alumínico hidratado que se genera, principalmente por la hidrólisis de los feldespatos potásicos. Una de sus principales características es su color blanco que incide directamente en sus aplicaciones.

Sus principales aplicaciones se sitúa dentro de los productos cerámicos: en catálisis y refino del petróleo y gas, en porcelanas eléctricas, en porcelana fina y en productos sanitarios (WC, baños, etc.); en manufacturas de la industria química; fibra de vidrio y dentro de las cargas: coloreado del papel (el mayor consumo de caolín), pinturas, fertilizantes, pesticidas y plásticos. Otro de los grandes usos del caolín está en la producción de ladrillos refractarios y crisoles. Se usa también como componente del cemento Portland.

El precio medio del Caolín en 2004 fué de 120 US\$/t oscilando, según la ley de pureza , entre los 30 US\$/t y los 298 US\$/t o ley para pigmento.

El principal productor, sería el conjunto de la UE 25, seguido de Colombia y los EUA. La producción de los otros países se refleja en la figura 44.

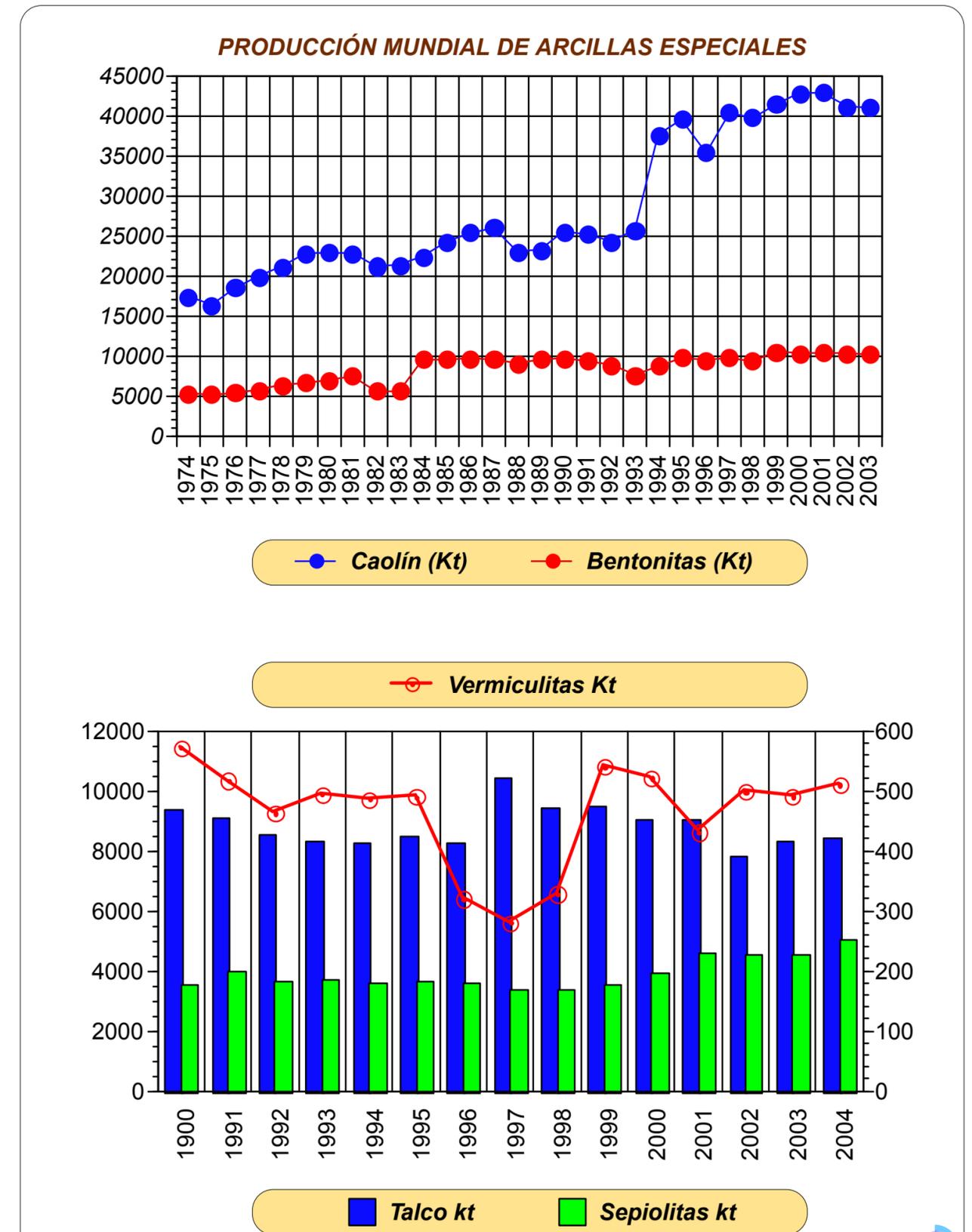


Figura 43

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CAOLIN EN EL 2004 (Kt)

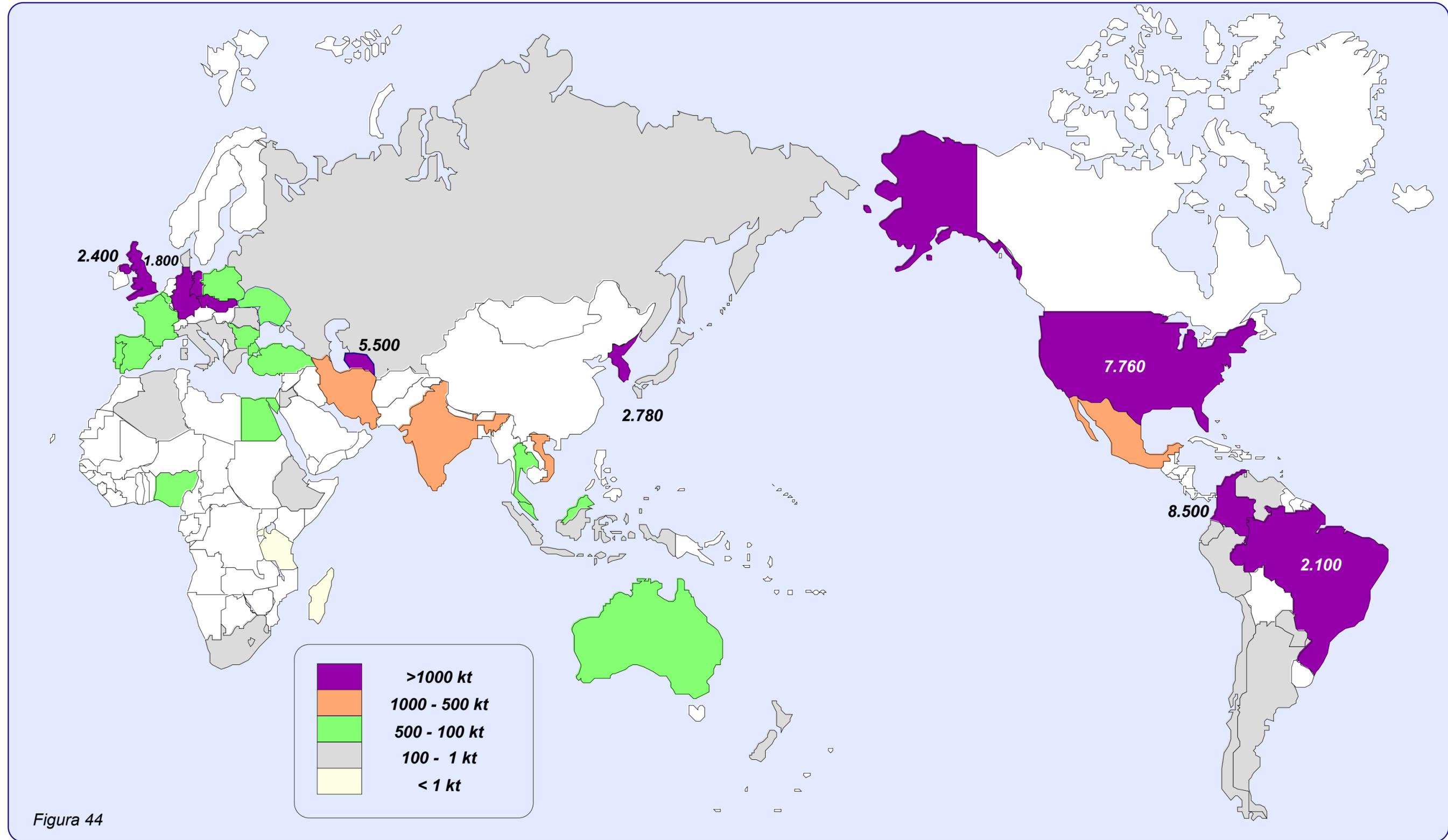


Figura 44

VERMICULITAS

La vermiculita es un filosilicato ((Mg,Ca,K,Fe11)₃ (Si,AL,Fe11)) parecido a la mica si bien es del grupo de las flogopitas hidratadas y también de las biotitas.

Los grandes yacimientos de este mineral se localizan en SurAfrica, concretamente en Palabora, China, Brasil, Zimbawe y EUA (a lo largo de los Apalaches) y su producción en 2004 alcanzó la 510.000 t. Las reservas y reservas base de las vermiculitas son muy elevadas y al ritmo de crecimiento actual sobrepasan los 150 años. Estos minerales tienen además sustitutos naturales como las perlitas.

Su utilidad principal se halla ligada a una de sus características físicas o capacidad de expandirse varias veces su volumen inicial cuando son calentadas. En consecuencia la mayor parte de estas arcillas son usadas como aislantes y en agricultura. Otra parte es usada para la fabricación de hormigones.

El precio de las vermiculitas alcanzó los 143 US\$/t fob planta.

TALCO Y PIROFILITA

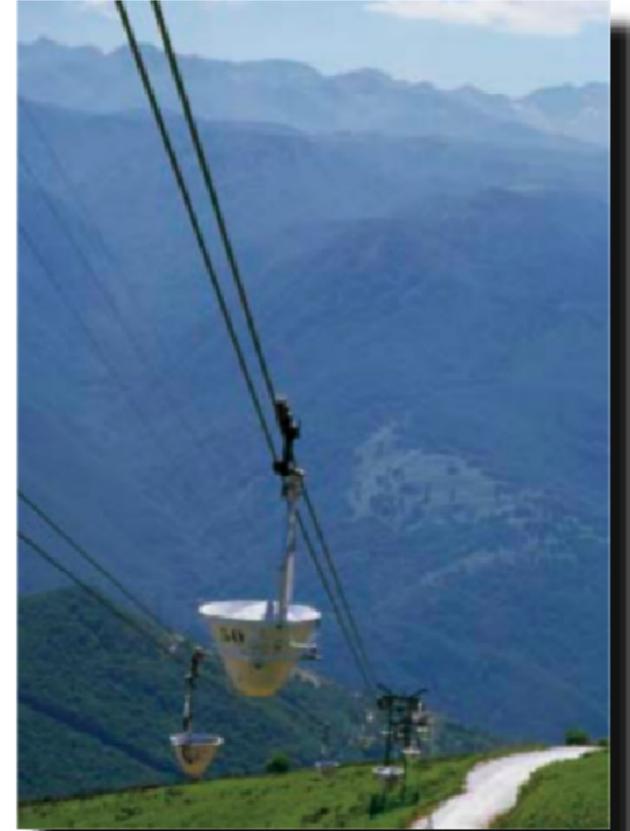
El talco tiene una gran diversidad de usos. En los EUA el 32% del talco se usa en cerámica; 19% en pinturas; 16% en papel; plásticos y plastilinas un 10%; un 2% en cosméticos y un 24% para usos diversos.

Los precios fob planta se situaron de media en 2004 alrededor de los 112 US\$/t y la producción mundial en 2004 fue de 8,12 millones de toneladas con un descenso del 9% con respecto a 2003. El principal productor fue la China con 2,7 Mt seguido de Corea y EUA con 950 kt y 911 Kt respectivamente. Las reservas y reservas base son consideradas como muy amplias por más de 150 años si analizamos su proyección.

SEPIOLITA.

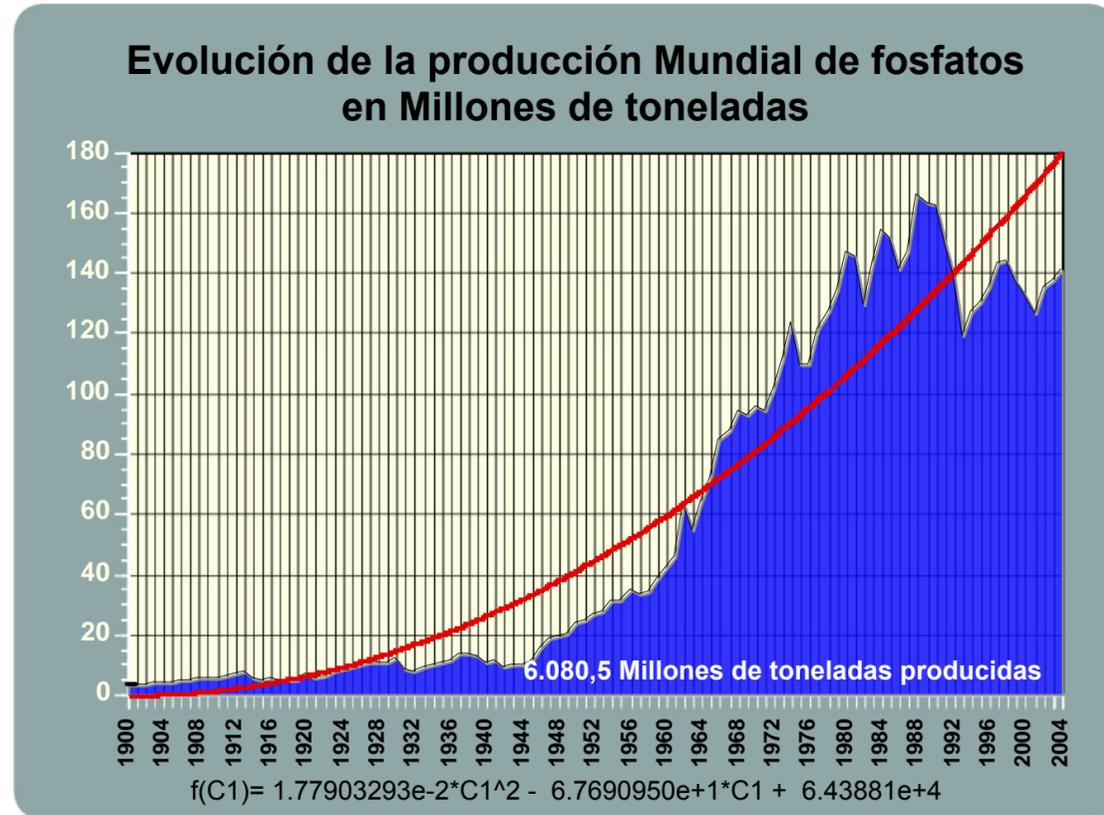
El principal productor mundial de Sepiolita es España. Este mineral o filosilicato aluminico-magnésico hidratado, se encuentra principalmente en formaciones sedimentarias. Tiene numerosas aplicaciones industriales (ver anexos), entre ellas, debido a la capacidad de adsorción de líquidos, como una excelente cama de gato o como contenedor de herbicidas, pesticidas o alimentos. Esta capacidad de adsorción ha llevado a las Sepiolita a un extenso uso para adsorber aceites en plantas automovilísticas en vez de el tradicional aserrín.

Otras arcillas especiales de la familia de las sepiolitas o también las denominadas Esmectitas o Fulle Earth's o Tierras de Batán, son: la Attapulgita y Palygorskita.



Talcos de Luzenac (Pirineos Centrales Franceses)

5.3. LOS FOSFATOS



Elaboración propia. Fuentes FAO; USGS

Figura 45

Minas de fosfatos en el Mar Muerto (Israel 1997)

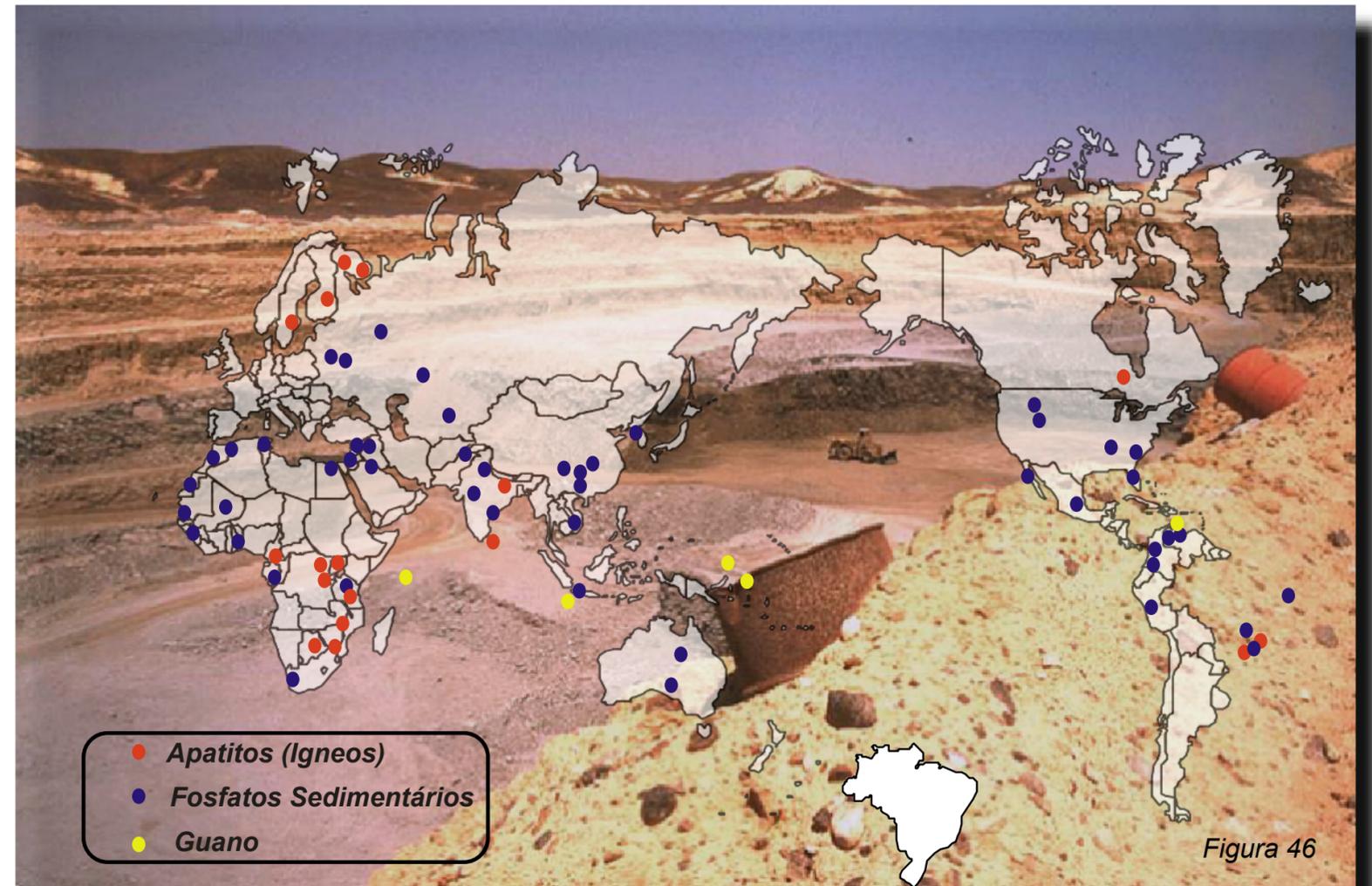


Figura 46

Elaboración propia. Fuentes FAO; USGS

Los fosfatos más comunes son los conocidos como ortofosfatos (hidratados) que contienen al PO_4^{3-} como anión. Son los más difundidos en la naturaleza en forma de mineral apatito tanto en rocas ígneas, metamórficas como sedimentarias. Son además uno de los compuestos básicos en el reino animal (huesos y dientes) y elemento imprescindible para el reino vegetal. En consecuencia, tal como ya se ha indicado en la página 14 son indispensables en la formulación de los abonos minerales.

Los fosfatos son componentes importantes en la industria alimentaria de la salazón y láctea y, aunque en la actualidad en menor medida por la competencia de las zeolitas y debido a problemas medioambientales, un componente básico en la formulación del tabor de detergentes.

Otro grupo de fosfatos, como los fosfatos orgánicos son utilizados en la industria química en general y en la del plástico en particular.

La distribución mundial de los distintos productores de fosfatos de origen sedimentario (fuente principal) se sitúan (Tabla nº 1 y Figura 46) como principal país productor, los EUA (formación fosfórea) seguido de China y como principal país exportador, Marruecos. Son además grandes países productores, los de Oriente Medio y Norte de África (además del ya indicad Marruecos).

Los precios del mayor productor del mundo (EUA), eran en 2004 de 27,12 US\$ fob mina. Las reservas base en 2004 era de más de 50 mil millones de toneladas, reservas par más de 500 años, hallándose las principales en la antigua colonia española del S Oriental con 21 mil millones de toneladas.

5.4. EL CUARZO, LAS ARENAS SILICEAS y LAS DIATOMITAS



La sílice (Si) junto con el oxígeno es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, su óxido (SiO_2) cuando se halla cristalizado es conocido como mineral de cuarzo, mineral muy duro capaz de rayar al hierro y acero. Por ello uno de sus usos será el de abrasivo.

El cuarzo, sea de origen natural (suprapuro) o artificial presenta características piezoeléctricas, cuando se comprime se produce una separación de cargas eléctricas que genera a su vez una diferencia de potencial y, de manera recíproca, reacciona mecánicamente cuando se somete a un cierto voltaje. Este efecto lo convierte en un elemento de gran utilidad para gran variedad de transductores. Otra característica es la resonancia de gran utilidad para la industria electrónica.

Una de las mayores aplicaciones de la sílice procedente del cuarzo o de las arenas silíceas es la fabricación del vidrio que además usa dos minerales industriales para su fabricación. El vidrio es un material duro, frágil y transparente cuya manipulación se realiza en caliente o en masa fundida, que se obtiene por fusión a más de $1.200\text{ }^\circ\text{C}$ de arena de sílice carbonato sódico (página 74) y caliza (CaCO_3). Este material es la base de la industria del vidrio propia como material de construcción, envase de bebidas, envase de conservas, lámparas incandescentes y de diversos tipos, etc.

Cuando el cuarzo o las arenas de sílice son muy puras, estas se utilizan para la obtención de sílice metal que a su vez es utilizado como elemento aleante para la fabricación de carburos de silicio y otras herramientas de diverso uso industrial. Tabla nº 17.

No obstante y por sus características piezoeléctricas, el silicio es utilizado y con gran futuro en la construcción de paneles solares.

La producción mundial de silicio fue en 2004 de 4,7 millones de toneladas siendo el principal productor, China con 2,2 millones. La UE produjo 280.000 t y NAFTA, 306.000 t.

El valor del cuarzo piezoeléctrico para uso electrónico rondaba en 2004 alrededor de 133.000 US\$/t (fuente USGS) y las reservas base se consideran casi ilimitadas.

El precio del silicio metálico en función de su uso valía en 2004 entre 60 a 81 céntimos de dólar por libra de peso.

Las **diatomeas** son algas unicelulares microscópicas marinas que poseen una cubierta de sílice. Estas algas son susceptibles de dar lugar a acumulaciones sedimentarias que se conocen como diatomitas.

Los principales usos de estos materiales son la de filtros (granulometrías ajustada, inertes). Grandes cantidades son usadas como filtro de la cerveza, licores, vinos y también en la purificación de grasas. Son especialmente importantes como elementos de filtrado de aguas de red y aguas residuales.

La producción en 2004 fue de 1.960.000 t, siendo el principal productor EUA seguida de China y Dinamarca. Los precios en esta misma época oscilaron sobre los 258 US\$/t fob planta. Las reservas base, son incalculables siendo los EUA y China los territorios que hoy día presentan mayores reservas.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ARENAS SILÍCEAS (Kt)

	1999	2000	2001	2002	2003
UE	55.429	54.221	53.132	53.505	53.534
NAFTA	32.303	31.717	31.233	30.635	30.745
Mercosur	2.173	2.421	2.819	2.205	2.226
OCDE	100.195	100.039	98.292	97.147	97.229
No OCDE	10.805	10.961	12.708	12.853	12.771
Mundo	111,000	111,000	111.000	110.000	110.000

Tabla nº 17

5.5 LA SAL

La producción de sal en el conjunto de: sal de mina, salmueras y sal marina, ha oscilado entre los 150 Mt de 1973 a los 210 Mt, en 2003. Los mayores productores del mundo, según fuentes del Mining Journal (2004) y USGS, son los EUA, China, Alemania, India, Canadá, Australia y México entre los 111 países productores, aspecto este -ultimo que muestra la gran necesidad que de esta mena (principalmente sal o cloruro sódico), tiene la humanidad. La sal es la base de una gran parte de la industria química, por su composición (NaCl), es básica para la industria del cloro y de sus derivados como el ácido clorhídrico y también de la sosa cáustica.

Como puede observarse Figura los mayores productores son a su vez y de forma mayoritaria los países de la NAFTA, UE y en su conjunto, los de la OCDE. No obstante, entre los mayores exportadores se sitúan México, Australia, Canadá, RFA y RDA, Países Bajos y China, y entre los importadores el Japón, USA, Bélgica y Canadá.

En cuanto a los precios, éstos se mantienen estables de forma global dentro de sus grandes usos tales como, en la elaboración y consumo alimentario, en la agricultura, en el papel, en la metalurgia, en los sondeos petrolíferos, en el tratamiento de aguas residuales, en el textil y en los colorantes, entre otros usos oscilando entre los 161,6 US\$/t para sal en alimentación; 109US\$/t en tratamiento de agua; los 60US\$/t para la agricultura a los 26US\$/t para la industria química y la obra pública.

Sus yacimientos son muy numerosos en el mundo y con una buena distribución tanto en el espacio como en el tiempo a partir del Precámbrico, a excepción de algunos cratones proterozoicos y caledónicos como Noruega, Suecia y Finlandia, así como algún arco-isla como el del Japón. Las mayores reservas conocidas se sitúan, no obstante, en el Mesozoico-Cenozoico y concretamente en los grandes domos salinos del Golfo de México y del área de Ontáριο (Lefond & Jacoby, 2000).

En cuanto a su prospección, la mayoría de ellos, principalmente los depósitos (domos o diapiros) no aflorantes, se han detectado como resultado de la prospección petrolífera o durante la prospección de potasas, siendo las técnicas utilizadas fundamentalmente geofísicas y mecánicas (sondeos).



Montaña de Sal (Sallent, Barcelona)

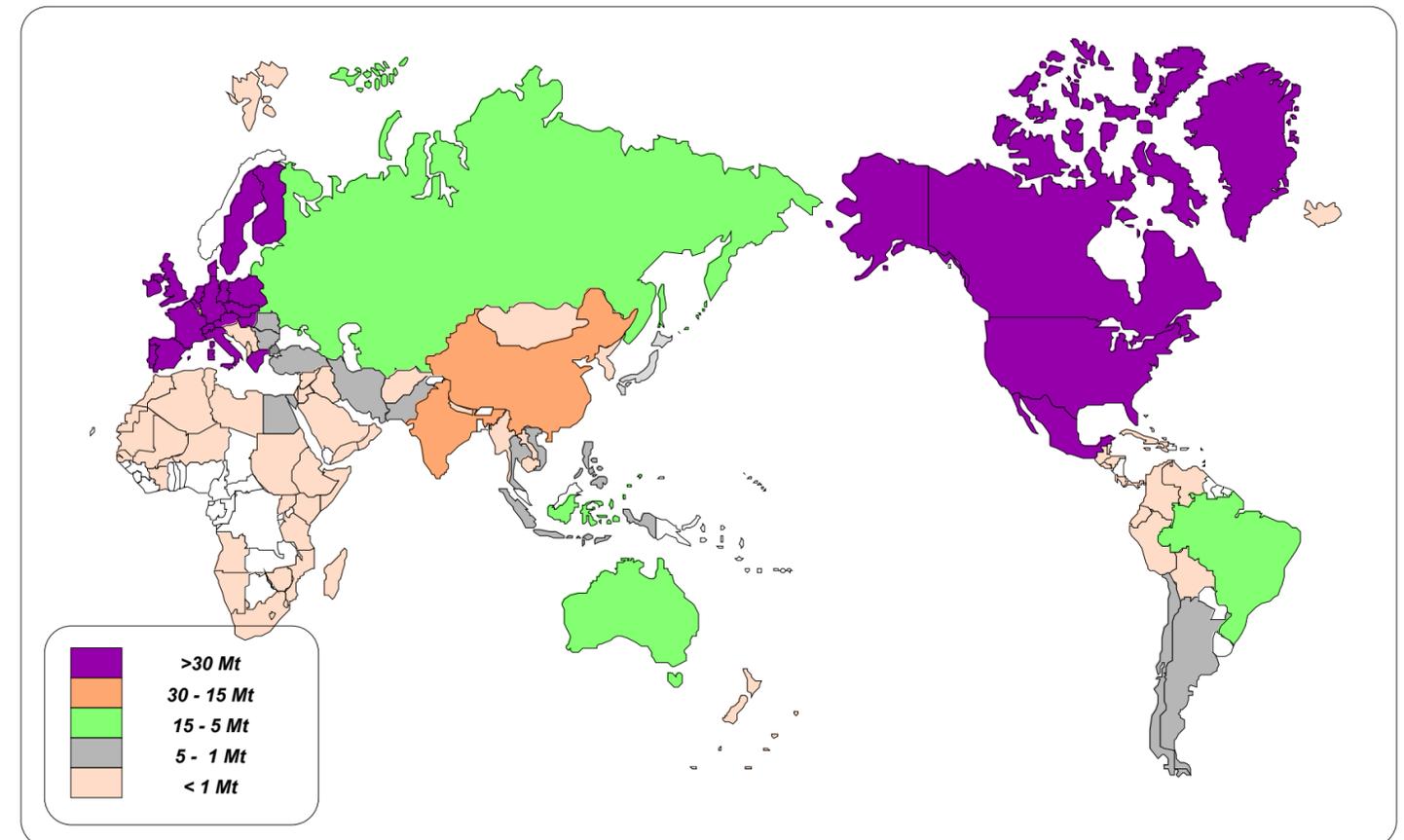


Figura 47

5.6. LAS ZEOLITAS



Zeolitas clinoptilolita en Chubut (Argentina, 1989)

Históricamente, las zeolitas naturales (ROCAS O TOBAS ZEOLITICAS), se usaron como material de cantera para la construcción por su ligereza y fácil manipulación por sociedades tan antiguas como la Roma clásica y las culturas americanas de los Aztecas y Mayas. Así mismo los romanos las utilizaron como cementos puzolánicos.

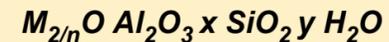
No obstante, no es hasta la mitad de nuestro siglo, que una familia de minerales silico-alumínicos conocidos como zeolitas, empezaron a utilizarse masivamente, primero en la industria petroquímica y posteriormente en la industria química en general, en las industrias agropecuarias, en la industria ambiental y energética.

Desde su primera aplicación comercial como tamiz molecular en 1954, las zeolitas han producido tal fascinación en el mundo científico y económico por sus excepcionales y diversidad en sus aplicaciones de aplicaciones que en tan corto espacio de tiempo, se han obtenido más de 20.000 patentes, describiendo su síntesis, propiedades, estructuras y aplicaciones.

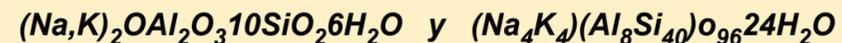
¿QUE SON LAS ZEOLITAS?

Por definición las zeolitas son minerales aluminosilicatos hidratados con cationes alcalinos y alcalino-térreos que presentan una infinidad de estructuras tridimensionales. Al igual que el cuarzo y los feldespatos, estos minerales pertenecen a la familia de los TECTOSILICATOS, no son por lo tanto arcillas y presentan pues una estructura tridimensional de tetraedros de $\text{SiO}_4^{(-4)}$. Esta disposición de tetraedros entrelazados da una relación Si/O de 2/1 y una estructura eléctricamente neutra. En la estructura de las zeolitas, no obstante, algunos de los iones Si con cargas positivas (4), son sustituidos por aluminio trivalente, lo que da una deficiencia de carga positiva. Según MUMPTON, 1981., esta carga positiva puede ser neutralizada por la presencia de cationes mono o bivalentes tales como el Ca^{+2} , Na^+ , K^+ , etc.

Una fórmula empírica de las zeolitas que propone Mupptom (1981) sería:



en donde M serían cationes alcalinos o alcalinotérreos y (n) la valencia de dicho catión; x sería de 2 a 10; e y de 2 a 7. Así la fórmula de una zeolita natural como la clinoptilolita sería:



En cuanto a la estructura, mientras el armazón estructural del cuarzo y feldespatos es densa y herméticamente empaquetada, la de las zeolitas son remarcablemente abierta, alcanzando el volumen de vacío en algunas especies hasta el 50%. El armazón estructural de éstos minerales, consiste pues en anchas cavidades abiertas y rellenas por agua que pueden estar interconectadas en una, dos o tres dimensiones dando lugar después de una deshidratación a un cristal permeable con un sistema de canales en una, dos o tres direcciones. Los iones metálicos que necesiten compensar su carga, ocuparán una serie de posiciones en los canales o posiciones adyacentes a las cavidades para poder ser posteriormente intercambiados por otros cationes. Esta gran facilidad de intercambio catiónico, cifrada en meq/100g, es una de las principales propiedades de estos materiales además de las deshidratación e hidratación y tamiz molecular.

La producción mundial en 2004 (USGS), osciló entre los 2,5 a los 3 millones de toneladas siendo el principal productor la China (1,5 a 2 Mt); República de Corea (150.000 t); Japón (140.000 t); EUA (57.400 t); Cuba (37.500 t); Hungría y Turquía (30.000 t); Eslovaquia (25.000 t); Bulgaria y Sudáfrica (15.000 t); Australia (7.000 t); Georgia (6.000 t); Nueva Zelanda (5.000t) y otros (15.000t). El precio en los EUA, oscilaron en 2004, entre los 75 y los 300 US\$ la tonelada.

Debido a sus características y principalmente a su reversibilidad, el campo de utilización de estos minerales es prácticamente ilimitado. Desde muy antiguo (Roma y Cultura Maya entre otros), como piedra o material ligero de construcción y para la fabricación de cementos puzolánicos y hormigones. En la actualidad sus campos de aplicación son:

La sílice (Si) junto con el oxígeno es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, su óxido (SiO_2) cuando se halla cristalizado es conocido como mineral de cuarzo, mineral muy duro capaz de rayar al hierro y acero. Por ello uno de sus usos será el de abrasivo.

En países como China, Japón, EUA, México, Cuba, Italia y los países del Cáucaso usan especies como la Clinoptilolita y Mordenita como suplemento dietético en animales domésticos. Estos suplementos oscilan alrededor del 10% en zeolitas en las dietas de rumiantes, pollos, cerdos, etc. dando lugar a un incremento significativo en la relación alimento-conversión así como un mejor estado general de los diversos animales.

Así se observa que el ritmo de crecimiento en los animales aumenta de manera sensible mientras disminuyen los valores de conversión del pienso; se observa también una disminución en la incidencia de enfermedades del aparato digestivo y de los olores de sus excrementos y se evita además, si se mezcla desde un principio con el alimento, su fermentación durante el período de su conservación.

Las investigaciones realizadas por el ERMS cubano indican que añadiendo a la dieta de puerkas en gestación de zeolitas naturales, se evitan pérdidas por enteropatías y las crías se destetan con 100-150 g m s de peso; las crías de bajo peso al destete (menos de 5 kg) que normalmente reciben un tratamiento adicional con antibióticos o se quedan una o dos semanas m s con la madre, no necesitan de estos cuidados si se destetan y se incluyen en su dieta un 7,5% de zeolita; en este mismo tipo de animales, la pre-ceba con un 15% de zeolita en el pienso, mejora la conversión del alimento del 3,32 para el control (sin zeolita) a 2,84 para los animales que la consumen, además los animales con enteropatías graves, se recuperan totalmente al incluir 30% de zeolitas en el pienso de con sumo durante 72 horas y 15% durante 72 horas m s.

En el caso de las aves, principalmente pollos, el ERMS cubano nos indica que el uso del 5% de zeolitas como diluyente en dietas para ponedoras reduce el gasto de pienso en 1,4t por cada 1.000 gallinas e incrementándose por el mismo número de gallinas en 12.000 las unidades de huevos anuales; el uso de 100 g de zeolitas por metro cuadrado, controla la humedad de las excretas, el desarrollo de moscas y gusanos y elimina el mal olor en las instalaciones de gallinas criadas sobre jaulas. En el caso de los rumiantes, la adición de zeolitas, entre un 0,5 a un 2%, mejora las condiciones rumiantes de dichos animales así como su conversión. Actualmente la demanda interior de zeolitas naturales en Cuba para la alimentación animal en general, se cifra en más de 30.000 tpa.

En términos generales, las zeolitas actúan como tampón en el estómago de los rumiantes, seleccionando los iones amonio de tal forma que el nitrógeno se mantiene en el aparato digestivo liberándose lentamente por medio del intercambio iónico del Na y K emprendida por la saliva que entra en el estómago. De esta manera el animal obtiene un mayor rendimiento del alimento ya que las sustancias nutritivas son retenidas por períodos más largos.

Otro aspecto en el que las zeolitas pueden asumir un gran papel por su capacidad de intercambio catiónico, en alimentación animal, es su empleo mediante activación, como vehículo para micronutrientes, que aparte del amonio, serían el Co, Fe, Mn, Zn, Mo, etc. En este caso, las zeolitas actuarían como vehículo de los cationes específicos previamente introducidos en las zeolitas mediante la técnica ya mencionada de intercambio catiónico. Un ejemplo de ello sería la adición de Ca a las gallinas ponedoras, con lo que estas recibirían una dosis mayor de calcio, dando así lugar a una cáscara de huevo m s resistente y como consecuencia directa una reducción de huevos rotos y un aumento del rendimiento individual para cada animal.

Otro efecto importante derivado de su utilización como componente o aditivo en la fórmula alimentaria, es el de desodorizar, eliminando los malos olores de los excrementos de los animales así como la reducción de los inconvenientes derivados de este tipo de desechos. Por ejemplo la reutilización de los excrementos de las aves como parte del alimento de los rumiantes, práctica aceptada y seguida a gran escala en muchos estados de los EEUU. Por otra parte está plenamente demostrado que un mejor ambiente, favorece una mejora en la producción de los huevos. En Hungría se utilizan como secado-desodorado de la paja doméstica y con efecto desinfectante ya que elimina la humedad de la paja y las enfermedades infecciosas de los animales tales como llagas, cojera etc. así como obstaculiza el desarrollo embrional de protozoos y otros parásitos.

Otras aplicaciones agropecuarias y de gran desarrollo en USA, Japón y CEI, es como corrector de suelos y vehículo en fertilizantes por su capacidad de intercambio catiónico. La capacidad selectiva que la Clinoptilolita presenta con el amonio se utiliza para la fabricación de abonos nitrogenados así como vehículo de micronutrientes tales como el Fe, Cu, Zn, Mn y Co.

En cuanto a su utilización para animales domésticos, Japón, USA y Hungría las utilizan con relativo éxito como material adsorbente y desodorizante para cama de gato.

En este campo mi experiencia indica que la capacidad de adsorción de líquidos es un 50% inferior al de otros materiales adsorbentes tales como la Sepiolita - Atapulgita y Bentonitas no obstante su capacidad como desodorizante es infinitamente superior. Así, los experimentos realizados con esta finalidad, nos muestran que en una cama de gato (2 kg), la duración en su capacidad de adsorción (líquidos y en este caso orines) de las zeolitas es de 3 a 4 días (con zeolitas activadas a 150°C), mientras que las Sepiolitas de control era bastante superior, no obstante estas últimas debían de ser desechadas (a los 3 o 4 días según la capacidad del felino), por el penetrante olor a orines que desprendían. Este experimento nos lleva pues a mezclar Sepiolita con zeolita (2 de Sepiolita y uno de zeolita en peso) y los resultados son asombrosos ya que uniendo la capacidad de adsorción de los dos materiales junto con el poder desodorizante de la zeolita, la duración de la cama de gato es de aproximadamente 7 días tanto en invierno como en verano y sin mal olor. Evidentemente, esta mezcla no es necesaria cuando el animal doméstico solo produce malos olores, tales como aves, roedores, etc. en el que la zeolita no solo adsorbe la humedad de las excretas sino que evita su mal olor. Este tipo de ensayo parece que también se ha realizado en USA y Japón con resultados similares.

Acuicultura

La actividad biológica normal de los peces en acuarios, piscifactorías, etc., es la producción de amonio que no tan solo contamina las aguas sino que es un veneno para el desarrollo y la propia vida de los peces. Evidentemente si existe libre circulación de agua no existe ningún riesgo. No obstante en los viveros en donde el ambiente es mucho más reducido, la cantidad de amoníaco puede alcanzar niveles tóxicos si existe una falta de control. La presencia de zeolita en el agua, reduce el nivel de amoníaco con lo que se puede aumentar la población piscícola en un mismo acuario y por lo tanto el rendimiento. Un buen ejemplo de este mejor rendimiento se halla en el transporte de truchas y alevines que mediante filtros zeolíticos se evita primero la mortandad en el transporte y segundo que se puede aumentar la capacidad de dicho transporte y por lo tanto su abaratamiento.

Otros usos para acuicultura, es el de filtro como sustitutivo del carbón activado, tal como nos indica la literatura especializada y demostrado por nuestras experiencias, así como en la producción de oxígeno, por la capacidad de las zeolitas de adsorber el nitrógeno del aire y por lo tanto de dar un flujo más enriquecido en oxígeno. Actualmente estamos desarrollando experiencias sobre dicho tema.

Tratamiento de aguas

Una de las mayores aplicaciones que tendrán las zeolitas en los próximos años se sitúa en el tratamiento de aguas residuales.

Depuración de aguas de uso doméstico.

Se utilizan en USA y Japón para el tratamiento de aguas de uso doméstico, principalmente para reducir el contenido de materia orgánica, amonio, metales nocivos así como la dureza de las aguas. Igualmente y debido a su capacidad para el intercambio del Na, se han utilizado para la depuración-desalinización de aguas marinas y salobres. Nuestra experiencia se limita a desalinizar agua de mar utilizando una zeolita cálcica que intercambia Na, K y Mg y posteriormente tratar el agua con una zeolita sódica para adsorber el Calcio de tal manera que el contenido en Na y Ca llega a los umbrales de potabilidad. Massana 1989.

Depuración de aguas residuales

Dentro de este campo se pueden diferenciar el tratamiento de aguas residuales urbanas, industriales, agrícolas y aguas radioactivas.

En los tres primeros campos el uso de las zeolitas, principalmente la Clinoptilolitas se basa en su capacidad de intercambio catiónico tanto del amonio como de los distintos metales, producto de los residuos industriales tales como el Pb, Hg, Cr, Cu, etc. mejorando sensiblemente la DBO, DQO y el contenido de amonio de las aguas tratadas. El procedimiento es muy diferenciado en función del tipo de efluentes así como del tipo de zeolitas. Los países pioneros en dicho uso, son Japón, USA, CEI, Hungría, etc. los cuales han pasado de la fase piloto-experimental a su uso masivo, bien en columnas intercambiadoras, bien en lechos dentro de balsas de decantación.

