

INTRODUCCIÓN: EL SUELO Y EL SUBSUELO.

La parte superficial de la corteza terrestre, que está constituida por un mínimo de materia orgánica (5 ó 6% de sustancias de origen vegetal o animal) y alta proporción de elementos minerales (94%), forma lo que denominamos suelo (que también se define como capa laborable). Sobre esa capa, que la acción de factores naturales y la intervención humana modifican constantemente, se desarrolla la vida orgánica.

La distribución de la vida de las plantas y de los animales sobre la superficie de la tierra, está íntimamente ligada a las condiciones del suelo. De su fertilidad y aridez dependen el desarrollo de la vegetación y la abundancia de la fauna. Las diversas sustancias que componen el suelo (arenas, arcillas, humus) se han ido depositando durante el proceso de formación, de acuerdo con sus respectivas densidades: aflora la tierra vegetal (humus o mantillo) tendida sobre capa arcillosa, que a su vez cubre los estratos arenosos que se apoyan en el subsuelo.

El subsuelo ocupa, como lo indica el vocablo, el estrato situado inmediatamente debajo del suelo o capa arable; forman parte de su composición, rocas y minerales de todo tipo.

De ese subsuelo, que el hombre ha explorado sólo una mínima porción (las más profundas perforaciones petrolíferas llegan a 6.000 m), se extraen los elementos esenciales para el desarrollo de las industrias que promueven el progreso de las naciones: petróleo, hulla, hierro, combustibles nucleares, etcétera.

¿QUÉ ES UN MINERAL?

Mineral (química), en general, cualquier elemento o compuesto químico que se encuentre en la naturaleza; en mineralogía y geología, compuestos y elementos químicos formados mediante procesos inorgánicos. El petróleo y el carbón, que se forman por la descomposición de la materia orgánica, no son minerales en sentido estricto. Se conocen actualmente más de 3.000 especies de minerales, la mayoría de los cuales se caracterizan por su composición química, su estructura cristalina y sus propiedades físicas. Se pueden clasificar según su composición química, tipo de cristal, dureza y apariencia (color, brillo y opacidad). En general los minerales son sustancias sólidas, siendo los únicos líquidos el mercurio y el agua. Todas las rocas que constituyen la corteza terrestre están formadas por minerales. Los depósitos de minerales metálicos de valor económico y cuyos metales se explotan se denominan yacimientos.

Clasificación de los minerales:

Los minerales se subdividen en dos grandes grupos: minerales no silicatados y minerales silicatados. La razón de esta división es que los minerales silicatados por sí solos son unos de los principales constituyentes de la mayoría de las rocas comunes de la corteza terrestre.

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS MINERALES		
NO SILICATADOS	Elementos nativos	Azufre, cobre, oro
	Haluros	Silvina, fluorita, carnalita
	Sulfuros	Galena, calcopirita, estibina
	Sulfosales	Pirargirita, tetraedrita
	Carbonatos	Rodocrosita, calcita
	Nitratos	Nitratina

	Boratos	Borax
	Fosfatos	Apatito
	Sulfatos	Yeso
	Wolframatos	Wolframita
	Oxidos	Cuprita, magnetita
	Hidróxidos	Gohetita, limonita
SILICATOS	Nesosilicatos	Olivino, granate
	Sorosilicatos	Hemimorfita
	Ciclosilicatos	Berilo
	Inosilicatos	Diopsido
	Filosilicatos	Clorita, Talco
	Tectosilicatos	Cuarzo, Ortosa

Estos minerales tienen características comunes debido a que los elementos que los componen son similares y en la formación de sus estructuras.

¿QUÉ ES LA MINERALOGIA?

La ciencia de la **mineralogía** trata de los minerales de la corteza terrestre y de los encontrados fuera de la Tierra, como las muestras lunares o los meteoritos. Las propiedades de los minerales se estudian bajo las correspondientes subdivisiones: mineralogía química, mineralogía física y cristalografía. Las propiedades y clasificación de los minerales individuales, su localización, sus formas de aparición y sus usos corresponden a la mineralogía descriptiva. La identificación en función de sus propiedades químicas, físicas y cristalográficas (La cristalografía, rama de la mineralogía, implica el estudio de la forma externa y de la estructura interna de los cristales naturales y artificiales) recibe el nombre de mineralogía determinativa.

Los mineralogistas estudian la formación, la aparición, las propiedades químicas y físicas, la composición y la clasificación de los minerales. La mineralogía determinativa es pues, la ciencia de la identificación de un espécimen por sus propiedades físicas y químicas.

