

Nociones de Antropogeografía

Juan de la C. POSADA

4—LAS RIQUEZAS DEL SUBSUELO (1)

Los complejos y variados materiales que entran en la composición de la delgada capa de la corteza terrestre accesible al hombre —hasta ahora, rara vez de más de 3000 m. de espesor— le van proporcionando elementos apropiados para su progreso material y cultural. Desde la edad paleolítica hasta nuestros días, el número y la clase de sustancias minerales extraídas del subsuelo, que van teniendo valor, que representan riqueza, ha aumentado considerablemente y seguirá creciendo. Sucede, sin embargo, que no en todas partes se encuentran en condiciones propicias para su beneficio económico. Hay zonas ricas en concentraciones, ya de una clase, ya de otra, y como el arte que se refiere a su extracción es específico para cada una, resultan así condiciones climáticas económicas muy diferenciadas que se reflejan sobre el modo de ser y de vivir de las agrupaciones humanas que las explotan. Así, por ejemplo, los pueblos mineros dedicados a la extracción de los metales preciosos, tienen sus características distintas de los que se consagran al beneficio de las rocas para construcciones, de las arcillas para la cerámica, etc.

Hay un hecho muy significativo en relación con la explotación de casi todas las riquezas del subsuelo: la incertidumbre y la corta vida del negocio. Por lo general la industria minera es transitoria y bastante aleatoria, todo en armonía con la cuantía del depó-

(1) Con la publicación de este capítulo, el penúltimo de la "Antropogeografía", del Profesor Posada, termina la revista la impresión de esta serie de estudios. El último capítulo: *La especie humana — Sus características espirituales y materiales — Su distribución sobre el planeta — Su actual estado evolutivo*, se incluirá en la edición de la obra completa, ya en prensa.

sito, su naturaleza y la rata de explotación. El beneficio de los depósitos minerales se termina por agotamiento, mucho antes de que la Naturaleza, en su lenta evolución, haya podido reemplazarlos por otros nuevos. En realidad, el hombre no hace otra cosa que disfrutar de reservas acumuladas en millones de años, sin esperanza de que sean renovadas oportunamente. Por consiguiente, las civilizaciones basadas en la utilización de las riquezas del subsuelo, suelen desaparecer o cambiar de fundamento. En California, por ejemplo, se vió, en cosa de medio siglo, la decadencia de sus ricas minas de oro, cuya explotación creó un ambiente cultural sui-géneris en la población cosmopolita que invadió el territorio en la época del auge minero. Hoy ese ambiente es distinto, basado sobre todo, en la agricultura, industria más perdurable. Si el suelo de esa bella comarca hubiera sido estéril, las gentes habrían emigrado, dejando atrás un desierto escasamente poblado, semejante al que encontraron los españoles cuando descubrieron el Nuevo Mundo.

Interminable sería la lista de las sustancias que el hombre extrae del subsuelo para ser aprovechadas directamente o para servir de materias primas transformables en productos útiles para las industrias, las artes, etc. Las privilegiadas zonas terrestres en que abundan uno o más materiales de esta clase, proporcionan ocupación primordial a gran número de las gentes que las habitan, en faenas totalmente distintas de las que corresponden a otros gremios, ya sean agricultores, comerciantes, fabricantes, etc., determinándose así factores climáticos especiales, de aspecto económico, que afectan el carácter, el modo de ser y de vivir de los pobladores.

Para dar siquiera una idea sucinta de dichas sustancias, pueden considerarse agrupadas de la manera siguiente:

- a) *Agua subterránea.*
- b) *Minerales combustibles.*
- c) *Minerales metálicos.*
- d) *Minerales no metálicos.*

a) — Agua subterránea

Ya, en otra parte, se trató de las aguas superficiales y de la circulación de las subterráneas. Falta, ahora, considerar el papel que estas últimas desempeñan en la economía humana. Extensas comarcas, esparcidas por las distintas partes de la tierra, carecen en absoluto de aguas corrientes, o las tienen en cantidad insuficiente o son de mala calidad para los usos a que se destinan. En se-

mejantes condiciones, las subterráneas constituyen una valiosa riqueza mineral del subsuelo.

En las regiones lluviosas es posible la acumulación aprovechable del valioso líquido, siempre que existan formaciones de rocas porosas que lo reciban, selladas por otras impermeables que impidan su penetración vertical indefinida hasta profundidades económicamente inaccesibles, o la salida al exterior o el desemboque a los fondos de los mares, de los lagos y de los ríos. En las zonas de escasa lluvia o nula, el agua subterránea no se encuentra sino en contados lugares, favorecidos por el afloramiento en ellos de rocas apropiadas para contenerla y conducirla desde, más o menos, lejanas tierras sujetas a abundante precipitación o provistas de depósitos lacustres o fluviales elevados, en cuyas cuencas despuntan las mismas rocas que afloran en los desiertos. Por esta razón son tan importantes los manantiales de esta clase que hacen posible la vida en los Oasis y que de trecho en trecho proporcionan abrevaderos para las caravanas y para los animales que se aventuran por las áridas soledades del planeta.

Naturalmente, la cantidad de agua almacenable en la masa de la corteza terrestre depende del grado de porosidad de las rocas, del volumen de las cavernas que puedan existir, de la amplitud y extensión de las grietas, de los factores que concurran a procurar la acumulación subterránea hasta la saturación del medio, etc. Un estrato común de arenisca, por ejemplo, que tenga 25 % de porosidad y una extensión de un kilómetro cuadrado de superficie, por 10 m. de espesor, puede embeber la enorme cantidad de dos millones y medio de metros cúbicos de agua.

En cuanto a la calidad de las aguas subterráneas, es claro que depende de la solubilidad en ellas de las sustancias minerales que entren en la composición de las rocas que las colecten o por donde circulen. Las que se enriquecen en sales de azufre y de hierro tienen mal sabor, son impropias para muchos usos industriales, pero suelen ser usadas en terapéutica. Los compuestos de calcio, sodio y magnesio —muy frecuentes por cierto— alteran también la calidad de las aguas para la industria y para la economía humana. Generalmente se considera que no son potables si tienen un *grado de dureza* mayor de 80, esto es, 80 partes de mineral disueltas en un millón de partes de agua.

Aparte de las sustancias minerales en solución, las aguas subterráneas —al par que las superficiales— suelen estar contamina-

das con las sutiles y terribles bacterias patógenas y sus productos tóxicos, las ptomainas y las toxinas. Especialmente en los subsuelos de las zonas pobladas que reciben infiltraciones de materias orgánicas que entran en putrefacción o de excreciones humanas o animales, las aguas aparentemente cristalinas y puras, suelen ser venenos mortíferos, completamente impotables.