Punto y aparte es el uso, o futuro que presenta el campo del tratamiento de aguas residuales radioactivas de baja actividad. Además de su uso en plantas experimentales, principalmente en USA y CEI, estos materiales realizaron un gran papel en la descontaminación de Cs y Sr radioactivo primero en la central nuclear de Three Mile Island en USA y más recientemente en la central nuclear de Chernobil en Ucrania. La Clinoptilolita y la Mordenita tienen una elevada capacidad de intercambio de Cs y Sr (Cs^+/Na^+ y Sr^{++}/Na^+) en zeolitas activadas con sodio, de tal manera que en la central americana accidentada se trataron más de 3.000 m³ de agua procedente de la vasija del reactor adsorbiendo más de 500.000 curies de radiación según Griffith (1987). Así mismo muchas centrales nucleares utilizan las zeolitas naturales por su bajo costo frente a las artificiales para el tratamiento rutinario de los residuos radioactivos de baja actividad.

Tratamiento de gases

Una de las grandes propiedades de las zeolitas como intercambiador iónico y tal como ya hemos indicado en su parte histórica, es el uso como adsorbentes de gases contaminantes tales como el SO₂, NO_x, CO₂, así como hidrocarburos. Por otra parte uno de los usos industriales de mayor porvenir son las grandes posibilidades de obtención de aire enriquecido en oxígeno que se obtiene al hacer pasar por una columna de zeolitas aire a diferente P y T.

Otros usos

Dentro de la industria química uno de los usos masivos por sus características no contaminantes es el de la utilización de las zeolitas tanto naturales como artificiales, como sustituto de los polifosfatos. Por último indicar que las zeolitas son grandes desodorizantes, aspecto ya apuntado anteriormente usándose en la desodorización de frigoríficos (saca el olor de los buenos quesos) y de los vehículos.



6. ROCAS

- λ *Alabastro*
- λ *Arcillas*
- λ *Arenas y Gravas*
- λ *Areniscas*
- λ *Basaltos*
- λ *Calizas*
- λ *Cuarcitas*
- λ *Dolomías*
- λ *Granitos*
- λ *Gredas Volcánicas*
- λ *Margas*
- λ *Mármoles*
- λ *Pizarras de techar*
- λ *Puzolanas*
- λ *Rocas ornamentales*
- λ *Yesos*



MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

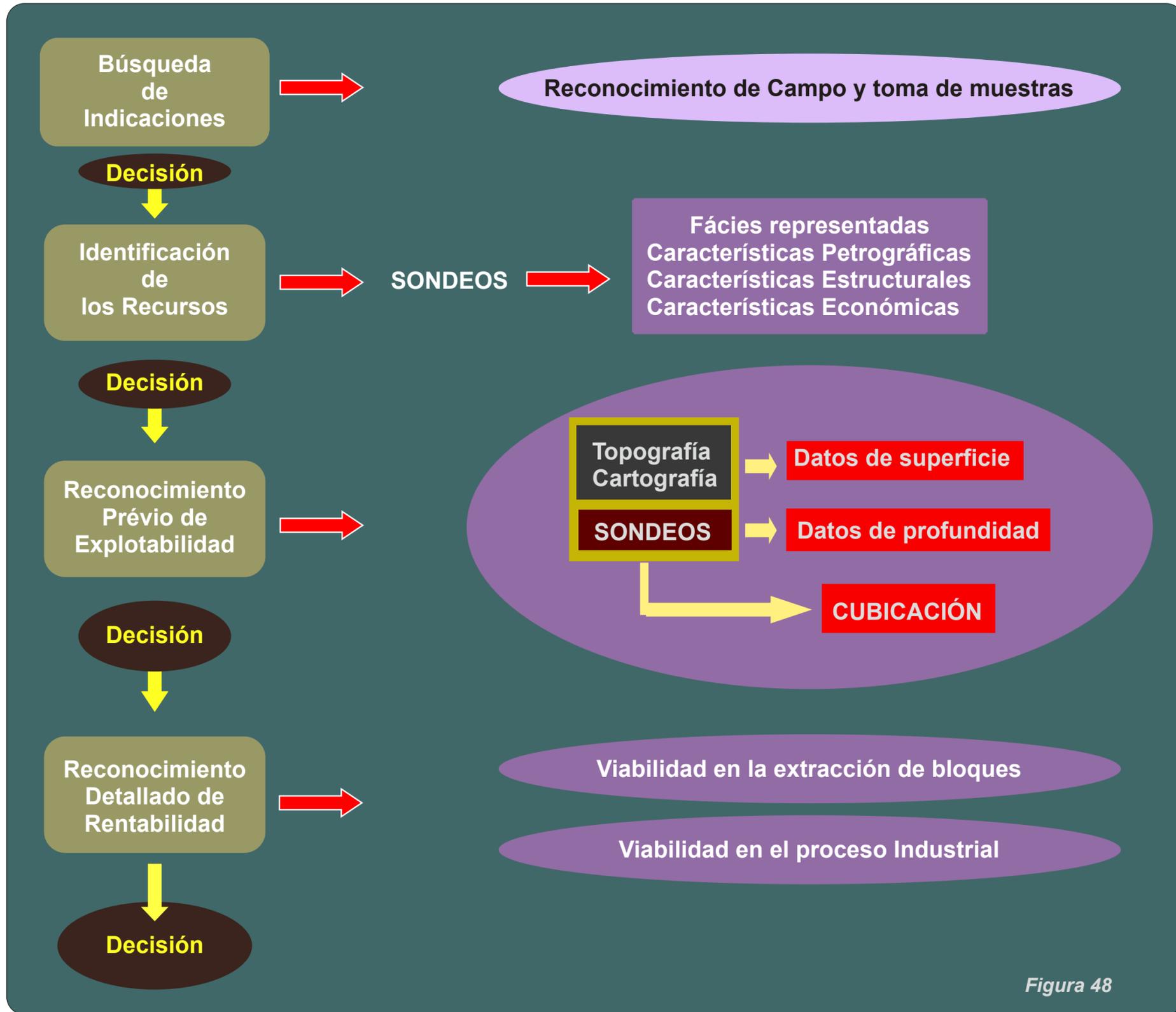
- λ *Arcillas de base para ladrillos y tejas*
- λ *Elementos de base para cementos*
- λ *Rocas ornamentales*

MATERIALES PARA LA OBRA PÚBLICA

- λ *Arenas y gravas*
- λ *Rocas de machaqueo*



HOJA DE FLUJO (flow sheet) DE PROSPECCIÓN DE ROCAS INDUSTRIALES



PRÉSTAMO EN LA OBRA PÚBLICA

Figura 48

6.1. ARCILLAS



Cantera de Arcillas Rojas (Rubí, Barcelona) 2005

Las arcillas comunes, son las rocas industriales de mas amplia distribución en el mundo, tanto bajo el punto de depósitos económicos, como en plantas de tratamiento. Son familiares para todos las chimeneas de las cerámicas a lo ancho y largo de la Península Ibérica.

Estos materiales clasificado como rocas dentro de la Sección A de la Ley de minas española de 1973, se hallan condicionados, casi en su exclusividad por el transporte.

Las arcillas cerámicas, o también conocidas como arcillas rojas, además de su uso en construcción para lo cual compiten con el hormigón, plásticos y madera, también tienen un amplio campo de uso, en la alfarería tanto de decoración como en su uso doméstico en utensilios de cocina.

Tres son los principales sectores que consumen arcillas rojas o comunes (IGME 2002):

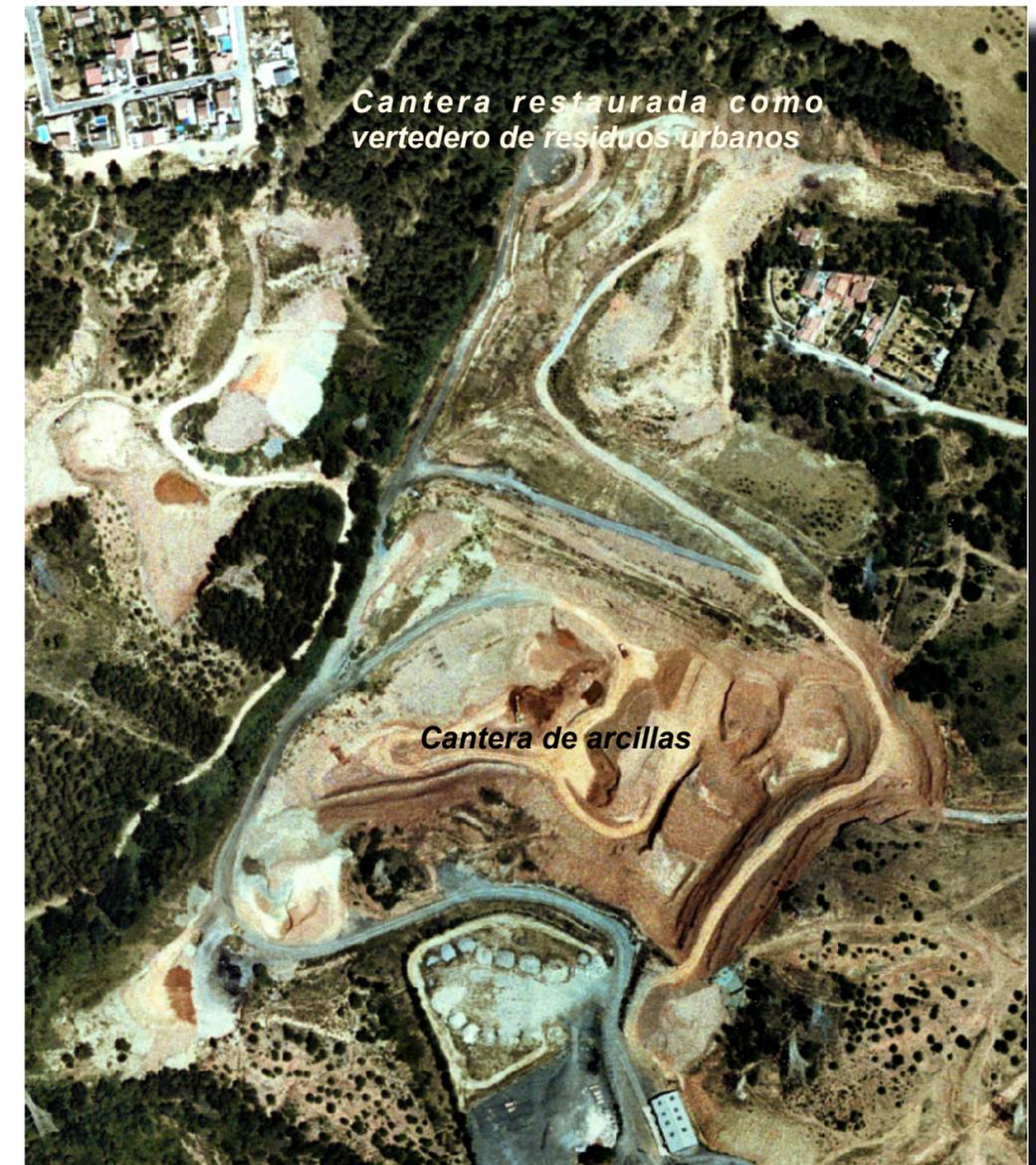
- Ladrillos y tejas (cerámica estructural).
- Revestimientos y pavimentos cerámicos.
- Cemento.

Según fuentes del IGME, el consumo español de arcilla común para todos los usos ascendió a 45,5 Mt en 2001, con un valor total próximo a los 112 M€. El consumo ha aumentado en un 82% en los dos últimos años, pasando de 25 Mt a la cifra actual.

No se conocen muchas estadísticas de producción mundial de arcillas, salvo las ya indicadas de arcillas especiales y caolines, y sólo algunos países occidentales dan detalle de su extracción de arcillas comunes.

Los principales depósitos de arcillas se encuentran en los EUA, Chile, Brasil, Uruguay, Paraguay, Méjico, Canadá, Finlandia, Japón, Tailandia, China, Alemania, UK y España.

En el siguiente cuadro de la tabla nº 18, se recoge la producción en Kt de arcilla común de Estados Unidos, España, Reino Unido y la República Checa durante el quinquenio 1997-2001. España es probablemente el primer productor y consumidor mundial de arcillas rojas.



Canteras de arcillas en Rubi (Barcelona) 2004

Arcilla común Kt	1997	1998	1999	2000
Estados Unidos	24 600	24 500	24 800	23 700
España	20 000	21 000	25 000	28 000
Reino Unido	11 322	12 281	11 386	s.d.
República Checa	759	1030	636	601

Tabla nº 18. Producción de arcilla común. Fuente (IGME op.citada): extraída de Czech Geological Survey; Min. Comm. Summ., 2002 USGS; UK National Statistics; Estimaciones propias del IGME.

6.2. LOS CEMENTOS

PRODUCCIÓN DE CEMENTOS HIDRÁULICOS POR SECTORES EN MILES DE TONELADAS (Kt)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
NAFTA	117.771	123.818	125.390	129.824	133.799	133.402	135.535	140.392
PNB	8.565.350,3	8.949.141,6	9.330.264,0	9.715.272,4	10.096.442,5	10.138.121,9	10.362.970,2	
Relación(PNB/Cemento)	72,7	72,3	74,4	74,8	75,5	76,0	76,5	
UE 25	196.384	206.965	207.791	213.201	215.712	218.042	220.241	218.500
PNB	9.043.303	9.274.080	9.533.858	9.837.836	10.180.480	10.341.655	10.451.236	
Relación	46,0	44,8	45,9	46,1	47,2	47,4	47,5	
OCDE	335.794	352.358	357.593	363.925	370.038	372.820	379.662	383.167
NO OCDE	1.157.206	1.194.642	1.189.407	1.239.075	1.272.962	1.357.180	1.460.338	1.566.833
China	491.190	511.730	536.000	573.000	583.190	661.040	725.000	813.190
China PNB	767.775	835.369	900.556	964.617	1.041.789	1.117.840	1.207.267	
Relació China	1,56	0,61	0,60	0,59	0,56	0,59	0,60	
Total	1.493.000	1.547.000	1.547.000	1.603.000	1.643.000	1.730.000	1.840.000	1.950.000

Tabla nº 19. Producción de cementos hidráulicos en el Mundo. En 2003, 149 países eran productores de esta materia prima vital para la obra pública y la construcción.



Las materias primas necesarias para obtener una composición de óxidos metálicos para la producción de clínker en % son (Oficemen) :

	Porcentaje %
Óxido de calcio "cal" (CaO)	60-69
Óxido de Silicio "sílice"	18-24
Óxido de Aluminio "alúmina" (Al ₂ O ₃)	4-8
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1-8

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CEMENTOS

Areas económicas

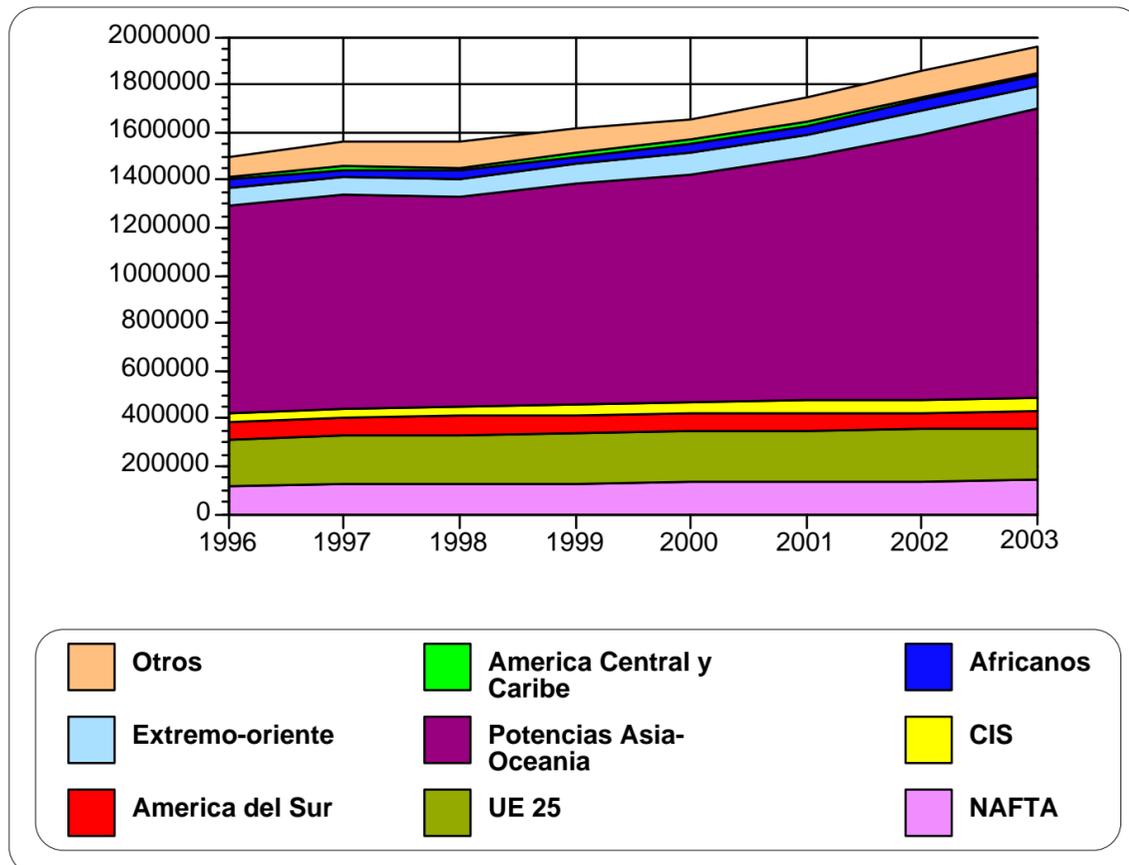


Figura 49 La principal zona cementera del Mundo es Asia con las dos grandes potencias: la China e India.

Las rocas de partida para la producción de cementos son:

- Caliza y margas para el aporte de CaO.
- Arcilla y pizarras para el aporte del resto óxidos.

La prehomogenización realizada mediante diseños adecuados del apilamiento y la extracción de los materiales en los almacenamientos reduce la variabilidad de los mismos.

Los estudios de composición de los materiales en las distintas zonas de cantera y los análisis que se realizan en fábrica permiten dosificar la mezcla de materias primas para obtener la composición deseada.

Evolución de la producción del mundo versus China (Kt)

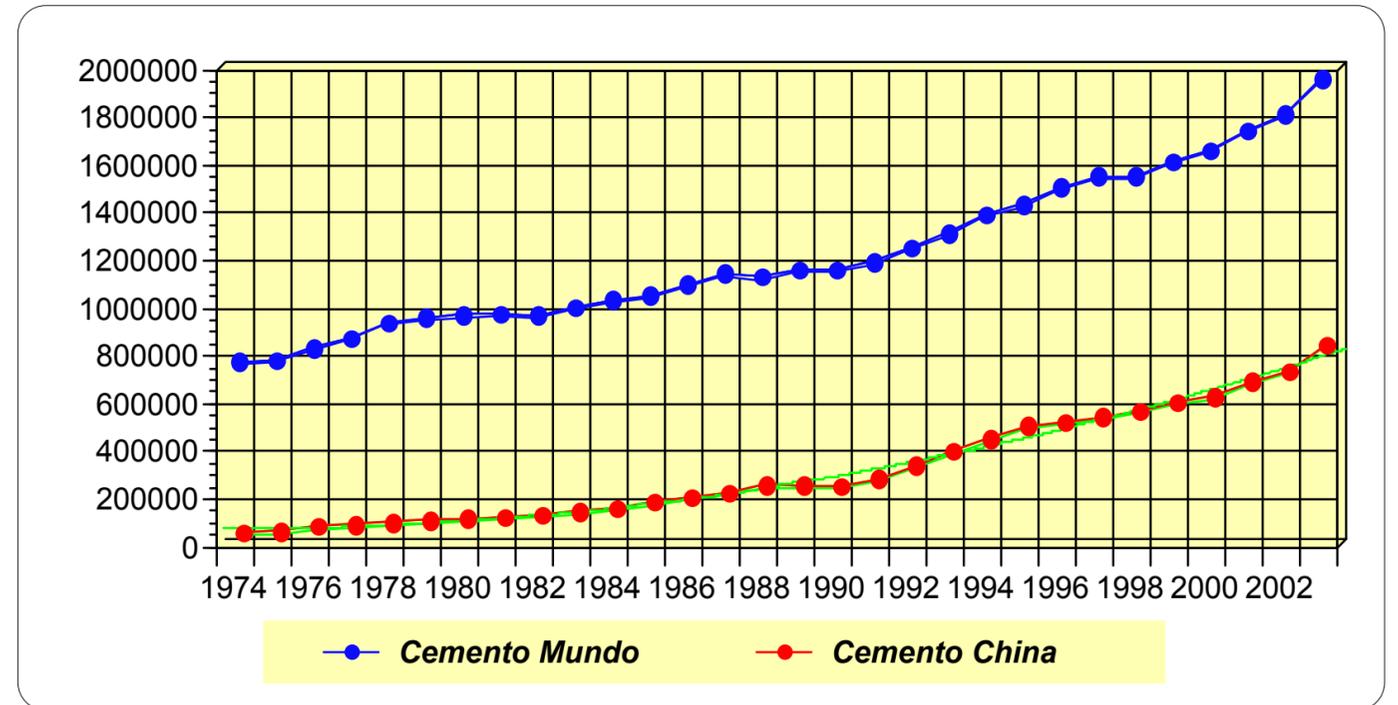
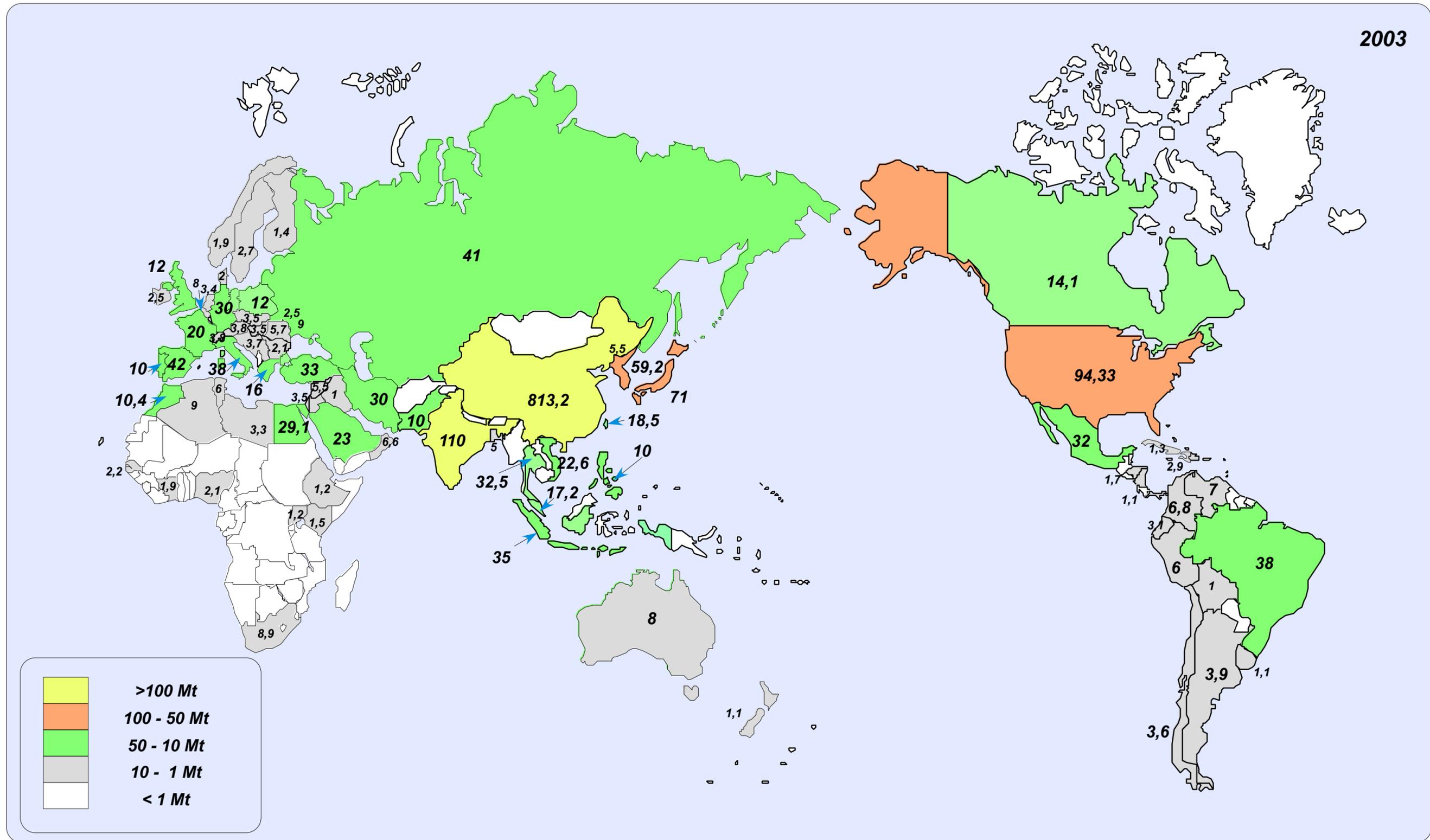


Figura 50 Evolución de la producción cementera en el mundo y comparación con la principal potencia cementera del globo: la China



PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CEMENTOS POR PAISES EN MILLONES DE TONELADAS (Mt)



DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CEMENTOS

Análisis estadístico de la producción de cements en el mundo (Figura 52). Quatro variables:

- superficie (país);
- por habitante;
- valor de la producción (US\$) por superficie
- relación con el PNB.

México es el territorio que mejor define tres de las cuatro variable lo que implica. En rojo territorios no sostenibles

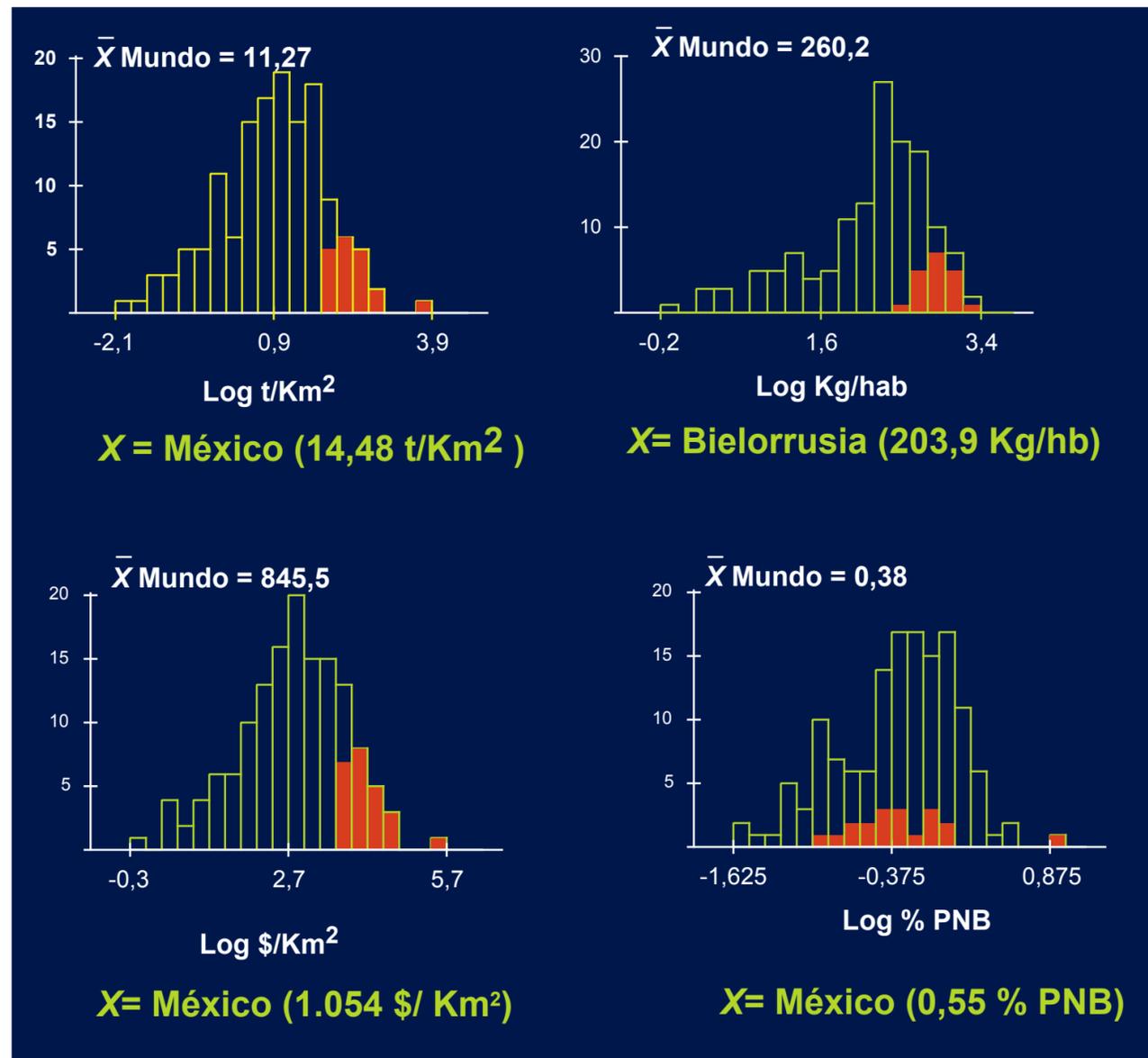


Figura 52

EMISIONES DE CO₂ GENERADO DURANTE LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO

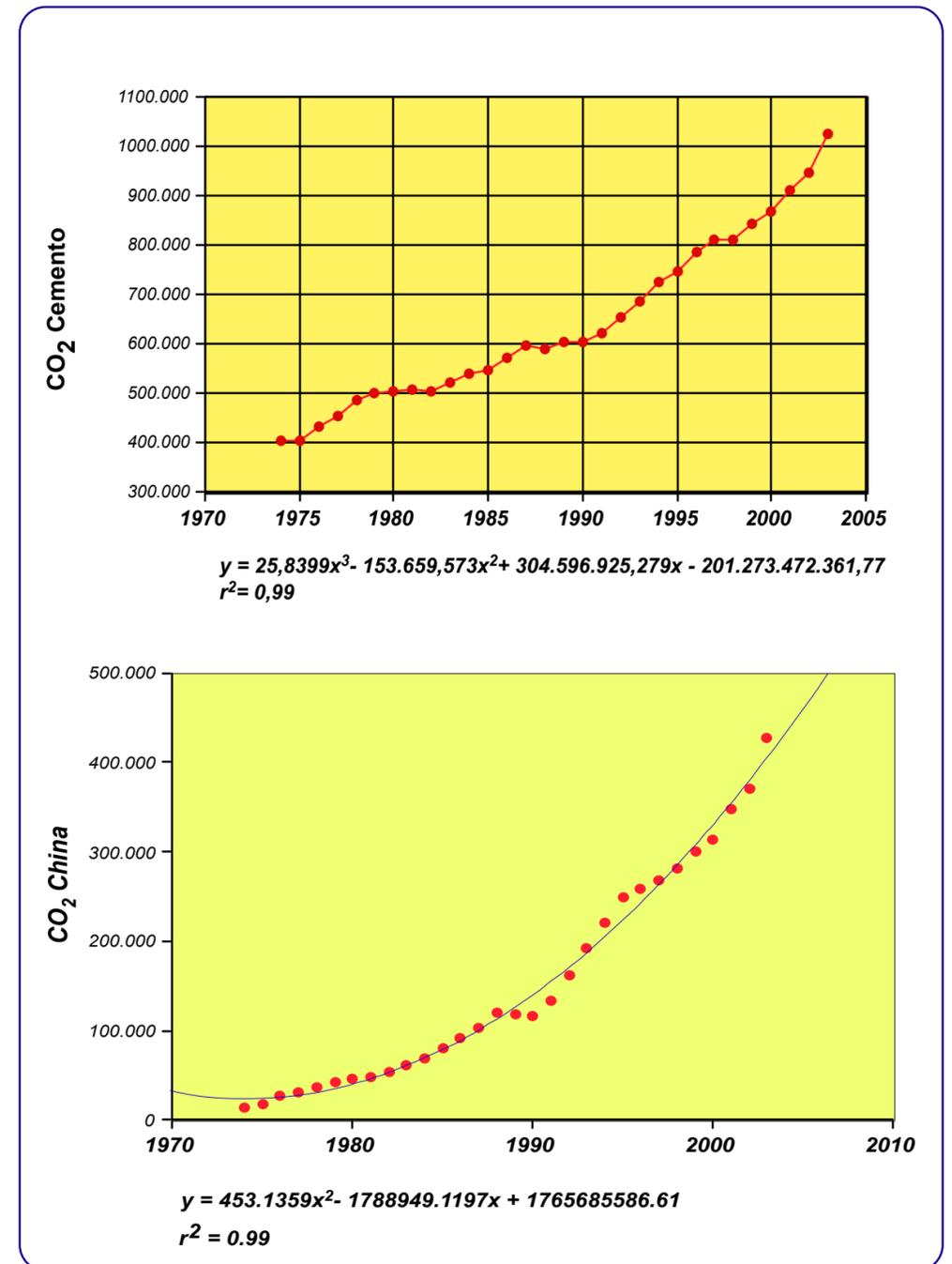


Figura 53

6.3. LAS ROCAS ORNAMENTALES

Las rocas ornamentales son el grupo de mayor valor añadido ya que además de presentar unas características mecánicas y de alterabilidad definidas, deben a su vez tener una serie de características estéticas, como color, bandeado, sombras etc. que las hacen adquirir valores, incluso desorbitados.

Bajo el punto de vista medioambiental, las rocas de características peculiares afectan muy directamente al entorno debido al picoteo que para su obtención se realiza en extensas zonas de un territorio.

Bajo el punto de vista comercial, estas rocas tienen tres amplias denominaciones:

- a. Mármoles que incluye los mármoles propiamente dicho y otras rocas, generalmente calizas, ricas en fósiles pero que no son mármoles. Los travertinos, también materiales calizos, últimamente se empiezan a individualizar como tales.
- b. Granitos (Galicia es uno de los principales productores del Mundo), en el que hay que incluir los granitos propiamente dichos y un sinfín de rocas granudas que pueden ser de origen sedimentario o metamórfico (cuarcitas y areniscas) a gneises, pegmatitas, dioritas, gabros y peridotitas.
- c. Pizarras de techar. Estos materiales procedentes de pizarras y filitas son de amplio uso ornamental tanto para interiores como exteriores siendo España uno de los principales productores del Mundo.
- d. Serpentinias, este es un grupo que si procede originalmente de una roca básica a ultrabásica en la que lo que predomina son los colores verdes botella a verde manzana (ver foto de las serpentinias de Cuba)

Estas rocas, generalmente se extraen en canteras mediante bloques de 3x 1 x1 m que una vez mecanizados dan lugar a losetas de diferentes dimensiones para terrazos, cocinas, baños, etc.

La producción Mundial de Piedra ornamental paso de 42,9 millones de toneladas en 1996 a 81,5 Mt en 2003 según Natural Resources Canada. Por países:

2003	Kt
China	18.600
India	11.200
Italia	10.000
Irán	10.000
España	7.830
Brasil	4.000
Turquía	3.250
Portugal	2.784
Egipto	1.700
Grecia	1.450
EUA	1.400
Canadá	770
Otros	8.510



Pegmatita (Vall d'Aran, 1980)



Serpentinias (Cuba, 1986)



Mármol de Carrara (Italia)

Tabla nº 20

6.4. LOS YESOS



Formación de yesos en Castelló de Farfanya (Lleida, España)

La producción mundial de yesos, según fuentes del Mining Annual Review (2004), fue de 102 Mt unas 13 millones de toneladas más con respecto a los datos de 1988 que fueron de 89 Mt. El crecimiento en la producción se ha estancado con respecto a los crecimientos de un 3% anual en la década de los ochenta.

El yeso es un mineral industrial extremadamente común en la litosfera, es un sulfato de calcio (Anhidrita) hidratado, de tal forma que, a excepción de muy pocos países, tal como Brasil, la mayoría de ellos son productores. BENBOW (1988), contabiliza un total de 65 países productores, mientras que en 2003 ya habían 111 países. La producción de ellos se muestran en la figura 54

No obstante, en la actualidad, está creciendo la producción industrial de yeso mediante el sistema FGD (a partir de las cenizas volantes de la combustión de lignitos), del que Alemania produce entre 700.000 -1.000.000 t/año.

Los mayores productores son los países de la UE globalizada con unos 19 Mt en 1989 y 22 Mt, siendo de entre ellos el de menor producción Luxemburgo con unas 400 t en 1986 y 500 t en 2003. El segundo gran productor, sería los EUA con más de 15 Mt en 1988 y 16,7 en 2003. No obstante, en conjunto los mayores productores en 1986 fueron los países de América del Norte (NAFTA) unos 27 Mt, lo que representa un 30% de la producción mundial y de 32 Mt en 2003 que representaba el 33% de la producción mundial. Figura 54.

Los precios en el mercado mundial se mantuvieron relativamente a la alza entre los años 1973-83 y relativamente estables entre los años 1983 y 1986, influenciados tan sólo por las oscilaciones del dólar. No obstante, el trasiego del mineral en crudo ha descendido notablemente en los últimos años por la creación de industrias de transformación, principalmente estuco y paneles de yeso para la construcción. En 2003 el valor del yeso crudo oscilaba sobre los 6 US\$/t mientras que el calcinado alcanzaba los 19 US\$/t.

Los usos del yeso en crudo tiene dos vertientes fundamentales:

A. la primera, como crudo molido s.s., para la fabricación de **Portland**.

B. la segunda en agricultura como corrector de suelos.

La producción española se estimó en unos 5,5 Mt en 1987 y fue la mayor de la Europa Occidental y de la UE, relegando a Francia a un segundo lugar. Ahora bien, una parte de la producción, yeso crudo y planchas de yeso en menor medida, se dedicó a la exportación (20%). No obstante, si observamos el termómetro de la industria manufacturera en la venta de planchas de yeso (plasterboard), podremos observar que España, se sitúa en los últimos lugares de Europa y de la UE. La Estadística Minera de España (IGME 2002) indica una producción de yeso que en 2000 fue de 9,9 Mt, un 7,7 % superior a la de 1999, sin embargo los datos procedentes de las empresas parecen apuntar a que la producción española superó ampliamente los 10 Mt/año en el 2001.

La producción anual española de yesos para enlucidos y recubrimientos fue de 4.500 Kt; la de prefabricados fue de 57 Mm² equivalentes a 513 Kt, mientras que la producción anual de resto de prefabricados (moldes, decoración, techos fijos, techos desmontables) de 2.500 Kt. El yeso crudo para exportación fue de 4 Mt la mayor parte a los EUA y para cemento de 1.839 Kt.

	1999	2000	2001	2002	2003
UE25	22.918	23.106	22.906	21.801	21.715
NAFTA	38.699	34.386	30.358	31.287	32.050
Mundo Kt	109.000	107.000	103.000	102.000	102.000

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE YESOS (Mt) EN 2003

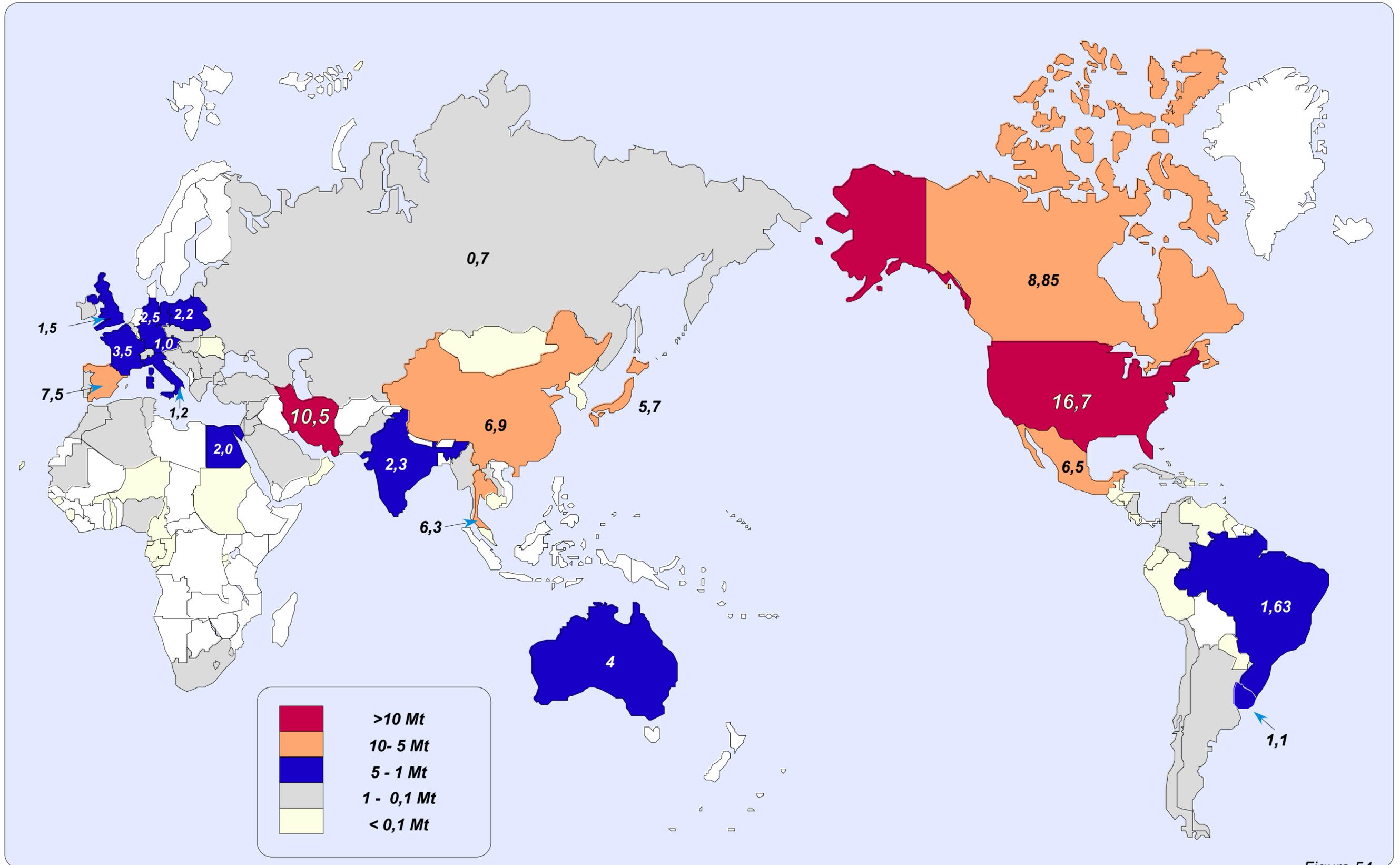


Figura 54

6.5. MATERIALES PARA LA OBRA PÚBLICA Y CONSTRUCCIÓN

LOS ÁRIDOS.

Según la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos españoles (ANEFA), se llama áridos a los materiales granulares (pequeños trozos de roca) utilizados en la construcción (edificación y obras públicas) y en diversas aplicaciones industriales. Los áridos son un material insustituible para la sociedad ya que se emplea en cantidades muy elevadas en todos los ámbitos de la construcción, ya sea en vías de comunicación y obras de infraestructura, equipamientos, vivienda, industria química, etc.