Mineralogía química

La composición química es la propiedad más importante para identificar los minerales y para distinguirlos entre sí. El análisis de los minerales se realiza con arreglo a unos métodos normalizados de análisis químico cuantitativo y cualitativo. Los minerales se clasifican sobre la base de su composición química y la simetría de sus cristales. Sus componentes químicos pueden determinarse también por medio de análisis realizados con haces de electrones.

Aunque la clasificación química no es rígida, las diversas clases de compuestos químicos que incluyen a la mayoría de los minerales son las siguientes: 1) elementos, como el oro, el grafito, el diamante y el azufre, que se dan en estado puro o nativo, es decir, sin formar compuestos químicos; 2) sulfuros, que son minerales compuestos de diversos metales combinados con el azufre. Muchas menas minerales importantes, como la galena o la esfalerita, pertenecen a esta clase; 3) sulfosales, minerales compuestos de plomo, cobre o plata

combinados con azufre y uno o más de los siguientes elementos: antimonio, arsénico y bismuto. La pirargirita, Ag_3SbS_3 , pertenece a esta clase; 4) óxidos, minerales compuestos por un metal combinado con oxígeno, como la hematita u oligisto, Fe_2O_3 . Los óxidos minerales que contienen también agua, como el diásporo, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, o el grupo hidroxilo (OH), como la goethita $\text{FeO}(\text{OH})$, pertenecen también a este grupo; 5) los haluros, compuestos de metales combinados con cloro, flúor, bromo o yodo; la halita o sal gema, NaCl , es el mineral más común de esta clase; 6) carbonatos, minerales como la calcita, CaCO_3 , que contienen un grupo carbonato; 7) los fosfatos, minerales como el apatito, $\text{Ca}_5(\text{F,Cl})(\text{PO}_4)_3$, que contienen un grupo fosfato; 8) sulfatos, como la barita, BaSO_4 , que contienen un grupo sulfato, y 9) silicatos, la clase más abundante de minerales, formada por varios elementos en combinación con silicio y oxígeno, que a menudo tienen una estructura química compleja, y minerales compuestos exclusivamente de silicio y oxígeno (sílice). Los silicatos incluyen minerales que comprenden las familias del feldespato, la mica, el piroxeno, el cuarzo, la zeolita y el anfíbol.

Mineralogía física

Las propiedades físicas de los minerales constituyen una importante ayuda a la hora de identificarlos y caracterizarlos. La mayor parte de las propiedades físicas pueden reconocerse a simple vista o determinarse por medio de pruebas sencillas. Las propiedades más importantes incluyen el rayado, el color, la fractura, el clivaje, la dureza, el lustre, la densidad relativa y la fluorescencia o fosforescencia.

Cristalografía

La mayoría de los minerales adoptan formas cristalinas cuando las condiciones de formación son favorables. La cristalografía es el estudio del crecimiento, la forma y el carácter geométrico de los cristales. La disposición de los átomos en el seno de un cristal puede determinarse por medio del análisis por difracción de los rayos X. La química cristalográfica estudia la relación entre la composición química, la disposición de los átomos y las fuerzas de enlace entre éstos. Esta relación determina las propiedades físicas y químicas de los minerales. Los cristales se agrupan en seis sistemas de simetría: cúbico o isométrico, hexagonal, tetragonal, ortorrómbico, monoclinico y triclínico..

El estudio de los minerales constituye una importante ayuda para la comprensión de cómo se han formado las rocas. La síntesis en laboratorio de las variedades de minerales producidos por presiones elevadas está contribuyendo a la comprensión de los procesos ígneos que tienen lugar en las profundidades de la litosfera . Dado que todos los materiales inorgánicos empleados en el comercio son minerales o sus derivados, la mineralogía tiene una aplicación económica directa. Usos importantes de los minerales y ejemplos de cada categoría son las gemas o piedras preciosas y semipreciosas (diamante, granate, ópalo, circonio); los objetos ornamentales y materiales estructurales (ágata, calcita, yeso); los refractarios (asbestos o amianto, grafito, magnesita, mica); cerámicos (feldespato, cuarzo); minerales químicos (halita, azufre, bórax); fertilizantes (fosfatos); pigmentos naturales (hematites, limonita); aparatos científicos y ópticos (cuarzo, mica, turmalina), y menas de metales (casiterita, calcopirita, cromita, cinabrio, ilmenita, molibdenita, galena y esfalerita).