Las aguas del subsuelo las ha utilizado la humanidad, en grande escala, desde tiempo inmemorial, por medio de pozos abiertos en el suelo, hasta profundidades variables y de tamaños diversos. Antes del uso de maquinarias apropiadas, los pozos se limitaban a hoyos superficiales, equipados a veces con bombas rudimentarias de alcance no mayor de la efectiva presión atmosférica. En estas condiciones la contaminación de las aguas es muy posible, excepto en condiciones especiales. Posteriormente, los pozos se cavan hasta la profundidad que se necesite para captar agua potable, sin lugar a duda, y se completa la instalación con bombas de la potencia y clase que corresponda.

Al excavar pozos de agua, ocurren dos casos principales: se encuentra el líquido, pero no fluye a la superficie por sí solo, o surge espontáneamente, con mayor o menor presión fuera de la boca del pozo, en cuyo caso se le suele dar el nombre de *agua artesiana*. Generalmente se requiere en este último caso que exista un horizonte geológico poroso, profundo, que tenga afloramientos en zonas lluviosas o en que existan depósitos de agua dulce capaces de mantenerlo empapado; que dicha formación buce bajo la horizontal, encajonada entre capas impermeables, y mejor aún, que forme un arco sinclinal imperturbado, y por último, que el agua no tenga escapes naturales a niveles inferiores a los de los sitios en que se han de perforar los pozos.

Las estructuras favorables para la obtención de aguas artesianas, utilizadas hoy en millares de pozos, se encuentran en gran número de localidades, entre las cuales se pueden citar las del norte de los "Great Plains" (las Dakotas) en Norte América; las situadas al occidente de la meseta australiana de Queensland y New South Wales; las de la extensa llanura central de Argentina; las de la cuenca de París, etc.

Los pozos de cisterna, sin presión, pueden abrirse casi por doquiera. Actualmente se están instalando en Colombia, en la árida llanura de la Guajira, con buen resultado, y se han usado en el área misma de la ciudad de Medellín, antes de la existencia del

acueducto de hierro. Resumiendo, el agua subterránea es un valiosísimo factor climático, de carácter económico, correspondiente a la riqueza del subsuelo, que afecta la vida doméstica, la economía animal, las industrias, los sistemas de riego, etc.

b) —Minerales combustibles

Las principales sustancias, más o menos combustibles, del subsuelo, que acopian en sus masas energía calórica solar, almacenada en ellas durante largos períodos de tiempo, mediante procesos evolutivos sencillos y grandiosos, pueden agruparse en tres clases: gaseosas, líquidas y sólidas.

En esencia, casi todas ellas tienen un primer origen común: la fijación de carbono en las células de los vegetales, al cumplirse el fenómeno de la síntesis orgánica. Los animales, por su parte, al fijar en las células de sus organismos, el carbono de los vegetales que les sirven de alimento, desempeñan en realidad un papel complementario. Y en cuanto al carbono de los carburos de hierro, al ser atacados por vapor de agua sobrecalentado en el interior del planeta, según lo imaginan químicos eminentes, con la consiguiente generación de hidrocarburos aparentemente iguales a los que se presentan en la corteza terrestre, puede que no se escape al cumplimiento de la misma ley, en el orden de los acontecimientos cósmicos.

Descartada, generalmente, la teoría referente a un posible origen inorgánico de los combustibles gaseosos y líquidos a que acaba de hacerse referencia, se admite que provienen de la descomposición química, o de la destilación por calor y presión, o más probablemente aún, de la descomposición por acción bacterial, de la materia orgánica vegetal o animal o de ambas conjuntamente, que pueda existir en los estratos, al incrementar con su formación la corteza terrestre, y colocarse en condiciones favorables para el caso. La brea (maltha) y el asfalto, sustancias viscosas o duras, no son considerados por eminentes autoridades, sino alteraciones, por destilación natural, de los hidrocarburos líquidos.

En cuanto al origen de la hulla o carbón mineral, que representa los genuinos combustibles sólidos, se estima que proviene de restos de vegetales aprisionados en capas dentro de los sedimentos, al tiempo de su formación en condiciones especiales. Dichos restos están compuestos, en su mayor parte, de tejidos de maderas blandas, esporas, algas y resinas, todos los cuales al quedar sometidos a un proceso de oxidación retardada, deficiente, de la celulosa que

contienen, se van enriqueciendo en carbono, en serie progresiva. De esta suerte, de la *celulosa*, con cerca de 50% de carbono, se pasa a la *turba*, con 59%; al *lignito*, con 69%; a la *hulla bituminosa*, con 82%, y por último, a la *antracita*, con 95%. Naturalmente, el complemento de la composición de estos combustibles, lo integran otros elementos que entran en la constitución de la materia orgánica, tales como el hidrógeno, el oxígeno, el ázoe, etc.

Combustibles gaseosos.—Los gases naturales que surgen del subsuelo suelen estar asociados a las fuentes de aceite mineral (petróleo natural) que se almacena en rocas porosas, en determinadas circunstancias; pero también ocurren independientemente, en formaciones sin aceite. El metano es el principal constituyente de dichos gases, pero generalmente va acompañado de otros hidrocarburos pertenecientes a series superiores, inclusive la de las parafinas. Como accesorios, se presentan vapores de petróleo; sulfuros de hidrógeno, ázoe y oxígeno; monóxido y bióxido de carbono, etc. Además, en escasas regiones, situadas especialmente en los Estados Unidos, el valioso y sutil elemento helio se escapa del interior del planeta, mezclado con todos ellos, en proporciones aproximadamente de 0.10% del total. Rara vez el contenido en metano es superior al 90% de toda la masa, y su poder calorífico no se aparta mucho de 9.000 calorías por metro cúbico. Fluye, el gas natural, del interior, con más o menos presión, según las características de las formaciones que lo aprisionan, y esa presión es factor importantísimo para el ascenso del aceite —a veces desde profundidades de más de 3.000 m.— por los pozos que se perforan para extraerlo. Generalmente la presión se aproxima a 3 atmósferas por cada 35 m. de profundidad del pozo.

En las estructuras anticlinales petrolíferas suele encontrarse el gas natural en los horizontes superpuestos a los en que se almacenan el aceite, el agua y las soluciones salinas, y en los puntos en que no hay petróleo la salida de gases está íntimamente relacionada a volcanes de lodo, a fumarolas y a turberas o depósitos orgánicos ocultos bajo el agua o cubiertos por mantos de rocas que impiden el acceso abundante de oxígeno.