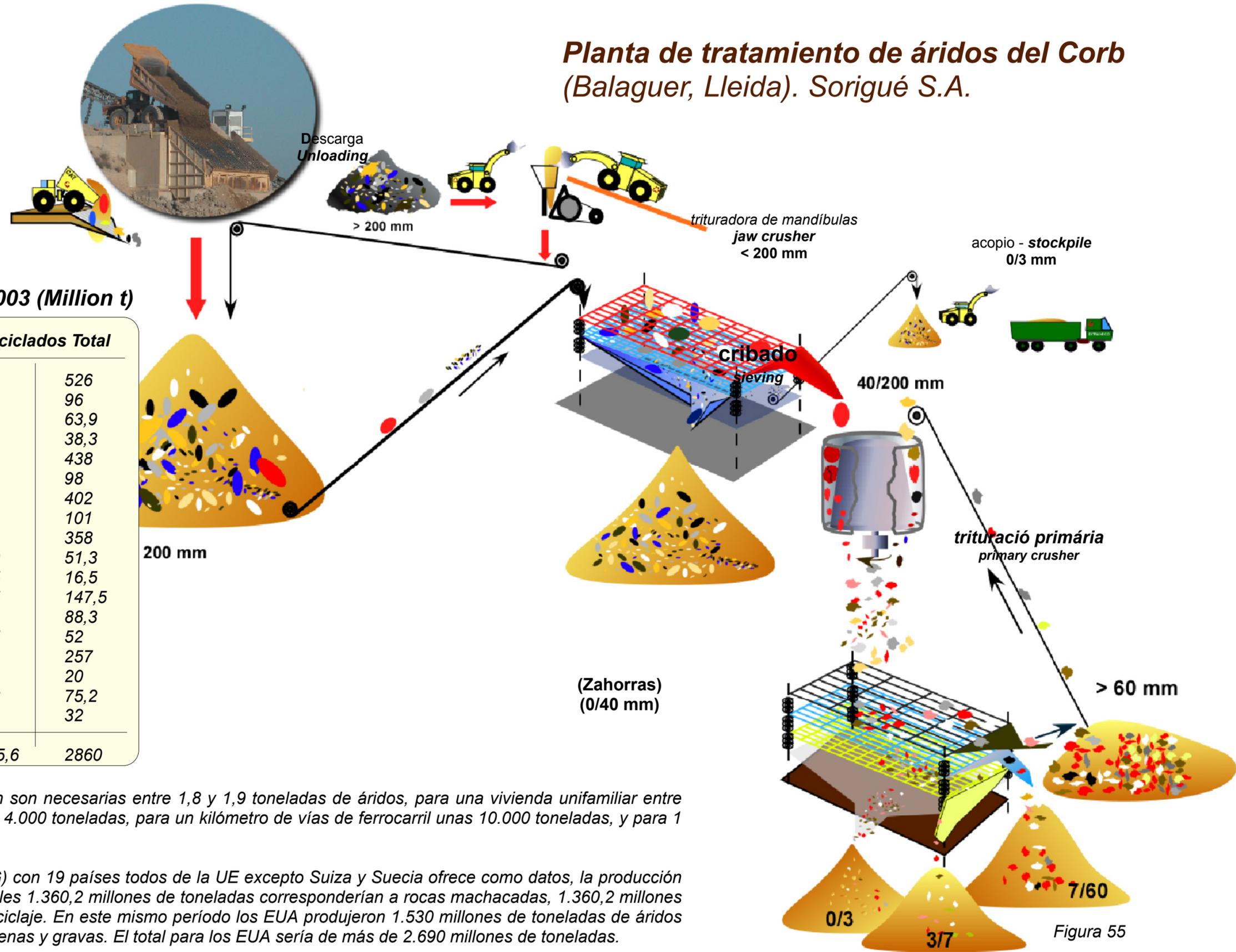
La obra pública y la industria de la edificación son los que de forma masiva utilizan los áridos que por otra parte, son la primera materia prima consumida por el hombre después del agua (7 toneladas por habitante y año en España)

Origen	Procedencia	Proceso de producción
Natural	Aluviones (lecho vivo) o terrazas (cantos rodados)	cribado cribado y lavado
(artificial)	Roca natural (calizas, granitos, areniscas basaltos, rocas metamórficas etc.)	machacado y cribado machacado, cribado y lavado.
Artificial o reciclado	Derribos, desguaces, carreteras, escolleras	machacado y cribado machacado, cribado y lavado.

CAMPOS DE APLICACIÓN:	ÁRIDOS NATURALES	Construcción	Industriales
<p>ÁRIDOS LIGEROS (Densidad de partícula inferior a 2,0 g/cm³)</p> <p>Morteros puzolánicos Hormigones ligeros Prefabricados ligeros Rellenos especiales Cerámicas</p> <p>ÁRIDOS SECUNDARIOS (ARTIFICIALES) Y ÁRIDOS RECICLADOS</p> <p>Materiales de relleno Bases y subbases para carreteras</p>		<p>Morteros Hormigones Prefabricados Materiales de relleno Bases y Subbases de carreteras Balasto de construcción de vías férreas Firmes de aglomerados asfálticos Piedras para escolleras, etc.</p>	<p>Industria de la cerámica y vidrio Lechos filtrantes Revestimientos aislantes y refractarios Materiales abrasivos Industria papelera Industria de los plásticos Industria de la pintura y detergentes Fabricación del cemento Industrias químicas y farmacéuticas Tratamiento de aguas Cargas Usos agrícolas Aditivos para piensos Corrección de suelos, etc.</p>

Tabla nº 20 (fuente ANEFA)

Planta de tratamiento de áridos del Corb (Balaguer, Lleida). Sorigué S.A.



Producción Europea de áridos en 2003 (Million t)

	Gravas	Machaqueo	Reciclados	Total
Alemania	297	179	50	526
Austria	65	27	3	96
Bélgica	9,2	47,7	7	63,9
Dinamarca	38	0,3		38,3
España	155	282	1	438
Finlandia	55	43		98
Francia	168	225	9	402
Irlanda	50	50	1	101
Italia	220	135	3	358
Noruega	14,7	35,7	0,9	51,3
Hoianda	12	4	0,5	16,5
Polonia	105	40	2,5	147,5
Portugal	6,3	82		88,3
República Checa	24	25,5	2,5	52
UK	79	124	54	257
Eslovaquia	4	16		20
Suecia	26	41	8,2	75,2
Suiza	26	3	3	32
Total	1354,2	1360,2	145,6	2860

Para la fabricación de 1 metro cúbico de hormigón son necesarias entre 1,8 y 1,9 toneladas de áridos, para una vivienda unifamiliar entre 100 y 300 toneladas, para un colegio entre 2.000 y 4.000 toneladas, para un kilómetro de vías de ferrocarril unas 10.000 toneladas, y para 1 kilómetro de autopista unas 30.000 toneladas.

Segun la European Aggregates Association (UEPG) con 19 países todos de la UE excepto Suiza y Suecia ofrece como datos, la producción en 2003 de 2.860 millones de toneladas de las cuales 1.360,2 millones de toneladas corresponderían a rocas machacadas, 1.360,2 millones a arenas y gravas y 145,6 millones a áridos de reciclaje. En este mismo período los EUA produjeron 1.530 millones de toneladas de áridos de machaqueo y 1.160 millones de toneladas de arenas y gravas. El total para los EUA sería de más de 2.690 millones de toneladas.

Figura 55

7. EL AGUA MINERAL

Las aguas minerales naturales, según el Real Decreto (RD) 1164/1991 son aquellas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que brotan de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Se distinguen de otras aguas potables por:

- su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos.
- su pureza original.

Dentro de las aguas envasada, existen las denominadas de manantial cuyas características no difieren prácticamente de las minerales pero que en ellas se permite una aplicación mínima de tratamientos físicos para la separación. Otros Reales Decretos como los RD 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas, modifican al anteriormente indicado.

El consumo mundial de agua envasada, principalmente en la vertiente del agua mineral, aunque no es ni mejor ni más sana que el agua de grifo, pese a que su precio puede llegar a ser hasta 10.000 veces superior ha adquirido un crecimiento casi exponencial en la década de los 90 y principios del 2000 sin un propósito en la disminución de la demanda. El agua envasada ofrece, aparentemente, más garantías que la de grifo, sobre todo en países en vías de desarrollo (cosa que he constatado), donde el agua de los ríos está contaminada o un tratamiento defectuoso ha dado origen a infecciones. Pero son sólo apariencias. El consumo de agua envasada se dispara en los países ricos, donde los controles de calidad suelen ser más rigurosos y estrictos.

La industria del agua envasada es una de las más prósperas del mundo. Embotella más de 90 millones de m³/año al año y factura más de 30.000 millones de euros, con tasas de crecimiento anuales por encima del 6%, el mismo que registra España durante los últimos años. El consumo de agua envasada de Catalunya se cifraba alrededor de 101 litros/hab/año en 2005. Es por consiguiente uno de los principales recursos económico mineros en el Mundo, superior al del Cobre tal como se refleja en la página 46..

El despegue de la demanda fue durante década de los setenta, periodo en el que las plantas envasadoras se han concentrado bajo el paraguas de dos grandes empresas europeas, Danone y Nestlé. Entre ambas dominan el mercado mundial a través de socios locales. Nestlé domina el 15% del mercado mundial, con marcas como Perrier, Vitel, San Pellegrino o Viladrau en España repartidas por 17 países y más de 67 plantas embotelladoras; le sigue Danone (11%), titular de Evian (número uno del mundo, con una producción de seis millones de litros diarios y 1.632 empleados), Volvic y Badoit, entre sus enseñas más conocidas en Europa y la principal productora española de Font Vella con más de 550 millones de litros anuales.

En la actualidad las aguas minerales se presentan más como un componente de agua envasada y cuya función es simplemente la de hidratar o vehicular las necesidades hídricas de los humanos que el aporte organoléptico, medicinal o simplemente de esnobismo que les correspondería. Por ello cada vez mas pierden su característica de minera natural ya que los procesos, no tan solo físicos si n o también químicos hacen que pierda dicha naturaleza. Ello, además influirá aún mas en el futuro sobre sus sostenibilidad y en el poder mantener acuíferos en su origen natural.

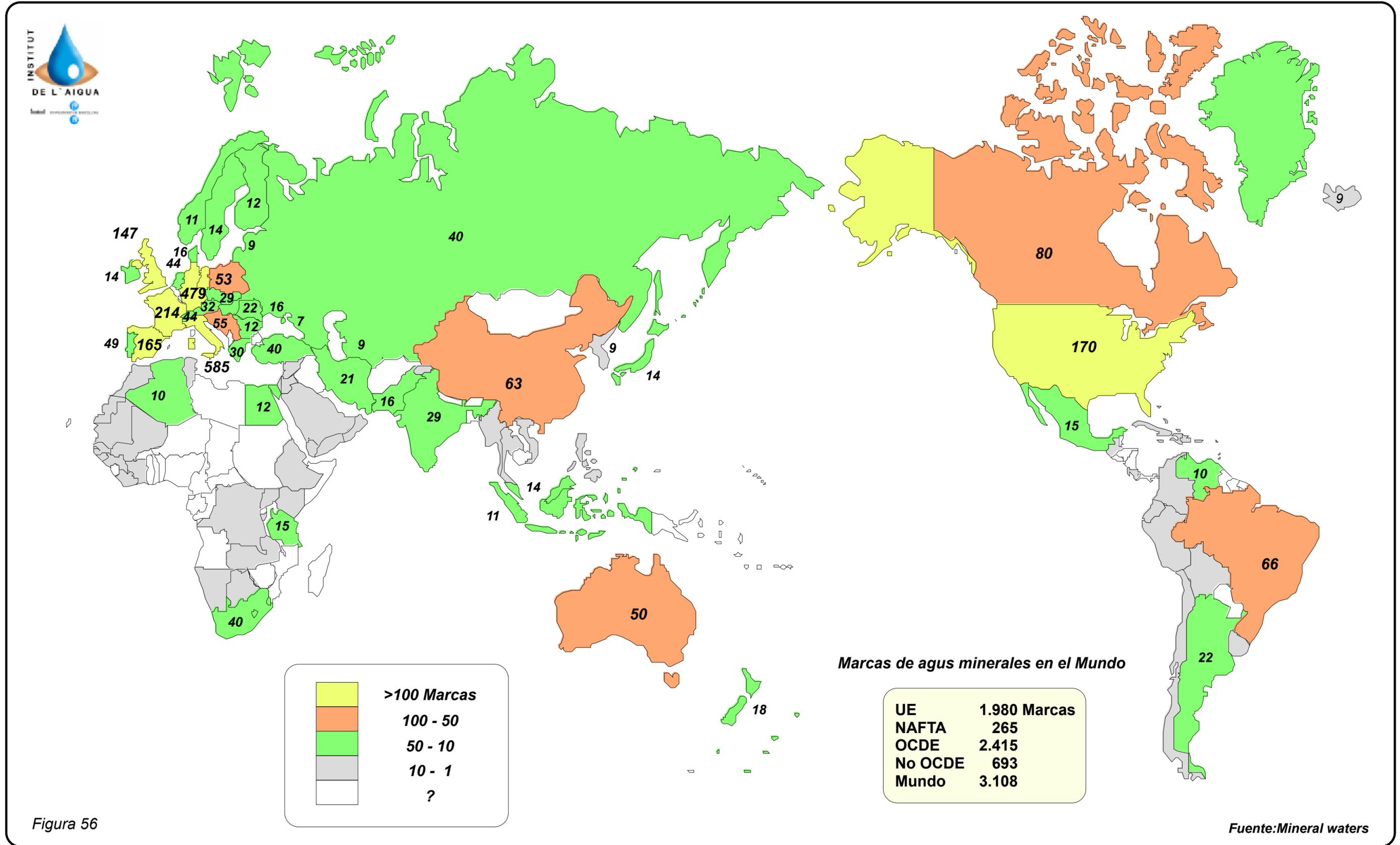
Parámetros químicos máximos permitidos según RD140/2003 y RD 1744/2003, de 19 de diciembre. Los elementos (*) son máximos indicados en el BOE nº 226 del 20/12/1990

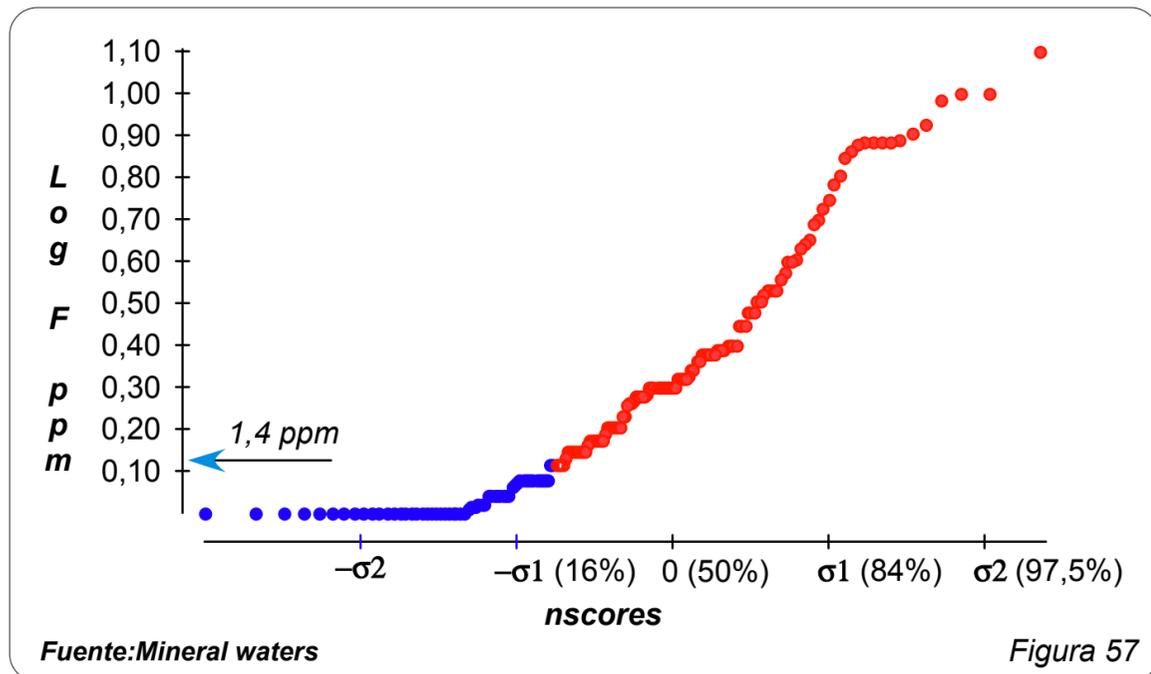


Arsénico	10 (µg/l)	Bario	1 mg/l	Boro	1 mg/l	Bromo	10 mg/l
Cadmio	5 µg/l	Cromo	50 µg/l	Cobre	2 mg/l	Flúor	1,5 mg/l
Plomo	10 µg/l	Mercurio	1 µg/l	Níquel	20 µg/l		
Nitrato	50 mg/l	Selenio	10 µg/l	Aluminio	200 µg/l	Cloruro	250 mg/l
Conductividad	2.500 mS cm -	Hierro	200 µg/l	Manganeso	50 µg/l	Sulfato	250 mg/l
Sodio	200 mg/l	*SiO₂	10 mg/l	*Potasio	12 mg/l	*Magnesio	150 mg/l
*Fósforo	5 mg/l						

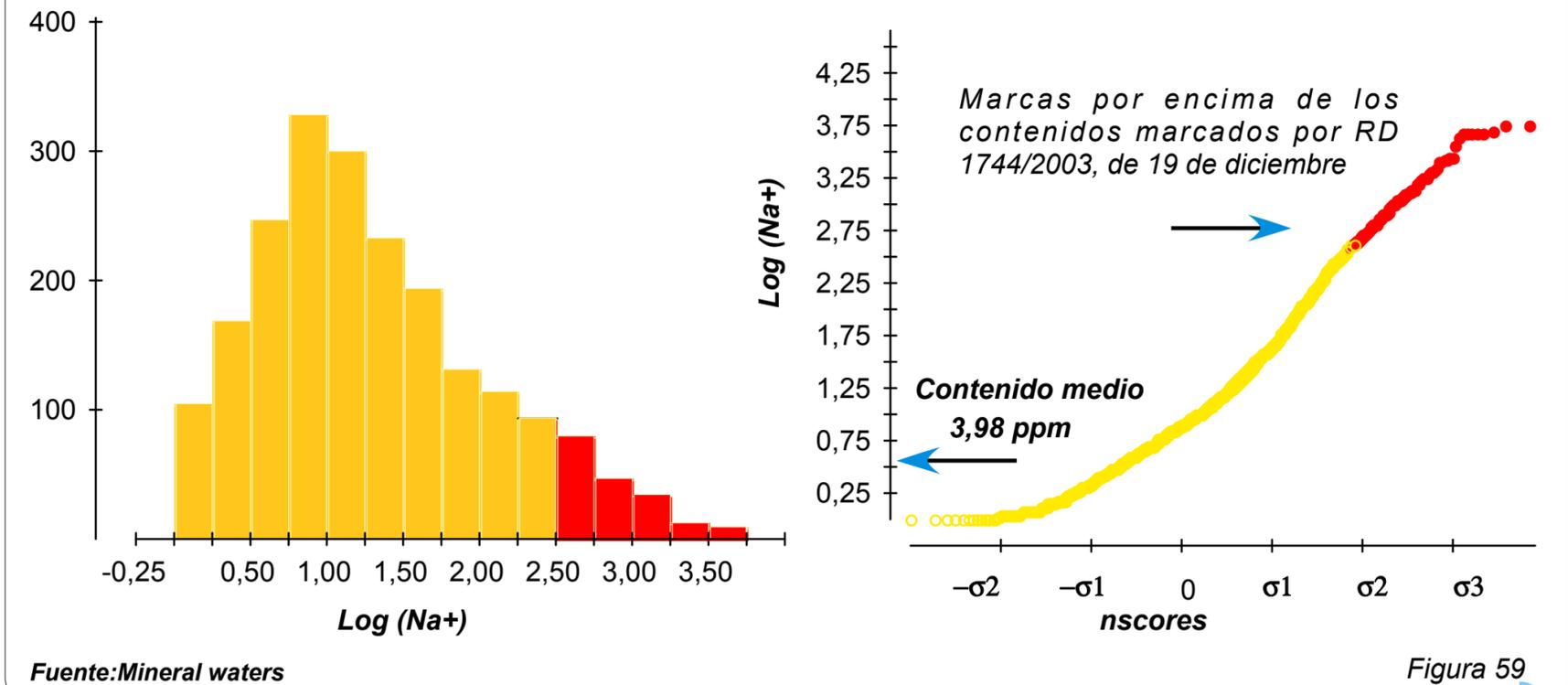
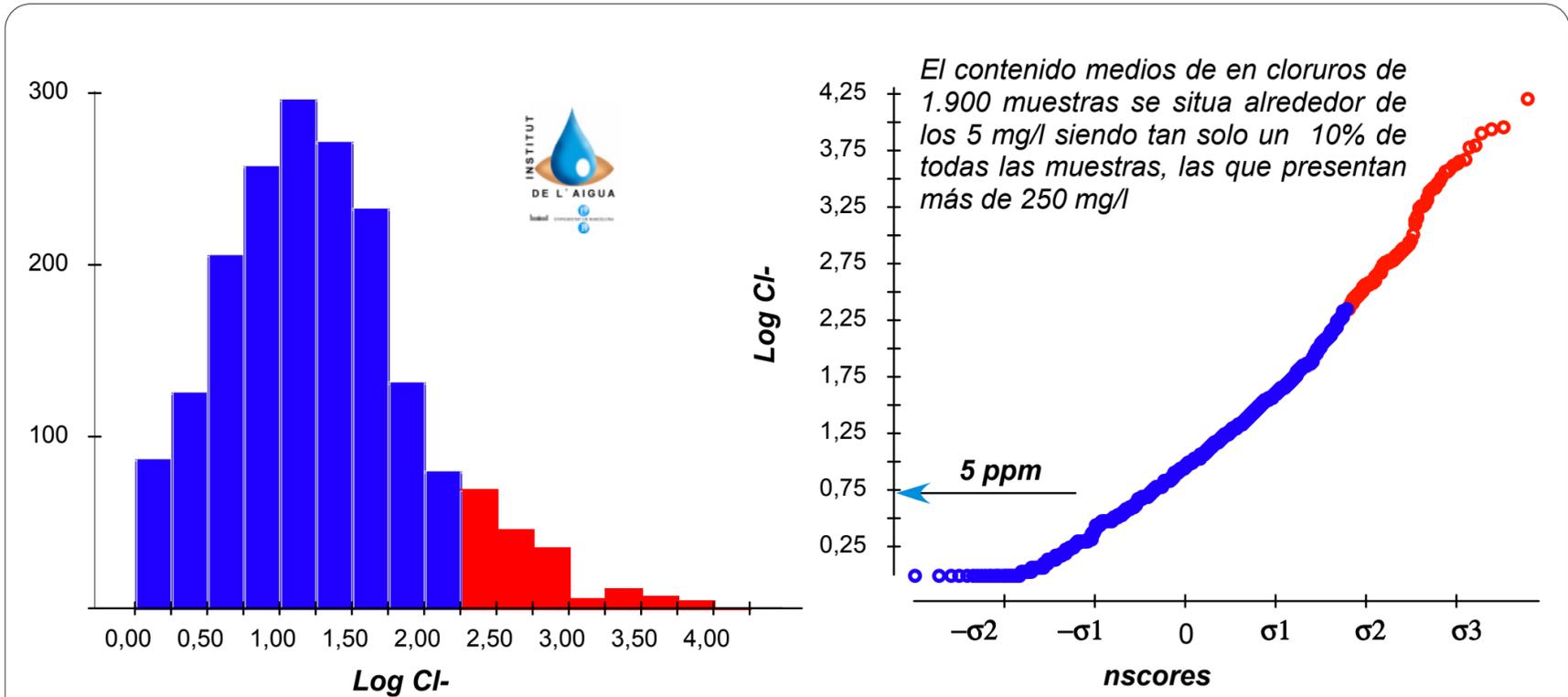
Tabla nº 21

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE MARCAS DE AGUAS MINERALES



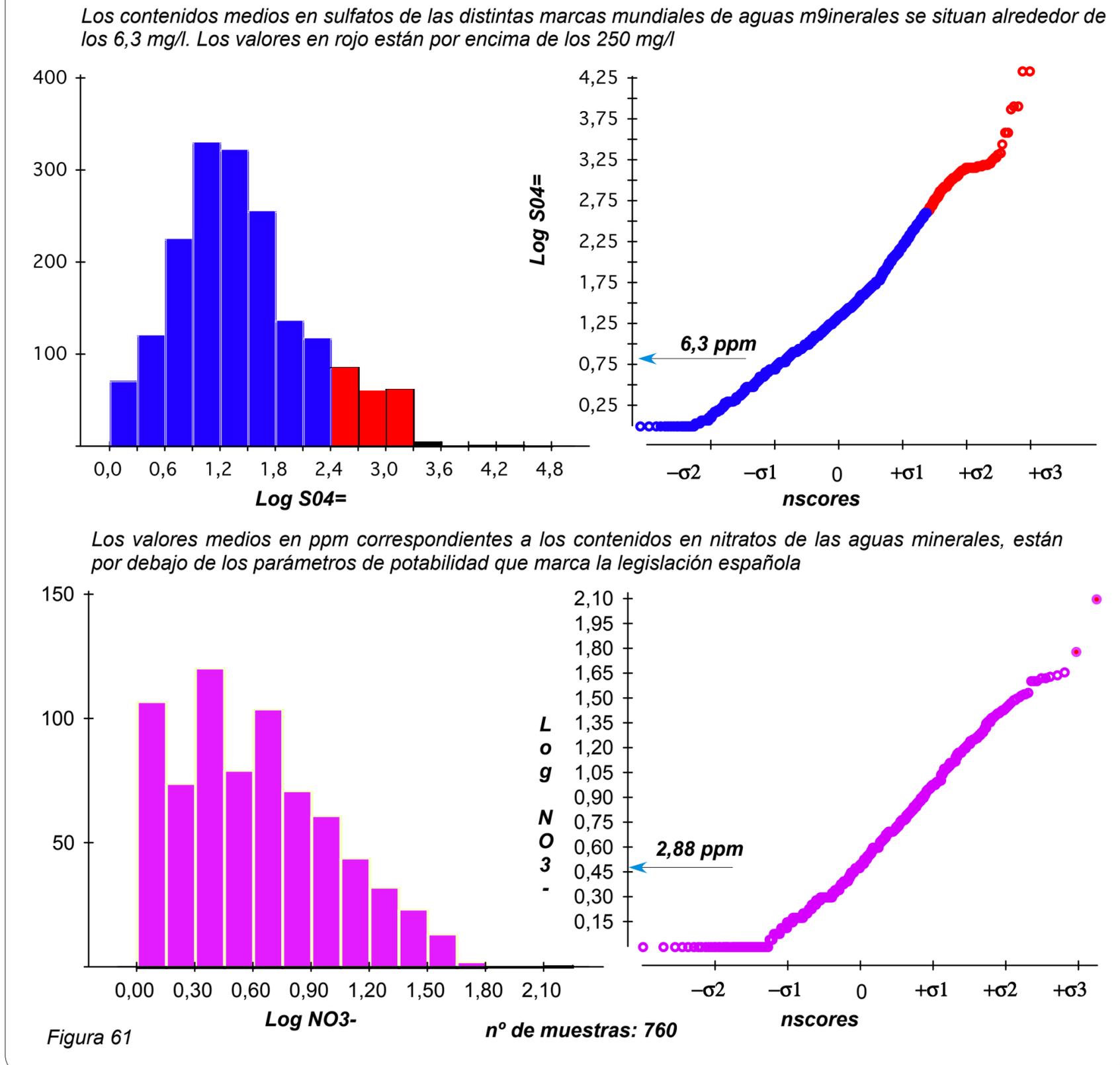
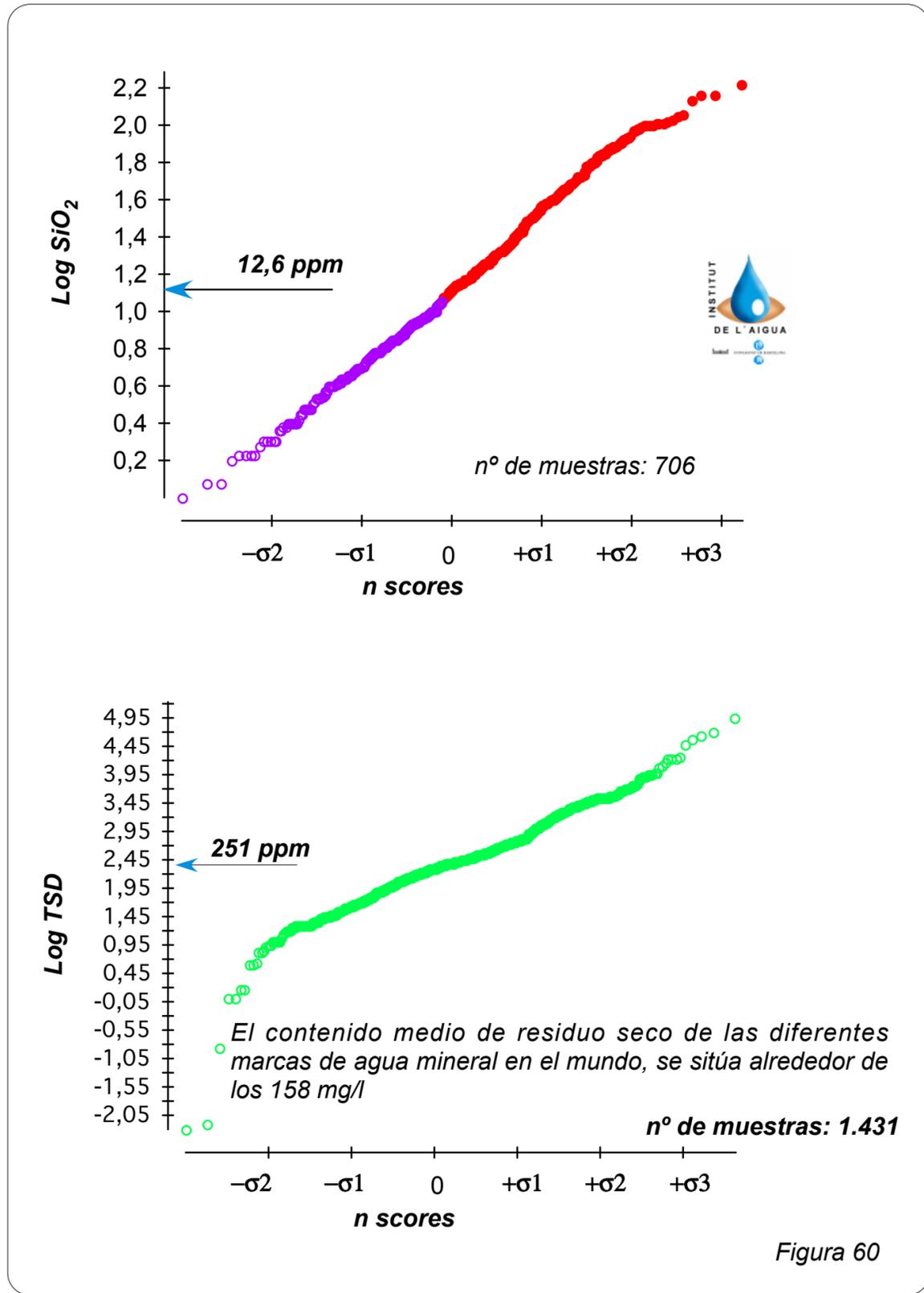


El contenido medio en flúor de 180 manantiales de aguas minerales es de 1,4 ppm (por debajo Marcas azules) lo que según la normativa del RD 1744/2003, de 19 de diciembre las Marcas en rojo no deberían comercializarse



Fuente: Mineral waters

Figura 59



8. LA CRISIS DE LA INDUSTRIA MINERA

El impulso sobre su crecimiento económico dentro de este segundo milenio que los dos países mas poblados del planeta (más del 35% de la población mundial), están adquiriendo con la demanda, y el aumento subsiguiente de precios, de las materias primas minerales y energéticas, hace que reflexionemos no tan solo sobre la sostenibilidad del sistema si no también sobre la proximidad de una grave crisis en la industria minera como la que aconteció en la década de los ochenta.

En los informes del Club de Roma de 1972, se pronosticaba para un plazo relativamente corto, una escasez generalizada de todas las materias primas en base a una serie de factores, que ya hemos indicado en el concepto WELMM, tales como:

A. Crecimiento demográfico Incontrolado, fundamentalmente en los Países en Desarrollo (PED) .

B. Agotamiento de los recursos naturales debido al crecimiento económico de los Países Desarrollados (PD) .

C. El Impacto Ambiental versus gestión o sostenibilidad

De los tres factores el primero y en menor medida el tercero en la década de los ochenta fueron la causa pero que continúan representando una causa real de una futura crisis.

Durante los 30 años denominados “gloriosos” para la industria minera y que se iniciaron al finalizar la II Guerra Mundial, esta industria operaba en un mundo de expansión económica rápido y regular (Bomsel et al. 1985). Durante este período, las empresas mineras desarrollaron unas estrategias destinadas a hacer frente al aumento regular de las necesidades en materias primas minerales. Entre éstas estaba la imperiosa necesidad de controlar los mercados anticipándose a las previsiones de la demanda teniendo en cuenta que en los años 60, la previsión del crecimiento se establecía por la extrapolación de la demanda en metales que se duplicaba cada seis años y a partir de esta premisa la realización de fuertes inversiones en la prospección, en la valoración y en la puesta en explotación de numerosos yacimientos en los años 70. (Slama ,1991)

Ahora bien el crecimiento pasó en 1980 del 5,3% anual al 2,7% y este factor no fue percibido con anterioridad y sus consecuencias quedaron reflejadas en un aumento desmesurado de los estocs de materias primas minerales con lo que la crisis del sector minero, quedó marcada como un claro deterioro de los mecanismos de adaptación de esta industria a su ambiente, provocada por las profundas transformaciones de éste último.

Al no ser percibidas estas transformaciones de inmediato debido a la dificultad de ser definidas con precisión como la crisis del petróleo de 1973 que marca el inicio de una serie de transformaciones económicas que se vieron agravadas, en nuestro caso por los colapsos en las cotizaciones mundiales de los metales en 1977, debido a su vez por el bajo consumo de la industria transformadora, etc., y cuyas consecuencias afectaron a la minería en general y muy en particular a ciertas substancias como el plomo y cobre que llegaron a los niveles de cotización de 1932 o el estaño que llegó a desaparecer hasta la década de los noventa.

8.1. LOS MECANISMOS

La crisis del sector minero, principalmente los sectores metálicos y energéticos, hay que entenderla pues como el deterioro de los mecanismos de adaptación de esta industria a su ambiente, provocada por las profundas transformaciones de éste último.

Los mecanismos de adaptación a su ambiente son definidos por Bomsel et al (1985) op.cit. como:

o Modificaciones Estructurales de la Demanda

o Sobrecapacidad

o La sobreproducción y las dificultades de adaptación de la oferta.

Modificaciones Estructurales de la Demanda

La relación entre la tasa de crecimiento económico y la tasa de crecimiento del consumo de cada sustancia mineral (elasticidad del consumo con el PIB), que a su vez depende de la evolución de la intensidad de usos (relación consumo con el PIB), siendo crecientes para metales que no habían alcanzado todos sus mercados, tales como el Ni y el Al.

El consumo de estos “nuevos” metales durante estos años de “vacas gordas”, aumentaban más deprisa que el PIB, lo que daba una tasa de elasticidad superior a 1, mientras que los “viejos”, decrecían con una tasa de elasticidad inferior a 1.

De todas maneras, lo que se observó es que la tasa de crecimiento del consumo tenía carácter exponencial, lo que hizo creer a los expertos del Club de Roma en una escasez de recursos a corto plazo (1985) y su agotamiento en el 2.000, reafirmado en parte por el “Informe Carter” o El Mundo en el año 2000 (1980) que pronosticaba penuria alimentaria y de materias primas para finales de siglo. No obstante, la evolución de los años 70 se caracterizó por:

1.- Una disminución prolongada del crecimiento económico de las economías de los PD, así como de las economías de los PED no petroleros, junto con la aparición de los fenómenos de inflexión a la baja de las intensidades en el uso de los minerales, dando lugar a su vez a un descenso de la elasticidad - consumo con el crecimiento económico.

Los factores que definen el descenso de ésta intensidad son:

- *Modificación estructural del “contenido” del crecimiento económico y que corresponde a una recesión relativa por parte de la industria frente a los servicios, así como a una recesión de la industria de bienes de equipo y de consumo duradero (industria pesada), en relación a sectores tales como la electrónica, informática, etc., que consumen menor cantidad de materias primas. En la primera parte de la década de los 2000 la industria electrónica consume grandes cantidades de materias primas minerales ya que es accesible a una gran parte de la población con lo que los minerales que la atienden, caso del coltan y tierras raras, presentan una gran demanda.*
- *El ahorro en la producción de bienes de equipo tales como: coladas continuas en siderurgia, aligeramiento en los automóviles, material ferroviario, etc.*
- *El desarrollo de materiales de sustitución, no tan sólo de metales por otros metales, sino también por sustancias no metálicas salidas de otras cadenas de producción tales como: cerámicas, plásticos, fibras polímeras, etc.*
- *El desarrollo del reciclaje, motivado por una parte, por el aumento en el ritmo del consumo que a su vez dio lugar a grandes estocs de desechos, y por otra parte por la puesta a punto de técnicas de recuperación nuevas con costos inferiores a los de producción del producto primario, motivados en parte por la presión medioambiental. En la actualidad debido a esta presión se generan grandes negocios en la recuperación, en parte sostenidos por las distintas administraciones. Un ejemplo lo tenemos en los Eco-parcs.*

Todos estos factores, han roto de forma súbita los ritmos de evolución de la demanda.

2.- Las tendencias medias relativamente regulares de la demanda en el pasado fueron substituidas por evoluciones más erráticas en el presente.

3.- La concentración de las industrias metalúrgicas, principalmente la siderúrgica en los PD, tuvo como efecto, la reducción del número de compradores de materias primas, reforzando así el poder de negociación de los consumidores.

A finales de los setenta y principios de los ochenta el número de compradores de níquel en el mundo era inferior al de productores, si tenemos en cuenta que en 1965 los 3 primeros productores se repartían el 80% del mercado.

4.- La política de aprovisionamientos progresivos de los consumidores, que en los años 70 formaba parte de la competitividad de la industria de transformación, y la mejor gestión en la compra de materias primas por las industrias de consumo tuvo por efecto la introducción en el mercado de unas segmentaciones cualitativas más finas y numerosas que en el pasado. En efecto: mientras en los años 50 la siderurgia consumía níquel de alta pureza para la fabricación de aceros inoxidables, dando lugar a 2 ó 3 productos estándar, en la actualidad hay más de 15 productos en el mercado y los productos de alta pureza representan tan solo el 50% de las transacciones.

Distintas tendencias al consumo, previas y durante la crisis de la minería. ¿Estamos en el 2000 en la etapa previa?

TENDENCIA DEL CONSUMO	1950-73	1974-83
ACERO	5,8%	0,6%
Aluminio	9,2%	2,1%
Cobre	4,3%	1,5%
Plomo	4,0%	2,0%
Cinc	5,2%	1,1%
Níquel	5,9%	0,5%
Estaño	2,3%	-1,7%
Abonos Fosfatados	7,6%	3,1%

Tabla nº 22 . Bomsel et al. (1985)

Sobrecapacidad

Frente a las transformaciones profundas de la demanda que se han descrito, los operadores mineros en su conjunto realizaron una sobreinversión de tal forma que a principios de los 80 había una sobrecapacidad de producción de minerales y metales, prácticamente de todas las sustancias de uso industrial. Así, a pesar del descenso en la demanda a mediados de los 70, el nivel de inversión en el sector minero continuó creciendo en moneda constante, a lo largo de dicho período.

Los efectos de la aparición de la sobrecapacidad en los años 80 fueron espectaculares:

- Los estocs alcanzaron niveles extraordinarios, de hasta el 50% del consumo anual (níquel, estaño, etc.).
- El precio de la mayoría de los minerales y metales cayeron en sus niveles más bajos desde finales de la II Guerra Mundial (a excepción del oro)
- Las empresas mineras en su conjunto, a excepción de un pequeño número de ellas, registraron no tan solo pérdidas limpias consolidadas sino también brutas de explotación en numerosas operaciones.

Se estimó, después de 4 años consecutivos de caída de los valores bursátiles, que los precios del cobre en los PD, no pagaban los costes de operación limpios, más que para un 50% de la producción. Este ratio valdría 40% para el níquel y 70% para el hierro.

La crisis del sector minero de los años 80 se analiza pues como una crisis de sobrecapacidad. Los factores explicativos de este fenómeno, son el alza de los precios de los carburantes (crisis de 1973 y 1980), que en parte dio lugar a la aparición de rentas diferenciales; a la dificultad de prever la evolución en la tendencia de la demanda, y a la modificación de la estructura del capital y de las formas de financiación de la industria minera (aumento de la intervención estatal, costos del dinero y de financiación, etc.).

La sobreproducción y las dificultades de adaptación de la oferta.

La sobreinversión condujo a finales de los 70 a la emergencia de sobrecapacidades importantes, tanto a nivel de producción como de primera transformación.

Esta sobrecapacidad, propició en los 80 una serie de sobreproducciones regulares en la que los excedentes fueron adsorbidos por los estocs aumentando estos de forma regular; en algunos casos como por ejemplo el níquel, hasta alcanzar más de 6 meses de consumo mundial, mientras los precios seguían bajando.

8.2. FASES DE REACCION A LA CRISIS Y SU DIVERSIFICACION

Quando aparece la crisis de 1980, los “holdings” financieros (Anglo -American) y las multinacionales mineras (RTZ, Cominco, Noranda, etc.), reaccionaron en la medida que su propia inercia les permitía adaptándose al nuevo equilibrio entre la oferta y la demanda dentro del ciclo de los metales. Los otros grupos mineros (grupos mineros nacionales de los PD y PVD), tal como nos indica Slama (1991) op. citada, reaccionaron por etapas en función del tiempo en que ellos reconocían o aceptaban la realidad de la crisis mediante las fases siguientes:

1. Reducción de los costos mediante la disminución en la producción y reducción de los efectivos.
2. Reducción de las inversiones encaminadas a la modernización de sus instalaciones.
3. Parada de las explotaciones mineras y plantas no rentables.
4. En las explotaciones rentables, introducción de nuevos métodos de explotación mas productivos, a veces en detrimento de la selectividad (sistemas automáticos y teledirigidos, etc.), y reagrupamiento de las explotaciones.
5. Integración, cuando era posible, de la sociedad minera en una filial industrial con el fin de hallar los medios financieros para preparar su futuro.

Las tres primeras fases corresponden a una reacción clásica en un período de crisis relativamente corta y tan solo las dos últimas demuestran una concienciación en la crisis e indican una clara transferencia de un polo técnico hacia un polo financiero.

A partir de aquí algunos grupos mineros con el fin de restablecer su equilibrio financiero utilizando su potencial de base y sus recursos humanos se diversificaron:

1. Sobre la producción primaria, algunos grupos para aprovisionarse aprovechan, bien los recursos minerales obtenidos a partir de sus grandes descubrimientos realizados por las prospecciones de los años 1970, bien la ayuda de contratos de larga duración con otros productores.

Otros grupos se han reagrupado sobre sustancias que conocen muy bien y que son rentables tal es el caso de Amax que sobre 12 substancias conserva tan solo el molibdeno, aluminio, oro y carbón o el caso de BP que prácticamente ha abandonado la minería metálica para dedicarse a los hidrocarburos o en otros sectores de la industria como por ejemplo la alimentaria.