LOS MINERALES EN MALLORCA

Si estudiamos y observamos la estructura de las tierras baleares descubrimos que dos islas, Ibiza y Mallorca, poseen la misma estructura debido a un mismo origen común de sus materiales sedimentarios y unos relieves análogos salidos ambos de la orogenia alpina, la tercera Menorca, no es más que un retazo reducido de terrenos paleozoicos debido a que no fue afectada de ningún modo por la orogenia alpina que pasó a su vera sin alcanzarla ni deformarla en ningún momento.

Mallorca e Ibiza están formadas por calizas y margosas en grandes extensiones fruto de la formación por sedimentación de materiales. Si observamos y comparamos los siguientes mapas veremos, pues, que Mallorca en su principio era dos islas próximas lo que ahora conocemos como Serra de Tramuntana y Serra de Llevant ,

con algunos puntos aislados también emergidos. Como ya hemos citado antes el resto de la isla se fue formando por sedimentación de materiales erosionados desde la península. Los materiales más antiguos forman parte de esas cubres emergidas de un principio y los más recientes son los que forman el llamado Pla de Mallorca.

La mineralogía y la minería no han tenido en Mallorca mucha importancia a nivel nacional pero sí a nivel personal. El trabajo de los minerales, en su mayoría, se hacía en las canteras de donde se extraía el marés típico de las construcciones mallorquinas. Las canteras, en general, son bastante similares a las minas de cielo abierto, y el equipo empleado es el mismo. La diferencia es que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción. Por lo general, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que hay bastante menos material de desecho. A su vez, esto significa que al final de la vida útil de la cantera queda una gran excavación. No obstante, debido a los bajos precios que suelen tener los productos de la mayoría de las canteras, éstas tienen que estar situadas relativamente cerca de los mercados. Si no fuera así, los gastos de transporte podrían hacer que la cantera no fuera rentable. Por esta razón muchas se encuentran cerca de aglomeraciones urbanas. También supone que las cavidades creadas por muchas canteras adquieren un cierto valor como vertederos de residuos urbanos. En las cercanías de las grandes ciudades, no es imposible que la excavación creada por la cantera tenga un valor superior al del material extraído. Debido al bajo coste actual del transporte marítimo se están abriendo nuevos tipos de grandes canteras costeras. Estas canteras pueden servir a mercados alejados, porque los gastos de transporte son lo bastante bajos como para que sus productos sigan siendo competitivos.

MINERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

Características y aplicaciones de las principales piedras de la construcción.

Cal.

Origen: Se obtiene calcinando rocas calizas.

Características: La cal viva en contacto con el agua la absorbe ávidamente, con elevación de temperatura y desprendimiento de gases (hierve). Se transforma así en cal apagada.

Aplicaciones: Aplicaciones muy diversas. En construcción, formación de argamasa, blanqueos, etcétera.

Yeso.

Origen: El yeso comercial o cocido se obtiene calcinando la llamada piedra de yeso.

Características: Mezclado con el agua forma una pasta blanca de rápido endurecimiento (se dice que fragua).

Aplicaciones: Yeso cocido: moldes y vaciados.(albañilería)

Yeso cristalino: alabastro (estatuaria).

Yeso crudo: abono.

Mármol.

Origen: Es una piedra calcárea formada por cristales de calcio.

Características: Piedra muy dura y resistente color variado, (según el metal que predomine). Es susceptible de hermoso pulimento.

Aplicaciones: Se utiliza en la construcción y ornamentación: estatuaria, columnas, escalinatas, revestimientos.

Granito.

Origen: Es una roca compuesta por granos de cuarzo, de feldespato y de mica.

Características: Piedra muy dura y resistente color variado, (según el material que predomine). Puede dársele hermoso pulimento.

Aplicaciones: Revestimientos, estatuaria, pavimentación.

Arcillas.(Caolín, greda, etc.)

Origen: Se forman por descomposición de ciertas rocas.

Características: Forman con el agua una pasta blanda. Los objetos que se fabrican mediante la cocción, en hornos especiales, adquieren consistencias de piedra.

Aplicaciones: Fabricación de porcelanas, materiales refractarios, ladrillos, tejas, mosaicos, alfarería, cerámica, modelado, etcétera.

Cementos (artificiales)

Origen: Se obtienen por calcinación de calizas arcillosas.

Características: Aspecto de polvo grisáceo, fino, áspero. Absorbe agua formando una masa compacta de gran dureza, F Aplicaciones: Se emplean en construcciones de todo tipo. Tienen importancia para obras hidráulicas por la propiedad de no disolverse una vez seca la mezcla.

COMBUSTIBLES FÓSILES

El **combustible** es una sustancia que reacciona químicamente con otra sustancia para producir calor, o que produce calor por procesos nucleares.