Los gases no combustibles que emanan mezclados con los combustibles, o separadamente, no tienen una grande importancia económica, excepto el helio ya mencionando, el gas carbónico y otros. Bajo el puente de Rumichaca, en el Carchi (Colombia-Ecuador), surge de las rocas abundante cantidad de gas carbónico, utilizado hoy para la industria de gaseosas. La mezcla de aire y metano

(grisú) que se encuentra especialmente en las minas de carbón, es inflamable y altamente explosiva. El gas natural, debido a su bajo costo, alto poder calorífico y limpieza, se emplea ampliamente como combustible en fábricas, calderas, establecimientos metalúrgicos, etc., y en la economía doméstica, para alumbrado, calefacción, etc. Muchos centros fabriles especializados en fábricas de vidrio, plantas de cemento, ferrerías, etc., en el Estado de Pensilvania (Estados Unidos), deben su existencia y prosperidad a las abundantes fuentes de gas natural que allí se explotan.

Desafortunadamente, gran parte de los gases que emanan de los pozos petrolíferos, explotados afanosamente con el único objetivo de rendimientos inmediatos, y debido también a que ese combustible se extrae frecuentemente en regiones despobladas que no lo necesitan dentro de un radio de 100 a 200 kms. a la redonda—límite económico a que se ha llegado en la mayoría de los casos, con instalaciones de cañerías para su distribución— se pierde en la atmósfera. Con todo, hay países como los Estados Unidos —el más rico en el mundo a este respecto— que consumen más de 1.000 millones de metros cúbicos por año, con un valor de venta que pasa de 250 millones de dólares.

El gas natural es compañero del petróleo en casi todos los campos en que se extrae este líquido, los cuales serán anotados más adelante. En zonas no petrolíferas, se suele asociar a los *volcanes de lodo* que existen en abundancia al rededor del mar Caspio, en Rumania, en las islas al oeste de Burma, en Borneo, Sumatra, Trinidad, Colombia, etc., y se presenta también en yacimientos independientes de todo esto, en varios lugares de Italia, España, Holanda, etc. En cuanto a Colombia, los gases de la zona atlántica de los volcanes de lodo de Turbaco, Cañaverales, Galera Zamba, etc., se han inflamado repetidas veces, y en una de ellas, después de una violenta erupción, en el año de 1849, el incendio duró más de 10 días sobre el mar y la península de Galera Zamba, visible hasta 40 kls. de distancia, con la circunstancia de que parte de dicha península se hundió en el mar. Sería interesante estudiar la posibilidad de la utilización de estos gases, con lo cual bien pudiera transformarse gran parte del ambiente industrial de la vida costea.

Combustibles líquidos.—El aceite mineral o petróleo crudo (*oro negro*), cuyo origen orgánico casi nadie lo pone en duda, es una de las riquezas más valiosas de la corteza terrestre, y se viene consumiendo en cantidades crecientes en los últimos tiempos. El producto natural es una mezcla inflamable, muy compleja, de hidrocar-

buros aceitosos, cuya densidad se expresa generalmente en escala especial de grados Baumé, asumiendo que 10° B. corresponden a 1 de densidad. Los aceites livianos, con más de 35°B., son los más valiosos para la obtención de gasolina y querosina; los pesados, con menos de 20°B., son ricos en asfalto y en aceite combustible (*fuel oil*) y alcanzan precios altos cuando contienen abundancia de materias lubricantes. El petróleo crudo es susceptible de ser fraccionado en gran número de sustancias útiles para muchos usos, empleando para ello plantas especiales de refinación, cada día más perfeccionadas. En forma de gasolina o de aceite combustible se le emplea en grande escala en motores de explosión o del sistema Diessel, en calderas, etc. Los barcos mercantes y de guerra, las naves aéreas, locomotoras, plantas de vapor, automotores, etc., utilizan sus derivados muy ventajosamente. No es aventurado aseverar que las luchas modernas, entre las naciones del orbe, tienen por objetivo, en última esencia, la posesión y dominio de campos petrolíferos.

Con raras excepciones, debidas a condiciones anómalas en la posición estratigráfica de algunas rocas ígneas en que, a veces, se encuentra petróleo, este combustible suele estar íntimamente relacionado a las rocas sedimentarias pos-criptozóicas, inclusive los calcáreos cavernosos. Muy comúnmente, los estratos porosos que lo contienen son el piso o el techo de aquellos en que se generó y desde los cuales ha pasado por migración a rellenar los vacíos de horizontes geológicos propicios para almacenarlo, impidiéndole el escape a la superficie. Naturalmente, los gases van superpuestos, y el agua, más o menos salina, permanece por debajo, todo de conformidad con la diferencia de densidades.

La forma estructural del estrato petrolífero, más adecuada para el caso, es la inversa de la que corresponde a las acumulaciones de aguas artesianas, esto es, la anticlinal común o cupular, o la monoclinal sellada por respaldos impermeables en sus despuntes. Los llamados *lagos* (*pools*) de petróleo no son sino las porciones de los estratos o *arenas* en que se verifica la concentración máxima de aceite, comprimido en su posición por los gases superyacentes sin salida. Precisamente, la presión de estos gases y la de los que se desprenden del mismo petróleo, al mermar la presión por los orificios de salida que establecen los taladros, es una valiosísima fuerza en potencia acumulada por la naturaleza, para impulsar hacia arriba por los pozos que abre el explotador, el precioso líquido. Por esta razón, el rendimiento de dichos pozos tiene un máximo al

tiempo de iniciarse la salida, y luego va declinando pausadamente hasta agotarse la presión; de allí en adelante se utilizan bombas especiales o se introducen gases comprimidos para revivir la presión.

La composición química de los aceites naturales procedentes de diversos campos, varía poco relativamente. El carbono oscila entre 83 y 87%; el hidrógeno entre 11 y 15%; el azoe, desde trazas hasta 2%, y el azufre, también desde trazas hasta 4%, todo en números redondos.

El poder calorífico es bastante uniforme, notándose que los petróleos livianos dan más calorías que los pesados. En general, varía dicho poder entre 10.000 y 11.100 calorías.

Los productos que se obtienen en las refinerías de aceite son numerosísimos, entre los cuales se pueden nombrar los volátiles (gasolina, bencina, etc.), los iluminantes o querosinas, los lubricantes, los combustibles (*fuel oil*), las parafinas, las breas, etc.

Desde tiempo inmemorial se conoció el aceite mineral en diversas localidades de la tierra, pero pasaron milenios sin que el hombre se diera cuenta del estupendo valor e importancia que para la economía humana tiene esta riqueza del subsuelo. A mediados del siglo pasado se dio el paso más importante en el avance de esta industria: el transporte del líquido por tuberías de hierro a grandes distancias. La instalación de oleoductos no respetó ni las llanuras abrasadas y mortíferas del trópico, ni los temibles desiertos, ni las cumbres de las montañas. El ingenio humano, agujoneado por el deseo o la necesidad de utilizar tan cómodo combustible, ha vencido todos esos obstáculos, y domina ya, por completo, el problema, merced al empleo de grandes capitales privados o de los gobiernos.