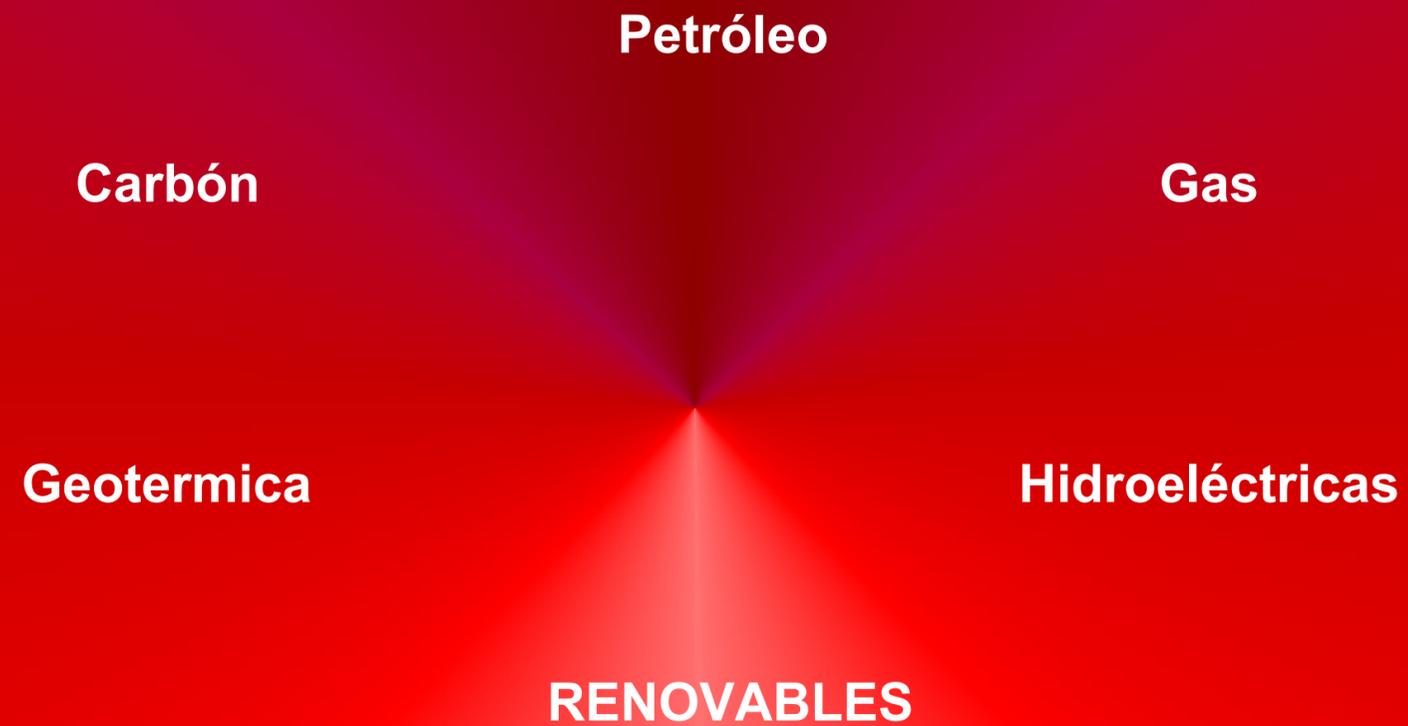
Por último, las sociedades mineras se han diversificado sobre el oro sea comprando antiguas explotaciones o lanzándose, pudiendo caer en la reincidencia, sobre el oro mediante sus propias prospecciones.

2. Diversificación Industrial, entrando en el sector de producción de minerales industriales o rocas, lo que les permite seguir en el mundo de la minería así como en la fabricación de equipos mineros (Kiruna, Potasas de Alsacia, etc.).

La sobreproducción asociada a la sobrecapacidad, mantendrán los valores de los metales y energéticos a la baja, lo que obligará a los grupos mineros a dedicarse a otras actividades. Esta diversificación indican los analistas es la mayor evolución que ha conocido la industria minera desde su existencia.

SOSTENIBILIDAD
Y
RECURSOS GEOLÓGICOS

LOS RECURSOS ENERGÉTICOS



9.1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA



Hasta principios del siglo XIX, la energía convertible en trabajo para los distintos menesteres, procedían del esfuerzo físico de los animales domésticos, y esporádicamente de la energía hidráulica y del viento. A partir de este siglo y con el descubrimiento de la bomba de vapor y posteriormente del pistón, con las ventajas que su movilidad y acumulación representaron, se inició la era de la Revolución Industrial propiciada por lo que algunos autores definen como la Era de la ENERGÍA. Esta Era, se inicia no tan solo con la transformación del trabajo a partir de fuentes energéticas banales, sino con la utilización y aprovechamiento de otras energías distintas a las ya indicadas.

Este hecho trajo consigo una evolución y una serie de cambios estructurales considerables, como en la agricultura, industria, transporte y domésticos. Así por ejemplo en 1918 en los EUA había más de 25 millones de caballos y mulos para los que se requerían alrededor de 28 millones de hectáreas para alimentarlos (energía), aproximadamente una cuarta parte de las tierras cultivadas. Estas tierras paulatinamente han dado paso a otro tipo de aprovechamiento a medida que disminuía la demanda de la energía por tracción animal. Un artículo de Danny Hakim en el New York Times (El País 22/09/05), indica a raíz de la búsqueda de combustibles alternativos al petróleo, que la utilización masiva de "bio-combustibles" en el 2048 requeriría el cultivo de la totalidad, y en exclusividad de las tierras de los EUA. Ello nos llevaría a un retorno al siglo XIX con la diferencia que en el siglo XXI este combustible iría directamente a las máquinas.

Esta evolución concierne pues no tan solo a la naturaleza de los combustibles, sino también a sus formas de utilización. En efecto: en 1850, en EUA., la madera producía la mayor parte de la energía utilizada para calefacción, metalurgia, así como para su desarrollo en trabajo; en 1910 las partes respectivas de carbón y madera eran del 75 % y 10 %; entre 1910 y 1960, la hulla fue reemplazada por el petróleo y el gas, y a partir de 1960 éstos empezaron a ser reemplazados por la energía nuclear y por las energías alternativas y entre estas últimas el futuro se situaría entre los ya indicados bio-combustibles, el hidrógeno y la energía termonuclear. Parece pues que la evolución energética se traduce por una serie de transiciones hacia nuevos combustibles cada 50 años. El tiempo de su duración se ha visto influenciado inicialmente en una mayor versatilidad del combustible en cuanto a sus aplicaciones, en una mejora en la producción de estos, traducido en unos menores costos, seguido de la vida de las máquinas y del período indispensable a su reestructuración. Finalmente, a su acción sobre el medio ambiente y en consecuencia a la sostenibilidad, que repercutirá directamente sobre los costos de producción.

La energía es pues un requerimiento de la propia vida y en consecuencia de nuestra sociedad si bien su producción, transporte, conversión y consumo, son a su vez uno de los mas serios problemas sobre el medio ambiente no tan solo en el presente sino también en un futuro. La mayor parte de la energía fluye a través de los países de la OCDE, con unos valores medios de uso de energía comercial de 10 a 30 veces superior a los No-OCDE a pesar que estos últimos poseen las tres cuartas partes de la población mundial. No obstante a ello, estos sí tienen el interés, como lo demuestran China e India, de alcanzar un nivel de vida estandarizado a la OCDE, para lo cual necesitarán tasas de consumo similares y en consecuencia una energía intensiva y económica.

Para el abastecimiento energético, la sociedad actual, dispone de numerosas fuentes energéticas muy diferentes entre sí en cuanto a naturaleza, aplicaciones preferentes y abundancia.

UNIDADES ENERGÉTICAS

Kcal	→	1.000 calorías	→	10^{-3} Termias	
Exajulios (EJ)	→	10^{18} julios	→	$27,7 \times 10^9$ Kw/hora	
Barril CRUDO	→	158,99 litros	→	$0,146 \times 10^7$ Kcal	→ 0,146 tep
Tonelada equivalente petróleo (tep)	→	$4,186 \times 10^{10}$ julios	→	1,438 tec	→ 11,63 KWh
Tonelada equivalente carbón (tec)	→	0,695 tep		Mtep	→ 11,63 TWh
<i>British thermal unit (Btu)</i>	→	1.054,54 julios			
Btu/hora	→	$293,1 \times 10^{-3}$ W			
Kw/hora	→	$3,6 \times 10^6$ julios	→	0,086 tep	

mega-	M	10^6	giga-	G	10^9	tera-	T	10^{12}
peta-	P	10^{15}	exa-	E	10^{18}			

TIPOS DE ENERGÍA

USOS DE LA ENERGÍA

EN FUNCIÓN DE LA DISPONIBILIDADLOS

- **RENOVABLES:** Hidráulica, Solar, Biomasa, Viento, Olas, Mareas....
- **NO RENOVABLES:** Carbón, Petróleo, Gas, Nuclear de fisión.
(La geotérmica y la Nuclear de fusión se pueden considerar dentro de las dos opciones.)

EN FUNCIÓN DEL USO:

- **NO CONVENCIONALES:** Solar, Viento, Olas, Mareas....
- **CONVENCIONALES:** Carbón, Petróleo, Gas, Hidráulica, Nuclear de fisión y Biomasa
(la geotérmica y la Nuclear de fusión se pueden considerar dentro de las dos opciones.)

		Calor	Aire Acondicionado	Alumbrado	Automóvil	Aeroplanos	Barcos	Motores	Industria s./	Ordenadores	Control de Proceos	Telecomunicaciones	Generación de Electricidad
PRIMARIA	Carbón	●											●
	Crudos	●			●	●	●	●	●				●
	Gas	●	●		●				●				●
	Biomasa	●											●
	Solar	●		●					●	●	●	●	●
	Geotérmica	●							●				●
	Hidráulica							●	●				●
	Mareas												●
	Viento							●					●
	Nuclear	●						●					●
Secundaria	ELECTRICIDAD	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Campo de energia eólica en San José, California (Julio 2005)

Figura 62



Dumpers de 210 t. Aznalcollar (Sevilla) 1981

9.3. EL CONSUMO DE ENERGÍA

Hasta mediados del siglo XIX, la producción de calor era casi en exclusiva para el hogar, consagrándose tan solo un 25 % del calor global generado para la industria en la fusión de metales (metalurgia), mientras que la generación para su transformación en trabajo era prácticamente despreciable. En la actualidad, más de la mitad de la energía que consumen los países de la OCDE se transforma en trabajo distribuido de forma aproximada en un 35% para la industria, 1% para la agricultura y el resto para el hogar (doméstico) y servicios.

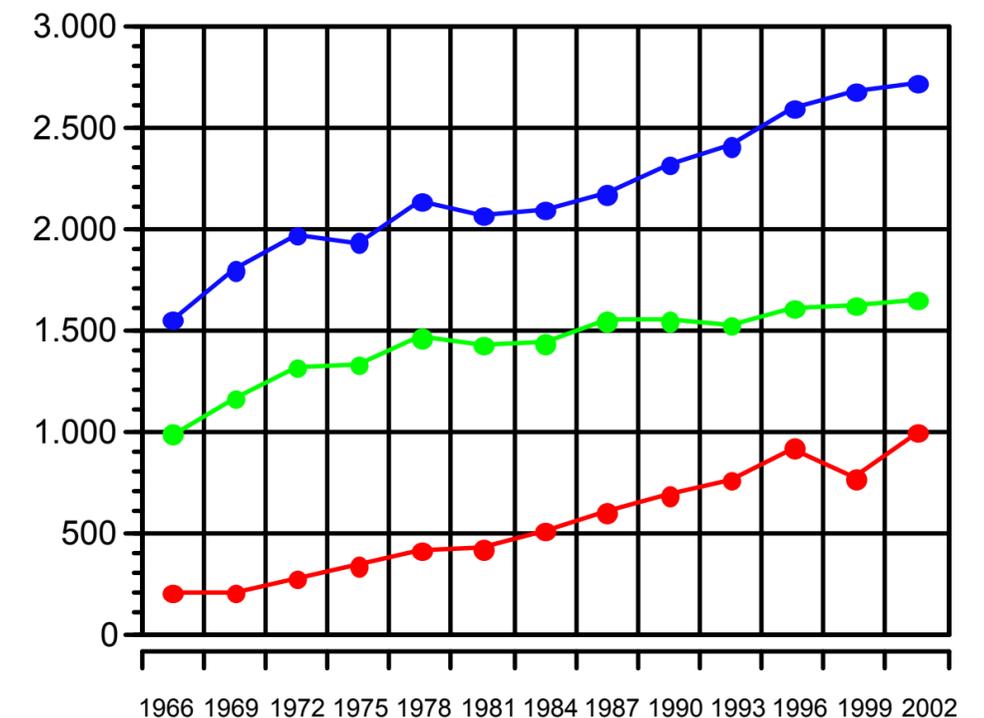
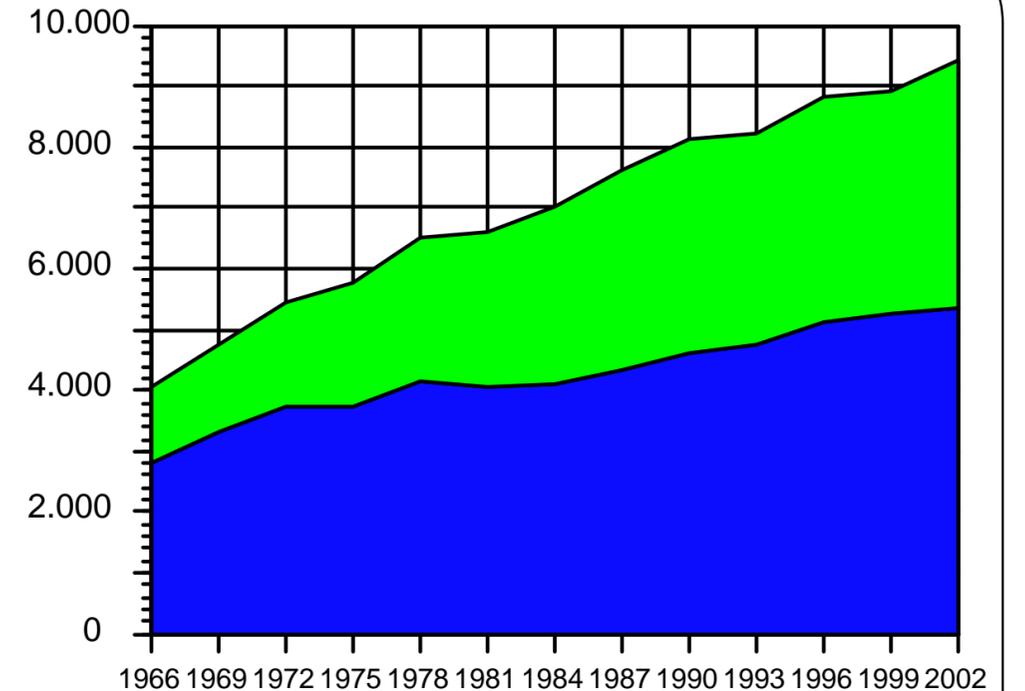
Con respecto a los Países en vías de desarrollo (PVD), estos porcentajes se traducen alrededor de un 50% para la industria, 22% transporte y un 28% para la construcción y agricultura. Como puede observarse, estos últimos valores, son muy elevados con respecto a los indicados para los Países Desarrollados, que invierten poco (en porcentaje global), en agricultura y mucho en transporte, principalmente urbano y con valores relativamente elevados en la industria de la construcción.

Este fenómeno es debido en su mayor parte, a la baja conversión de los combustibles primarios en electricidad que representan unos 700 kWh/habitante en los PVD frente a más 7.000 kWh/habitante en la Unión Europea y los más de 10.000 kWh/habitante en EUA y que globalmente representan un tercio de la energía primaria. Otro factor importante que diferencia los PVD de los PD, es el bajo rendimiento por parte de los primeros, que se le da a la conversión de la energía primaria en electricidad, ya que mientras una planta eléctrica en los OCDE tienen rangos de rendimiento de 9.000 a 11.000 Btu/kWh en los PVD estos rendimientos se sitúan en 13.000 Btu/kWh lo que implica un incremento en el consumo de combustible (del 18 al 44%) para la obtención de la misma electricidad.

Se estima que para el siglo XXI los 2/3 de la producción energética, servirá para el transporte, calefacción e industria, siendo la electricidad la energía la principal con un 40-50% y la cantidad necesaria de combustible para generarla del 60%.

La potencia de energía generada instalada en los PVD se estimaba a finales de la década de los noventa, alrededor de unos 5.000 Mtep anuales, se prevé para la década de los dos mil diez, unos 9,000 Mtep. Esta capacidad, prácticamente doblada, necesitará para esta década de unos doscientos mil millones de US\$ para su desarrollo, cifra extrema si la comparamos con los siete mil millones de US\$ invertidos en los años ochenta.

CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA EN Mtep



Fuente BP.com

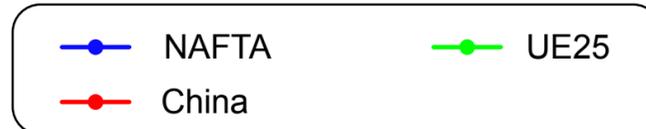
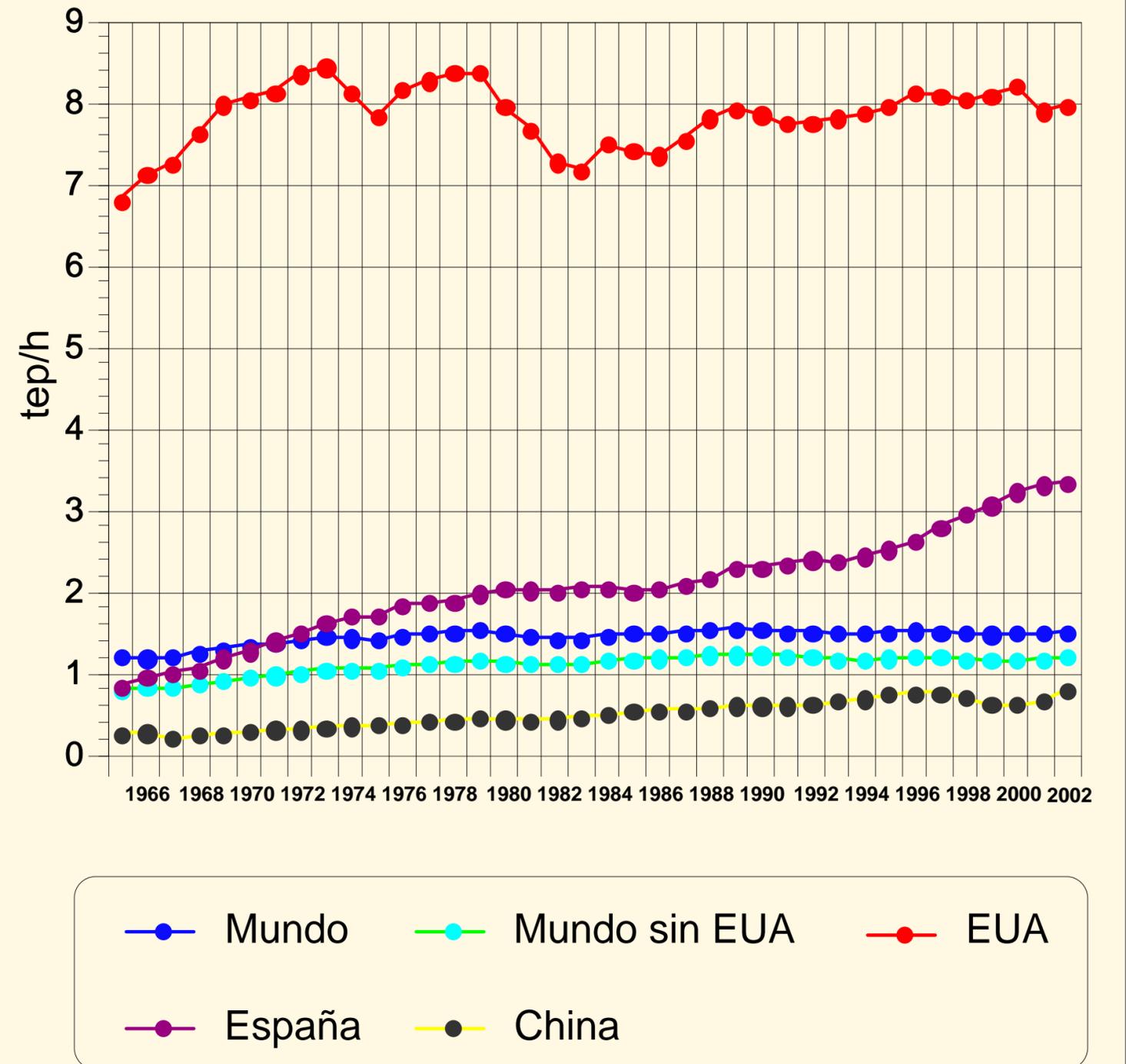


Figura 63

CONSUMO DE ENERGIA (Habitante/año)

Unidad TJ	año 2002
Producción:	100.932.212
Stock Changes:	145.045
Total transformación	37.328.151
Centrales Eelctricas	20.776.361
Plantas CHP	11.976.661
Plantas de calor	4.019.717
Other Transformation	555.412
Sector Energético	9.336.197
Pérdidas en la distribución	969.128
Consumo Final	53.307.750
Industria	23.850.136
Transporte	2.665.602
Agricultura	0
Otros	26.792.012



Fuentes BP y US Census Bureau

Figura 64

EL CONSUMO DE ENERGIA

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGIA Mtep

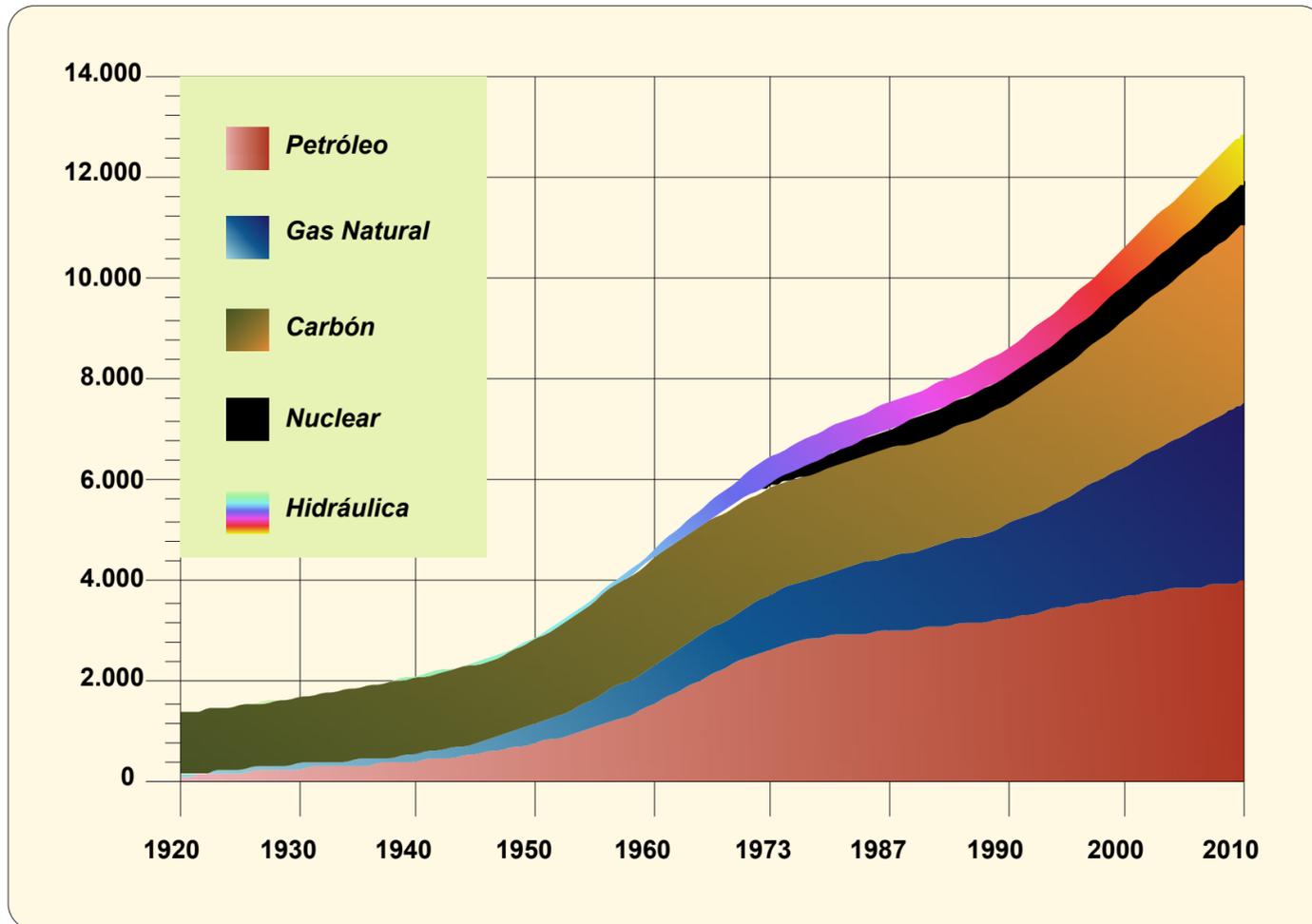


Figura 65

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA SEGÚN LAS FUENTES EN EL MUNDO EN 2002 EN Twh

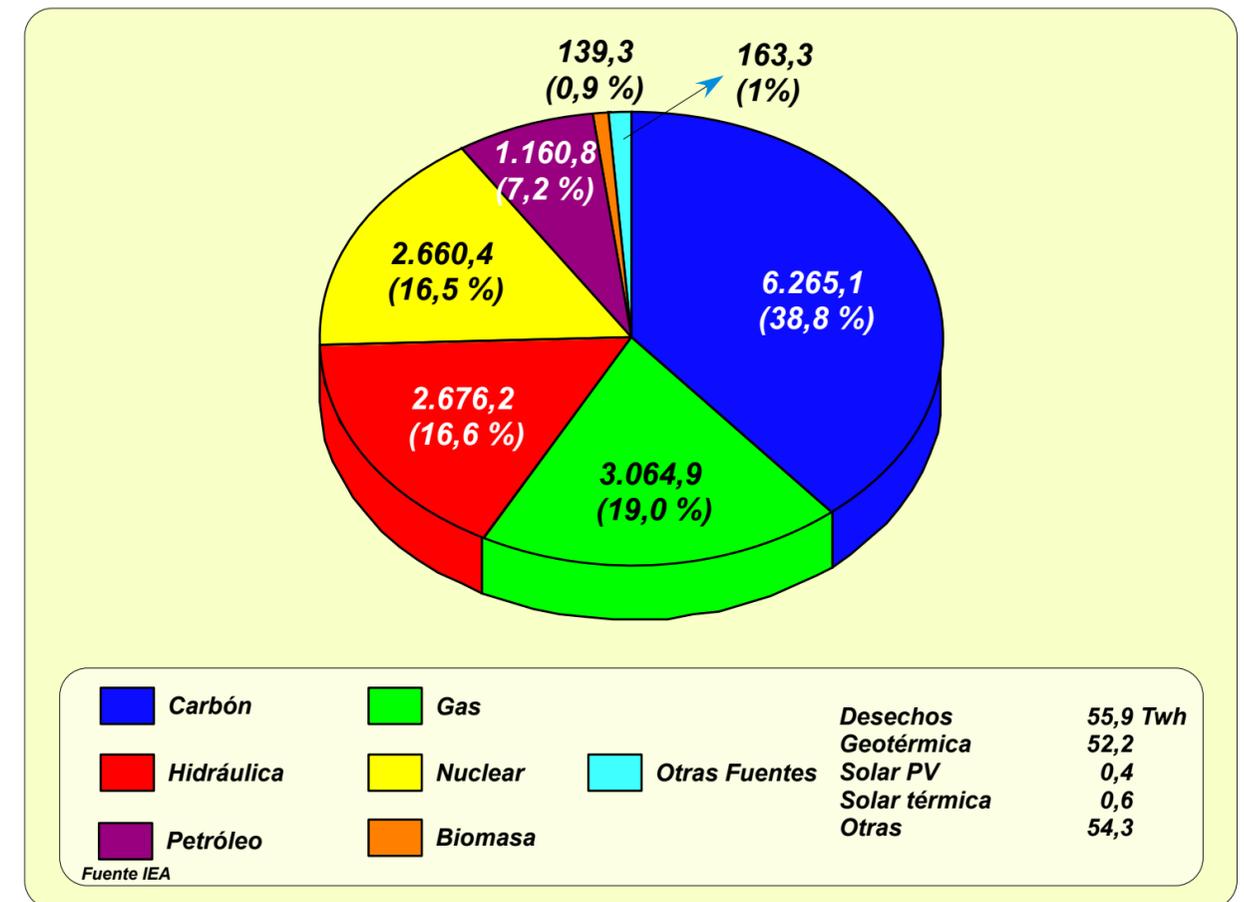


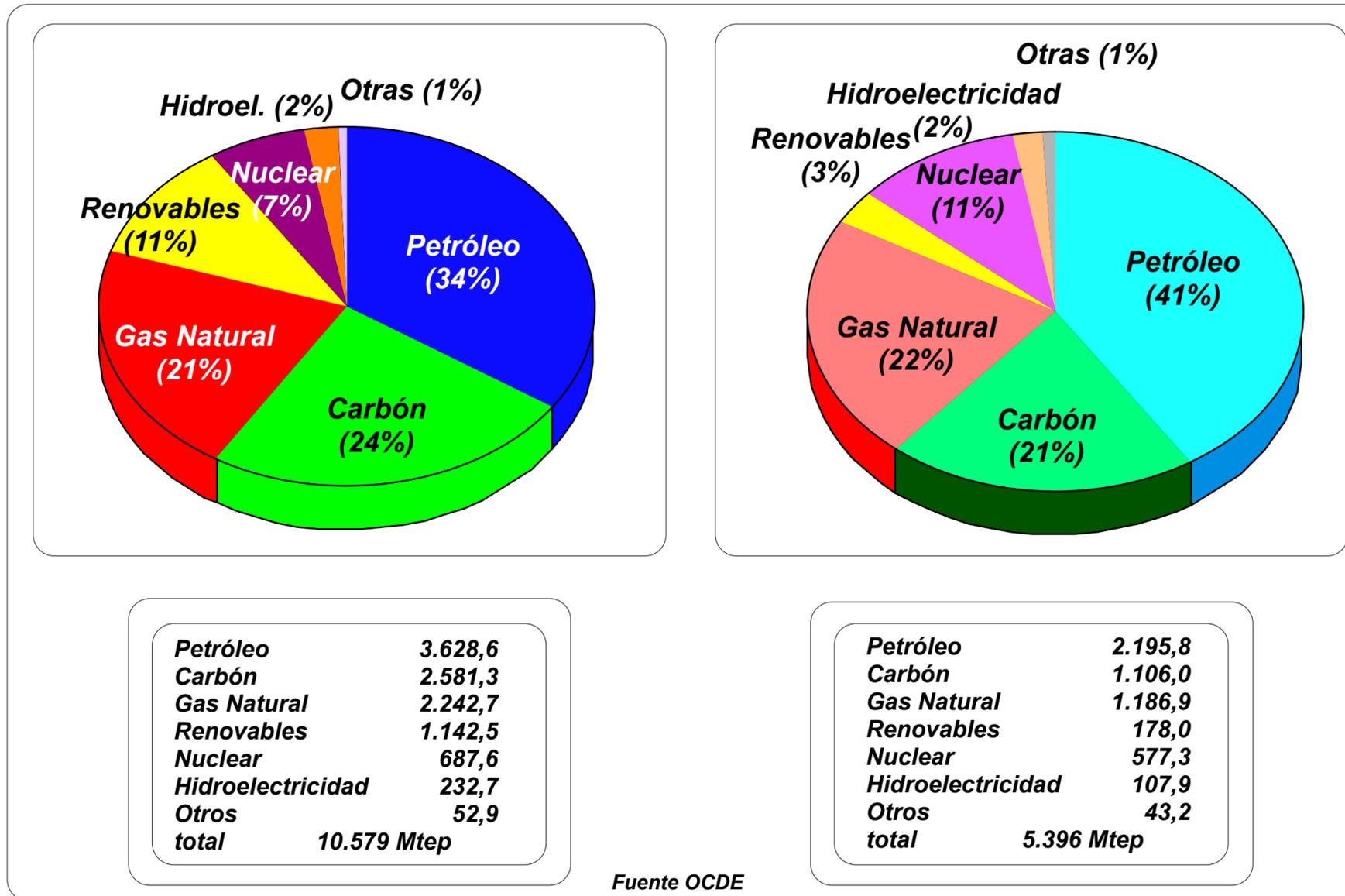
Figura 66

SUMINISTRO y CONSUMO DE ENERGIA POR SECTORES

suministro Mtep

MUNDO 2003

OCDE 2003



consumo Mtep

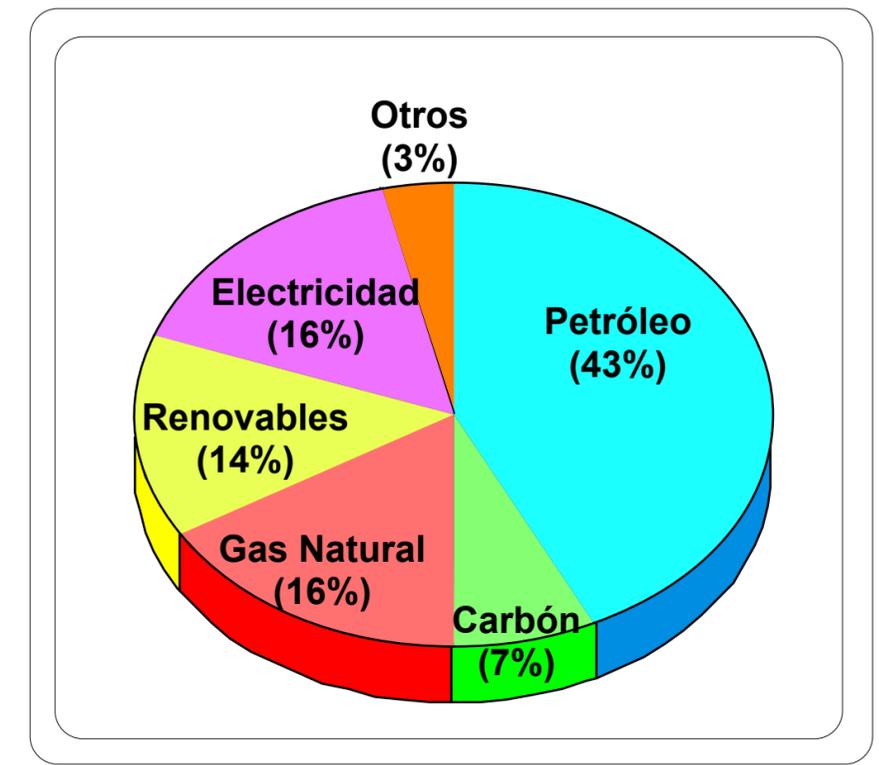


Figura 67

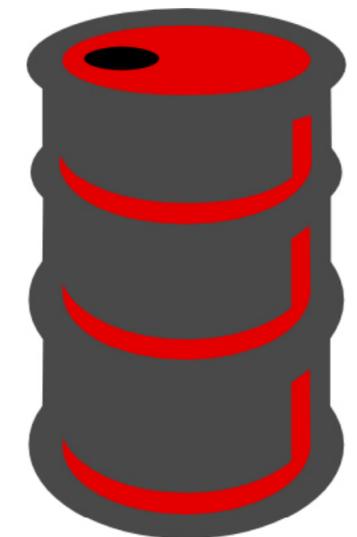
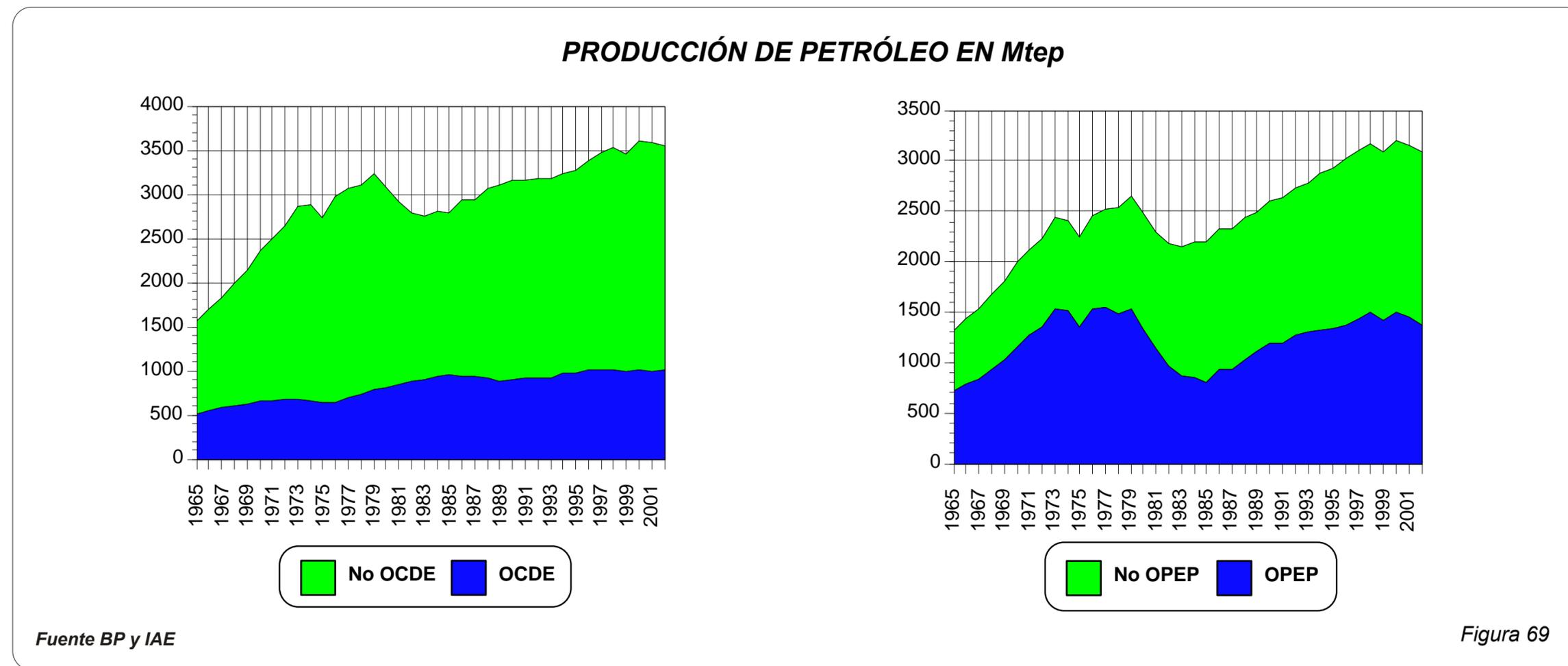
Figura 68

9.4. EL PETRÓLEO

El petróleo, o mezcla no homogénea de diversos hidrocarburos y metales pesados, es también denominado crudo. A partir de un proceso de destilación se obtienen una serie de productos que a su vez son la principal energía móvil o energía potencial existente en el mundo capaces de convertir su energía potencial en mecánica y esta en trabajo y así mover: ciclomotores, automóviles, camiones pesados y ligeros (todo el transporte público y particular), toda la maquinaria agrícola, trenes, barcos y aviones. Otros materiales substitutivos ensayados hasta el momento como el alcohol o el hidrógeno licuado, aún no son competitivos con este recurso.

Además de producto energético, del crudo se extraen un sinfín de compuestos dirigidos a la industria química en general, de la alimentación, farmacéutica y a la obra pública. En este último caso y refiriéndome a los asfaltos, se da la paradoja de que el mismo crudo sirve para mover o desplazar los vehículos sobre un terreno preparado exproceso para ellos y que en gran parte está compuesto por sus derivados.

El petróleo, es una roca generada a partir de toda una serie de procesos geológicos únicos y que como tales, sus resultados en tiempos geológicos no permite ser restituido en función de su uso. Es por ello que tanto el petróleo como el gas, son dos materiales no renovables en tiempos no geológicos.



La OPEP es un "Cartel" de países productores

Producción y consumo de Crudo por zonas en Mtep

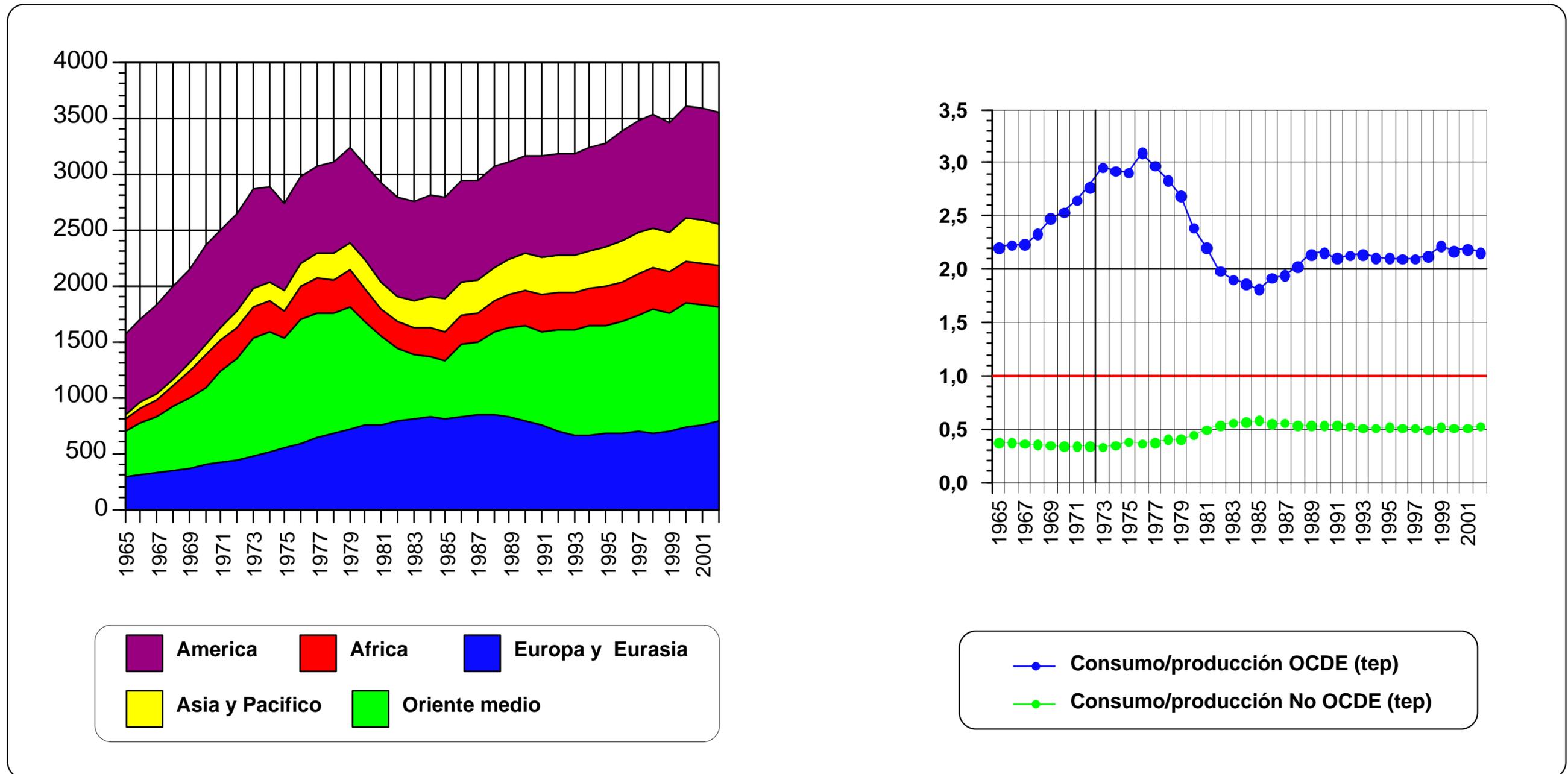


Figura 70

USOS Y DISTRIBUCIÓN

Mt	Crudo	Liquidos	Estocs	Nafta	Gases lic,	Gasolina	Gasolina Av.	Keroseno Av	Keroseno	Diesel	Residuos
Producción	3.302,28	237,1		184,1	101,2	867,2	1,7	209,2	69,9	1.036,5	597,7
Otras fuentes primarias			26,3						0,03	0,1	
Suministros	3.413,0	214,7	73,3	195,6	102,5	860,9	1,9	207,7	87,8	997	438,1
Transformación	3.382,5	52,2	138,8	19,9	4,7	1			0,7	47,9	210,4
Plantas eléctricas	26,70				0,8					45	165,1
Plantas CHP				0,2						1,1	26,1
Plantas de calor	1,10				0,1					0,8	14,5
Sector energético	7,50	1		0,5	2,8	0,8			0,3	9,8	54,1
Pérdidas en la distribución	3,00	0,1			0,1					0,1	
Total Consumo Final	9,20	1,6		177,5	194,9	858,6	2,1	204,9	84,6	936,5	175,5
Industria	8,9	1,6		177,5	79,6	5,9		0,1	6,2	101,5	139,1
Transporte					14,5	845,8	2,1	204,2	0,8	573	14,3
Otros	0,30				100,8	6,9		0,7	77,6	262	22,1

Tabla nº 23

La extracción primaria de crudo, tal como se observa en la figura 71, tan solo tiene una recuperación que difícilmente alcanza el 35% y de manera extraordinaria el 40%.