Principales combustibles fósiles:

Carbón, combustible sólido de origen vegetal. En eras geológicas remotas, y sobre todo en el periodo carbonífero (que comenzó hace 345 millones de años y duró unos 65 millones), grandes extensiones del planeta estaban cubiertas por una vegetación abundantísima que crecía en pantanos. Muchas de estas plantas eran tipos de helechos, algunos de ellos tan grandes como árboles. Al morir las plantas, quedaban sumergidas por el agua y se descomponían poco a poco. A medida que se producía esa descomposición, la materia vegetal perdía átomos de oxígeno e hidrógeno, con lo que quedaba un depósito con un elevado porcentaje de carbono. Así se formaron las turberas. Con el paso del tiempo, la arena y lodo del agua fueron acumulándose sobre algunas de estas turberas. La presión de las capas superiores, así como los movimientos de la corteza terrestre y, en ocasiones, el calor volcánico, comprimieron y endurecieron los depósitos hasta formar carbón.

Los diferentes tipos de carbón se clasifican según su contenido de carbono fijo. La turba, la primera etapa en la formación de carbón, tiene un bajo contenido de carbono fijo y un alto índice de humedad. El lignito, el carbón de peor calidad, tiene un contenido de carbono mayor. El carbón bituminoso tiene un contenido aún mayor, por lo que su poder calorífico también es superior. La antracita es el carbón con el mayor contenido en carbono y el máximo poder calorífico. La presión y el calor adicionales pueden transformar el carbón en grafito, que es prácticamente carbono puro. Además de carbono, el carbón contiene hidrocarburos volátiles,

azufre y nitrógeno, así como diferentes minerales que quedan como cenizas al quemarlo.

Ciertos productos de la combustión del carbón pueden tener efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. Al quemar carbón se produce dióxido de carbono entre otros compuestos. Muchos científicos creen que, debido al uso extendido del carbón y otros combustibles fósiles (como el petróleo), la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre podría aumentar hasta el punto de provocar cambios en el clima de la Tierra. Por otra parte, el azufre y el nitrógeno del carbón forman óxidos durante la combustión que pueden contribuir a la formación de lluvia ácida.

Todos los tipos de carbón tienen alguna utilidad. La turba se utiliza desde hace siglos como combustible para fuegos abiertos, y más recientemente se han fabricado briquetas de turba y lignito para quemarlas en hornos. La siderurgia emplea carbón metalúrgico o coque, un combustible destilado que es casi carbono puro. El proceso de producción de coque proporciona muchos productos químicos secundarios, como el alquitrán de hulla, que se emplean para fabricar otros productos. El carbón también se utilizó desde principios del siglo XIX hasta la II Guerra Mundial para producir combustibles gaseosos, o para fabricar productos petroleros mediante licuefacción. La fabricación de combustibles gaseosos y otros productos a partir del carbón disminuyó al crecer la disponibilidad del gas natural. En la década de 1980, sin embargo, las naciones industrializadas volvieron a interesarse por la gasificación y por nuevas tecnologías limpias de carbón. La licuefacción del carbón cubre todas las necesidades de petróleo de Suráfrica.

Tecnologías limpias de carbón

Las tecnologías limpias de carbón son una nueva generación de procesos avanzados para su utilización, algunas pueden ser desde un punto de vista comercial, viables a principios del siglo XXI. En general, estas tecnologías son más limpias y eficientes y menos costosas que los procesos convencionales. Hay muchas tecnologías limpias, pero la mayoría alteran la estructura básica del carbón antes de la combustión, durante la misma o después de ella. Con ello reducen las emisiones de impurezas como azufre y óxido de nitrógeno y aumentan la eficiencia de la producción energética.

En la década de 1980, algunos gobiernos emprendieron programas de colaboración con la industria privada para fomentar el desarrollo de las tecnologías limpias de carbón más prometedoras, como los métodos mejorados para limpiar el carbón, la combustión en lecho fluido, la inyección de sorbentes de horno y la desulfuración avanzada de gases de combustión.

Localización de los yacimientos

El carbón se encuentra en casi todas las regiones del mundo, pero en la actualidad los únicos depósitos de importancia comercial están en Europa, Asia, Australia y América del Norte.

En Gran Bretaña, que fue el líder mundial en producción de carbón hasta el siglo XX, existen yacimientos en el sur de Escocia, Inglaterra y Gales. En Europa occidental hay importantes depósitos de carbón en toda la región francesa de Alsacia, en Bélgica y en los valles alemanes del Sarre y el Ruhr. En Centroeuropa hay yacimientos en Polonia, la República Checa y Hungría. El yacimiento de carbón más extenso y valioso de la ex Unión Soviética es el situado en la cuenca de Donets, entre los ríos Dniéper y Don; también se han explotado grandes depósitos de la cuenca carbonera de Kuznetsk, en Siberia occidental. Los yacimientos carboníferos del noroeste de China, que están entre los mayores del mundo, fueron poco explotados hasta el siglo XX.