El aumento en el consumo es desconcertante, si se tiene en cuenta que los yacimientos se agotan pronto —demasiado pronto—, sin esperanza de que la naturaleza los reponga en un futuro próximo. Igual cosa está pasando con la hulla, y en parte con los bosques. Sin embargo, no es probable que la especie humana se llegue a encontrar en un grave impasse, a este respecto. La energía calórica solar, el calor interno del planeta, las caídas de agua, la fabricación de alcoholes, la producción sintética de productos semejantes, etc., darán a la humanidad medios para no perecer por falta de los combustibles que utiliza hoy.

En los últimos diez años el consumo de petróleo ha aumentado

considerablemente, sin que se puedan sostener muchos campos en el puesto que han ocupado en orden a la producción, pues al paso que unos aumentan, otros decaen o aparecen nuevos. A grandes rasgos, el aceite se extrae de los terrenos ordoviciano, devoniano y carbonífero, en los Estados Unidos; del cretáceo, en las Américas y Europa, y del terciario, en todos los cinco continentes. En el año de 1927, sobre una producción de 1.250 millones de barriles, de 159 litros cada uno (42 galones americanos), correspondieron a esas formaciones geológicas, las siguientes proporciones, en su orden: 20, 12, 18, 10 y 40%. Por continentes, la proporción correspondiente es como sigue: Estados Unidos, 72,90%; Centro y Sur América, 13%; Asia, 9,20%; Europa, 2,80% y Africa y Oceanía, 2,10%. Hay un factor, sin embargo, que significa más que todo, en orden a la economía mundial, y es la *bandera* que ampara el capital empleado en la industria, en relación con la *bandera* del país en que se extrae. Europa, por ejemplo, produce muy poco en sus propios países, pero domina los depósitos situados en muchos otros, mediante concesiones especiales, otorgadas por nacionalidades de economía colonial o semi-colonial. Los Estados Unidos son dueños y señores de enorme producción en su propio suelo y de la de otras tierras extranjeras. En el año de 1857 se extrajeron comercialmente (en Rumania) los primeros 2.000 barriles de petróleo en el mundo, y en los 60 años subsiguientes, la producción fue de 7.000 millones, de los cuales 4.250 correspondieron a los Estados Unidos. En los últimos 20 años, el aumento en la producción ha sido enorme. En 1938, solamente, se extrajeron 1.975 millones de barriles.

Existen todavía muchas comarcas terrestres y bájos marinos sin explorar en busca del oro negro, y los campos conocidos pueden dar sorpresas inesperadas que alteren los cálculos de las reservas reconocidas. Los pronósticos, a este respecto, vienen fallando constantemente. Con todo, en los próximos 100 años el agotamiento de muchos campos petrolíferos será un hecho cumplido, y nadie se atrevería a asegurar qué para entonces no se experimente una verdadera escasez del producto.

Una ojeada a los mapas de los continentes y de las islas, muestra los siguientes centros petrolíferos más importantes, en la actualidad.

En *Norte América* se presentan zonas, todavía de poca importancia, en las llanuras de Alberta y Ontario, en el Canadá. En los Estados Unidos, grandes y numerosos campos, en activa explotación, muchos ya en manifiesta decadencia. Según autoridades en

la materia, dentro de 20 o 30 años estarán todos prácticamente agotados. Las principales zonas se conocen con los nombres de Apalachana, Interior del Este, Centro Continental, Costa del Golfo de Méjico, Montañas Rocallosas y Californiana. La primera, en rocas paleozóicas, ha sido por muchos años la de mayor producción en el mundo y es rica en gas aislado o asociado al aceite. La segunda, aunque fue de importancia, está ya en decadencia. La zona Centro Continental es muy extensa y rica: produce cerca del 70% del rendimiento de todas ellas y es muy abundante en gas, no siempre aprovechado en su totalidad. La cuarta y la quinta zonas, localizadas principalmente en terrenos terciarios, no son de gran producción y prometedoras, pero sí de considerable extensión. Finalmente, la zona Californiana, rica en aceites pesados y asfálticos, es bastante extensa y la segunda en importancia en cuanto a producción. En Méjico se encuentran, fuera de otros pequeños, los importantes centros de Tampico y Tuxpán, explotados desde hace más de 30 años. Actualmente van declinando y son materia de serias controversias internacionales por su posesión. Los pequeños países de Centro América y las Antillas no han mostrado, hasta ahora, sino indicios de petróleo, de poca importancia, en unas cuantas localidades.

Suramérica.—En este semi-continente el petróleo apenas se está explorando en firme, con resultados muy halagadores y varios campos ya en abundante producción. Colombia parece destinada a gran desarrollo en este sentido, y actualmente se explotan con éxito la zona de Barranca, y la de la rica región del Catatumbo a linde con las de Venezuela, en Maracaibo. En muchos otros lugares de la república hay señales de aceite, aunque hasta ahora no son pocos los fracasos ocurridos con perforaciones en vano. Venezuela ha tenido un desarrollo petrolero sorprendente, especialmente en la cuenca del lago de Maracaibo, tanto en tierra como bajo las aguas mismas del lago, y en otras varias localidades hay prometedoras posibilidades. En la isla de Trinidad no solamente se explotan valiosos yacimientos de aceite, sino de asfalto, en el renombrado lago de este nombre. Ecuador, en la región de la costa, principia a dar buenos rendimientos, y hay indicios de que existe en otras partes. El Perú, especialmente en la costa norte, en los campos de Zorritos y Lobitos, explotados con éxito desde hace varios años, es valiosa zona perolífera suramericana, contándose, además, con buenas perspectivas en Titicaca y otros puntos. En el sur de Bolivia, en Santa Cruz y en el territorio del Chaco, tan sangrientamente disputado con el Paraguay, hace poco, hay zonas que se estima tie-

nen cuantiosas reservas del codiciado líquido. La Argentina va desarrollando metódicamente y con fines netamente nacionales, tres zonas importantes, entre otras varias, a saber: Mendoza-Neuquén, Salta-Jujuy y Comodoro Rivadavia. En el Chaco paraguayo, en el Brasil, en las Guayanas y otros lugares prácticamente desiertos todavía, pueden aparecer depósitos de grande importancia.