A partir de extracciones secundarias inyectando agua, agua a temperatura, disolventes y aire puede lograrse una mejora en la recuperación que se podrá alcanzar (reserva base), sería como máximo, de un 20% más. Ello significa que un campo altamente rentable podría alcanzar una recuperación del 60%. El resto hay que contabilizarlo como un recurso.

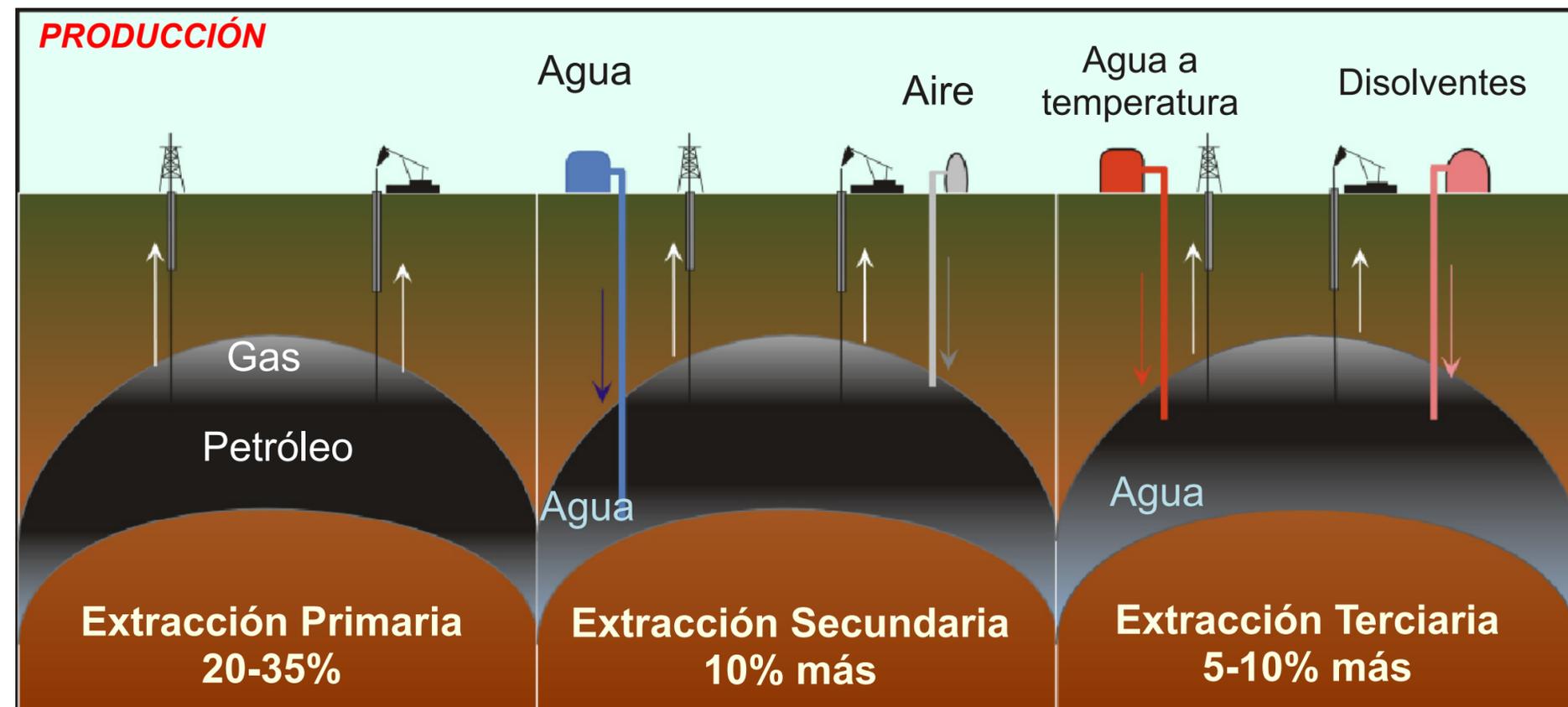
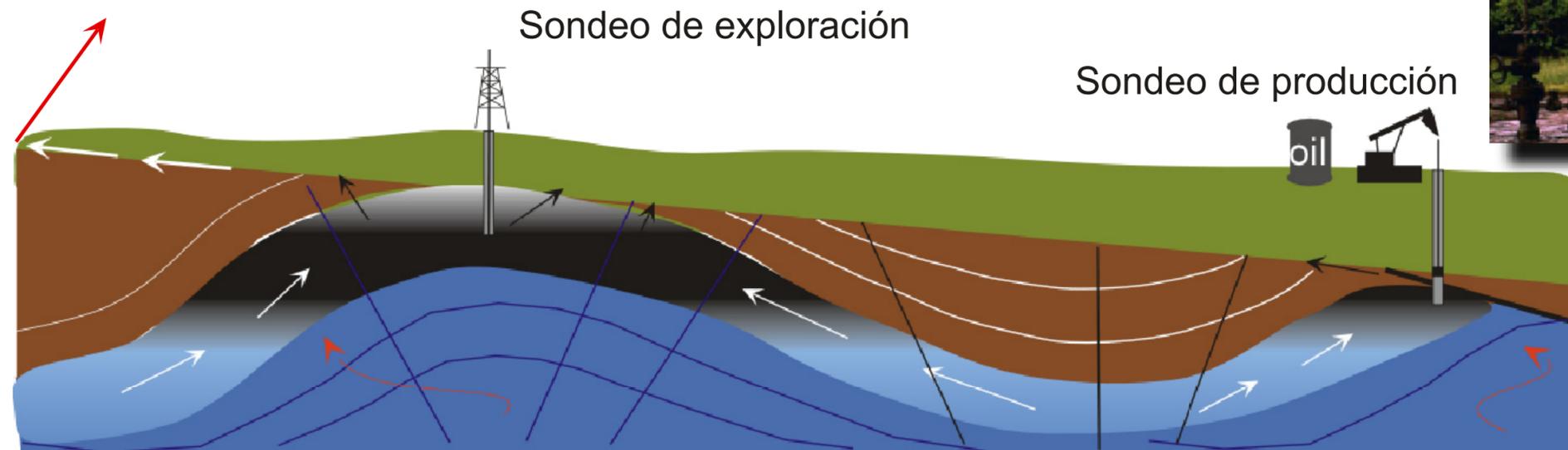


Figura 71

EXPLORACION Y PRODUCCION DE GAS Y PETRÓLEO

Prospección geoquímica mediante gases



-  Roca almacén con gas
-  Roca almacén con crudo
-  Roca almacén con agua salobre
-  Trampa Estructural (fractura, piegue)
-  Trampa por discordancia (yesos)
-  Trampa de permeabilidad (arcillas, yesos)
-  Roca Almacén (areniscas, conglomerados)
-  Roca madre del Petróleo (black shales)

Fractura cerrada
Fractura abierta
Migración del gas por la discordancia y fracturas

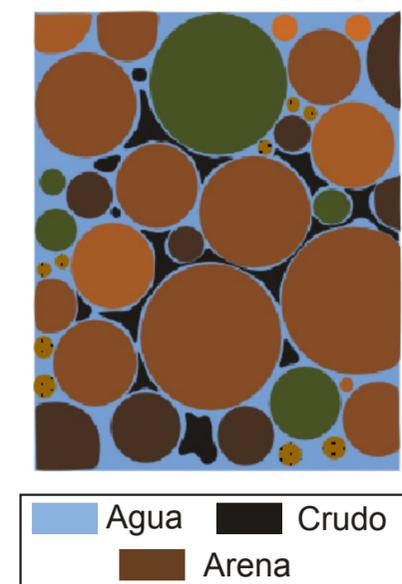


Figura 72

Migración del crudo de la roca madre a la almacén

CUENCAS SEDIMENTARIAS PRODUCTORAS DE GAS Y PETROLEO EN EL MUNDO

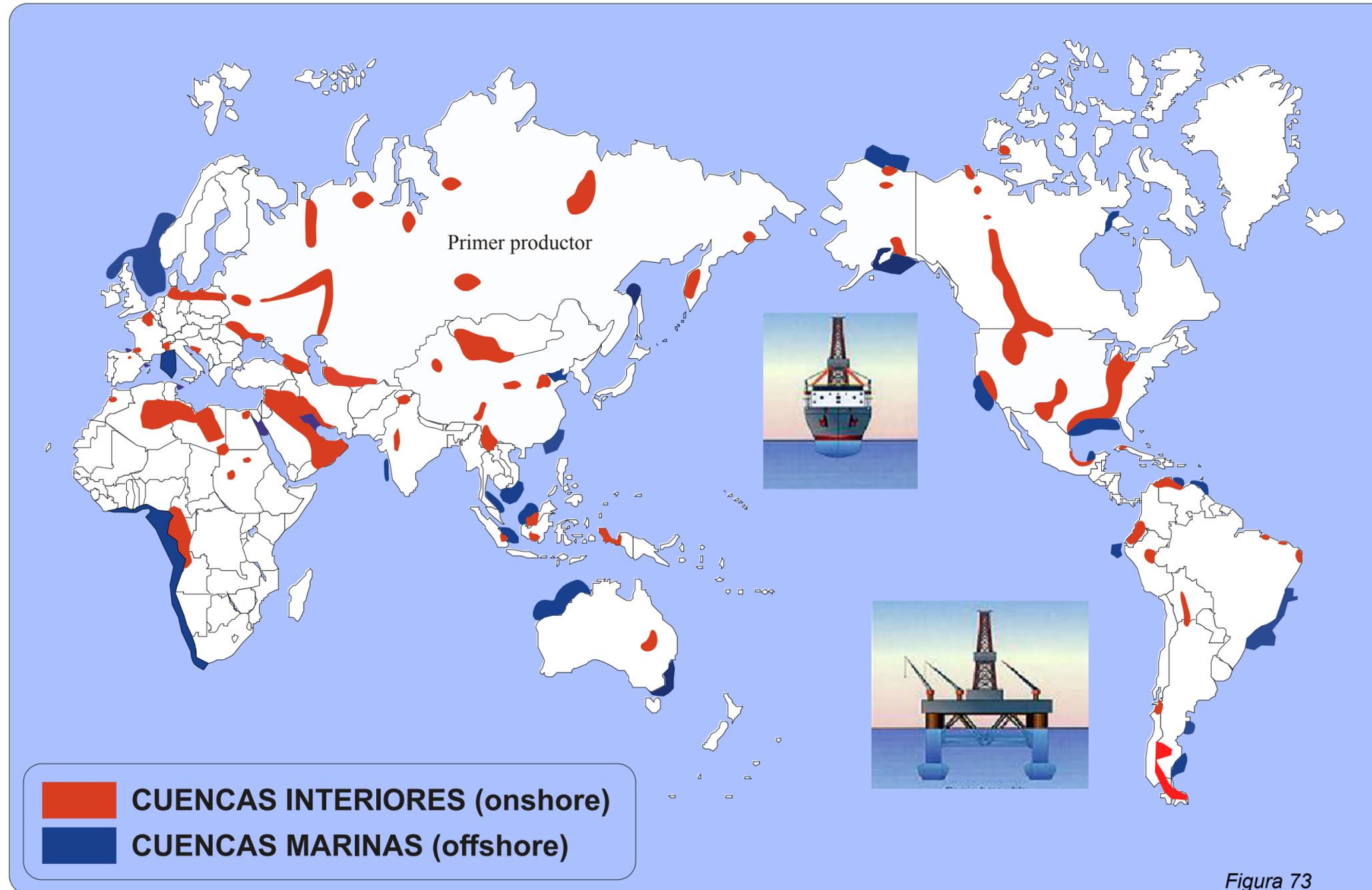
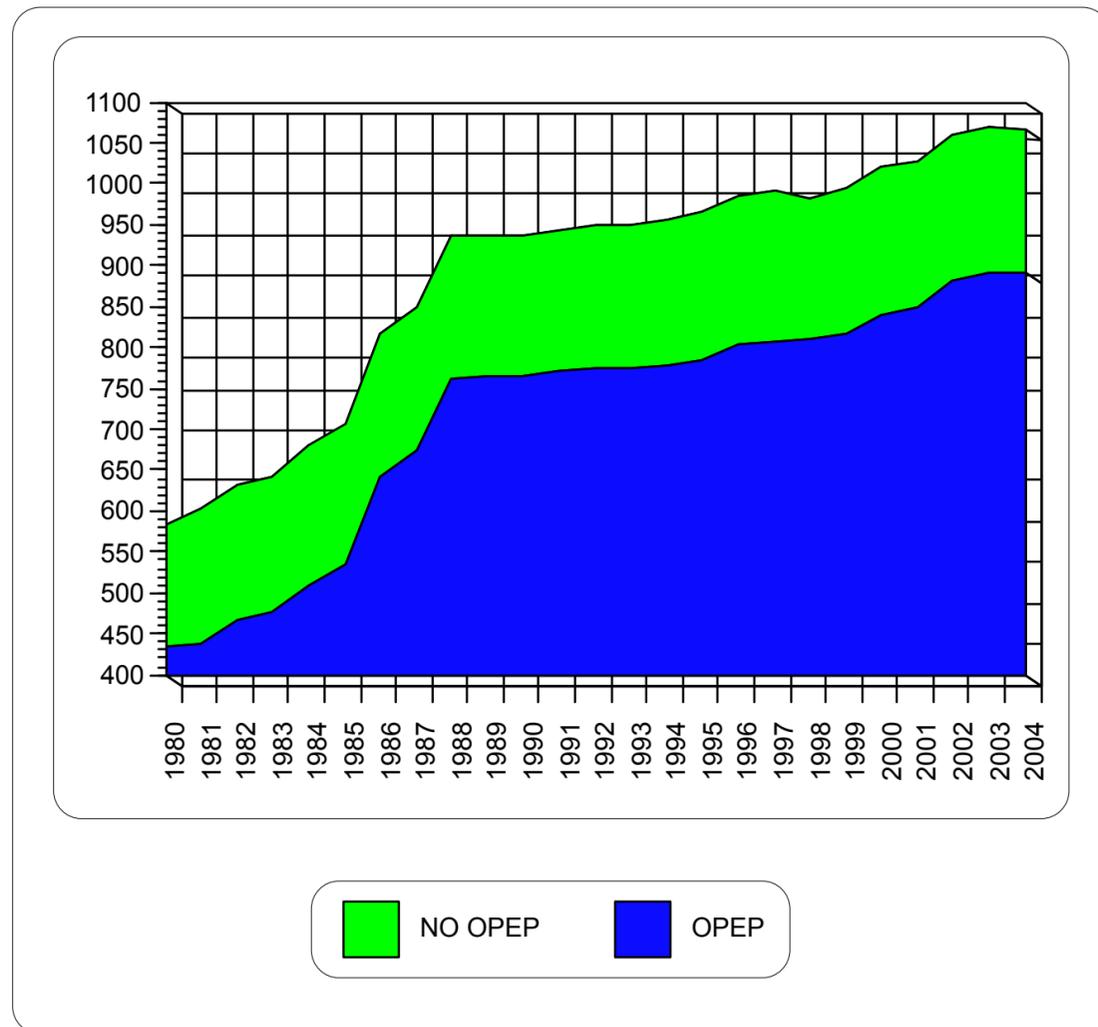


Figura 73. Todas las áreas potenciales, o lo que es lo mismo, los recursos hipotéticos existentes en las distintas cuencas del globo terráqueo (Figura 73), son conocidas. Así mismo, la mayor parte de los recursos demostrados también, aunque no pueden ser contabilizados como reservas debido a dificultades tecnológicas y/o a problemas jurídico-sociales o en definitiva a planteamientos de tipo económico.

EVOLUCION DE LAS RESERVAS EN LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS (miles de millones de barriles)



Producción, Consumo y Reservas de los EUA en millones y miles de millones de barriles

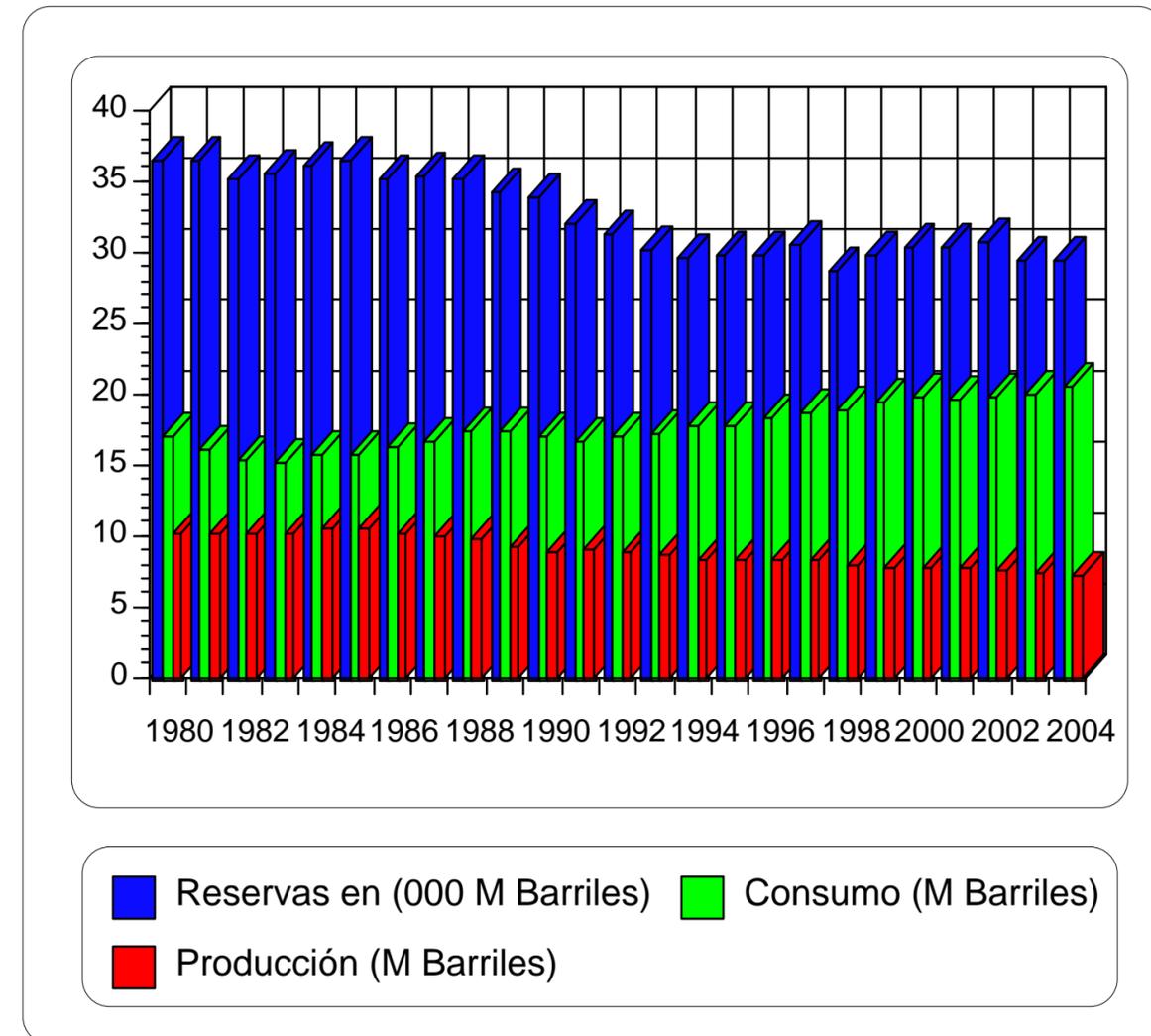


Figura 74. Obsérvese el fuerte incremento de las reservas hasta finales de la década de los ochenta para pasar a ser éste prácticamente asintótico o moderado de reservas a partir de la década de los noventa

Figura 75. Obsérvese el descenso de la producción y de sus reservas en los EUA con respecto al aumento constante del consumo. Las reservas de cerca de 30.000.000.000 millones de barriles en los EUA, por si solas no podrían soportar el consumo de más de 22.000.000 de barriles/ DIARIOS por mas de tres años (2007)

EL GAS NATURAL

Si bien el petróleo continuará siendo la principal fuente energético hasta la década de los veinte, el gas natural que tiene su origen en los mismos depósitos de petróleo (figuras 71 y 72), por su abundancia y capacidad calorífica y bajos efectos sobre el medio ambiente, tendrá un papel preponderante. Así en 1992 su consumo fue de 1.837 M tep y se calculaba en aquella época que para el 2020 su consumo alcanzara por encima de los 2.300 M tep con un peso en el conjunto del consumo energético mundial entre en 18 y 20 %. Pues bien en 2004 este consumo ya había alcanzado los 2.420 M tep.

Los grandes países productores son Rusia, EUA, Canadá y la UE, seguida de los países del golfo Pérsico y Argelia. Este último es el principal proveedor de gas de la Península Ibérica. Los grandes consumidores son NAFTA y EU25 (Figura 76).

En cuanto a reservas, estas se cifraban en 1997 en 144,3 billones de metros cúbicos siendo su producción en este año de 2,3 billones lo que con una producción constante, en esta época las reservas eran de 62 años (2059). En 2004 las reservas se cifraban en 179,3 Billones de metros cúbicos con expectativas, si el consumo fuese constante al de la producción de este año, 2.691,7 mM m3, las reservas serían de 66,7 años, hasta 2070. Como puede observarse las reservas difícilmente alcanzarán para el 2075.

La diversidad de uso, se refleja en la tabla nº 24 siendo las plantas eléctricas las de mayor uso.

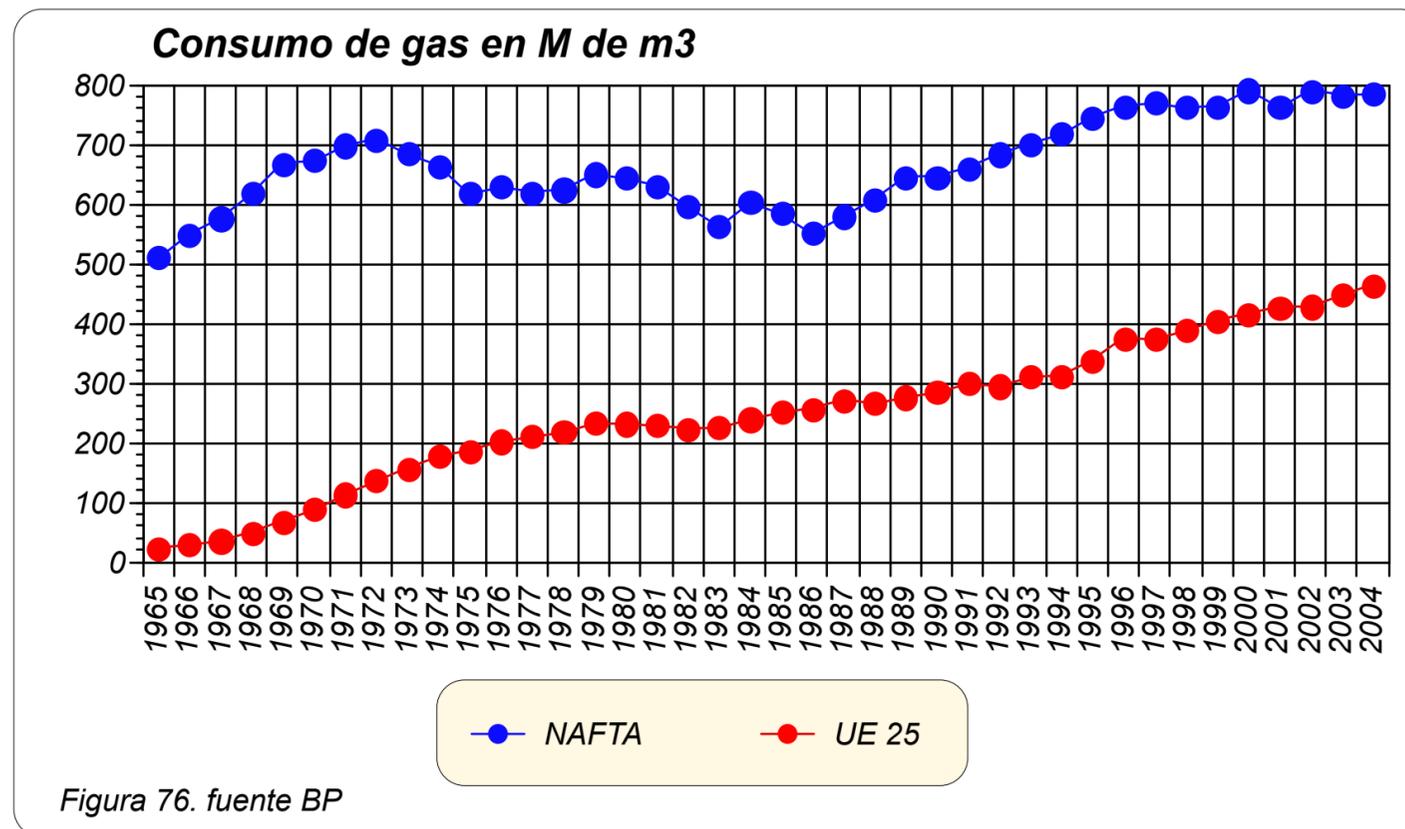


Figura 76. fuente BP

Gas 2002	Unidad TJ
Producción:	100.932.212
Estocs:	145.045
<hr/>	
Total transformación	37.328.151
Centrales Eelctricas	20.776.361
Plantas CHP	11.976.661
Plantas de calor	4.019.717
Otras Transformaciones	555.412
<hr/>	
Sector Energético	9.336.197
Pérdidas en la distribución	969.128
<hr/>	
Consumo Final	53.307.750
Industria	23.850.136
Transporte	2.665.602
Agricultura	0
Otros	26.792.012

Tabla nº 24 Fuente IEA

PETRÓLEO Y GAS NO CONVENCIONALES

El término “recursos no convencionales o no clásicos”, se aplica para aquellos depósitos o fracciones de los mismos cuya explotación requiere una tecnología todavía no desarrollada.

Para el petróleo no clásico, tenemos:

1. **RECUPERACIÓN MEJORADA** de depósitos clásicos: si se consigue subir al 50% el factor de recuperación, por supuesto a precios superiores a los 60 US\$ (2003) barril, se podrían disponer de 140 GT adicionales..
2. **DEPÓSITOS DE ALTA MAR Y ZONAS POLARES**: son depósitos situados a grandes profundidades de lámina de agua, o en regiones árticas y antárticas con unos recursos superiores a los 100 GT, si bien los costos de explotación son por el momento muy elevados y en el caso de la Antártida existe una moratoria para cien años.
3. **ESQUISTOS BITUMINOSOS**: con recursos estimados en 400 GT y muy abundantes en USA, Brasil, etc. A precios de 60\$ barril se podría obtener unas 30 GT, sin contar los costos adicionales por sus efectos en el medio ambiente.
4. **ARENAS DE ALQUITRÁN Y DEPÓSITOS DE ACEITES PESADOS**: sus recursos totales se cifran en unas 330 GT y se sitúan principalmente en el Canadá, Venezuela y Rusia. Su explotación a cielo abierto, que afectaría a un 10% de los recursos, se situaría por encima de los 60\$ barril.
5. **COMBUSTIBLES SINTÉTICOS**: obtenidos por conversión del carbón o de biomasa (materiales celulósicos, residuos urbanos) hacia hidrocarburos líquidos. Los recursos son los que presentan estas fuentes primarias. El caso del carbón presenta la ventaja de un mejor reparto geográfico; y para la biomasa se prevén costos elevados.

Para el gas no clásico, tenemos:

- a. **METANO DE LOS YACIMIENTOS DE CARBÓN**, con recursos mundiales de unos 2.500 EJ, con factores de recuperación moderados.
- b. **GAS DE LOS ESQUISTOS** (junto con petróleo); los recursos no difieren mucho de los anteriores.
- c. **GAS DE LAS FORMACIONES ESTANCAS** Montañas Rocosas (USA) con condiciones más favorables que para 1. y 2.
- d. **METANO DE FORMACIONES GEOPRESIONADAS**, existentes en algunas zonas costeras del mundo tales como el Golfo de México (50.000 EJ), golfos siberianos, Mar del Norte, etc. Su rentabilidad es dudosa además de producir elevado impacto ambiental. Se le considera en cuanto a probabilidad inferior a 1 y 2.
- e. **GASES COMBUSTIBLES SINTÉTICOS**, obtenidos por conversión de biomasa, de carbón o de petróleo; en unos casos se obtiene gas de calidad gasoducto y de alto poder calorífico, en otros gas industrial. Actualmente se hacen numerosos esfuerzos de I+D para rentabilizar los diversos procesos.

9.6. EL CARBÓN



Explotaciones de lignitos en AAGEN (Alemania)

- *El carbón es un combustible fósil rico en carbono e hidrógeno*
- *Los yacimientos principales de carbón en el mundo, tuvieron lugar en el Carbonífero (300 - 350 millones de años) a partir de la extensa vegetación de este período. La mayor parte de ellos constituyen en la actualidad las hullas y antracitas.*
- *Los carbones que han dado lugar a los lignitos y a la turbas son mas modernos, siendo un período muy abundante el Cretácico y el Mioceno*



Figura 76

Distribución mundial de distintas cuencas hulleras y de lignitos

Clasificación de los Carbones.

Carbones	Carbono %	Agua %	Densidad g/cm3	Calorias (seco)
Turbas	55-65	65-90	1	3.000-5.000
Lignitos	65-75	10-30	1,1-1,3	4.000-6.000
Hullas	75-90	2-7	1,2-1,5	6.000-8.500
Antracitas	90-93	1	1,4-1,7	> 8.000tabla

Tabla nº 25

Los recursos de este combustible son muy abundantes, pero solo una pequeña parte de los mismos admite una recuperación rentable. Estos se cifran en 10.125 Gtec , equivalentes a 267×10^3 EJ, mientras que las reservas demostrada se sitúan en más de 636 Gtec, equivalentes a $16,8 \times 10^3$ EJ.

Su distribución en el mundo, en función de los dos grandes tipos de carbón: Carbón duro: hullas y carbones bituminosos, y Carbones pardos: carbón sub-bituminoso y lignitos, es de:

LOS RECURSO y RESERVAS GEOLÓGICAS DE CARBÓN

	Carbón duro	Carbón pardo	Carbón duro	Carbón pardo
Mundo (G tec)	7.725	2.400	492	144
América	17%	59%	26%	49%
Europa	7%	2%	19%	23%
Asia	71%	37%	44%	21%
África	2%	-	7%	-
Oceanía	3%	2%	4%	7%

Tabla nº 26

En cuanto a las previsiones de la UE con sus 430 millones de habitantes y un PNB de 5 billones de Euros se considera que las necesidades medias para el 2010 serán de 323 M tep. Ahora bien el grado de dependencia sobre este combustible estará relacionado al escenario económico que la UE se plantee y este a su vez en relación a los precios energéticos previstos en los distintos escenarios.

No obstante a esto y en función de la presión ambiental, una parte podrá ser substituido por otras energías alternativas, renovables o no renovables.

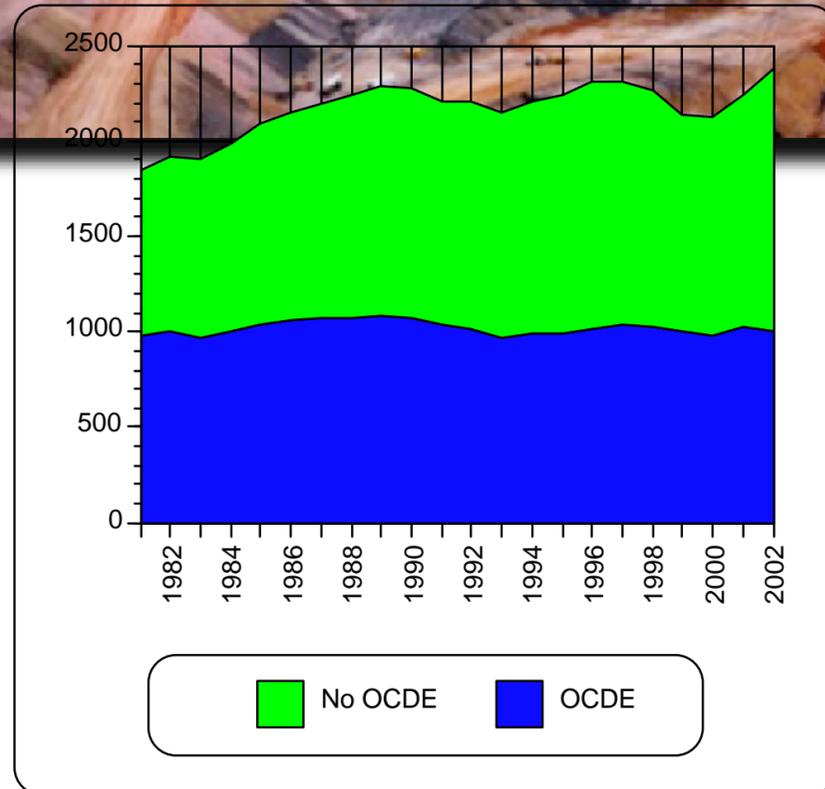


Figura 77. Variación de la producción de los países no pertenecientes a la OCDE por el impulso de China e India y estabilidad con una ligera tendencia a la baja en los países de la OCDE.

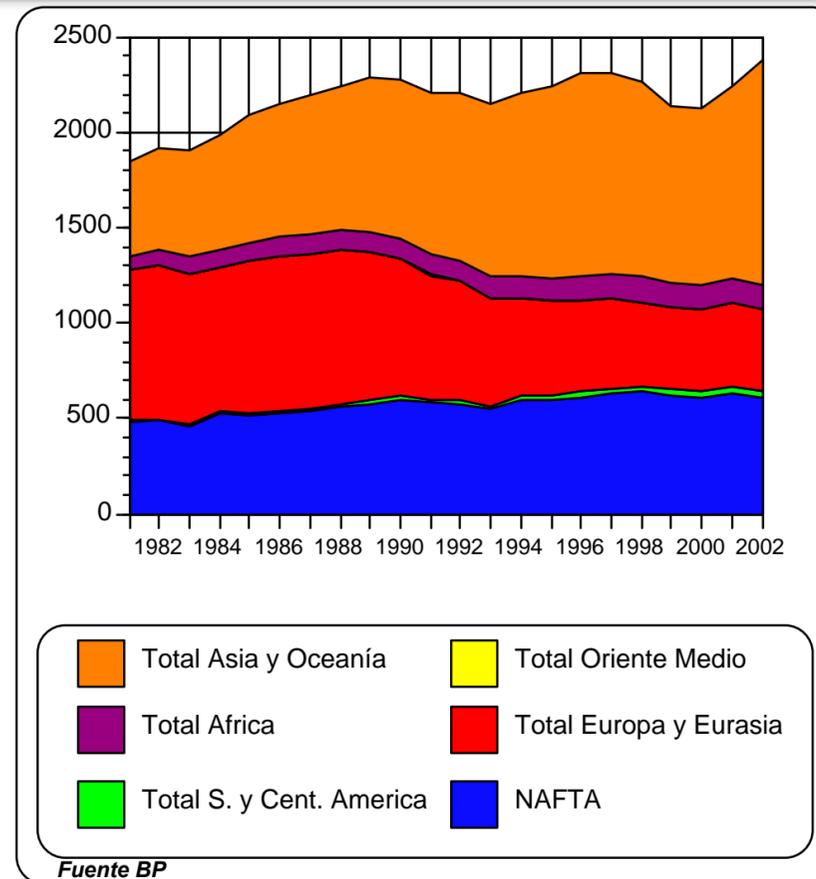


Figura 78. Por su extensión y número de habitantes Asia es también el principal productor de Carbón. A mayor extensión, mayor probabilidad de cuencas carboníferas (ver mapa de cuencas).

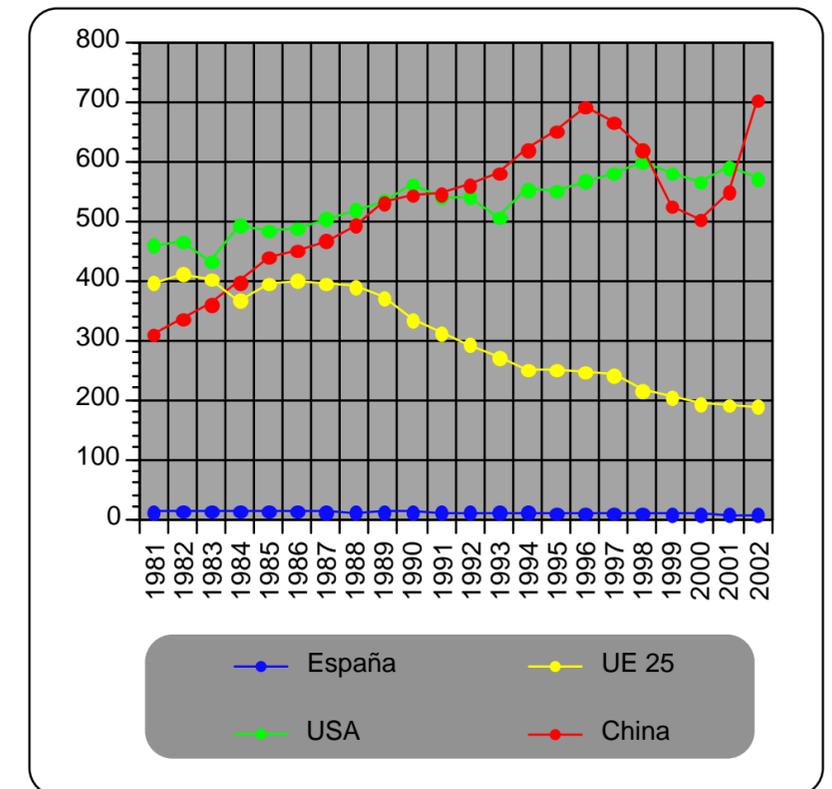


Figura 79. Fuerte descenso de la producción de la UE 25 y obsérvese el crecimiento de la producción, tanto de NAFTA como de China. Esta última en 2002 producía 100 Mtep más que NAFTA. Los compromisos de Kioto son claramente violados por China y en menor peso por NAFTA.

CONSUMO DE CARBON EN Mtep

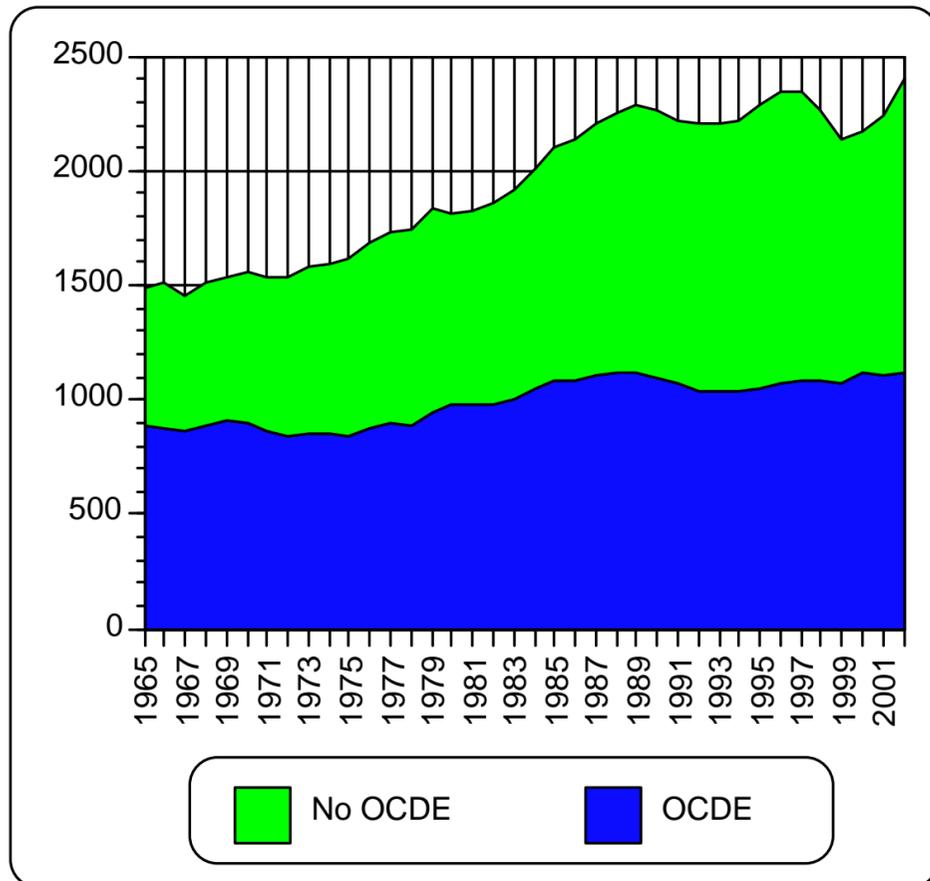


Figura 80. Los grandes consumos en la década de los sesenta hasta mediados de los ochenta, siempre fueron lo países de la OCDE. En la década del 2000, esta tendencias estan cambiando, lideradas por China e India siendo los países de la no-OCDE los principales consumidores.