Las estimaciones de las reservas mundiales de carbón son muy variadas. Según el Consejo Mundial de la Energía, las reservas recuperables de antracita, carbón bituminoso y subbituminoso ascendían a finales de la década de 1980 a más de 1,2 billones de toneladas. De ese carbón recuperable, China tenía alrededor del 43%, Estados Unidos el 17%, la Unión Soviética el 12%, Suráfrica el 5% y Australia el 4%.

Producción de carbón

La producción mundial del carbón en 1994 refleja la crisis de la minería en la Unión Europea (la producción bajó un 17,4%) y en Rusia (decaió en un 6,2%). En cambio se produjo un dinamismo en la industria carbonífera de Estados Unidos, China, India, Colombia y Australia entre otros países. La producción total en el mundo ese año fue 2.158,3 millones de toneladas, de las cuales China produjo un 27,4%, Estados Unidos un 5,5% y la República de Suráfrica un 4,8%.

Petróleo, líquido oleoso bituminoso de origen natural compuesto por diferentes sustancias orgánicas. Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. Las sociedades industriales modernas lo utilizan sobre todo para lograr un grado de movilidad por tierra, mar y aire impensable hace sólo 100 años. Además, el petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas o textiles y para generar electricidad.

Las naciones de hoy en día dependen del petróleo y sus productos; la estructura física y la forma de vida de las aglomeraciones periféricas que rodean las grandes ciudades son posibles gracias a un suministro de petróleo abundante y barato. Sin embargo, en los últimos años ha descendido la disponibilidad mundial de esta materia, y su coste o costo relativo ha aumentado. Es probable que, a mediados del siglo XXI el petróleo ya no se use comercialmente de forma habitual.

Características

Todos los tipos de petróleo se componen de hidrocarburos, aunque también suelen contener unos pocos compuestos de azufre y de oxígeno; el contenido de azufre varía entre un 0,1% y un 5%. El petróleo contiene elementos gaseosos, líquidos y sólidos. La consistencia del petróleo varía desde un líquido tan poco viscoso como la gasolina hasta un líquido tan espeso que apenas fluye. Por lo general hay pequeñas cantidades de compuestos gaseosos disueltos en el líquido; cuando las cantidades de estos compuestos son mayores, el yacimiento de petróleo está asociado con un depósito de gas natural.

Formación

El petróleo se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos. Los restos de animales minúsculos que viven en el mar y, en menor medida, los de organismos terrestres arrastrados al mar por los ríos o los de plantas que crecen en los fondos marinos se mezclan con las finas arenas y limos que caen al fondo en las cuencas marinas tranquilas. Estos depósitos, ricos en materiales orgánicos, se convierten en rocas generadoras de crudo. El proceso comenzó hace muchos millones de años, cuando surgieron los organismos vivos en grandes cantidades, y continúa hasta el presente. Los sedimentos se van haciendo más espesos y se hunden en el suelo marino bajo su propio peso. A medida que van acumulándose depósitos adicionales, la presión sobre los situados más abajo se multiplica por varios miles, y la temperatura aumenta en varios cientos de grados. El cieno y la arena se endurecen y se convierten en esquistos y arenisca; los carbonatos precipitados y los restos de caparzones se convierten en caliza, y los tejidos blandos de los organismos muertos se transforman en petróleo y gas natural.

Una vez formado el petróleo, éste fluye hacia arriba a través de la corteza terrestre porque su densidad es menor que la de las salmueras que saturan los intersticios de los esquistos, arenas y rocas de carbonato que constituyen dicha corteza. El petróleo y el gas natural ascienden a través de los poros microscópicos de los sedimentos situados por encima. Con frecuencia acaban encontrando un esquisto impermeable o una capa de roca densa: el petróleo queda atrapado, formando un depósito. Sin embargo, una parte significativa del petróleo no se topa con rocas impermeables sino que brota en la superficie terrestre o en el fondo del océano. Entre los depósitos superficiales también figuran los lagos bituminosos y las filtraciones de gas natural.