Eurasia.—Sin contar los pequeños yacimientos de España, Portugal, Inglaterra, Suiza, Francia, Alemania y Checoslovaquia, inexplorables económicamente excepto los tres últimos en escala muy reducida, los campos valiosos de aceite en Europa están localizados, en orden de importancia, en Rusia, Rumania y Polonia (Galitzia). Los más ricos de todos son los de Rusia, entre el Cáucaso y el mar Caspio, especialmente en los distritos de Bakú, Maikop, Grosny y Cheleken. En el sudeste de Asia las posibilidades son grandes, para el futuro, en Persia, Asia Menor y Palestina. Cerca al golfo pérsico se explotan actualmente los importantes distritos de Irán e Irak, ambicionados por las grandes potencias. En Birmania (India Transganga) explotan los ingleses importantes yacimientos, prometedores de mayor desarrollo. En China las manifestaciones de aceite son numerosas, pero permanecen prácticamente inexploradas. En Formosa, Sakhalin y otras islas del Japón, existen explotaciones de alguna importancia. Finalmente, las Indias Orientales, especialmente las islas de Sumatra y Borneo, producen una buena cantidad de petróleo, y se considera toda la zona como de gran porvenir.

Africa.—Este continente, poco conocido, no produce petróleo comercial —y en poca cantidad— sino en Egipto, en las inmediaciones del canal de Suez, pero hay posibilidades de encontrarlo en otras partes de Egipto, en Argelia, Marruecos, la Colonia del Cabo y en Madagascar. En las riberas del río Mananbolo Maty madagascalleño, se presentan importantes afloramientos de nafta.

Oceania.—En Tasmania, Nueva Zelanda, Australia y otras islas, existen indicios de petróleo, pero hasta ahora no se han desarrollado distritos verdaderamente importantes, prometedores para el futuro. El más interesante está situado en Nueva Gales del Sur, en la región de las montañas Azules.

Para terminar esta breve noticia sobre la riqueza del subsuelo en petróleo, no está por demás hacer notar que su explotación por pozos no es completa: se llega siempre a límites mecánicos económicos, después de haber extraído un porcentaje del total que quizás no pasa de la mitad del contenido. Indudablemente, con el tiempo se usarán sistemas más eficaces y se explotarán, también, como se

hace ya en pequeña escala en Escocia, los estratos compactos impregnados de aceite que no fluye, sometidos a procesos de destilación, semejantes a los que se han ensayado para obtener petróleo de la hulla. Los asfaltos, las naftas y demás sustancias hidrocarbonosas, fuera de sus usos comunes, podrán, igualmente, ser sometidos a tratamientos análogos, con el mismo fin.

Combustibles sólidos.—En algunas de las series de las rocas sedimentarias de la corteza terrestre, se presentan horizontes geológicos, más o menos lenticulares en su forma y de espesor relativamente pequeño, compuestos de materias carbonosas, derivadas, según se vio atrás, de los tejidos de las plantas, sometidos a una alteración inoxidable, en condiciones especiales, durante largos períodos de tiempo. Esos valiosos estratos, denominados comunmente *carbón mineral* o *hulla*, son la fuente principal para la obtención del calórico artificial que tan ampliamente utiliza el hombre en sus hogares, en la generación de vapor, en la fundición de hierro y otros metales, etc. Pocos factores climáticos económicos juegan un papel tan importante como el de la existencia de hulla en una comarca dada. Naciones enteras le deben su desenvolvimiento industrial y comercial, y la lucha por la posesión de las cuencas carboníferas ha sido, con frecuencia, cruel y sangrienta.

Admitiendo la teoría de la compactación de la hulla por etapas sucesivas en la modificación de la materia orgánica vegetal, sin la presencia apreciable de oxígeno extraño, se llega a la conclusión de que las diversas clases en que se encuentra, representan estados intermediarios en el proceso de su metamorfismo, ya mecánico o por calor. A la *turba*, materia esponjosa, correspondería la iniciación de la acumulación de la materia orgánica, en el fondo de aguas estancadas —localizadas generalmente en la vecindad de las costas— hasta llegar a quedar cubiertas, en el transcurso del tiempo, con lodos o residuos sedimentarios, al sobrevenir cambios de nivel, ocasionados por movimientos diastróficos o volcánicos. El espesor y el área del lecho carbonoso dependerían de la abundancia y calidad de la materia orgánica, del tiempo empleado en su acumulación y de las condiciones topográficas de la localidad. Luégo, a medida que se van apretando, por compresión, las masas carbonosas, se adelgazan y endurecen, exprimiendo agua y gases que migran a otras partes. Por razón de la manera como se forman originalmente, se presentan en posición horizontal y en lentes pequeñas relativamente, pero al ser perturbadas por movimientos

subsiguientes en la corteza terrestre, se inclinan, se pliegan o se fallan, según las circunstancias.

El carbón de piedra se emplea para la generación de calórico, en su estado natural, y los dos productos principales en que la industria transforma algunas variedades —el coque y el gas— son, también, de grandes aplicaciones. El primero, entra en la metalurgia de varios metales, especialmente el hierro, y el segundo sirve para alumbrado y calefacción. Además, es la base para la fabricación de numerosos productos químicos, de gran valor y utilidad.

Partiendo de distintos puntos de vista, se han ideado varias clasificaciones para agrupar las muchas variedades de hulla que se encuentran en la naturaleza, según el grado de metamorfismo que hayan experimentado o, según otros geólogos, de la clase de vegetación de que provienen y de las condiciones físicas en que se hayan formado. En la tabla que sigue se da la más comunmente usada, junto con las cifras que representan el promedio del análisis industrial de cada una. Los análisis químicos completos son, también, interesantes, pero indican mucho menos los usos a que se pueden destinar, con el máximo de eficiencia.

Nombre	Humedad	Volátil	Carbono fijo	Cenizas	Azufre
Turba	20,22	52,31	24,52	2,95
Lignito	17,75	37,85	37,40	6,20	0,80
Sub-bituminosa ..	13,43	37,15	45,57	3,85
Bituminosa	1,26	30,11	59,62	8,23	0,78
Semi-bituminosa ..	1,23	15,47	73,51	9,09	0,70
Semi-antracita ...	1,29	8,10	83,35	6,23	1,03
Antracita	4,12	3,08	86,38	5,92	0,50

El peso específico varía de 1,20 a 1,80 y el poder calorífico, de 3.300 a 9.600 calorías, según la clase. Las cenizas están constituidas por materias terrosas en que predominan, generalmente, los óxidos de silicio, aluminio, hierro y calcio. El fósforo, y sobre todo el azufre, suelen ser perjudiciales, según el uso a que se destine la hulla.

Debido a su origen vegetal, los yacimientos de hulla están excluidos totalmente de las rocas ígneas, y en las sedimentarias formadas en la era Criptozóica y principios de la Paleozóica, pobres en vegetación, tampoco se encuentra en cantidades comerciales. Del período Devoniano, inclusive, en adelante hasta la era reciente, el calor solar se ha *almacenado* en cantidades enormes, en las vetas de tan precioso combustible, todo en armonía con la riqueza corres-

pendiente de la atmósfera en bióxido de carbono, en los distintos tiempos, y la consiguiente mayor o menor exuberancia de la vegetación. Naturalmente, las mejores calidades suelen corresponder a las capas más antiguas en formación, y por consiguiente, la generalidad de las hullas paleozóicas y mesozóicas son antracíticas o grasas, y las cenozóicas tienden todas a ser ligníticas.