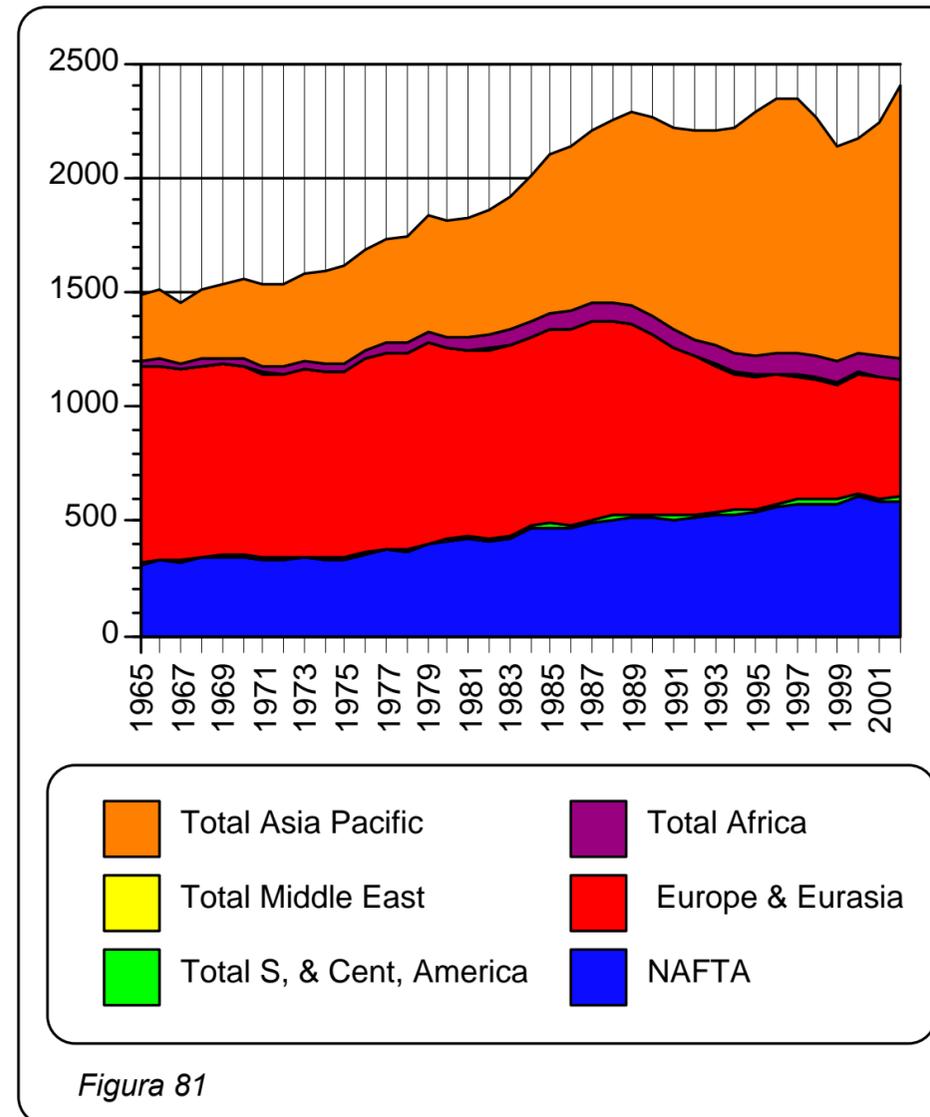


Figura 81

El gran consumo de carbón, además de ser el primer productor mundial, es China (figuras 79 y 82). A pesar de los altos problemas medio ambientales que produce por el efecto invernadero, las tendencias apuntan que con la gran alza del precio del crudo (más de 60 US\$ el barril de tipo Brent a principios de 2006, el consumo del carbón aumentará en la producción de electricidad si bien en centrales de ciclo combinado.

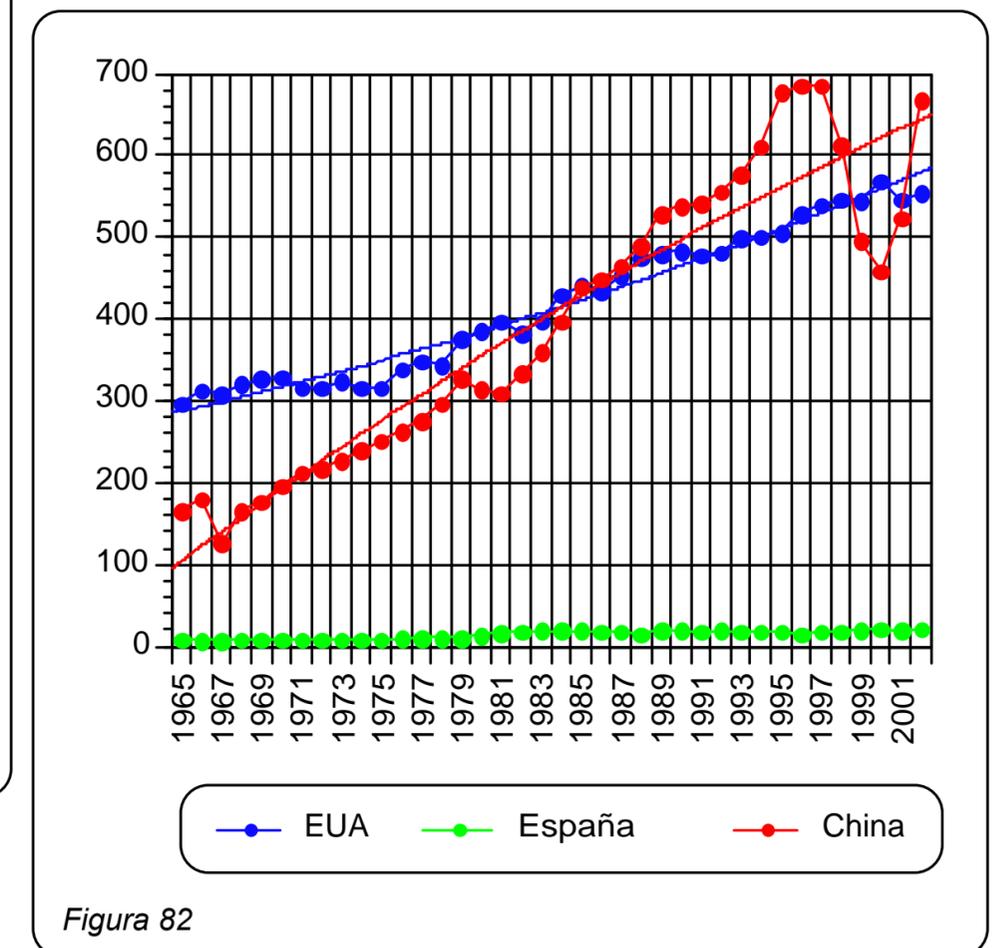


Figura 82

Carbon: Reservas a finales 2004

M tec	Antracitas y Hullas	Sub.bituminosos y Lignitos	Total	Años
TOTAL MUNDO	478.771	430.293	909.064	164
OECD	172.363	200.857	373.220	180
No OCDE	211.895	96.695	308.590	102
EUA	111338	135305	246643	245
Rusia	49088	107922	157010	*
China	62200	52300	114500	59
India	90085	2360	92445	229
Australia	38600	39900	78500	215
Sudáfrica	48750	-	48750	201
UE25	16910	17403	34313	53
Ucrania	16274	17879	34153	424
Kazakhstan	28151	3128	31279	360
Brazil	-	10113	10113	*
Colombia	6230	381	6611	120
Canada	3471	3107	6578	100
Indonesia	740	4228	4968	38
Turkey	278	3908	4186	87

Tabla nº 27

Fuente BP

9.7. LA ENERGIA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es el término utilizado para indicar la energía producida por la salida natural o provocada del calor de la tierra, siendo el vehículo o calor portador principal el agua que se representa en las aguas termales

A pesar de ello se puede inyectar agua en zonas de gradiente geotérmico elevado para dar lugar así a fuentes termales artificiales.

Los recursos geotérmicos, se concentran principalmente a lo largo de los cinturones volcánicos bien definidos, que cubren el 10% de la superficie terrestre. Estos se evalúan en $45 \cdot 10^6$ EJ y las reservas con utilidad térmica en $3 \cdot 10^6$ EJ y las propias para generación de electricidad en 4.000 EJ

Todo ello nos indica que hay dos grandes tipos de recursos geotérmicos:

- los susceptibles de dar vapor de agua o de alta entalpía (entre 150 y 200 °C) que pueden mover turbinas que a su vez generan electricidad.
- Los de baja entalpía con valores inferiores a 100°C pero que pueden dar lugar a un ahorro energético a la industria, servicios urbanos, agricultura y ganadería y doméstico

Entre los recursos de alta entalpía están los de vapor seco que tienen su origen en las altas temperaturas y presiones moderadas en campos volcánicos y zonas semiáridas, y los de vapor, más comunes que los anteriores en los que los reservorios se hallan a alta temperatura y presión en relación directa con un volcanismo activo (Islandia, Nueva Zelanda, etc.).



Ensayos de producción de energía geotérmica de baja entalpía en el Vallés (Barcelona) en 1974

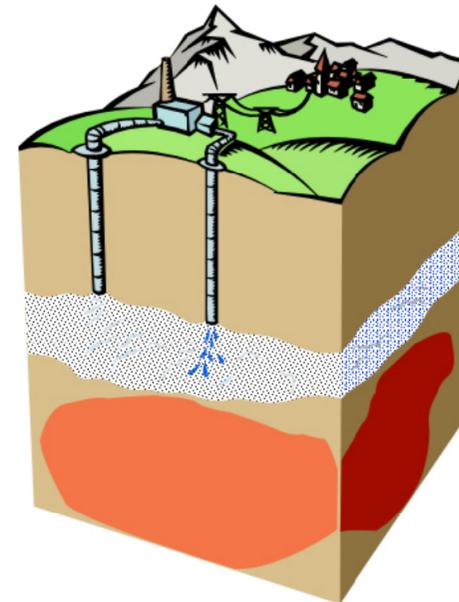


Figura. 83. Explotación figurativa de un reservorio geotérmico

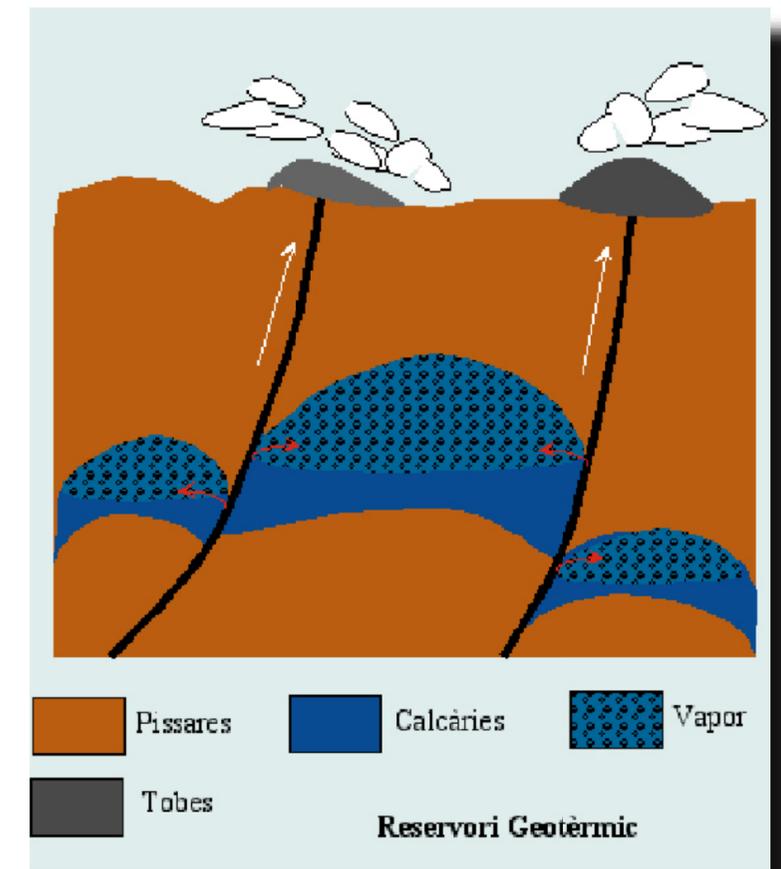


Figura 84 esquema básico de un Reservori en una zona metamòrfica o volcànica en la que las calizas actúan como elemento refractario

9.8. ENERGIA NUCLEAR

Los principales recursos para el desarrollo de la energía nuclear o elemento fisibles son el Uranio y el Torio. Las reservas mundiales de uranio no son muy elevadas a pesar de los grandes yacimientos descubiertos en Australia, Canadá y los EUA en la década de los 80 así como por el impulso de los CIS y China. Como puede observarse en la tabla adjunta la producción de uranio se mantiene alrededor de las 36.000 toneladas anuales, parecida al de la década de los 90.

La situación de la producción de uranio, una vez limitado el uso de armas nucleares, así como por la moratoria (sobre el papel) de las centrales eléctricas por razones medioambientales.

Como puede observarse en el gráfico de la figura, el crecimiento en el uso de la energía nuclear en la generación de electricidad ha sido constante desde la década de los 70, parece no obstante que quedará de manera asintótica hasta los albores del 2010, para volver a ser relanzada con fuerza, mientras no se superen las deficiencias energéticas.

	2001	2002	2003
Alemania	27	212	150
Argentina			20
Australia	7.756	6.854	7.596
Brazil	58	270	310
Canada	12.520	11.604	10.457
China*	655	730	750
Czech Republic	456	465	345
España	30	37	30
EUA	1.011	919	857
Francia	195	20	0
India*	230	230	230
Kazakhstan	2.050	2.800	3.300
Namibia	2.239	2.333	2.036
Niger	2.920	3.075	3.150
Pakistan	46	38	45
Portugal	3	2	0
Rumania	85	90	90
Rusia	2.500	2.900	3.150
Sour Africa	873	824	758
Ukraine	750	800	800
Uzbekistan	1.962	1.886	1.770
Total	36.366	36.063	35.844
NAFTA	13.531	12.523	11.314
UE 25	711	736	525
CIS	7.262	8.386	9.020
Merco Sur	58	270	330
OCDE	21.998	20.113	19.435
No OCDE	14.368	15.950	16.409

Tabla nº 28 Producción Mundial de Uranio en toneladas de óxido de uranio (Fuente Mining Annual Review 2004)

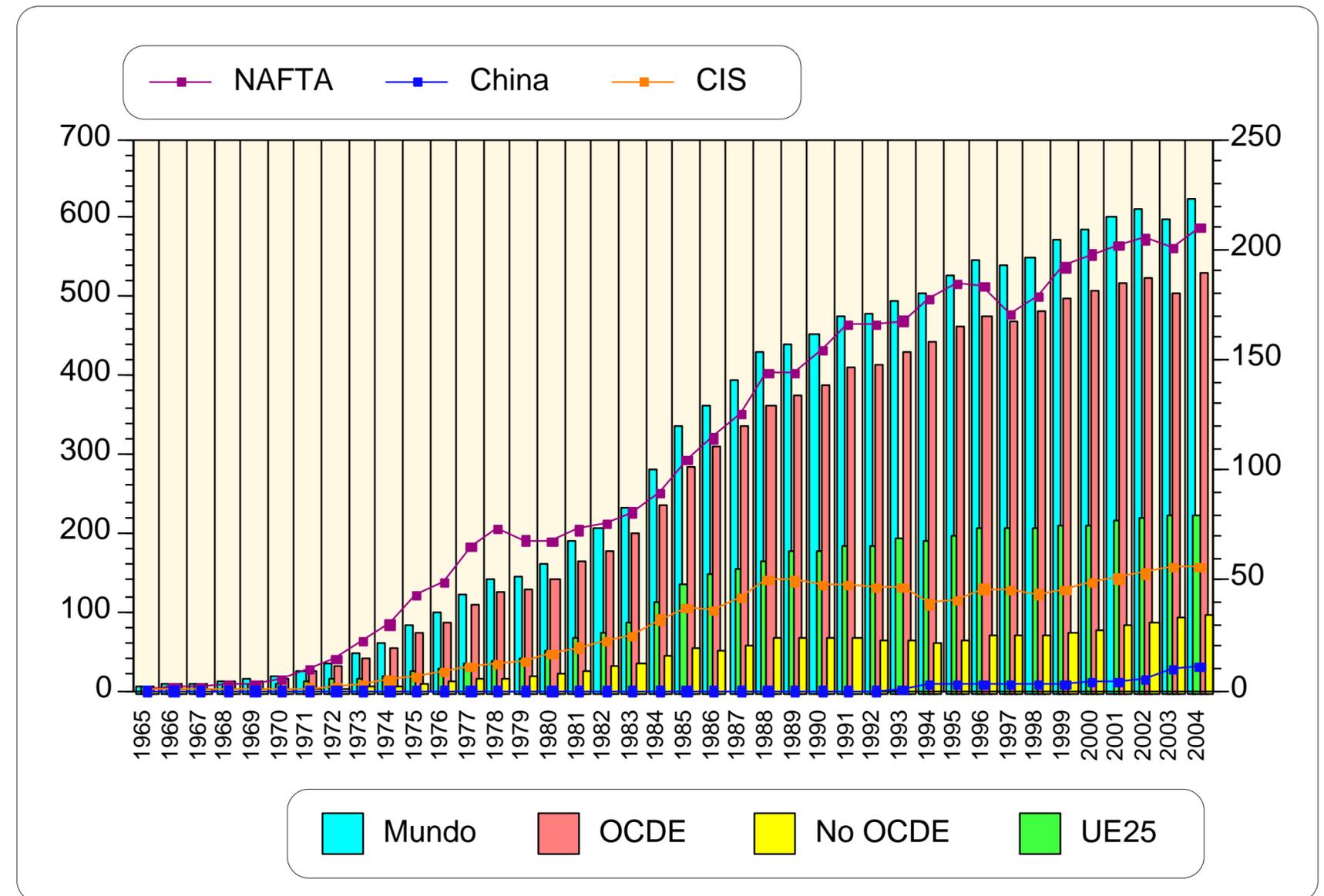


Figura 85. Consumo de energía nuclear en Mtep. Observase la progresión del consumo en energía nuclear desde 1980 y como a pesar de las distintas moratorias, las tendencias de consumo la sitúan en alza.

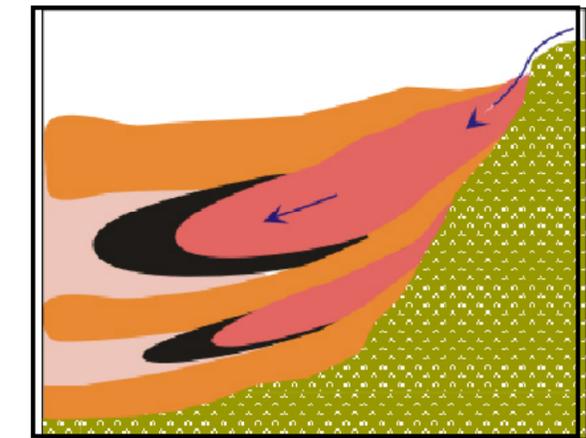
Recursos Mundiales de Uranio (Kt) en 2002 a 80 US\$/Kg



Figura 86. Los yacimientos de uranio son muy variados y su origen están en relación directa con el comportamiento geoquímico del uranio móvil en condiciones oxidantes y su facilidad en precipitar en frente de barreras geoquímicas como son las condiciones reductoras.

En consecuencia, la mayor parte de sus depósitos son de origen exógeno, en el que materiales ricos o con clarkes elevados en uranio, como granitos y sus equivalentes volcánicos y rocas alcalinas s.l, se alteran por procesos de oxidación e hidrólisis, liberando el uranio que es, a su vez transportado por las aguas. Estas pueden circular por rocas permeables como areniscas y conglomerados y precipitar en las zonas dónde las condiciones ya no son oxidantes si no reductoras, como los del tipo "Roll" del ejemplo de la figura 87.

Yacimiento de Uranio del tipo Roll



	Rocas volcánicas ácidas		Arenisca no oxidada
	Arcillas		Arenisca oxidada
	Mineralización de uranio		

Figura 87. Yacimientos del tipo Roll que tienen lugar a partir de la movilización del uranio (U^{6+}) en condiciones oxidantes y su posterior precipitación en zonas reductoras en forma de U^{4+} .



Colorado Plateau 2005

LOS RESIDUOS NUCLEARES

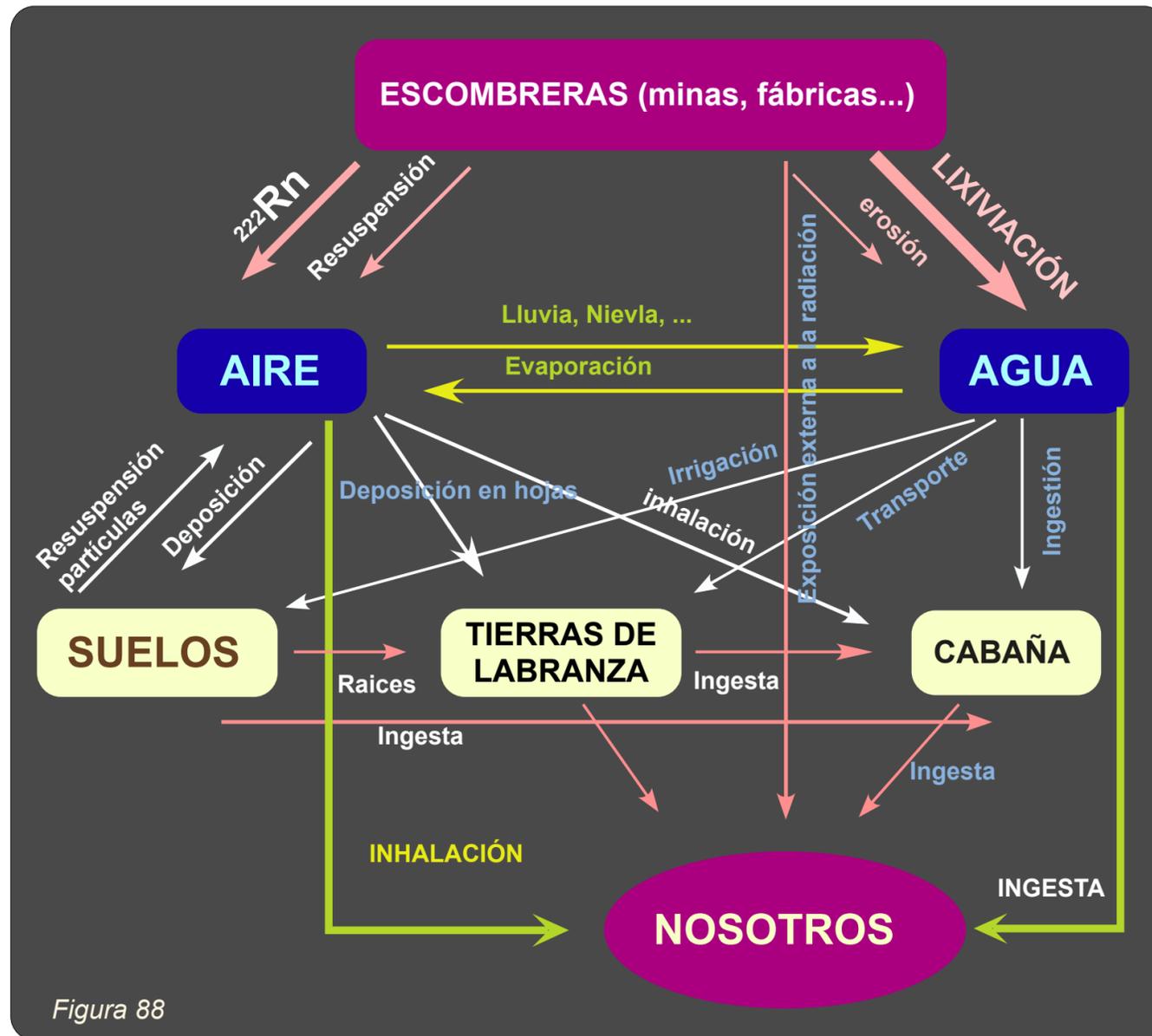
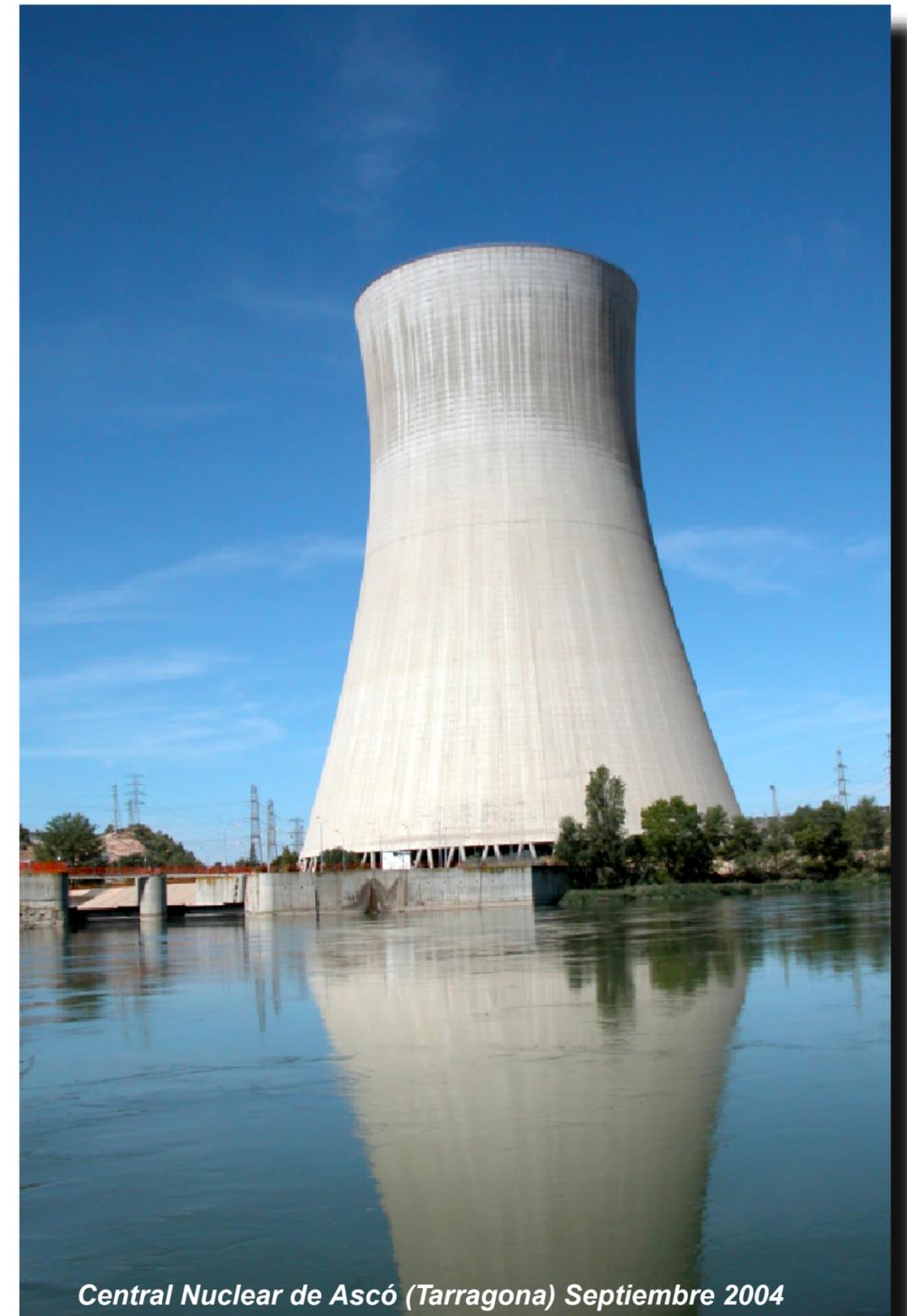


Figura 88

Figura 88. El uranio es una sustancia química, que además de radioactiva es altamente tóxica, comparativamente como el arsénico.

Independientemente de la acción que ejercen distintos radionucleidos procedentes de la desintegración nuclear de las plantas energéticas y de los residuos que generan, la minería de menas radioactivas (uranio), también y en un grado muy elevado, afectan al entorno, si cabe mucho más que cualquier otra actividad extractiva si no se tienen o han tenido las adecuadas precauciones. En el cuadro de la figura 88, puede observarse como la acción sobre la cadena trófica es tanto o más importante que la acción sobre la hidrosfera como de la atmósfera.



LOS RECURSOS HIDROELECTRICOS

La energía hidroeléctrica o hidroelectricidad es la única de las energías convencionales renovables. Esta energía procede de la acción de el agua (energía hidráulica) sobre un rotor que convierte a esta energía en mecánica y esta a su vez en electricidad. Como todas la fuentes de energía primaria que se convierten en secundaria mediante la electricidad, esta es la que menos problemas medioambientales provoca, considerando que no da lugar a un efecto invernadero y que no contamina las diferentes esferas de la tierra. A pesar de ella si da lugar a problemas medioambientales al provocar, los grandes embalses a una ocupación del territorio que además suele ser de gran riqueza agropecuaria. Da lugar también a pequeños cambios climáticos locales y a micro sismicidad.

Esta energía esta considerada como la de los pobres teniendo en cuenta a sus no demasiado elevados costos de implantación ya al usar tecnología y materiales al alcance de todo el mundo.

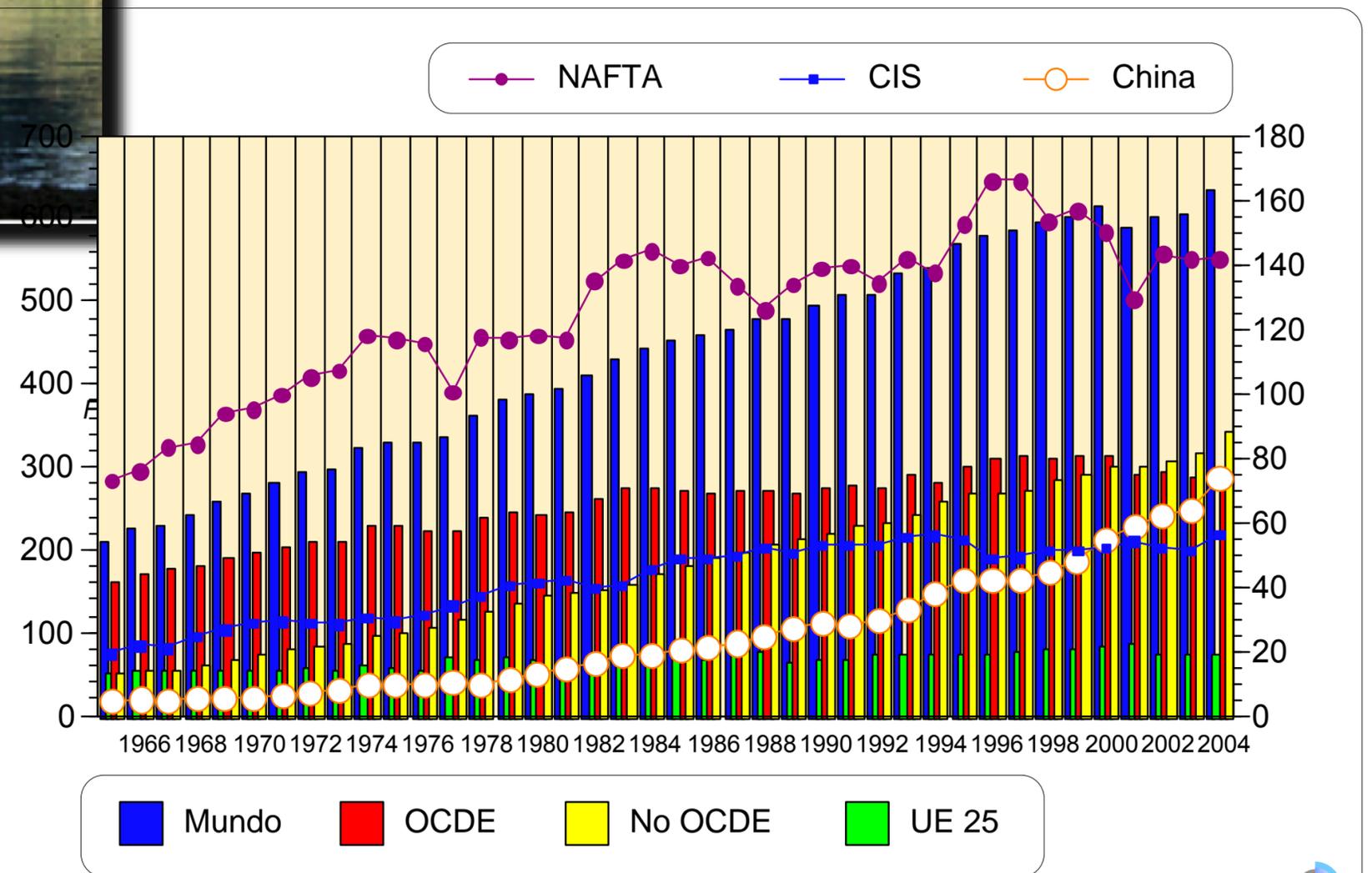


Embalse de Camarasa 1995

En la figura 89, puede observarse como en los países de la OCDE esta energía ha alcanzado el modelo asintótico debido a un casi aprovechamiento integral de esta como recurso. No obstante, los países de la No OCDE les queda aún un largo recorrido a realizar, habiendo alcanzado algunos de ellos como China con la central hidroeléctrica de las tres gargantas un alto nivel de desarrollo.

África es quizás a principios del Siglo XXI la zona en el Mundo donde esta energía presenta aún grandes niveles de potencialidad y si estas no se han alcanzado o proyecto ha sido por la falta de la ayuda internacional a su desarrollo.

GENERACIÓN DE HIDROELECTRICIDAD EN M Tep



10. EL AUTOMÓVIL COMO EL GRAN DEPREDADOR DE LOS RECURSOS NATURALES

¿Porqué consideramos al automóvil, y en concreto el automóvil particular, como el gran depredador de los recursos naturales?

Sin desmerecer la parte obvia de la generación de riqueza que produce y en algunos casos , su gran utilidad.

Por tres grandes razones:

- a. **Por su composición o materiales que requiere en su construcción, independientemente de los materiales necesarios para construirlos como, naves viales maquinaria pesada y ligera, etc.**
- b. **Por el gran dispendio energético debido a su bajo rendimiento en su cometido como trabajo mecánico.**
 - b1. *Gran consumo de energía potencial (petróleo y sus derivados)*
 - b2. *Elevada generación de residuos gaseos y sólidos y en definitiva incalculables costos medioambientales.*
- c. **Por el gran dispendio de territorio y materiales que para su uso se requieren:**
 - c1. *materiales de obra pública en construcción de carreteras, autopistas y viales en general.*
 - c2. *materiales para la construcción de zonas de almacenamiento o estacionamiento.*
 - c3. *Acciones de impacto ambiental preponderantes.*

La composición de un vehículo

Los vehículos son los elementos que mejor esponen la necesidad de los recursos litosféricos y en consecuencia de su dependencia.

En efecto, estos estan compuestos de una serie de materiales que de forma directa o indirecta requieren estos recurso sean metálicos, industriales o energéticos (ver tabla).

Materiales (Kg)	Vehículo producido en :	UE	Japón	EUA
Hierro y acero Kg		656,0	916,9	963,5
Plástico		164,0	128,3	115,0
Vidrio		28,7	35,6	40,3
Goma (neumáticos incluidos)		41,0	39,4	60,4
Metales (cobre, plomo y cinc)		29,7	78,7	115,0
Otros		51,3	27,9	57,5
Peso medio Total en Kg		970,7	1.226,8	1.351,7

tabla nº29

Si consideramos el vehículo japonés como el mas estandarizado y lo tomamos como base para determinar una futura demanda de sus componentes y si además consideramos que tanto China como India, las dos grandes potencias emergentes, quieren aproximarse a unos niveles modestos de bienestar con respecto al de los países de la OCDE que en el 2005 poseían una media de más de un vehículo por cada dos habitantes (ver figura 8), tendremos que para dentro de un mínimo de 20 años o un máximo de 30 años, la necesidad de construir unos 900 millones de vheículos mas.

RELACIÓN DE VEHÍCULOS - HABITANTES - CARRETERAS - SUPERFICIE

Si tomamos como un supuesto las necesidades futuras sólo por China e India, y elegimos el modelo japonés de vehículos, veremos que para su construcción y uso serán necesarios:

A. La producción de más de 800 millones de toneladas accesorias en acero, lo que equivale prácticamente al consumo anual de acero de todo el mundo, Si tenemos en cuenta además, el acero necesario para la construcción de las infraestructuras que deberían acoger los sistemas de producción no tan solo del automóvil si no de la maquinaria para extraer el hierro (figura 1), procesarlo, transportarlo, fundirlo, laminarlo, etc. nos encontraremos que prácticamente se necesitaría la producción de dos años de acero del mundo solo para suplir estas necesidades.

Se necesitarán construir autopistas, viaductos, viales en general y zonas de aparcamiento para estos vehículos lo que significa que si China + India, quieren alcanzar una meta de un vehículo por cada 6 habitantes (un tercio de los vehículos que en 2004 poseían los habitantes de la UE25), se necesitará construir casi 5 millones de kilómetros entre autopistas (10%) y carreteras. Ello equivaldría a un consumo complementario de 300 millones de toneladas de acero adicionales más.

B. Las necesidades de metales base como el cobre, cinc, plomo y estaño para la construcción de estos vehículos (tabla nº 29) requerirán a su vez 56,6 millones de toneladas en conjunto de estos metales, lo que significa la producción mundial de más de dos años de todos estos metales base (tabla nº 10). Esta demanda complementaria afectaría automáticamente a la propia, a la del acero y otros minerales tal como se describe en el ejemplo de la figura 1. Ello, si sucede hipotecará las reservas base de la mayoría de los metales.

C. **Minerales industriales:** si cada vehículo contiene una media de 35,6 Kg de vidrio significa que se necesitarán más de 33 millones de toneladas de vidrio adicionales en los años venideros con lo que representa sobre una demanda adicional de arenas silíceas (tabla 18), boratos, caolín, feldespatos, calizas, sienitas nefelínicas, cuarzo, carbonatos y sulfatos de sodio (ver anexos).

D. Se requerirán más de 115 millones de toneladas de plásticos, material de la producción de la industria petroquímica o derivados del petróleo, lo que requerirá una sobre demanda de estos.

E. **Caucho, incluidos neumáticos.** Este material procede en su mayor parte del proceso del caucho. Teniendo en cuenta que se requerirán más de 36 millones de toneladas significará: aumento de superficie de cultivo; aumento en el consumo de agua, aumento de elementos fertilizantes (ver tablas 1 y 2 y figura 7 y anexos), más maquinaria agrícola .

F. **Aglomerados asfálticos.** Una demanda de carreteras pavimentadas para este volumen de nuevos vehículos puede representar un complemento para India y China de más de 22.000 millones de toneladas de aglomerados asfálticos.

G. **Combustible.** ¿Cual de los combustibles se requerirán?: ¿ hidrógeno?; ¿metano?; ¿gasóleos y gasolinas? y/o ¿alcoholes y biodieseles?. Si el combustible utilizado son gasolinas y los gasóleos y aún reduciendo su consumo a un 30% , por una mejora energética de estos vehículos, el consumo de gasolinas se incrementaría a más 442 millones de toneladas anuales a partir de 2020 y sobre los 250 millones de toneladas de diesel para las mismas fechas, Hay que indicar que en 2004 el consumo mundial de gasolina fue de más de 1.000 millones de toneladas y más de 650 millones de toneladas de diesel. Con las reservas actuales de crudo, este incremento en el consumo, las hará reducir a menos de 20 años.

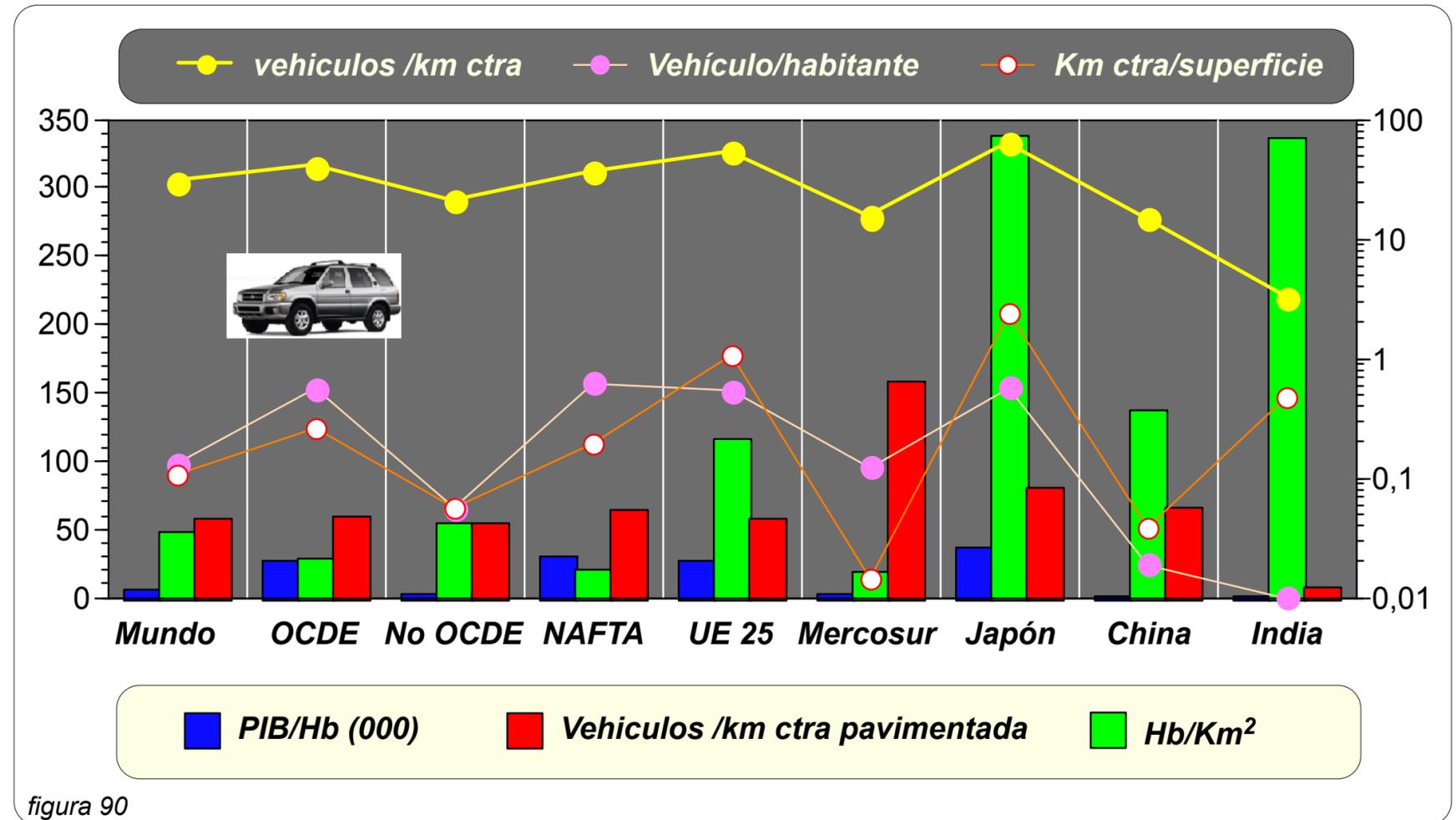


figura 90

11. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EXTRACTIVA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Todo operativo minero es considerado por los medioambientalistas como una fuente de problemas y una de las causas principales de la agresión al medio ambiente. Esta acepción considerada tan solo en parámetros medioambientalistas, es rigurosamente cierta debido a la extensión que esta comporta.

En efecto: bajo el punto de vista de lo que la minería representa en el conjunto de las materias primas (Chalmin, 1984) y en la importancia relativa en el comercio mundial estas materias primas representan más del 45% del valor del comercio internacional, siendo los combustibles el 24%, los productos agrícolas el 15% y los metales el 5%. En el conjunto de las materias primas, los productos mineros se representan como:

- **minerales y metales (hierro y no féreos)**
- **productos no metálicos o minerales y rocas industriales (fosfatos, potasas, perlitas, etc.) y aguas minerales**
- **combustibles (petróleo, gas, carbón, etc.).**

en el que los combustibles representan el 53% de los intercambios (44,5% el petróleo).

Este movimiento y la importancia cualitativa y cuantitativa que la minería representa es obvio que se refleje en el entorno tal como se observa en la tabla 1 sobre las actividades humanas y su relación con el crecimiento mundial.

Si observamos el ciclo de las materias primas reflejada en la Figura 19, observaremos que los efectos mas perniciosos para el medio ambiente empiezan a desarrollarse durante la explotación, beneficio y transformación (metalúrgia y petroquímica) y el resto de los efectos agresivos se suceden en la fase de la industria clásica.