Prospección

Para encontrar petróleo bajo tierra, los geólogos deben buscar una cuenca sedimentaria con esquistos ricos en materia orgánica que lleven enterrados el suficiente tiempo para que se haya formado petróleo (desde unas decenas de millones de años hasta 100 millones de años). Además, el petróleo tiene que haber ascendido hasta depósitos porosos capaces de contener grandes cantidades de líquido. La existencia de petróleo crudo en la corteza terrestre se ve limitada por estas condiciones, que deben cumplirse. Sin embargo, los geólogos y geofísicos especializados en petróleo disponen de numerosos medios para identificar zonas propicias para la perforación. Por ejemplo, la confección de mapas de superficie de los afloramientos de lechos sedimentarios permite interpretar las características geológicas del subsuelo, y esta información puede verse complementada por datos obtenidos perforando la corteza y extrayendo testigos o muestras de las capas rocosas. Por otra parte, las técnicas de prospección sísmica que estudian de forma cada vez más precisa la reflexión y refracción de las ondas de sonido propagadas a través de la Tierra revelan detalles de la estructura e interrelación de las distintas capas subterráneas. Pero, en último término, la única forma de demostrar la existencia de petróleo en el subsuelo es perforando un pozo. De hecho, casi todas las zonas petroleras del mundo fueron identificadas en un principio por la presencia de filtraciones superficiales, y la mayoría de los yacimientos fueron descubiertos por prospectores particulares que se basaban más en la intuición que en la ciencia.

Un campo petrolero puede incluir más de un yacimiento, es decir, más de una única acumulación continua y delimitada de petróleo. De hecho, puede haber varios depósitos apilados uno encima de otro, aislados por capas intermedias de esquistos y rocas impermeables. El tamaño de esos depósitos varía desde unas pocas decenas de hectáreas hasta decenas de kilómetros cuadrados, y su espesor va desde unos pocos metros hasta varios cientos o incluso más. La mayoría del petróleo descubierto y explotado en el mundo se encuentra en unos pocos yacimientos grandes.

El crudo atrapado en un yacimiento se encuentra bajo presión; si no estuviera atrapado por rocas impermeables habría seguido ascendiendo debido a su flotabilidad hasta brotar en la superficie terrestre. Por ello, cuando se perfora un pozo que llega hasta una acumulación de petróleo a presión, el petróleo se expande hacia la zona de baja presión creada por el pozo en comunicación con la superficie terrestre. Sin embargo, a medida que el pozo se llena de líquido aparece una presión contraria sobre el depósito, y pronto se detendría el flujo de líquido adicional hacia el pozo si no se dieran otras circunstancias. La mayoría de los petróleos contienen una cantidad significativa de gas natural en solución, que se mantiene disuelto debido a las altas presiones del depósito. Cuando el petróleo pasa a la zona de baja presión del pozo, el gas deja de estar disuelto y empieza a expandirse. Esta expansión, junto con la dilución de la columna de petróleo por el gas, menos denso, hace que el petróleo aflore a la superficie.

A medida que se continúa retirando líquido del yacimiento, la presión del mismo va disminuyendo poco a poco, así como la cantidad de gas disuelto. Esto hace que la velocidad de flujo de líquido hacia el pozo se haga menor y se libere menos gas. Cuando el petróleo ya no llega a la superficie se hace necesario instalar una bomba en el pozo para continuar extrayendo el crudo.

Finalmente, la velocidad de flujo del petróleo se hace tan pequeña, y el coste de elevarlo hacia la superficie aumenta tanto, que el coste de funcionamiento del pozo es mayor que los ingresos que pueden obtenerse por la venta del crudo (una vez descontados los gastos de explotación, impuestos, seguros y rendimientos del capital). Esto significa que se ha alcanzado el límite económico del pozo, por lo que se abandona su explotación.

Refinado

Una vez extraído el crudo, se trata con productos químicos y calor para eliminar el agua y los elementos sólidos y se separa el gas natural. A continuación se almacena el petróleo en tanques desde donde se transporta a una refinería en camiones, por tren, en barco o a través de un oleoducto. Todos los campos

petroleros importantes están conectados a grandes oleoductos.

Destilación básica

La herramienta básica de refinado es la unidad de destilación. El petróleo crudo empieza a vaporizarse a una temperatura algo menor que la necesaria para hervir el agua. Los hidrocarburos con menor masa molecular son los que se vaporizan a temperaturas más bajas, y a medida que aumenta la temperatura se van evaporando las moléculas más grandes. El primer material destilado a partir del crudo es la fracción de gasolina, seguida por la nafta y finalmente el queroseno. En las antiguas destilerías, el residuo que quedaba en la caldera se trataba con ácido sulfúrico y a continuación se destilaba con vapor de agua. Las zonas superiores del aparato de destilación proporcionaban lubricantes y aceites pesados, mientras que las zonas inferiores suministraban ceras y asfalto. A finales del siglo XIX, las fracciones de gasolina y nafta se consideraban un estorbo porque no existía una gran necesidad de las mismas; la demanda de queroseno también comenzó a disminuir al crecer la producción de electricidad y el empleo de luz eléctrica. Sin embargo, la introducción del automóvil hizo que se disparara la demanda de gasolina, con el consiguiente aumento de la necesidad de crudo.