La cantidad de hulla en las cuencas carboníferas conocidas hasta hoy, es enorme, e indudablemente abastecerá las necesidades de la humanidad durante unos 5 milenarios, a la rata actual de consumo y el probable aumento en lo futuro. El espesor de las vetas comerciales varía, por lo común, desde unos cuantos centímetros hasta 10 o más metros, y no son pocas las zonas carboníferas en que se encuentran intercalados entre capas de areniscas y otras rocas, un buen número de estratos hulleros, superpuestos. Se estima que la superficie total de las comarcas terrestres que guardan en el subsuelo esta riqueza mineral, es aproximadamente de *uno y cuarto millones* de kilómetros cuadrados, o sea, en números redondos, igual al área de Colombia. Las estadísticas registran un consumo mundial de 182 millones de toneladas en 1865, y de 1.145 millones en 1920. De entonces para acá, la rata de aumento es mayor. Las reservas para el futuro no son bien conocidas, porque hay extensas zonas como la de China, muy imperfectamente exploradas, pero se considera que en total no rebajan de *ocho billones* de toneladas, de las cuales corresponde casi la mitad a los Estados Unidos.

Las principales zonas carboníferas mundiales son las siguientes:

El Continente de *Norte América* posee casi la mitad de las reservas de hulla, conocidas en el orbe, y es el mayor productor de dicho combustible. Están concentradas casi todas en los Estados Unidos y el Canadá. Las cuencas principales son: la *apalachana*, de la era paleozóica, que produce antracita y hulla grasa de superior calidad; la del *interior*, rica en carbón bituminoso, perteneciente también a la era paleozóica; la de las *montañas Rocallosas*, que se extiende a la Columbia Británica, en rocas pos-paleozóicas en su mayor parte, y carbón de inferior calidad a la de las ya anotadas, y por último, la de la *costa del Pacífico*, extensa y localizada a trechos, desde Alaska hasta Vancouver y Puget Sound, suministra hulla de calidad media e inferior. En Méjico las perspectivas son de alguna importancia, pero apenas principia a desarrollarse la explotación y el carbón no es de superior calidad. Centro América no es campo prometedor, hasta el presente. Nadie podría poner en du-

da que la avanzada industrialización del oriente de los Estados Unidos se debe a sus enormes y magníficos yacimientos de hulla.

Suramérica parece ser uno de los continentes más pobremente dotados de esta riqueza, debido a que en las extensas comarcas de las sierras brasileras y de las Guayanas, afloran rocas criptozóicas y de la base del paleozóico, y en los costados de los Andes, especialmente hacia el oriente, las formaciones son muy jóvenes. Por lo general, la hulla que se encuentra es de carácter lignítico, sub-bituminoso o bituminoso. Se estima, por autoridades en la materia, que las reservas de este continente pasan poco del *uno por ciento* de las que posee Norte América. *Colombia* es, quizás, la zona más privilegiada, con no menos de 50 a 70 mil millones de toneladas de un carbón de calidad media, encajado en rocas del eoceno, en su mayor parte, que afloran en numerosas localidades. *Venezuela* tiene, también, carbón de la misma clase, pero muy deleznable o quebradizo, en varias localidades. En Coro se presenta una mediana zona antracítica. En *Ecuador* se encuentra hulla, en numerosas localidades, pero casi toda de carácter lignítico y rica en cenizas. Las vetas no son, por lo general, de buen espesor, y se presentan considerablemente perturbadas en su posición. Las formaciones carboníferas del *Perú* son de importancia, y se encuentran en numerosas localidades, a todo lo largo de los Andes, especialmente en los flancos occidentales. Las vetas son irregulares, por lo general, y pertenecen al terciario inferior, con excepción de las que afloran en la península de Paracas, al parecer pertenecientes al período Carbonífero. *Bolivia* tiene pocas perspectivas de ser un país rico en carbón, debido a las rocas de su territorio. Con todo, sobre la altiplanicie de Titicaca y otros lugares, hay vetas irregulares y delgadas, al parecer del período Carbonífero. *Chile* ha sido favorecido con sus minas de carbón, a lo largo de la costa del Pacífico, en cuencas aisladas desde Atacama hasta Magallanes. Las reservas no son excepcionalmente importantes y la calidad de la hulla es apenas regular. Sin embargo, por su situación, se le usa en los barcos del Pacífico principalmente. Parece ser de origen oligocénico. La *Argentina* es pobre en carbón mineral y las pocas vetas que se conocen, al pie de los Andes y en Patagonia, no son de superior calidad. En *Uruguay* se puede decir que no existe hulla comercial, en cantidades que valgan la pena, y en *Paraguay* sucede lo propio. En la enorme extensión del territorio del *Brasil*, pueden ocurrir sorpresas inesperadas, pero los yacimientos conocidos del sur, desde Sao Paulo hasta el Uruguay, de origen permiano, son delgados, in-

consistentes y dan hulla muy impura, utilizable solamente después de ser lavada. Resumiendo, es poco halagadora la riqueza carbonífera de Suramérica, y la formación geológica, por lo general, es poco propicia para contener tan valiosa riqueza.

El *Continente Europeo* está en segundo lugar, en cuanto a producción mundial de hulla, después de Norte América que ocupa el primero, y por lo que respecta a reservas para el futuro, aparece en tercer puesto, esto es, le sigue al continente asiático. En calidad, el combustible europeo es generalmente de primera clase y se encuentra localizado en cuencas aisladas, distribuídas casi por todo el continente. Como en el caso de los Estados Unidos, la industria avanzada, el voluminoso comercio, la civilización material refinada y la numerosa población que habita esa privilegiada región, tienen como una de sus bases fundamentales, la abundancia, la calidad y la localización de esta riqueza del subsuelo. Desgraciadamente, la lucha secular por poseerla materialmente o dominarla económicamente, entre los numerosos, disímiles y belicosos pueblos que integran el continente, ha hecho correr periódicamente ríos de sangre. A grandes rasgos, las principales cuencas hulleras de Europa son las siguientes: En la Gran Bretaña, excluyendo la parte norte de Escocia y el sudeste de Inglaterra, el resto de la grande isla de los anglosajones posee magnífica hulla bituminosa y antracitas, pertenecientes al período Carbonífero. La explotación de la parte más profunda de las vetas va siendo cada día más costosa. Se estima en no menos de 300.000 millones de toneladas la reserva actual, o sea equivalente a las dos terceras partes de la que posee Alemania y diez veces más que la de Francia. En la Europa Continental, la gran cuenca hullera —casi toda del período carbonífero— se presenta en ancha faja discontinua, de occidente a oriente, por todo el centro de la región. Los países del norte, como Escandinavia y Finlandia, y los situados al sur, como España, Italia, Suiza, los Balkanes, etc., carecen de carbón, lo tienen en poca cantidad o es de inferior calidad. La rica zona central se extiende desde el norte de Francia, por Bélgica, Alemania, Checoslovaquia y Polonia, hasta Rusia. Alemania posee la mayor parte, pero en sus reservas se incluyen grandes cantidades de hulla bituminosa de inferior calidad y lignitas. Las zonas más famosas están en la región limítrofe franco-belga, en el valle del Ruhr, en el Saar, en Polonia, en la Silecia Superior y en Checoslovaquia. Las hulleras de Rusia, no bien exploradas todavía, son de calidad un tanto inferior y bastante profundas. Ocupan el segundo lugar, después de Alemania, en cuanto