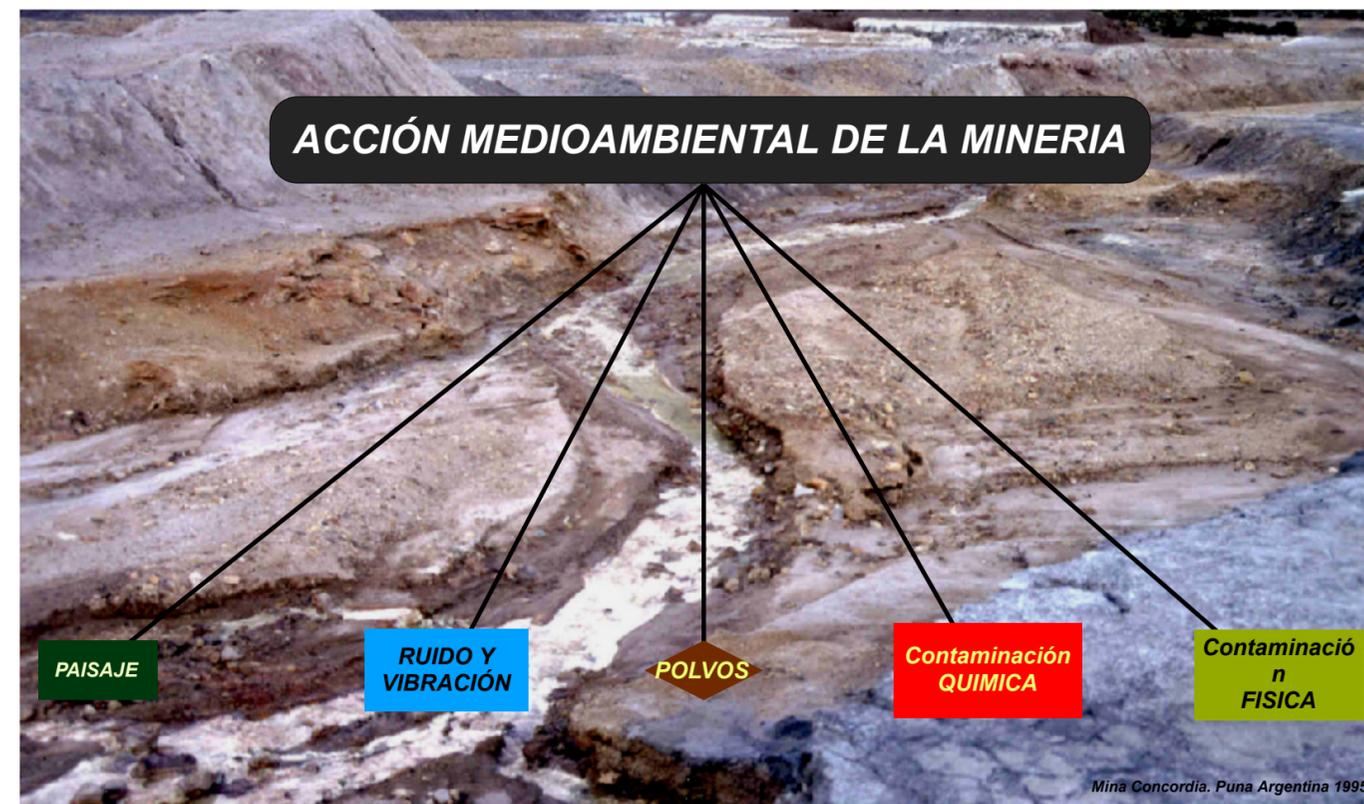


figura 91

Grado de conflicto que la industria minera origina, de forma genérica, pueden agruparse en:

A. Destrucción del paisaje

- degradación visual del entorno.
- distorsión de los cursos de agua.
- destrucción del ambiente agrícola y forestal.
- daños a las zonas de recreo y esparcimiento.



Minería de oro de Markof, California 2005

B. Contaminación por ruidos y vibraciones

- voladuras y perforaciones
- plantas de tratamiento (machacadoras, cribas, molinos, etc.)
- tráfico rodado (dumpers, palas, etc.)

C. Contaminación por polvos (aerosoles)

- voladuras y perforaciones
- plantas de tratamiento (machacadoras, cribas, molinos, etc.)
- tráfico rodado (dumpers, palas, etc.)

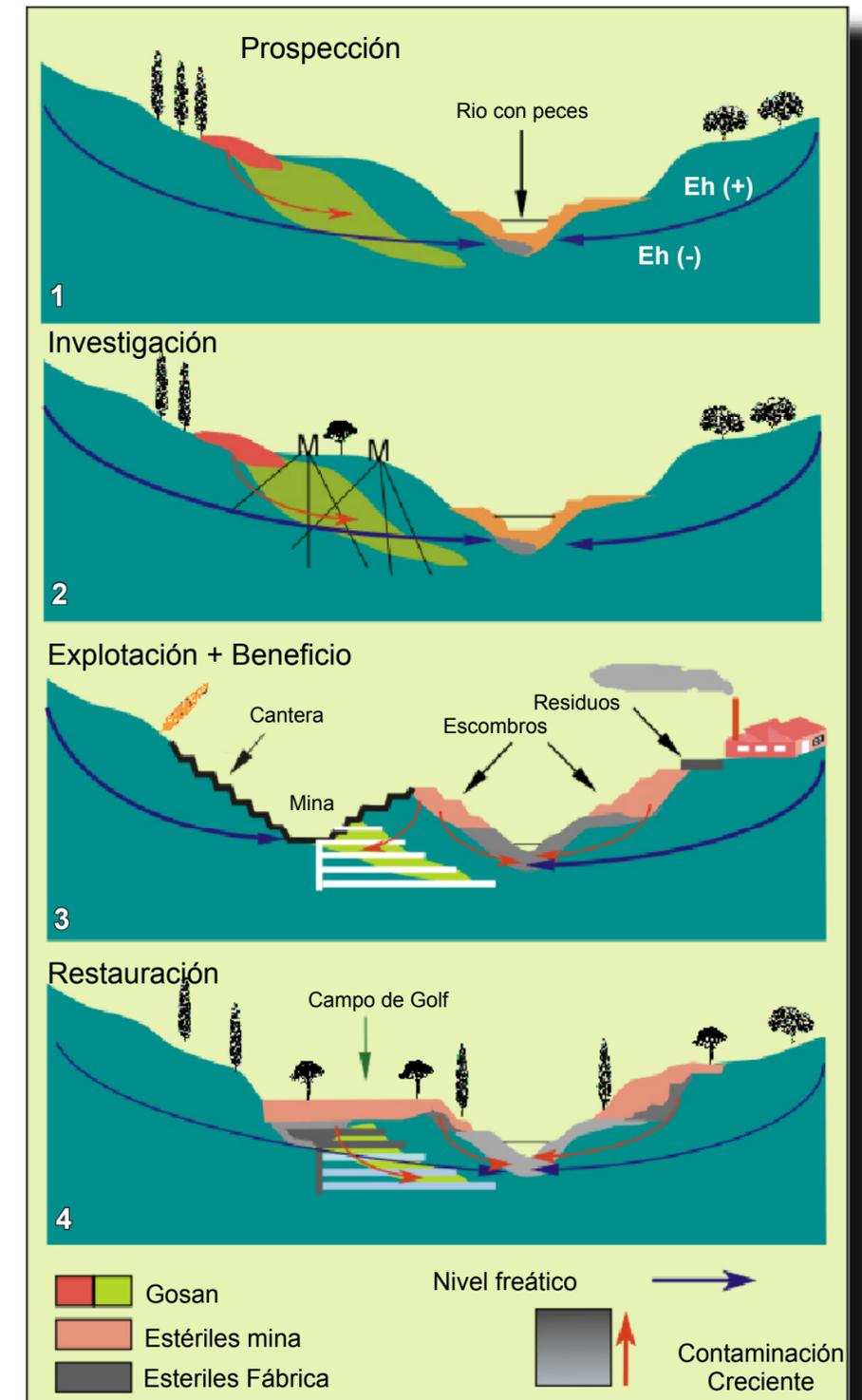
D. Contaminación química

- activación por oxidación e hidrólisis de los elementos naturales propios de los materiales terrestres y liberación de estos en aguas superficiales y subterráneas y alteración del ciclo geoquímica del paisaje
- polvos
- alteración del ciclo geoquímico por aporte de elementos extraños al medio, en las plantas de tratamiento y de beneficio.

E. Contaminación física.

- erosión
- subsidencias

El paisaje de la industria minera



LAS ESOMBRERAS, COLAS Y/O DESECHOS MINEROS .

LA UTILIZACIÓN O REUTILIZACIÓN DE DESECHOS MINEROS: implica

- Reducción de los problemas ambientales
- Conservación de los recursos al ser estos remplazados por materiales naturales.

vías de utilización en función de: la alteración, el contenido en azufre, agua, álcalis, etc.)

- Materiales poco alterados y con contenidos bajos en azufre pueden ser utilizados como materiales de relleno (escolleras, terraplenes, etc.)
- Materiales alterados pero con bajos contenidos en azufre pueden, una vez machacados, cribados y lavados utilizarse como cargas inertes o como áridos para hormigones o sinterizados como agregados ligeros.
- Beneficio de metales raros o recuperación clásica en función de nuevas tecnologías.

Etapas de investigación

- Definir la propiedad y derechos de los yacimientos de origen no natural (Art.46 al 50 del Reglamento de la Ley de Minas (Ley 22/73)
- Localización, cuantificación y tipificación de los desechos
- Determinación de los usos si los hay
- Determinar las necesidades locales y su competencia con respecto a los productos propios de cantera.
- Definir los problemas técnicos para su uso en un proceso de elaboración, determinar el costo del producto y el cumplimiento de las especificaciones de estos.
- Determinar los posibles beneficios.



Pueblos mineros en California usados como atractivo turístico y zonas lúdicas en general (2005)



Volumen de Residuos mineros generados en 2003 en Millones de m³

Superficie que ocuparían los residuos generados por la industria extractiva entre 2002 y 2004

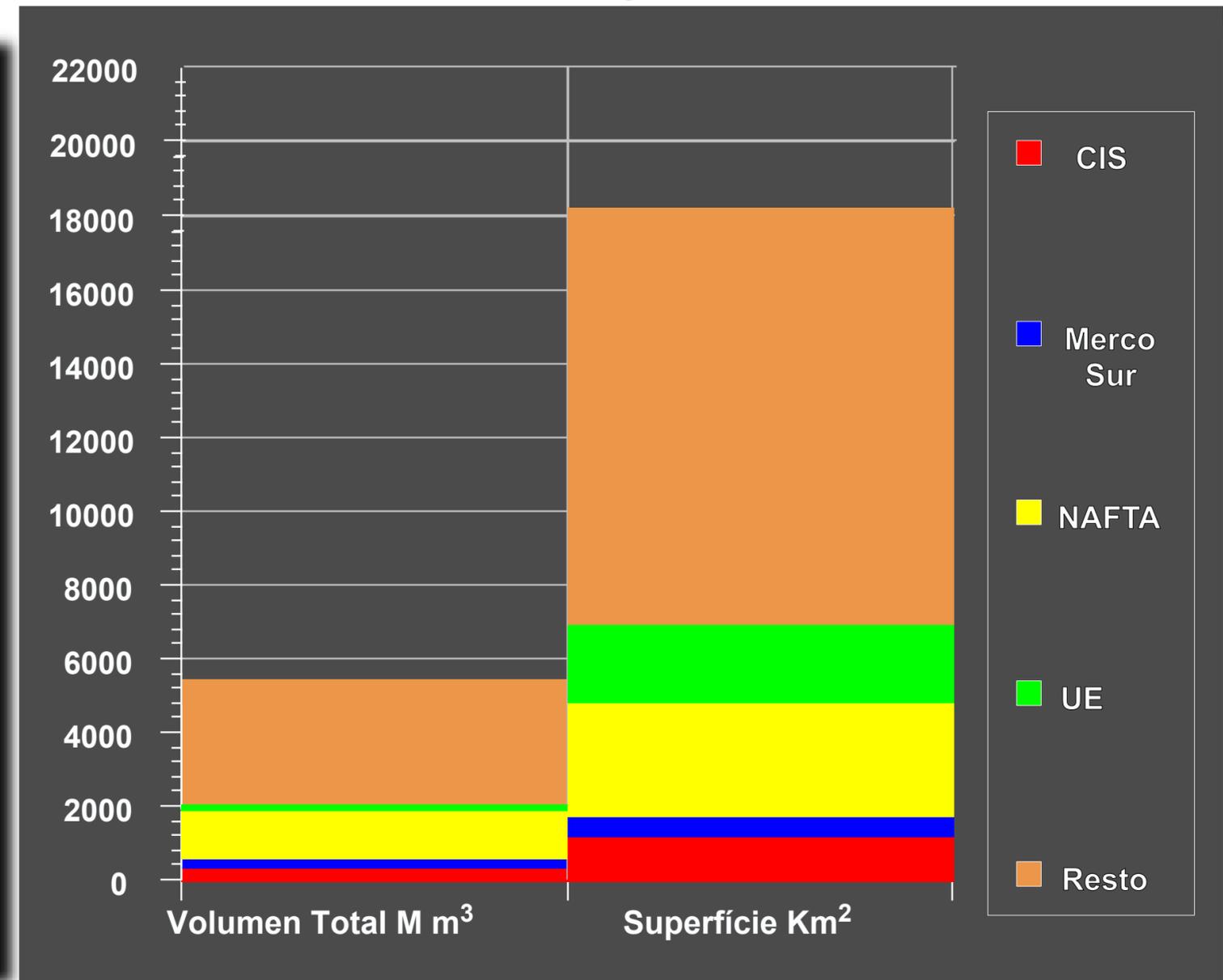
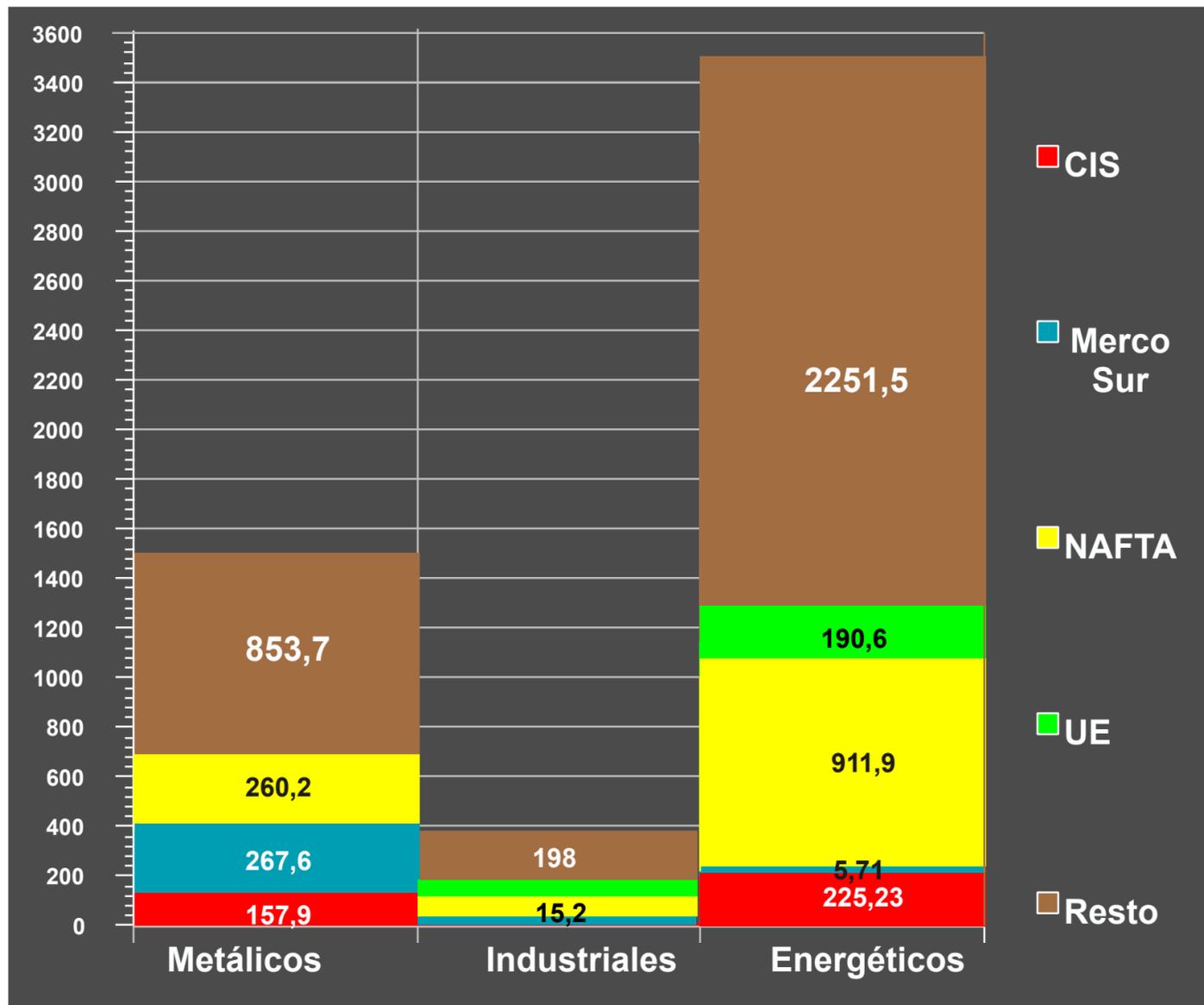


Figura 92. Volumen generado de residuos por la industria extractiva, sin contar con la de las rocas, en un año y superficie que estos residuos ocuparían con un espesor de un metro en tres años (Elaboración propia)

EQUIVALENCIAS



Año 2002-2004	Superficie en Km ²	Equivalente a:	Últimos 75 años	Equivalente a:	Hasta 2150
Mundo	18.084,9	Alemania	351.132,3	Argelia	2.347.258
CIS	1.224,6	Bélgica	25.715,6	Camboya	186.132
Merco Sur	615,8	Jamaica	10.832,2	Rep. Checa	78.404
NAFTA	3.730,7	Irlanda	65.744,1	Marruecos	475.862
UE 25	2.110,6	Dinamarca	44.321,7	Alemania	362.353
Resto del Mundo	10.403,2	Oman	203.767,2	Mongolia	1.474.887
OCDE	7.638,3	Grécia	139.404,3	Egipto	1.009.022
No OCDE	10.446,6	Síria	185.587,3	Peru	1.343.298

Tabla nº 30 . La producción de estériles mineros entr 2002 y 2004 cubrirían una superficie equivalente a 18.000 Km² con un metro de espesor equivalente a la de Kwait o a la mitad del Principado de Catalunya.. La Producción mundial de estériles mineros desde 1930 hasta 2004, equivaldría a una superficie como la de Alemania. La previsión en la generación futura de residuos, entre 2003 y 2150 equivaldría a la superficie de Argelia. Se han realizado equivalencias por los distintos sectores económicos.

EL AGUA EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA :Usos y Contaminación

Utilización	Tipo de contaminación
Extracción del mineral	Contaminación por partículas
Refrigeración de maquinaria	Fugas involuntarias: todo tipo de contaminantes aceites y productos de refrigeración (orgánicos)
Planta de tratamiento	Partículas y reactivos
Transporte del mineral	Partículas y reactivos
Uso doméstico y mantenimiento	Clásica

Tabla nº 31

Uso del agua en la Industria Extractiva

	l/t	Minería	Proceso	Otros	Total
Carbón Bituminoso		38	1.968	49	2.073
Cobre		68	3.263	629	3.961
Oro		4.260	273	413	4.946
Hierro		19	5.412	656	6.087
Fosfatos		3.631	18.264	993	22.888
Arenas y gravas		208	1000	4	1.212

Tabla nº 32

AGUA USADA EN LA MINERIA DE LOS EUA

10 ⁹ l/año AGUA	Nueva	Reciclada	TOTAL	Liberada	Consumida
Antracita	64	56	121	59	5
Carbón bituminoso	121	525	645	99	22
Arcillas	27	6	33	24	3
Cobre	307	355	662	192	115
Oro	207	16	299	204	3
Hierro	427	529	955	401	26
Transporte Au y Zn	87	7	94	81	6
Fosfatos	444	1.021	1.465	330	114
Arenas y Gravas	825	465	1.290	781	43
Trituración	191	61	252	178	13
Uranio	27	4	31	16	11

Tabla nº 33

PRINCIPALES PRODUCTOS QUE PUEDEN DAR ORIGEN A UNA CONTAMINACION EN LA INDUSTRIA EXTRACTIVA

PRODUCTOS NATURALES PROPIOS DE LA MINERALIZACION

- **Sólidos** (cualquier tipo de fragmento rocas o mineral). Pueden ser transportados en suspensión.
- **Elementos en solución:**
 - **Aniones:** sulfatos, carbonatos, etc.
 - **Cationes:** hierro, manganeso, mercurio, uranio, arsénico, plomo, cinc, cadmio, níquel, cobalto, cromo, etc.
 - **Complejos, Coloides, etc.**

LAS AGUAS ACIDAS (Tabla nº)

Productos: Agua, Oxígeno, Bacterias, Sulfuros (piritas).
Observación visual: formación de oxihidróxidos de hierro de color ocre-amarillento o "Yellow Boy".
Ejem.: 1 t de carbón con 1% de azufre puede producir 15 Kg de "yellow boy" y 25 Kg de H_2SO_4 .

CLASIFICACION DE LAS AGUAS MINERAS

CLASE	pH
Altamente ácidas	1,5 a 4,4
Blandas, ligeramente ácidas	4,9 a 7,1
Duras, neutras a alcalinas	7,1 a 8,5
Blandas, alcalinas	7,4 a 10,8
Muy salinas	6,0 a 9,1
Blandas, ácidas	3,4 a 5,4

Tabla nº 34



Minas de Mazarrón (Murcia, 1978).

MINERIA PRODUCTORA DE AGUAS ACIDAS

- **MINERIA DE LA PIRITA**
- **MINERIA DE LOS SULFUROS COMPLEJOS**
- **MINERIA DEL COBRE**
- **MINERIA DEL URANIO**
- **MINERIA DEL CARBON, principalmente lignitos o carbones de baja calidad.**
- **MINERIA DE LA PLATA Y DEL ORO CON ARSENOPIRITA Y PIRITA DE GANGA**
- **MINERIA CUYA GANGA Y/O ESTÉRILES CONTENGA SOLO MODERADOS CONTENIDOS EN PIRITAS, PIRROTINAS O CALCOPIRITAS**

Los parámetros de control de los efluentes de una explotación a cielo abierto y de los desmontes que esta comporta se pueden clasificar en lo referente a la tabla nº .

PARAMETROS DE CONTROL DE LOS EFLUENTES DE UNA EXPLOTACION MINERA

<i>pH</i>	<i>Arsénico</i>	<i>Mercurio</i>
<i>Temperatura</i>	<i>Cadmio</i>	<i>Níquel</i>
<i>Sólidos disueltos</i>	<i>Calcio</i>	<i>Nitratos</i>
<i>Conduct. Electr.</i>	<i>Cromo</i>	<i>Fósforo</i>
<i>Alcalinidad</i>	<i>Cobre</i>	<i>Potasio</i>
<i>Dureza</i>	<i>Fluoruros</i>	<i>Selenio</i>
<i>Carbonatos</i>	<i>Hierro</i>	<i>Sodio</i>
<i>Bicarbonatos</i>	<i>Plomo</i>	<i>Sulfatos</i>
<i>Aluminio</i>	<i>Magnesio</i>	<i>Zinc</i>
<i>Amonio</i>	<i>Manganeso</i>	

Tabla nº 35



Desastre de Aznalcollar 1999

12. SOSTENIBILIDAD

El Planeta Tierra esta constituido por cuatro esferas (figura 3, Pág. 9), una de ellas, la que mayoritariamente nos ocupa en esta presentación, es la Litosfera. Esta, contiene además del espacio o territorio no marino, todos los elementos minerales, rocas y el 85% de los recursos energéticos (denominados no renovables a escala humana pero si renovables a escala geológica), que las especies que ocupan otra de las esfera, la biosfera, necesitan y de forma desmesurada una de ellas como el hombre, desde hace algo más de un siglo. Además de los recursos de la litosfera, el hombre así como también las otras especies de la biosfera y sin olvidar que todos ocupan el espacio litosférico, necesitan de la hidrosfera o el agua como recurso y también la cuarta esfera o atmósfera con su recurso vital, el oxígeno.

Hemos visto a lo largo de este trabajo, la evolución de la producción y consumo desde mediados de los setenta del siglo veinte hasta principios del siglo veintiuno, de una parte de las más de ochenta sustancias que la litosfera proporciona. Sustancias consideradas algunas, como elementos base de toda la agricultura y por tanto de la agricultura ya que sin ellas no son posibles una agricultura extensiva y como consecuencia la posibilidad de alimentar a los más de 6.400 millones de habitantes de la primera mitad de la primera década del 2000.

Otras sustancias como los metales y los minerales industriales son la base o materia primera de la industria manufacturera para la fabricación de máquinas y herramientas para la propia industria, para la agricultura, para los servicios, incluyendo el ocio y por que no indicarlo, también para material bélico.

Todo el movimiento y trasiego de las materias primeras así como sus productos resultantes requieren de una potente obra pública y un tejido de redes viarias, portuarias y aeropuertos para cuya construcción se requieren ingentes cantidades de rocas, metales, agua y como no, energía.

Sobre esta última y tal como ya se ha mencionado, la mayor parte de la energía convencional, a excepción de la hidráulica, son materiales o combustibles sólidos, líquidos y gaseosos extraídos de la litosfera . Estos requieren a su vez un comburente que en su práctica totalidad es el oxígeno que procede de la atmósfera. Solo unas pocas sustancias por sus características de ser fisionable y desprender grandes cantidades de energía son exclusivas de la litosfera como el Uranio y Torio.

Se observa que el crecimiento de la población mundial va en paralelo con el aumento cada vez mayor de la riqueza global (Figura 4). Esto hace pensar que el acceso a los productos manufacturados o mejor dicho a los productos que inciden sobre una mayor calidad de vida como electrodomésticos, vehículos y otros ensere, están al alcance cada vez de un mayor número de habitantes. Sin embargo hasta cierto punto la realidad es bien distinta y el futuro aún más preocupante. En efecto: los países de la OCDE que apenas alcanzan el 15% de la población mundial, poseen más del 75% de la riqueza mundial, el 45% de las carreteras con tan solo el 25% de la superficie y además, el 64% del parque de vehículos del mundo. Otro ejemplo y quizás aún mas gravoso lo representan NAFTA, ya que ellos solos poseen el 32% del parque automovilístico mundial porcentaje equiparable al consumo de la mayor parte de los recursos litosféricos que se presentan en este trabajo. La UE25 es bastante mas moderada en el consumo generalizado, teniendo más habitantes que NAFTA. En su conjunto los países de la OCDE tienen además unos gastos agrícolas que requieren grandes dispendios de recursos minerales, agua y energía para alcanzar cuotas en su alimentación que no necesitan (obesidades manifiestas) y sin embargo continua existiendo hambre en el mundo, con una cuota en número de habitantes que paradójicamente es similar a la de los habitantes de la OCDE.

Que el 15% de la población mundial consuma además y de manera sistemáticamente el 72% de la Gasolina, el 72% del queroseno de aviación y el 67% del gasóleo quizás pueda empezar a preocupar a mucha gente. ¿Se necesitarán dos o mas planetas en un futuro próximo para que el 85% restante de la población mundial pueda disfrutar de lo mismo que el 15% actual?. ¿Peligra el planeta Tierra si el 85% restante de sus habitantes quieren disfrutar de los mismos recursos?.

Por supuesto que peligra un parte de lo que conforma este planeta y esta parte, es una parte de la Biosfera en la que la especie humana está ubicada por tanto bajo el punto de vista ético debemos de estar preocupados por nuestra propia supervivencia pero bajo el punto de vista puramente físico no cabe ningún temor por el Planeta. En efecto : los geólogos, geofísicos, astrofísicos, científicos en general saben que el Planeta es un sistema cerrado salvo por algunos aportes externos y que dentro de 10 ó 100 millones de años, la corteza continental y oceánica sufrirá cambios sustanciales como así ha sucedido en Eras y Períodos anteriores, sin que nosotros podamos hacer absolutamente nada. Hay que recordar que a finales de 2004 un pequeño movimiento de una placa tectónica originó una catástrofe humana que no ha afectado ni a la litosfera, ni a la biosfera, ni a la atmósfera y en definitiva al planeta. La Tierra, como es sabido tan solo desaparecerá cuando dentro de unos quince mil millones de años, sea engullida por su estrella el Sol. El hombre modificará en parte la atmósfera por una serie de aerosoles expedidos por la combustión, y a la Tierra qué; la hidrosfera permanecerá intacta pero con más hidrocarburos y metales pesados disueltos y qué; la biosfera cambiará de especies vegetales y animales como ha hecho en épocas anteriores, y qué y por último la litosfera, tal como ya hemos indicado se modificará y lo que hemos definido como recursos minerales, en parte redistribuidos por la propia acción antrópica.

Por ejemplo, la zona dónde se ubica mi ciudad, la ciudad de Barcelona, cuando la fundó el cartaginés Almilcar Barca sus suelos o el conjunto del territorio que ocupa, el llano de Barcelona, tenía unos contenidos geoquímicos en metales (habitáculos y sus contenidos, vehículos, etc.) o en hidrocarburos que podrían ser considerados como fondos o "back ground" en el siglo XIV estos fondos ya pasaron a anomalías posibles y probables a mediados del siglo XX en el 2006 toda Barcelona es una anomalía cierta en prácticamente todos los elementos que ocupan la tabla periódica. En la actualidad todo el territorio que conforma la ciudad y que podríamos definir como "Basurése" y formar parte como depósito complejo de metales e incluirlo en la figura 11 y unas reservas a la vista como las de la figura 10. Quizás sea por esto que su Consistorio pretenda declarar a la Ciudad como SOSTENIBLE. Por desgracia la acumulación de energía o elementos energéticos no ha seguido la misma pauta que los metales, minerales industriales y rocas ya que la energía empleada desde Almilcar Barca prácticamente ya se ha disipado en forma de calor, no obstante a ello algunos siguen empeñados en declarar a la ciudad como SOSTENIBLE.

En conclusión dos cosas podrán suceder en un futuro inmediato incluso antes de que los recursos, tal como se ha ido indicando en este trabajo, se agoten con precios competitivos: que la acción del hombre modifique el ecosistema hasta llevarlo a su propia extinción o que la necesidad de obtener estos recursos a buen precio se inicien guerras de rapiña como la que ya ha acontecido con la guerra de Irak en 2003. Lógicamente las dos acciones pueden darse de forma simultánea.

¿Como se generarán estas situaciones?. Sin pretender ser agoreros es por todos conocidos que una tercera parte de los habitantes del Planeta constituidos en dos sociedades milenarias han decidido situarse, como mínimo a la misma altura de los países con elevado bienestar, bienestar sólo alcanzado por una parte y no el todo de la población de estos países que conocemos por OCDE. Será interesante seguir la evolución de estas sociedades, la China y la India. La primera recién salida de un estado materialista que ha generado una base social con una elevada formación y con objetivos bien definidos que tiene además un extenso territorio con recursos minerales, la mayoría de los cuales han empezado a ser explotados a partir de la década de los 70 del siglo XX y que como ya veremos se ha situado a la cabeza en la producción de ellos. Su población no se rige con los mismos activos morales occidentales y por consiguiente la suerte con la OCDE está ya echada.

La India, con un territorio menor, ha sido objeto de la explotación sistemática desde el siglo XIX, lo que significa menores reservas minerales. Presenta una formación de sus castas dominantes al estilo Occidental con un elevado grado tecnológico, castas que durante siglos han sabido, utilizando la herramienta de la religión, conformar a la mayoría de su población en un estado de conformismo pensando en futuras reencarnaciones que les permitan mejorar en su estatus. A mi entender, India es una Incógnita.

Las grandes economías emergentes. China e India

Algunos datos:

Minerales Metálicos e Industriales.

China en 1983 (Giraud, 1985) ocupaba el 6º lugar en valor (2.567 M US\$ 1978) que representaba el 4,14% de la producción mundial de materias primas minerales (energéticos no incluidos) detrás de la antigua Unión Soviética (12.857 M US\$ 1978, 20,73%); los EUA (8.766 M US\$ 1978, 14,14%) y de R. Sudáfrica, Canadá y Australia.

En 1992 China fue el primer productor de materias primas minerales, principalmente metales base y metalúrgicos, seguida de Australia, Brasil y la Federación Rusa. India se situó en sexto lugar y los EUA en el séptimo. En este mismo año, China fue el principal consumidor de estas materias primas, seguida de la Federación Rusa, Japón, EUA, Alemania, Brasil, Corea del Sur, Francia, Bélgica, UK, Italia y la India. España se situó en el lugar 14. En 1995 China fue el principal productor en volumen de minerales metálicos con 252 Mt (22,5% de la producción) seguida de Brasil (17 %), Australia (16,4%), CIS (14,4%), India (6,1 %) y los EUA (5,9 %). En la producción de minerales industriales EUA ocupó el primer lugar con 99 Mt (25,8%) seguida de China con 67,8 Mt (17,7%). La India con 12 Mt (3,12 %) ocupó el séptimo lugar.

En 2003 (ver tabla nº36) observamos que el principal productores de metales preciosos sigue siendo Sudáfrica, que a su vez posee las mayores reservas.

En 1974, China producía 420 M t e India 86 Mt ocupando el tercer y séptimo lugar en la producción mundial detrás de la URSS (684 Mt) y EUA (557 Mt). Al mismo tiempo el consumo fué del 10,4% y 2,24% respectivamente siendo los EUA los principales consumidores con el 18,7%.

	1 ^{er} Productor	China	EUA	Mundo
Oro Kt	Sudáfrica 0,38 (14,5%)	0,078	0,107	2,6
Plata Kt	Perú 2,78 (14,8%)	0,67	0,66	18,7
Platinoides (t)	Sudáfrica 273,4 (60,4%)	-	-	452,7
Diamantes Mc	Botswana 22,8 (28,2%)	0,235 (0,3%)	-	80,9
Cobre Kt	Chile 4.900 (36%)	610 (4,5%)	1120 (8,2%)	13600,0
Bauxita Kt	Australia 55.602 (38,1%)	12.500 (12,6%)	-	146044,0
Cinc Kt	China 1.650 (18,3%)	1.650 (18,3%)	738 (8,2%)	9010,0
Plomo Kt	Australia 694 (23,5%)	660 (22,4%)	460 (15,6%)	2950,0
Estaño Kt	Indonesia 70 (33,5%)	50 (23,6%)	-	209,0
Hierro Kt	Brasil 140.000 (21,9%)	83.000 (12,9%)	29286 (4,6%)	640754,0
Manganeso Kt	Sudáfrica 1.585 (19,3%)	800 (8,7%)	-	8210,0
Níquel Kt	Rusia 315 (22,5%)	60 (4,3%)	-	1400,0
Cromo Kt	Sudáfrica 7.405 (47,8%)	200 (1,3%)	-	15500,0
Cobalto Kt	Congo 12 (24,8%)	1 (2,1%)	-	48,4
Molibdeno Kt	EUA 34 (27,2%)	31 (24,8%)	34 (27,2%)	125,0
Niobio - Tántalo Kt	Brasil 29 (85,3%)	-	-	34,0
Wolframio Kt	China 52 (83,7%)	52 (83,7%)	-	62,1
Vanadio (óxido) Kt	Sudáfrica 18 (44,3%)	13 (32%)	-	40,6
Magnesio Kt	China 340 (68,6%)	340 (68,6%)	-	496,0
Tierras Raras Kt	China 92 (89,8%)	92 (89,8%)	-	102,5
Circonio Kt	Australia 462 (54,5%)	15 (1,8%)	-	848,0
Ilmenita (Titanio) Kt	Australia 2.067 (35%)	800 (13,5%)	500 (8,5%)	5910,0
Berilo Kt	EUA 2,1 (63,6%)	-	2,1 (63,6%)	3,3
Antimonio Kt	China 70 (85,8%)	70 (85,8%)	-	81,6
Mercurio Kt	China 0,6 (46,2%)	0,6 (46,2%)	-	1,3
Bismuto Kt	México 1,2 (31,5%)	1 (26,2%)	-	3,8
Arsénico Kt	China 16 (45,6%)	16 (45,6%)	-	35,1
Litio Kt	Australia 124,4 (49,4%)	13,5 (5,4%)	-	252,0

Tabla nº 36. Las principales potencias productoras son: China, Australia y Sudáfrica.

Productos energéticos. El Carbón

En 1984 (fuente BP) la producción de China fue de 789,2 Mt (2º lugar) e India de 152 Mt (6º lugar) detrás de los EUA (812,8 Mt) y por delante de la URSS (702 Mt). En 1989 la China ya producía 1,054 Mt pasando a ser la principal productora, seguida de los EUA (889,7 Mt) y la URSS (785 Mt).

En 1995 la producción hullera de China fue de 1.040 Mt (30,4 %) seguida de los EUA con 785,2 Mt (22,9%); de los CIS con 461,5 Mt (13,5%); de la UE 25 con 343,9 Mt (10 %) y la India con 201,5 (5,9%). La producción de lignitos, carbones de baja calidad, como ya se ha indicado y altamente contaminantes, fueron de 272,6 Mt (30,3 %) por la UE 25, seguida de los EUA con 243,7 Mt (27,1 %) y China con 81,3 Mt (9,0 %).

Diez años después, en 2004 la China, ya producía 1.956 Mt o el 35,3% de la producción mundial, mientras que los EUA con 1.008,3 (18,2 %) era el segundo mayor productor y la India 403 Mt (7,3%), el tercer mayor productor del Mundo. Ello significa que la suma de la China mas la India ya producen el 42,6% del carbón del Mundo y consumen el 41,8% lo que se halla en acorde con su población. Ambos países han quintuplicado en treinta años su producción y cuadruplicado su consumo.

La relación de consumo en toneladas por habitante en 2004 era de 0,74 para la China; 0,193 para la India y de 1,93 para los EUA, o sea de más del doble con respecto China y diez veces más que India. Las reservas de carbón están cifradas en 164 años (tabla nº 27) desde 2004 aunque las de carbón de buena calidad y menos contaminantes son la mitad de las totales figura 76. Esto, significa que a finales del siglo 21 pueden, a precios competitivos, haberse agotado. Los recursos a elevada profundidad y elevado coste de extracción son muy superiores pero también lo serán los costes medioambientales y por consiguiente los costos finales,

El petróleo y Gas

Ambos combustibles son escasos en ambos territorios (figura 70 y 73), principalmente en India que geológicamente es un escudo y tal como ya sucede en la actualidad, deberán comprar estos productos en el mercado mundial y entrar en competencia con los países de la OCDE. Solo en energía nuclear, para generación eléctrica, ya que ambos países tienen grandes expectativas en recursos de uranio y torio, la hidroeléctrica (el Himalaya posee una energía potencial incalculable), y energías renovables (a nivel territorial aunque en valores próximos al 10%), aliviar a estos dos países de sus futuras demandas energéticas.

EPÍLOGO

En 2005, oí a un ciudadano norteamericano decir en una entrevista de televisión, a raíz de la crisis del petróleo por la guerra de Irak, de que el mundo necesitaría de tres planetas para subsanar sus necesidades energéticas. Después de lo aquí expresado, ya que el 15% de la población consume algo más del 70% de los recursos, quizás vamos a necesitar hasta de cuatro planetas. Marte puede proporcionarnos toda una serie de metales ya que su contexto geológico así lo hace pensar y Venus, probablemente también. Pero estos recursos son solo RECURSOS ESPECULATIVOS (figura10), al igual que los nódulos de manganeso de los fondos marinos o los adoquines. Recuerdo que el Profesor Coppens del ENSG, cuando le preguntábamos sobre los recursos futuros de uranio nos decía, que como último recurso podríamos explotar los adoquines (que en la mayoría de las carreteras en el 2006 ya no existen), ya que contienen más de 8 g/t de uranio. Los recursos que aún poseemos, hay que gestionarlos de forma adecuada hasta conseguir que los recursos hipotéticos y especulativos sean considerados como reservas. Para ello, se requerirán siglos, mientras tanto, solo la gestión en el ahorro podrá atemperar las necesidades inmediatas y también las de las próximas generaciones y ser realmente SOSTENIBLES, no a nivel local como proclaman los ignorantes, sino a nivel mundial.

¿Deberían ser los padres de la patria los que habrían de tomar las riendas de esta gestión para que este problema no nos lleve a la extinción?. No parece que estén por la labor, ¿será por ignorancia, será por inconsciencia o será porque están sumidos en la fatalidad?. Por la ignorancia, como antiguo miembro de una agrupación universitaria de un partido político, ya en el 2001 presenté una serie de conferencias y conferenciantes sobre "RECURSOS Y SOSTENIBILIDAD" dirigida principalmente a los miembros del Parlamento de mi comunidad y ninguno se interesó por ellas, incluidos los parlamentarios miembros de la agrupación. Por consiguiente, fatalmente lo segundo conduce a lo primero. Otro ejemplo lo tenemos cuando a un político muy conocido, se le preguntó sobre la importancia de la investigación y se le recordó la importancia que esta tiene en el desarrollo de un país. Rápidamente contestó que por la calle la gente nunca le decía "PEPET más investigación", si no que le demandaban otras cosas y en consecuencia actuaba. Por suerte para mi comunidad en 2006, este político ya no mandaba. ¿ Era su respuesta la de un ignorante o la de un inconsciente?. La contumacia en la inconsciencia les conduce a la gran ignorancia. Normalmente estos malos gestores de recursos, se justifican en que al tratarse de temas a muy largo plazo, al igual que la investigación, no les suponen réditos políticos inmediatos en las encuestas y por tanto no les interesan. Pero como suena bien y progresista siguen proclamando a los cuatro vientos que sus municipios y territorios son SOSTENIBLES. Además parafraseando al Rey Sol ya que son temas que afectarán a las generaciones futuras piensan que, "après de moi le déluge"

13. BIBLIOGRAFIA

Adams S.S. 1983. *Potash. Industrial Minerals and Rocks.* Edit. Iefond S.J. Amer. Inst. of Mining metall. and Petroleum Engineers, Inc. Vol.2, pp.1049-1077.

Bache J.J. 1982. *Les gisements d'or dans le monde. Mémoire BRGM n° 118.* 102 p.

Bache, J.J. 1985. "Or". *Bull. B.R.G.M.*

Barba, A. 1640. *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por açogue.* Reedición Río Tinto S.A. 1972. Madrid.
E. Zapata et R.N. Roy, 2004. "Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable.": 175 p AG/AGL. ISBN: 9252050302

Bates, R.L. 1983. *Introduction in: Industrial Minerals and Rocks.* Edit. Iefond S.J. Amer. Inst. of Mining metall. and Petroleum Engineers, Inc. Vol.1, pp.3-7.

Batteman A.M. 1961. *Yacimientos minerales de rendimiento Económico.* Edit. Omega. Barcelona.

Beals R y Hoijer H. 1971 "Introducción a la Antropología".Ed. Aguilar. Madrid.

Benbow J. 1988. *World gypsum- a review. Industrial Minerals.* April. pp.57-79.

Berton Y et Le Berre P. 1983. *Guide de prospection des matériaux de carrière. Manuels & Methodes n°5. BRGM.* p.160.

Blazquez, J.M. 1970. *Fuentes Literarias Griegas y Romanas referente a las explotaciones mineras de la Hispania Romana.La Minería Hispana e Iberoamericana.* Edit. Cátedra de San Isidoro. León. pp.117-150.

Bomse D. et Giraud P.N. 1985. *La Crise dans L'Industrie Minière.* CRNA. Paris. 30p.

Brooks, W. 2005. *Mercury in 2004 USGS*

Butler, J. (1986). *Geografía Económica.. aspectos espaciales y ecológicos de la actividad económica.* México., Ed. LIMUSA.

Carr D. & Herz, N. (1989). *Concise Encyclopedia of Mineral Resources.* Pergamon Press

Claval, P. (1977). *La Nouvelle Géographie.* Paris, Presses Universitaires de France.