Craqueo térmico

El proceso de craqueo térmico, o pirólisis a presión, se desarrolló en un esfuerzo para aumentar el rendimiento de la destilación. En este proceso, las partes más pesadas del crudo se calientan a altas temperaturas bajo presión. Esto divide (craquea) las moléculas grandes de hidrocarburos en moléculas más pequeñas, lo que aumenta la cantidad de gasolina compuesta por este tipo de moléculas producida a partir de un barril de crudo. No obstante, la eficiencia del proceso era limitada, porque debido a las elevadas temperaturas y presiones se depositaba una gran cantidad de coque (combustible sólido y poroso) en los reactores. Esto, a su vez, exigía emplear temperaturas y presiones aún más altas para craquear el crudo. Más tarde se inventó un proceso de coquefacción en el que se recirculaban los fluidos; el proceso funcionaba durante un tiempo mucho mayor con una acumulación de coque bastante menor. Muchos refinadores adoptaron este proceso de pirólisis a presión.

Alquilación y craqueo catalítico

En la década de 1930 se introdujeron otros dos procesos básicos, la alquilación y el craqueo catalítico, que aumentaron adicionalmente la gasolina producida a partir de un barril de crudo. En la alquilación, las moléculas pequeñas producidas por craqueo térmico se recombinan en presencia de un catalizador. Esto produce moléculas ramificadas en la zona de ebullición de la gasolina con mejores propiedades (por ejemplo, mayores índices de octano) como combustible de motores de alta potencia, como los empleados en los aviones comerciales actuales.

En el proceso de craqueo catalítico, el crudo se divide (craquea) en presencia de un catalizador finamente dividido. Esto permite la producción de muchos hidrocarburos diferentes que luego pueden recombinarse mediante alquilación, isomerización o reformación catalítica para fabricar productos químicos y combustibles de elevado octanaje para motores especializados. La fabricación de estos productos ha dado origen a la gigantesca industria petroquímica, que produce alcoholes, detergentes, caucho sintético, glicerina, fertilizantes, azufre, disolventes y materias primas para fabricar medicinas, nylon, plásticos, pinturas, poliésteres, aditivos y complementos alimenticios, explosivos, tintes y materiales aislantes.

Porcentajes de los distintos productos

En 1920, un barril de crudo, que contiene 159 litros, producía 41,5 litros de gasolina, 20 litros de queroseno, 77 litros de gasoil y destilados y 20 litros de destilados más pesados. Hoy, un barril de crudo produce 79,5 litros de gasolina, 11,5 litros de combustible para reactores, 34 litros de gasoil y destilados, 15 litros de lubricantes y 11,5 litros de residuos más pesados.

Ingeniería del petróleo

Los conocimientos y técnicas empleadas por los ingenieros de prospección y refinado proceden de casi todos los campos de la ciencia y la ingeniería. Por ejemplo, en los equipos de prospección hay geólogos especializados en la confección de mapas de la superficie, que tratan de reconstruir la configuración de los diversos estratos sedimentarios del subsuelo, lo que puede proporcionar claves sobre la presencia de depósitos de petróleo. Después, los especialistas en el subsuelo estudian las muestras de las perforaciones e interpretan los datos sobre formaciones subterráneas transmitidos a sensores situados en la superficie desde dispositivos de sondeo eléctricos, acústicos y nucleares introducidos en el pozo de prospección mediante un cable. Los sismólogos interpretan las complejas señales acústicas que llegan a la superficie después de propagarse a través de la corteza terrestre. Los geoquímicos estudian la transformación de la materia orgánica y los métodos para detectar y predecir la existencia de dicha materia en los estratos subterráneos. Por su parte, los físicos, químicos, biólogos y matemáticos se encargan de la investigación básica y del desarrollo de técnicas de prospección complejas.

Los ingenieros especializados son los responsables de la explotación de los yacimientos de petróleo descubiertos. Por lo general son especialistas en una de las categorías de operaciones de producción: instalaciones de perforación y de superficie, análisis petrofísico y petroquímico del depósito, estimación de las reservas, especificación de las prácticas de explotación óptima y control, y seguimiento de la producción. Muchos de estos especialistas son ingenieros químicos, industriales o eléctricos, o bien físicos, químicos, matemáticos o geólogos.