a cantidad. Los principales centros están en Moscow, al norte; Donetz, al sur, y Ural al oriente.

Estiman los geólogos que *Asia* posee, después de Norteamérica, la mayor reserva mundial de carbón mineral y la más intacta, en mucha parte apenas en vía de exploración. Parece que a la China corresponda, por lo menos, las tres cuartas partes de esta valiosa y codiciada riqueza del subsuelo asiático. La calidad de la hulla es, en general, excelente, contándose la mayor reserva de antracita conocida hasta ahora. Los más extensos yacimientos se encuentran en las provincias de Shensi y Shansi. Además, en la región índica de Bengala, en Tonquín, en la comarca siberiana al occidente del lago Baikal y al oriente de Kasak, en el Japón, en Filipinas, etc. se encuentran yacimientos de alguna importancia.

Africa es un continente pobre en hulla, excepto en la región del sudeste, especialmente en la cuenca del río Zambeza, en las colonias del Cabo y de Tranvaal y en Natal. Se explota con alguna actividad.

Australia tiene una reserva de carbón superior a la africana, localizada casi totalmente en la comarca más habitable de la grande isla, en New South Wales. La hulla es de muy buena calidad y se le explota para surtir las necesidades del hemisferio Sur, en gran parte.

En Madagascar y otras islas de los océanos Indico y Pacífico, lo mismo que en algunas tierras heladas del norte y del continente Antártico, se encuentra, también, carbón mineral, en cantidades no conocidas, a las cuales les llegará el día de ser explotadas.

c) —Minerales metálicos

Desde tiempo inmemorial principió el hombre a utilizar algunos de los metales que se encuentran en el subsuelo terrestre, tales como el oro, la plata, el cobre y el estaño. Más tarde se conocieron el hierro, el plomo, el zinc, etc., hasta completar la larga lista de los que se usan hoy. Cierta número de estos metales, escasos y valiosos por unidad de peso, llevan el nombre de *metales preciosos* o *semi-preciosos* y su comercio invade el mundo entero, sin más limitaciones que la capacidad económica de las diversas nacionalidades para comprarlos. Otros, de bajo precio específico, tienen su radio de acción comercial limitado a las zonas circunvecinas al lugar de producción, y constituyen, por lo tanto, verdaderas riquezas locales, con las cuales surgen centros industriales sui-géneris. La posesión material de las minas metálicas al amparo de la bandera

del país en que se encuentran o el dominio económico de las situadas en naciones extrañas, han sido en todos los tiempos temas de controversias, disputas y guerras desastrosas. En la historia moderna, la lucha por esas valiosas materias primas amenaza socavar los fundamentos de la estabilidad e independencia de las naciones. Por lo demás, los pueblos mineros provocan civilizaciones características, según el metal de que se trate, y por consiguiente, el medio ambiente, el factor climático para la vida en esos pueblos, es muy variado e interesante.

Pocos metales, como el oro, el platino y el cobre, se encuentran en depósitos de valor económico, en su estado *nativo*. Por lo general, están químicamente combinados con otros elementos, en forma de sulfuros, sulfatos, carbonatos, silicatos, fosfatos, telururos, arseniuros, antimoniuros, cloruros, óxidos, hidróxidos, etc. Por consiguiente, las *menas* (ores) no son otra cosa que concentraciones de especies minerales metálicas o metalíferas, en condiciones adecuadas para servir de materias primas en la obtención económica de un metal, mediante procesos metalúrgicos especiales. Impulsados por las necesidades materiales del mundo moderno, los geólogos, los mineros y los metalurgistas van descubriendo constantemente nuevos y eficaces sistemas para buscar, extraer y beneficiar los metales que la industria demande, venciendo para ello las dificultades propias de las diversas menas. Y si a esto se agregan las condiciones económicas de las regiones mineras, basadas en el costo de la vida, en las facilidades para los transportes a los centros de producción y de consumo, en la provisión de capitales y de expertos para la industria, se tendrá una idea de la magnitud del problema que confrontan los mineros.

Estaría fuera de lugar entrar en los detalles de las teorías que se refieren al origen de las formaciones minerales y a su clasificación y beneficio. Concisamente se expondrá en seguida, siquiera una mediana idea sobre el particular, para la mejor inteligencia del papel geográfico que desempeñan estos depósitos en la vida del hombre sobre el planeta.

Mediante laboriosos y pacientes análisis e investigaciones, se ha comprobado que los metales y metaloides se encuentran, *en primer término*, diseminados en cantidades muy pequeñas en las rocas de la corteza terrestre. Solamente el aluminio, el hierro, el manganeso, el cromo y el níquel, entre los veinte elementos comunmente usados, representan, cada uno, más del 0,01 % de la masa de las rocas; el estaño, el zinc y el plomo se encuentran entre 0,001 y

0,0001% ; el cobre, de 0,0001 a 0,00001% ; la plata, de 0,000001 a 0,0000001%, y el oro y el platino, de 0,00000001 a 0,000000001%. El mercurio abunda un poco más que la plata; el arsénico, el antimonio, el molibdeno y el tungsteno están entre el cobre y la plata, y el bismuto, el selenio y el telurio, entre el oro y la plata.

En la imposibilidad de extraer económicamente estos elementos, directamente de las rocas, la Naturaleza se ha encargado de *concentrarlos* en zonas, más o menos ricas, mediante procesos que han estado en función desde que la tierra entró en su faz de solidificación, los cuales seguirán actuando en lo futuro hasta que *muera* élla por falta de calor.