Common, M. (1988.). *Environmental and Resources Economics.* Londres, Logman.

Coope, B. (1987). *Industrial Minerals- a statistical reviews. Ind. Minerals Supli. Maining Journal.* 308, 15.

Costa Ran, L. and M. Font Vilalta (1993). *Commodities. Mercados Financieros sobre Materias Primas.* Madrid, ESIC EDITORIAL.

Crawson, PH., 1994: *Future role of the European non-ferrous metal industries. Minerals Industry International. IMM.* 1021:11-14

Crowson, P. (1988). *Minerals Handbook 1988-1989. Statistics and analysis of the world's Mineral Industry.* Edit. M. Stocton N.press.

Chalmin. P. 1984. *Les Marchés Mondiaux des Matières Premières.Presses Univ. France. Que sais-je?.Paris.* 127p.

Elevatorski E.A. 1988. *World Gold. Mines-Deposits-Discoveris. Minobras Mining Service.* 2 vol. 298p

- Fabra, P. 1987** .“ Or, Petrole & Dollar” in “L’Or”. *TOTAL Information* 106. pp. 33-38.
- Gea, R. 1985**. *La prospección Minera en la Antigüedad. Industria Minera. Madrid.*
- Giraud, J. 1985** .“ Geopolithique de ressources minères”. Ed. Paris.450 p. Griffiths , J. 1985. *Spain’s industrial minerals. Industrial Minerals. October.:23-63*
- Griffiths , J. 1987**. *Zeolites cleaning up From the laundry to Three Mile Island. Industrial Minerals .232:19-34 pp.*
- Hall R.B. & Bauer Ch.W.,1983**. Alunite. Lefond S. ed. “*Industrial Minerals and Rocks*”.Soc. of Min. Engineers. AIMMPE Inc.New York. 1: 417-434.
- Hay R.L. & Sheppard R.A. ,1981**. Zeolites in Open hydrologic systems, en Mumpton F.A. ed.“ *Mineralogy and Geology of naturgal zeolites. Reviews in Mineralogy*”. 4:93-102.
- Healy, J.F. 1978** .“ *Mining and Metallurgy in the Greeek and Roman World*” .London
- Industrial Minerals, 1988**. Sodium sulphate. Liquids eroding powder base. *Industrial Minerals. Diciembre. pp.45-79*
- Iijima A., 1978** .Geological ocurrences of zeolite in marine environments“en Sand \& Mumpton ed.” *Natural zeolites: ocurrences properties,uses*“.Pergamon Press. New York.: 175-198.
- IMM. 1988**. *Silver - Exploration, mining and treatement. Inst.Mining and metal. London.*
- ITGM ,1982, 84,88, 92, 94**. *Panorama Minero 1982. Ministerio de Industria y Energía.Madrid.*
- Jovanovic, B. 1980**. *Los orígenes de la minería del cobre en Europa. Invest. y Ciencia. Julio.1980.*
- Junta de Castilla y León, 1988** “ *Los recursos minerales de Castilla y León n°1 ORO*”. *Consejería de Economía y Hacienda.*
- Junta de Castilla y León,1988** “ *Los recursos minerales de Castilla y León n°2 ESTAÑO*”. *Consejería de Economía y Hacienda.*
- Lefond S. J & Jacoby Ch. H. 1983 y 2000**. Salt. Lefond S. ed. “*Industrial Minerals and Rocks*”.Soc. of Min. Engineers. AIMMPE Inc.New York. pp.119--149.
- Kelly, P. and J. Child (1990)**. *Geopolítica del Cono Sur y la Antártida. Buenos Aires, Editorial Pleamar.*
- Krugman, P. R. and M. Obstfeld (1994)**. *Economía Internacional. Teoría y política. Madrid, Mc Graw Hill.*
- Kuzvart M. 1984**. “*Industrial Minerals and rocks*”. Elsevier. *Develop. in Econom. Geol. 18. 454 pp.*
- Mannion L.E. 1983**. *Sodium Carbonate Deposits. Industrial Minerals and Rocks. Edit. lefond S.J. Amer. Inst. of Mining metall. and Petroleum Engineers, Inc. Vol.2, pp.1187-1206.*
- Massana M. 1989**. *Caracterización e Intercambio Catiónico de rocas zeolíticas clinoptilolíticas y mordenítica. Tesis de Licenciatura. G.P.P.G. Universidad de Barcelona. Inédita.*
- McVey, H. 1989**. *Industrial Minerals Can we live without them?. Industrial Mineral. April. pp. 74-75.*
- Meadows, D.H; meadows D.L. & Randers. J. 1992**. *Más Allá de los Límites del Crecimiento. El Pais Aguilar. Madrid*

Mining Annual Review. años 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 202, 2003 y 2004. Publishe by Mining Journal Ltd. London.

Moreno Tovar, R.; Yta, M.; Viladevall Solé, M. 1999 Caracterización mineralógica y química de desechos mineros derivados de yacimientos de tipo skarn y epitermale en el Estado de Hidalgo, México Revista: 004650 - Revista d'Investigacions Geològiques. Volumen: 16 Número: 3 Pàgines, inicial: 43 final: 52 Año: 1999 Lugar de publicació: (CUBA) ISSN: 02585979

Mumpton, F. 1981 ed. "Mineralogy and Geology of Natural Zeolites". Reviews in Mineralogy .4:199 pp.

Nötstaller, R. 1988. Non-metallic Minerals and the Developing Countries: Patterns, Constraints, Initiatives.. Natural. Resources Forum. O.N. U. New York., vol. 12,2, pp. 137-148.

Pastizzi-Ferenci, D. (1992). Natural resources and environmentally sound sustainable development. Natural Resources Forum 3-10.

Plant, J.; O'Connor, P.; Damiao; J.M.; Locutura, J.; Morrissey, C.; Viladevall, M.; Simpson, P.R.; Zeegers, H.1991. Multidataset Analysis for the Development of Metallogenic/Economic Models and Exploration Criteria for Gold Deposits in Western Europe. : EC Contractors' Seminar on Exploration Technology. Cagliari (ITALIA)

Poulin, R. a. S., K. (1993). Mining economics and the environment. Natural Resources Forum 157-163.

Power. T. 1985. Water treatment clarifying the market for minerals". Industrial Minerals . August:45-52.

Ramin, J. 1977. La technique minière et metallurgique des Anciens. Colec. Latomus, 153. Bruselas.

Russell A. 1988. Potash. Long haul recovery under way. Industrial Mineral Junary. pp.16-34.

Sand L.B. & Mumpton F.A. 1978 ed. " Natural zeolites. Ocurrence, properties, use ". Pergamon Press. New York :546 pp.

Serra, J.; Verdaguer, A.; Viladevall, M. 1986. Recursos minerals i energètics litorals. Treballs de la Societat Catalana de Biologia Volumen: 37 Número: --- Pàgines, inicial: 87 final: 92

Sheppard R.A. & Gude A.J. 1973 3d 1973. " Zeolites and associated authigenic silicate minerals in tuffaceous rocks of the Big Sandy Formations, Mohave County, Arizona" U.S. Geol. Surve. Prof. Paper . 830: 36 pp.

Surdam R.C. & Mariner R.H. 1971). " The genesis of phillipsite in recent tuffs at Teels Marsh, Nevada". Geol. Soc. Am. Abstr. Progr.. 3.

Surdam R.C & Sheppard R.B ,1978. " Zeolites in saline, alkaline lake deposits " en Sand & Mumpton ed. "Natural zeolites: ocurrence, properties, use". Pergamon Press, New York: 145-174.

Thomas, P.R. & Boyle Jr. E.H. 1984. " South African gold production: how long the dominant factor ?" Mining Enginnering, 36, 11., pp.1519-1527.

Vignale, A., 1991: L'Industrie des granulats en France et en Europe. Industrie Minerale-Mines et Carrières. :80-82

Viladevall, M. 1976. Algunas consideraciones sobre la investigación minera en la provincia de Barcelona Revista d'Investigacions Geològiques Volumen: 31 Número: Pàgines, inicial: 125 final: 132 Año: Lugar de publicació: (ESPAÑA)

Viladevall, M. 1981. Los recursos minerales no energéticos de Catalunya Reconocimiento territorial de Catalunya. Edt. Consell. Industria.

Viladevall, M. 1998. Els recursos Minerals i Energètics. Medi Ambient i Geologia. 15 Pàgines, inicial: 69 final: 86 Barcelona (ESPAÑA) ISBN: --- Depósito legal: B.39.837-1998

Viladevall, M.; Santoma, S.; Ginette, F. 1991 Los recursos geológicos del Terciario de la Comunidad Autónoma de Catalunya.: I Congreso del Grupo Español del Terciario
Publicación: pp: 346-347 .Vic (Barcelona) (ESPAÑA).

Viladevall, M.; Paz- Magaz, A.I. 1995. Recursos Litosféricos y Medio ambiente. Acta Geologica Hispanica Volumen: 30 Número: 1-3 Páginas, inicial: 7 final: 20 Año: 1995 Lugar de publicación: Barcelona (ESPAÑA)

Viladevall, M.; de Paz, A.I. 1998. L'Impacte ambiental provocat per l'explotació de recursos minerals. Quaderns d'Ecologia Aplicada: Medi Ambient i Geologia Número: 15 Páginas, inicial: 159 final: 182 Año: Barcelona (ESPAÑA Depósito legal: B.39.837-1998

Viladevall, M; A. de Paz; J. Marturià; J. Pradell. 1998. La ordenación de los recursos litosféricos en función de su demanda en la Isla de Tenerife. Primer Simposio latino Sobre geología, Medio Ambiente y Sociedad Camarasa (LLeida) (ESPAÑA)

Viladevall, M.; Font, X.; Carmona, J.M.1999. Multidata set analysis for gold-deposit exploration criteria: application in the Catalanian Coastal Ranges (NE Spain)
Journal of Geochemical Exploration Volumen: 66 Número: 1-2 Páginas, inicial: 183 final: 197.

Viladevall, M.; Font, X. 1998. Relacions entre litosfera i biosfera Quaderns d'Ecologia Aplicada Medi Ambient i Geologia .Número: 15 Páginas, inicial: 229 final: 245 : Barcelona (ESPAÑA)
Depósito legal: B.39.837-1998

Vilar, P. 1982. "Oro y Moneda en la Historia (1450-1920). Ariel Economía. Ariel S.A.Barcelona. 506 p.

Utada M. 1971 . " Zeolitic zoning of the Neogene pyroclastic rocks in Japan" Sci. Papers College of general Education, Univ. Tokyo . 21: 189-221.

Walton A.W. 1975 . "Zeolitic diagenesis in Oligocene volcanic sediments, Trans-Pecos Texas" . Geol. Soc. Am. Bull .86: 615-624.

Weisman WM.I & McIlveen S.Jr. 1983. Sodium Sulfate Deposits. Industrial Minerals and Rocks. Edit. Iefond S.J. Amer. Inst. of Mining metall. and Petroleum Engineers, Inc. Vol.2, pp.1207-1223.

Wirsching U. 1976 . "Experiments on hydrothermal processes of rhyolitic glass in closed and "open" system". Neues Jharb. Mineral. Montasch. .5: 203-213.

Wolfe J.A. 1985. Mineral Resources A World Review. Chapman and Hall. New York. 293 p.

World Coal Institute Cambridge House, 180 Upper Richmond Road, Putney, London SW15 2SH, UK . info@worldcoal.org www.worldcoal.org

WEB

<http://www.1911encyclopedia.org/>

<http://www.agex.org/>

<http://www.agso.gov.au/>

<http://www.aist.go.jp/GSJ/>

<http://www.antenna.nl/wise/uranium/cunit.html>

<http://www.appliedgeochemists.org/>

<http://www.aproma.org/>

<http://www.arc-cat.net/agencia/contacte/>

<http://www.arc-cat.net/agencia/contacte/>

<http://www.aridos.org/>

<http://www.aridos.org/>

<http://www.associacio-enginyers-geolegs.org/>

<http://www.bp.com/>

<http://www.brgm.fr/>

<http://www.ccfa.fr/tab/mu2.htm>

<http://www.ceer-eu.org/>

<http://www.census.gov/ipc/www/idbnew.html>

<http://www.cgu.cz/>

<http://www.cim.org/>

<http://www.cne.es/>

<http://www.colgeocat.org/web/pager.php?pagname=contacte>

<http://www.copper.org/>

<http://www.cprm.gov.br/>

<http://www.digistar.mb.ca/minsci/ug/undergm.htm>

<http://www.dnpm.gov.br/>

<http://www.e-asfalto.com/propiedades/propiedades.htm>

http://www.e-goldprospecting.com/html/gold_prospecting_methods_-_typ.html

<http://www.energy.gov/engine/content.do>

<http://www.es.wikipedia.org/wiki/Cuarzo>

<http://www.eurec.be/>

http://www.europa.eu.int/comm/energy/index_en.html

<http://www.geolba.ac.at/>

<http://www.geotec.info/>

<http://www.gremiarids.com/cast/queson.html>

<http://www.gremiarids.com/cast/queson.html>

<http://www.gremiarids.com/cast/queson.html> Gremio de áridos de Catalunya

<http://www.gsf.de/>

<http://www.gsf.de/UNEP/gerbgr.html>

<http://www.gsf.fi/>

<http://www.gsi.ie/>

<http://www.hispalyt.es/> Fabricantes de Ladrillos

<http://www.icaen.es/>

<http://www.icog.es/portal/inicio/inicio.asp>

<http://www.idescat.es/>

<http://www.iea.org/>

<http://www.igme.es/internet/principal.asp>

<http://www.iiasa.ac.at/>

<http://www.ine.es/>

<http://www.infoplease.com/ipa/A0004372.html>

<http://www.infoplease.com/ipa/A0873848.html>

<http://www.jtbaker.com/conversion/conversions.htm>

<http://www.kigam.re.kr/>

<http://www.lgt.lt/>

<http://www.liensutiles.com/>

<http://www.liensutiles.org/stattoile.htm>

<http://www.martindalecenter.com/>

<http://www.maxmarmicarrara.it/>

<http://www.mgsz.hu/>

<http://www.minerals.usgs.gov/minerals/>

<http://www.mineralwaters.org/>

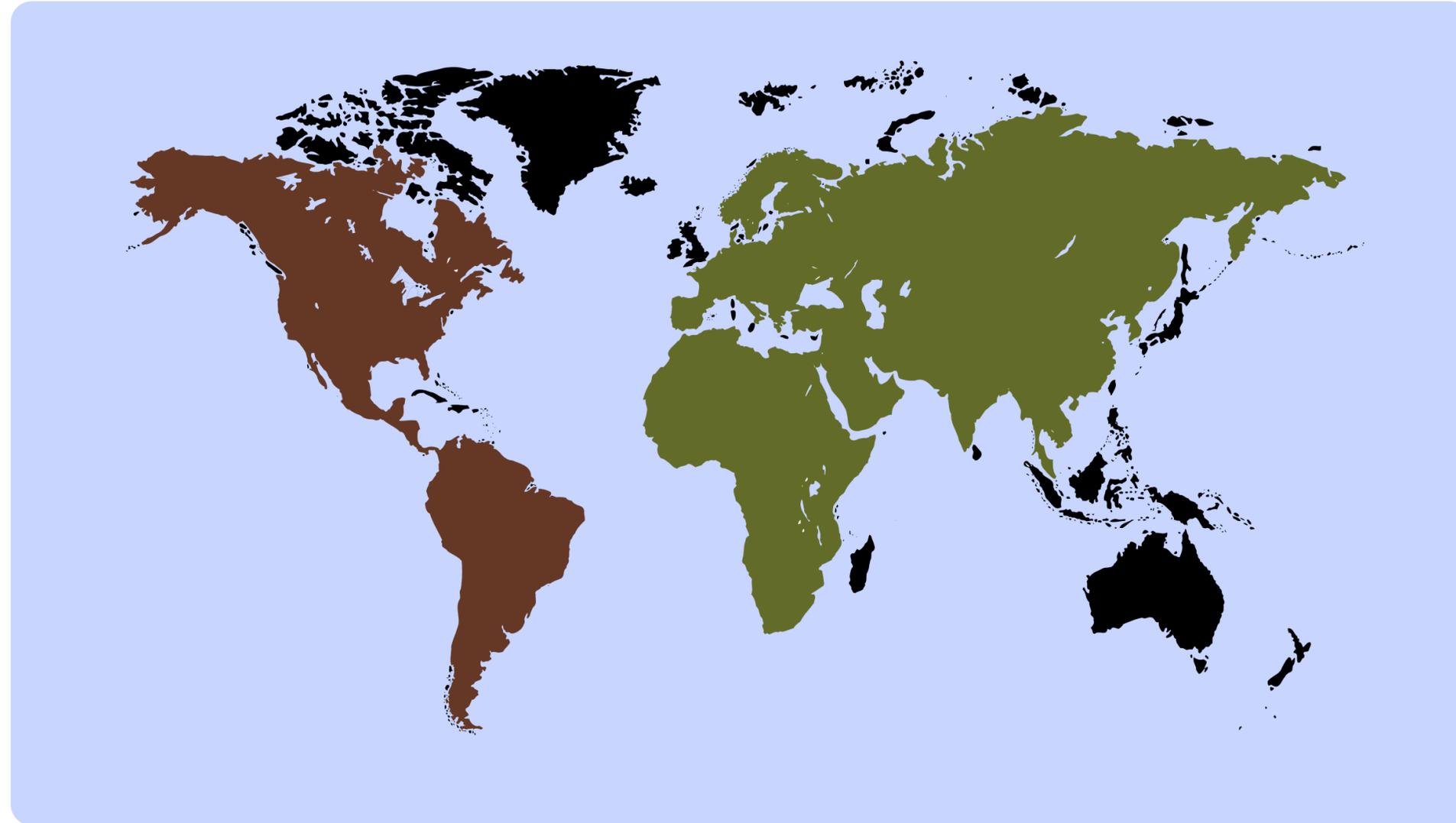
<http://www.minesandcommunities.org/Action/press758.htm>

<http://www.luzenac.com>

<http://www.mma.es/en/>
<http://www.ngu.no/>
<http://www.nhm.ac.uk/mineralogy/index.html>
<http://www.nrcan.gc.ca/inter/index.html>
<http://www.nsc.org/ehc/wipp/facil.htm>
<http://www.nssga.org/whoweare/index.html>
<http://www.oficemen.com/>
<http://WWW.people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/carprodfleet.html>
<http://www.peterharben.com>
<http://www.pgi.gov.pl/>
<http://www.popsustainability.org/home.html>
<http://www.rmg.se/>
<http://www.rockware.com/>
<http://www.rocmaquina.es/indexes.htm>
http://www.scintrexltd.com/about_us.htm
<http://www.srtm.csi.cgiar.org/>
<http://www.stonereport.com/ihtm/detail-e.htm?aclnews=10:0:357:::0:111:>
<http://www.sustainability.ca/index.cfm?body=chunkout.cfm&k1=318>
<http://www.ta.tudelft.nl/>
http://www.tilesmarble.com/?utm_id=346
<http://www.tiscali.co.uk/reference/encyclopaedia/countryfacts/venezuela.html>
<http://www.ub.edu/geologia/>
<http://www.ub.es/gppg/>
<http://www.uepg.org/>
<http://www.uic.com.au/mines.htm>

<http://www.videnskabsministeriet.dk/cgi-bin/frontpage.cgi>
http://www.wastechange.net/wastechange/metal_recycling_available.htm
<http://www.worldbank.org/data/quickreference/quickref.html>
<http://www.worldcoal.org/>
<http://www.worldwatch.org/>
<http://www10.gencat.net/ptop/AppJava/cat/actuacions/territori/hipermapa.jsp>
<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
<https://www.zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

ANEXOS



ROCAS IGNEAS (PLUTONICAS Y VOLCÁNICAS)

ROCAS SEDIMENTARIAS

Elementos	BÁSICAS		INTERMEDIAS	ÁCIDAS		ROCAS SEDIMENTARIAS		
	Ultrabásicas	Basaltos	Dioritas	Granitos	Sienitas	Arcillas	Areniscas	Calizas
Si	205000	230000	314000	347000	291000	73000	368000	24000
Mg	204000	46000	9400	1600	5800	15000	7000	47000
Fe	94300	86500	29600	14200	36700	47500	9800	3800
Ca	25000	76000	25300	5100	1800	22100	39100	302300
Al	20000	78000	82000	72000	88000	80000	25000	4200
Na	4200	18000	28400	25800	40400	9600	3300	400
Ti	3000	9000	8000	2300	3500	4600	1500	400
Ni	2000	130	14	4.5	4	68	2	20
Mn	1620	1500	540	390	850	850	x0	1100
Cr	1600	170	22	4.1	2	90	35	11
S	300	300	300	300	300	2400	240	1200
P	220	1100	920	600	800	700	170	400
Co	150	48	7	1	1	19	0.3	0.1
K	140	8300	25200	42000	48000	26600	10700	2700
F	100	400	520	850	1300	740	270	330
V	50	250	100	20	x	130	x	15
Zn	50	105	60	39	130	95	16	25
Zr	45	140	140	175	500	160	220	20
Nb	16	19	20	21	35	11	0.0x	0.3
Cu	10	87	30	10	5	45	x	4
Ce	8	20	33	37	65	24	37	4.7
B	5	5	20	15	15	100	x	10
Nd	3,4	35	40	46	161	50	92	10
La	3,3	10,5	36	25	70	20	30	6
Br	1	3,6	x	2,9	x	4	x	6,2
Pb	1	6	15	19	12	20	7	9
As	1	2	1.9	1.5	1.4	13	1	1
Ta	1	1.1	3.6	4.2	2.1	0.8	0.0x	0.0x
W	0.77	0.7	1.3	2.2	1.3	1.8	1.6	0.6
Hf	0.6	2	2.3	3.9	11	2.8	3.9	0.3
Sn	0.5	1.5	1.5	3	x	6	0.x	0.x
Ba	0.4	330	420	840	1600	580	x0	10
Mo	0.3	1.5	1	1.3	0.6	2.6	0.2	0.4
Sb	0.1	0.2	0.2	0.2	0.x	1.5	0.0x	0.2
Eu	0.16	1,27	1.2	1.6	2.8	1	1.6	0.2
Ag	0.06	0.11	0.051	0.037	0.01	0.07	0.0x	0.0x
Se	0,0x	0,05	0,0x	0,05	0,05	0,6	0,0x	0,08
Hg	0.0x	0.09	0.08	0.08	0.0x	0.5	0.03	0.07
Au	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.00x	0.005
Th	0.004	2.2	8.5	17	13	12	1.7	1.7
U	0.001	1	3	4.8	3	4	0.45	2.2

Tabla A1. Fuente: Vinogradov 1966 modificado. Los elementos aquí indicados dan lugar minerales que a su vez dan lugar a las rocas y estas a su vez a las montañas y a los suelos

Producción de oro (Kg)	1997	1999	2001	2003
Algeria	-	-	300	365
Arabia Saudita	7.260	4.570	5.000	8.769
Argentina	2.289	38.515	30.630	38.355
Armenia	500	400	1.900	1.800
Australia	314.500	301.070	285.030	282.000
Belice	5	6	1	1
Birmania (Myanmar)	410	267	200	150
Bolivia	13.292	11.788	12.395	9.362
Botsuana	28	2	2	8
Brasil	58.488	51.422	51.867	48.000
Bulgaria	1.020	1.034	1.540	1.100
Burkina Faso	1.089	886	209	400
Burundi	-	-	415	500
Camerún	1.000	1.000	1.000	1.000
Canada	171.479	157.617	158.875	140.559
Centro Africa Rp	90	41	20	20
Colombia	18.811	43.847	21.813	46.515
Congo Brazzaville	10	10	10	10
Congo Kinshasa	394	207	50	100
Corea N	5.000	5.000	2.000	2.000
Corea Sud	14.852	25.730	28.595	27.000
Costa de Marfil	2.419	2.717	3.100	2.000
Costa Rica	502	165	100	110
Cuba	250	1.000	1.000	500
Chile	49.459	45.663	42.673	40.000
Ecuador	3.070	2.026	3.005	10.700
Eritrea	612	534	107	
España	1.824	5.081	3.300	3.300
Etiòpia	3.000	4.905	5.200	5.300
EUA	362.000	341.000	335.000	277.000
Fiji	4.671	4.428	3.858	3.250
Filipines	32.671	31.031	33.840	38.000
Finlandia	3.900	5.900	5.552	5.600
França	4.953	3.600	3.000	2.800
Gabón	70	70	70	70
Georgia	700	2.400	2.000	2.000
Ghana	54.662	79.946	68.700	69.600
Ginea	7.100	12.001	16.264	16.000
Guatemala	100	4.449	4.500	4.500
Guyana	15.033	12.905	14.183	14.000
Guyana Fr	3.183	2.819	3.971	3.000
Honduras	150	879	4.574	5.000
India	2.750	2.500	3.700	3.100
Indonesia	86.927	127.184	166.091	140.000
Iran	684	930	770	500
Italia	-	700	503	500
Jamaica	-	-	214	200
Japón	8.384	9.405	7.815	8.143
Kazajistan	18.700	20.236	27.100	30.000
Kenia	440	990	1.545	1.500
Kyrgyzistan	17.400	20.000	24.000	22.476

Producción (Kg)	1997	1999	2001	2003
Liberia	500	25	57	20
Madagascar	8	8	3	
Malasia	4.487	3.449	3.965	4.739
Mali	16.323	23.688	42.288	45.528
Marruecos	450	-	1.191	1.863
México	26.001	23.755	26.300	20.000
Mongòlia	8.451	10.038	13.675	12.000
Mozambique	6	20	22	63
N Zelanda	11.359	8.577	9.885	9.500
Namibia	2.417	2.005	2.706	2.425
Nicaragua	2.562	4.450	3.840	3.900
Niger	1.000	1.000	30	30
Nigeria	6	10	37	57
Oman	575	597	603	100
Panamá	1.202	1.500	1.500	1.550
Papua NG	45.418	61.293	67.043	64.000
Peru	79.117	128.486	138.022	171.551
Polonia	435	600	349	300
Rep. Dominicana	2.349	651	-	-
Rumania	4.000	4.000	3.500	3.000
Ruanda	10	10	10	10
Rusia	124.000	125.870	152.000	170.068
Senegal	550	550	550	550
Serbia i MN	3.000	1.260	1.100	1.100
Sierra Leona	20	30	30	-
Slovakia	458	363	157	75
Solomon Isl	25	3.456	300	100
Sudán	4.554	5.656	5.417	5.000
Suecia	6.777	4.400	4.986	4.300
Suràfrica	491.680	451.300	394.800	375.787
Surinam	300	300	300	300
Taijikistan	2.550	2.700	2.700	2.700
Taiwan	9	13	2	
Tanzania	232	4.767	30.088	46.000
Turquia	1.000	1.200	2.000	2.350
Uganda	6	5	10	5
Uruguay	2.800	2.400	2.083	1.730
Uzbekistán	81.700	85.000	87.000	90.000
Venezuela	22.322	5.946	9.076	10.000
Vietnam	1.000	1.500	3.000	3.000
Xina	175.000	173.000	185.000	202.000
Zambia	290	700	130	
Zimbabwe	24.156	27.666	18.050	12.564
Total Mundo	2.445.236	2.561.120	2.601.092	2.590.000

CIS	120.108	128.718	134.09	127.142
Merco Sur	4.904	4.223	6.015	13.800
NAFTA	559.480	522.372	520.175	437.559
UE 2003	17.454	19.681	17.341	16.500
OCDE	887.069	839.513	816.452	736.427
NO OCDE	1.558.167	1.721.607	1.784.640	1.853.573

Tabla A3

MISCELÁNEA DE USOS DE LOS MINERALES INDUSTRIALES

CONSTRUCCIÓN

Materiales de Construcción

Hormigones

Granitos, gabros, basaltos, dioritas, sienitas, dolomitas, calizas, coral, conchas, cherts, areniscas, grauwakas, cuarcitas gravas y arenas
Arcillas (comunes), manganeso. sílice
Arcillas expansivas, perlita, pumitas, esquistos expandidas, vermiculitas, zeolitas

Productos Cerámicos
Hormigones ligeros

Rocas Ornamentales

Granitos, mármoles, pizarras de techar, calizas y lumaquelas, travertinos, areniscas

Cementos

Ingredientes básico
Aditivos

Calizas
Bauxitas y arcillas aluminicas, arcillas comunes, yesos, óxidos de hierro, pumitas, arenas silíceas, vermiculitas, cenizas volantes.

Aislantes

Aislante

Asbestos, diatomita, perlita pumita, vermiculita, wollastonita, zeolitas.

Interiores

Material base
Aditivos

Yeso
Asbestos, cal viva, mica, vermiculita.

PROCESOS METALÚRGICOS Y DE MANUFACTURA

Materias primas

elementos de base y aleantes

Oxido de antimonio, berilo, bauxita, cromita, oxido de hierro, manganeso, silicio/cuarzo azufre, minerales de titanio (ilmenita/rutilo), circon

Refractarios

Refractarios

Asbestos, bauxitas y alúmina, cromita, arcillas refractarias, dolomías, grafito, sillimanitas, magnesitas, olivinos, pirofilitas, cuarzo, circón.

Moldeo fundición

Base binder
Arenas de fundición
Control de calor
Investment casting

Bentonita
Cromita, olivino, pirofilita, arenas de sílice, circón
Grafito, perlita, vermiculite
Bauxita y alumina, arcillas caolínicas, grafito, arenas de sílice, circón.

Flujos (soldantes, fluidizantes y fundentes)

Fundentes y fluidizantes

Boratos, dolomía, fluorita, calizas y margas, magnesita y magnesio, arenas de sílice, minerales de titanio (ilmenita, rutilo) , wollastonita.

Abrasivos

Abrasivos

Bauxita y alumina, corindon, diamante industrial, diatomitas, feldespato, granate, magnetita,
sienitas nefelínicas, olivino, perlita, pumita, arenas de sílice, silicio, carborundo, minerales de titanio.

Lubricantes

Lubricante

Grafito, litio, mica, talco, bentonita, baritina

Materiales de fricción

Material de fricción

Asbestos, bauxita y alúmina, micas (atapulgita o paligorskita, sepiolita), granate, grafito, pirofilita, wollastonita, circón.

Cargas

Baritina, caolín, yeso, pumita, mica, sílice, pizarra, circón.

Gemas y joyas

Material de base

Bauxita y alumina, diamante, granates, óxidos de hierra, tierras raras, circón.

Fuente: Peter W.Harben, Inc (EUA)

INDUTRIA QUINICA Y DERIVADOS

PRODUCTO y/o FUNCIÓN

MINERALS

Industria química	Materia base	Óxidos de antimonio, baritina, bauxita y alúmina, boratos, bromuros, celestina, cromita, dolimía, fluorita, ioduros, óxidos de hierro, calizas, minerales de litio, magnesitas, manganos, nitratos, fosfatos, potasas, tierras raras, sal, silicio, carbonatos y sulfatos de sodio, minerales de titanio, circón.
Explosivos / pirotécnicos	Materia base	Bauxita y alúmina (aluminio químico), celestina, caliza, nitratos, potasas, sal,
Tintes	Materia base	Bauxita y alúmina, boratos, cromita, iduro, óxidos de hierro, manganeso, sulfatos y carbonatos de sodio, azufre.
Retardantes de fuego/preservación de madera	Materia base	Bauxita y alúmina (alumina tetrahidratada), óxido de antimonio, asbestos, boratos, bromuros, cromita, diatomeas, magnesita y magnesio, perlita, fosfato, pumita, vermiculita.
Catálisis	Materia base	Arcillas (caolin, atapulgita), iduros, litio pirofilita, tierras raras, minerales de titanio, Zeolitas, circón.
Detergentes y productos de limpieza	Materia base	Boratos, fosfatos, silicato de sodio, carbonatos y sulfatos de sodio, zeolitas.
Farmacia y parafarmacia	Excipiente	Arcillass (paligorskita, bentonita, caolin, sepiolita), dolomia, yeso, óxidos de hierro, carbonato de calcio mica, talco, óxidos de titanio.
	Minerales activos	Baritina, bauxita y sales de aluminio, boratos, bromuros, yoduros, carbonato cálcico carbonate, magnesita y sales de magnesio, manganeso, fosfatos, salt, sulfatos y carbonatos de sodio, azufre.
Cosméticos	Materias primas	Boratos, bromuros, bentonitas, caolín, yeso, carbonato cálcico, magnesitas y sales de magnesio, mica, sílice amorfa, talco y óxidos de titanio.
Alimentación	Cargas/pigmentos	Bentonita y caolín, yeso, carbonato cálcico, magnesita y sales de magnesio, talco, minerales de titanio, azufre, zeolitas.
	Proceso y refino	Bentonitas activadas, diatomeas, flurita, perlita, nitratos, fosfatos, potasa, sal.
Fertilizantes	Nutrientes primarios	Fosfatos, potasas, nitratos.
	Nutrientes secundarios	Boratos, bromo, dolomía, yeso, calizas, magnesitas.
	Micronutrientes	Manganeso, saL, sulfato de sodio, azufre.
Fertilizantess, herbicidas e insecticidas	Contenedores	Paligorskita, bentonita, caolin, sepiolita, diatomeas, pirofilita,talco, zeolitas.
Corrector de suelos	Aditivos	Bentonitas/caolín. diatomeas, yeso, perlita, vermiculitas y zeolitas.
Alimentación animal	Minerales nutricionales	Dolomita, yeso, loduros, óxidos de hierro, calizas, magnesita y sales de magnesio, manganeso, fosfatos, sal, azufre.
	Capsulas/estomacales	Bentonita, sepiolita, perlita, talco, vermiculitas y zeolitas.

Fuente: Peter W.Harben, Inc (EUA)

VIDRIO Y CERAMICA
PRODUCTO y/o FUNCIÓN
MINERALES

<i>Grupo del vidrio</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Boratos, caolín , feldspatos, calizas, sienitas nefelínicas, cuarzo, carbonatos y sulfatos de sodio</i>
<i>Ceramica</i>	<i>Materia prima base</i>	<i>Caolín, feldspatos, carbonato cálcico, sienitas nefelínicas, pirofilita, sílice, carbonatos y sulfatos de sodio, talco, wollastonita.</i>
<i>Specialty additives including frits, glazes, enamels</i>	<i>Aditivos</i>	<i>Óxidos de antimonio, baritina, bauxitas y alúminas, berilo, boratos, celestina, dolomía, fluorita, óxidos de hierro, litio, magnesite, manganeso, potasas, tierras raras, minerales de titanio, circón.</i>
<i>Aerospace, optical glass & electronics</i>	<i>Materia prima</i>	<i>Bauxita y alúmina, berilo, boratos, celestina, diamantes, grafito, tierras raras, sílice, rutilo, circón.</i>

PIGMENTOS

<i>Papel</i>	<i>Proceso quimico Cargas funcionales Pigmentos</i>	<i>Bauxita y alumina (alum), sulfatos y carbonatos de sodio, azufre. Baritina, arcillas (kaolin, bentonite), diatomeas, yeso, carbonato cálcico, cuarzo, talco, zeolitas. Óxidos de titanio</i>
<i>Plasticos</i>	<i>Cargas funcionales Pigmentos</i>	<i>Baritina, bauxite y alumina (alumina trihidratada), arcillas caolínicas, diatomeas, yesos, feldespato, carbonato cálcico, mica, sienitas nefelínicas, sílice, talco, zeolitas. óxidos de hierro y de titanio.</i>
<i>Pinturas</i>	<i>Cargas funcionales Pigmentos</i>	<i>Baritina, bauxite y alumina (alumina trihidratada), arcillas caolínicas, bentonita, diatomeas, yesos, feldespato, carbonato cálcico, mica, sienitas nefelínicas, sílice, talco, zeolitas. óxidos de hierro y de titanio.</i>
<i>Tratamiento elementos marinos y aditivos</i>	<i>Cemento Cargas funcionales (a.k.a. pigment) Pigmentos</i>	<i>Silicato de sodio, azufre, yeso, carbonato cálcico magnesita y magnesio. Óxido de antimonio, asbestos, asbestos, Baritina, bauxite y alumina (alumina trihidratada), arcillas caolínicas, bentonita, diatomea, dolomía, carbonato cálcico, pirofilita, sílice, polvo de pizarra, talco, vermiculita, wollastonita Óxidos de titanio</i>

MEDIOAMBIENTE, TRATAMIENTO DE AGUAS Y FLITROS.

<i>Tratamiento aguas residuales</i>	<i>Aditivos quimicos Filtros FGD</i>	<i>Bauxita y alumina, bentonita, dolomia, grafito (carbón activo), yeso, Iodine, oxidos y carbonatos de calcio, carbonatos y sulfatos de sodio, magnesio y magnesita, azufre, zeolitas. Asbestos, diatomeas, granates, magnetitas, perlitas, pumitas, arenas silíceas y minerales de titanio (ilmenita). Dolomita, oxidos y carbonatos de calcio, carbonatos y sulfatos de sodio, magnesio y magnesita, zeolitas.</i>
<i>Absorbentes</i>	<i>Cama de gato</i>	<i>Arcillas (attapulgita, bentonita, sepiolita, caolín), diatome, yeso, pirofilita, talco, zeolitas.</i>

ENERGIA

<i>Petroleo y gas</i>	<i>Lodos de sondeo Aditivos del refinado</i>	<i>Asbestos, Baritina, bauxita y alúmina, bromo arcillas (atapulgitas, bentonitas, sepiolitas), diamantes, diatomeas, granate, óxidos y carbonatos de calcio, magnesita y sales de magnesio, mica, sal carbonato de sodio, minerales de titanio (ilmenitas), vermiculita Bauxita y alúmina, bromo arcillas (atapulgitas), diatomeas, grafito ioduros, minerales de litio, pirofilitas, tierras raras, azufre, talco, minerales de titanio, zeolitas.</i>
-----------------------	---	--

**Baterias
Nuclear**

GCID nº 1066387275

*Oxidos de antimonio, grafito, litio, tierras raras, sal, azufre.
Grafito, tierras raras, circón, minerales de titanio, zeolitas.*

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ENERGÉTICOS LITOSFÉRICOS EN 2003

Tabla A5.

	Hullas Ktep	Lignits Ktep	Gas Ktep	Petroleo bbl/d	Petroleo Ktep	Uranio Kt	TOTAL Ktep
Afganistán	230						230,0
Abu Dhabi				2547000	130937		130937,3
Albania				6300	324		323,9
Alemania	41300	166200	15900	57494	2956	0,150	226355,8
Algeria			74500	1857000	95465		169965,5
Angola				885000	45496		45496,5
Arabia Saudita			54100	10222000	525497		579597,2
Argentina	240		36900	806000	41435		78575,2
Australia	289700	65800	29900	624000	32079	7,572	417486,4
Austria				20008	1029		1028,6
Azerbaijan			4300		0		4300,0
Bangladesh			11100				11100,0
Baharain			8700				8700,0
Birmania (Myanmar)			6200	11000	565		6765,5
Bolivia			5100		0		5100,0
Bosnia		2000			0		2000,0
Botsuana	800				0		800,0
Brasil	5600		9100	1555000	79940	0,310	94640,5
Brunei				214400	11022		11022,0
Bulgaria	120	31000			0		31120,0
Camerún				68000	3496		3495,8
Canada	63590	11790	164500	304000	15628	10,457	255518,6
Chad				24000	1234		1233,8
Chile	600				0		600,0
China	1185500	50000	31000	3401000	174840	0,750	1441340,9
Colombia	34000		5500	564000	28994		68494,4
Congo				279675	14378		14377,7
Corea N	60000	15000			0		75000,0
Corea Sud	4300				0		4300,0
Costa de Marfil				21000	1080		1079,6
Croacia				31160	1602		1601,9
Cuba				32500	1671		1670,8
Dinamarca			7200	371000	19073		26272,5
Ecuador				410000	21077		21077,5
Egipte	200		22500	749000	38505		61204,9
Emirats (Dubai)			40300	270000	13880		54180,3
Eslovaquia		4000			0		4000,0
Eslovenia		5200			0		5200,0
Espanya	12400	13700			0	0,000	26100,0
EUA	934200	80000	494600	7400000	380423	0,779	1889223,3
Filipines	1000			790	41		1040,6
França	5300	800		38952	2002	0,000	8102,5
Gabón				240000	12338		12338,0
Ginea Ecuatorial				249000	12801		12800,7
Grecia		60400			0		60400,0
Holanda			52500	59650	3067		55566,5
Hongria	900	13600	3000	32975	1695	0,010	19195,2
India	300000	23000	26900	800000	41127	0,200	391027,0

	Hullas Ktep	Lignits Ktep	Gas Ktep	Petroleo bbl/d	Petroleo Ktep	Uranio Kt	TOTAL Ktep
Indonesia	61200		65500	1183000	60816		187516,2
Irak				1350000	69401		69401,4
Iran	1810		73400	3999000	205582		280792,4
Italia		84	12400	107000	5501		17984,7
Japó	3600				0		3600,0
Kazajistan	65700	3000	11700	1111000	57115	3,300	137518,1
Kuwait			8200	2238230	115064		123263,9
Kirguizistan	300			599503	30820		31119,5
Libia			5700	1488000	76496		82195,8
Macedonia		6500			0		6500,0
Malasia	350		46600	878000	45137		92086,6
Marruecos	400				0		400,0
Méxic	10000		32700	3789000	194787		237486,6
Mongolia	2000	3200			0		5200,0
Mozambique	140				0		140,0
Namibia					0	2,036	2,0
N Zelanda	3100	200	3700	44535	2289		9289,5
Niger	150				0	3,143	153,1
Nigeria	90		17300	2263000	116337		133727,3
Noruega	330		65800	3264000	167797		233927,2
Oman			14900	823000	42309		57209,2
Pakistán	3100		19000	61000	3136	0,045	25236,0
Papua NG				127093	6534		6533,7
Peru				92000	4730		4729,6
Polonia	117000	63000	3600	7518	386		183986,5
Qatar			18000	917000	47142		65141,5
Romania	4000	29000	11700	123000	6323	0,090	51023,3
Rusia	149000	83000	520800	8544000	439234	3,150	1192037,0
Serbia i MN	100	43100		18000	925		44125,4
Siria			4600	564000	28994		33594,4
Sudán				255000	13109		13109,2
Suráfrica	222710				0	0,758	222710,8
Tailandia	4700	15500	17600	223000	11464		49264,1
Taiwan	500				0		500,0
Tanzania	100				0		100,0
Tchequia	24900	50800	0	3612	186	0,450	75886,1
Trinidad i Tobago				22300	164000	8431	30731,0
Turquia	2000	52000		61741	3174		57174,0
Turkmenistan			49600	202000	10385		59984,5
Tunisia				68000	3496		3495,8
UK	41300		92600	2257000	116029		249928,9
Ukrania	74200	2000	16000		0	0,800	92200,8
Uzbekistán		3000	48300	166000	8534	1,598	59835,4
Venezuela	6800		22700	2622000	134793		164293,0
Vietnam	11700		2100	364000	18713		32512,7
Yemen				454000	23339		23339,4
Zambia	150						150,0
Zimbabwe	5050						5050,0

	Total Mon	3756460	896874	2355400	77054000	3961227	41,998	10970003
CIS	289200	91000	650700	10622503	546086	9	1576995	
Merco Sur	6440	0	51100	2361000	121375	0	178916	
NAFTA	1007790	91790	691800	11493000	590837	11	2382229	
UE 25	126100	314784	183600	2947691	151536	1	776021	
Resta	2326930	399300	778200	49629806	2551391	21	6055842	

Fuentes: BP, USGS, Mining Annual Review (2004), IEA (2005); ODCE

RECURSOS Y SOSTENIBILIDAD

El Agua

El Territorio

El Trabajo

El Aire