El ingeniero de perforación determina y supervisa el programa concreto para perforar el pozo, el tipo de lodo de inyección empleado, la forma de fijación del revestimiento de acero que aísla los estratos productivos de los demás estratos subterráneos, y la forma de exponer los estratos productivos del pozo perforado. Los especialistas en ingeniería de instalaciones especifican y diseñan los equipos de superficie que deben instalarse para la producción, las bombas de los pozos, los sistemas para medir el yacimiento, recoger los fluidos producidos y separar el gas, los tanques de almacenamiento, el sistema de deshidratación para eliminar el agua del petróleo producido y las instalaciones para sistemas de recuperación mejorada.

Los ingenieros petrofísicos y geológicos, después de interpretar los datos suministrados por el análisis de los testigos o muestras geológicas y por los diferentes dispositivos de sondeo, desarrollan una descripción de la roca del yacimiento y de su permeabilidad, porosidad y continuidad. A continuación, los ingenieros de depósito desarrollan un plan para determinar el número y localización de los pozos que se perforarán en el depósito, el ritmo de producción adecuado para una recuperación óptima y las necesidades de tecnologías de recuperación complementarias. Estos ingenieros también realizan una estimación de la productividad y las reservas totales del depósito, analizando el tiempo, los costes de explotación y el valor del crudo producido. Por último, los ingenieros de producción supervisan el funcionamiento de los pozos; además, recomiendan y ponen en práctica acciones correctoras como fracturación, acidización, profundización, ajuste de la proporción entre gas y petróleo o agua y petróleo, o cualesquiera otras medidas que mejoren el rendimiento económico del yacimiento.

Volumen de producción y reservas

El petróleo es quizá la materia prima más útil y versátil de las explotadas. En 1994, el primer productor era Arabia Saudí, que producía unas 427,5 millones de toneladas, es decir un 13,3%. La producción mundial era de 3.209,1 millones de toneladas, de las cuales, Estados Unidos produjo un 12,0%, Rusia un 9,8% Irán un 5,5%, México un 5,5%, China un 4,5% y Venezuela un 4,3 por ciento.

Reservas

Las reservas mundiales de crudo la cantidad de petróleo que los expertos saben a ciencia cierta que se pueden

extraer de forma económica suman unos 700.000 millones de barriles, de los que unos 360.000 millones se encuentran en Oriente Próximo.

Proyecciones

Es probable que en los próximos años se realicen descubrimientos adicionales y se desarrollen nuevas tecnologías que permitan aumentar la eficiencia de recuperación de los recursos ya conocidos. En cualquier caso, el suministro de crudo alcanzará hasta las primeras décadas del siglo XXI. Sin embargo, según los expertos no hay casi perspectivas de que los nuevos descubrimientos e invenciones amplíen la disponibilidad de petróleo barato mucho más allá de ese periodo. Por ejemplo, el campo petrolero de Prudhoe Bay, en Alaska, es el mayor descubierto nunca en el hemisferio occidental. Se prevé que la cantidad total de crudo que se podrá recuperar en ese campo será de unos 10.000 millones de barriles, suficientes para cubrir las necesidades actuales de Estados Unidos durante algo menos de dos años; sin embargo, en Occidente sólo se ha descubierto un campo así en más de un siglo de prospecciones. Además, las nuevas perforaciones no han detenido la disminución continua de las reservas mundiales de crudo que comenzó durante la década de 1970.

Alternativas

A la vista de las reservas disponibles y de las pesimistas proyecciones, parece evidente que en el futuro harán falta fuentes de energía alternativas, aunque existen muy pocas opciones si se tienen en cuenta las ingentes necesidades de energía del mundo industrializado. La recuperación comercial de esquistos petroleros y la producción de crudo sintético todavía tienen que demostrar su viabilidad, y hay serias dudas sobre la competitividad de los costes de producción y los volúmenes de producción que pueden lograrse con estas posibles nuevas fuentes.

Los distintos problemas y posibilidades de fuentes alternativas como la energía geotérmica, la energía solar y la energía nuclear se analizan en el artículo Recursos energéticos. El único combustible alternativo capaz de cubrir las enormes necesidades de energía del mundo actual es el carbón, cuya disponibilidad planetaria está firmemente establecida. El aumento previsto de su empleo llevaría aparejado un aumento del uso de la energía eléctrica basada en el carbón, que se utilizaría para un número cada vez mayor de procesos industriales. Es posible que se pueda regular su uso gracias a la moderna tecnología de ingeniería, con un reducido aumento de los costes de capital y de explotación.