De tres maneras, principalmente, se efectúa esa concentración, según se anotó, en parte, en páginas anteriores. Por *segregación* de minerales afines químicamente, en zonas o lentes, dentro de la masa misma de las magmas que se enfrían. Por *vaporización*, y por *solución* en aguas juveniles, congénitas o meteóricas, mediante la circulación de los vapores o de las soluciones por entre los poros, las grietas y demás cavidades de las rocas, hasta encontrar condiciones favorables para condensar los vapores o precipitar los excedentes de saturación de las soluciones, a medida que encuentren sustancias precipitantes o que se rebajen la temperatura y la presión. Finalmente, por concentración mecánica de los detritos de las rocas y de las sustancias orgánicas, de conformidad con los procesos de gradación terrestre.

Según esto, los depósitos minerales pueden ser agrupados en dos grandes categorías: la de los *singenéticos*, esto es, coetáneos en su formación con las rocas en que se encajan, y la de los *epigenéticos*, formados posteriormente a la existencia de dichas rocas.

Los primeros se subdividen en *magmáticos* y *sedimentarios*. Los de segregación magmática nacen, generalmente, al iniciarse la solidificación de las rocas mediante la cristalización de los compuestos químicos que integren las magmas, siguiendo el orden de las temperaturas de fusión de cada uno. Primero se compactan los óxidos, como las magnetitas, las hematitas y las cromitas; luego siguen, en orden, algunos silicatos, como las titanitas; ciertos sulfuros, como las piritas y las pirrotitas; numerosos minerales ferromagnesianos; y por último la sílice y algunos silicatos. Las magmas básicas, por su riqueza en óxidos, son las más apropiadas para generar segregaciones, pero también ocurren en las ácidas. Valiosas concentraciones de esta clase son los minerales de hierro titaníferos, las cromitas, ciertos sulfuros níquelíferos, el platino en rocas

ultrabásicas eruptivas, algunas pegmatitas estanníferas, etc. En cuanto a los sedimentarios, resultado de procesos químicos o mecánicos, pueden ser interestratificados o superficiales. Los interestratificados, como las vetas de hulla, las capas de limonita en los pantanos, etc., constituyen verdaderos horizontes geológicos en las series estratigráficas, y los mecánicos superficiales, como los aluviones auríferos, representan etapas iniciales en el proceso de agradación terrestre.

Los depósitos *epigenéticos* son, indudablemente, la fuente más importante para la obtención de los metales, y los países en que se encuentran en condiciones favorables para su explotación, se consideran afortunados tenedores de materias básicas que les sirven para organizar su vida interna, en un ambiente climático especial, de carácter económico.

La génesis de estos yacimientos no es tan complicada como a primera vista pudiera parecer. Se anotó ya que la *materia prima*—los metales y los metaloides— se encuentra extremadamente dispersa en la masa de las rocas de la corteza terrestre. También se vió que por entre las cavidades de diversa índole que se forman en ellas, debido a causas muy variadas y en constante acción, circula el *agua*, sustancia líquida dotada de gran poder solvente, especialmente cuando se aumentan la temperatura y la presión, como sucede naturalmente a medida que se desciende hacia el interior de la tierra, y muy señaladamente al ponerse en contacto con núcleos magmáticos que tienden a surgir a la superficie en forma de intrusiones o de derrames de lava. Comprimida y recalentada el agua en esas condiciones, recibe emanaciones y vapores minerales desprendidos de las magmas, y disuelve los compuestos químicos sensibles a esa acción que encuentre al paso. Naturalmente, este proceso no es obra de un día: lentamente va funcionando, saturándose el agua de sustancias que luego suelta, en su ciclo circulatorio, al agotarse su capacidad solvente, al rebajar la temperatura o mermar la presión. Los precipitados que resultan al efectuarse esas estupendas reacciones en el laboratorio interior del planeta, van rellenando las grietas y espacios por donde circulen las soluciones, con materiales *filonianos*, o sean las *menas*, ricas en elementos de *valor* diseminados en forma de metales nativos o en compuestos que los contienen, en masas mayores de materias inaprovechables, denominadas *gangas*. La precipitación es, a veces, excitada por la naturaleza de los respaldos de las cavidades, y no faltan, tampoco, en ciertos casos, cambios moleculares—denominados *metasomáti-*

cos— entre los minerales de los respaldos y las sustancias disueltas.

Sin entrar en más detalles, con lo expuesto se tiene una idea de la manera como la Naturaleza, en millones de años, *concentra en filones* el oro, la plata, el cobre, el plomo, etc., con el fin de que el hombre pueda utilizarlos a medida que los necesite. Desde luego se comprende la gran variedad de formaciones filonianas —ricas y pobres— encajadas entre respaldos de rocas preexistentes, que así se generan, las cuales se agrupan en numerosas clases, y son objeto de variadísimos sistemas de beneficio.

De las anteriores consideraciones es fácil deducir que las más ricas y abundantes concentraciones de menas metálicas se deben encontrar en las regiones terrestres afectadas por intrusiones ígneas, o en aquellas en que la acción del metamorfismo sobre las rocas cristalinas haya sido acompañada por fuertes presiones o generación de calor, y también cuando ambos fenómenos hayan ocurrido a un mismo tiempo. Por consiguiente, los geólogos han podido señalar sobre los continentes y las islas, las zonas más probablemente metalíferas y las épocas metalogénicas más vigorosas.

Sin pretender dar una relación detallada de la riqueza mineral que corresponda a cada país en el momento actual —pues no ha sido constante durante los tiempos históricos, debido al agotamiento de algunos depósitos y al descubrimiento de otros— no se podría prescindir, siguiendo el plan de este trabajo, de considerar someramente los más importantes.

Zonas metalográficas principales.—La existencia de los metales es más posible, como ya se dijo, en las regiones en que predominan las rocas cristalinas antiguas y en aquellas en que las perturbaciones diastróficas son manifiestas, desde el final del mesozóico hasta la era actual. En general, los campos mineros son de poca extensión, y el hallazgo de formaciones suficientemente ricas para tener valor comercial, suele ser fortuito. Las reservas para el futuro son muy inciertas, pues hay todavía muchas comarcas sin explorar y las que están en activa explotación, dan sorpresas, en cualquier sentido, no pocas veces. Por lo demás, la importancia de los depósitos minerales no depende tanto de su riqueza, en abstracto, sino de las condiciones económicas para su beneficio y de los métodos —cada día más eficaces y refinados— que se puedan aplicar para tal fin.

En el *Continente Americano*, la rebajada meseta *laurenciana*, fuertemente erodada y glaciada, que comprende en los Estados Unidos y principalmente en el Canadá, un vasto territorio alrededor

de los Grandes Lagos, con prolongaciones hacia el este y el noroeste, es uno de los centros más productivos de metales y de gran porvenir. Sin contar el hierro, de que se tratará adelante, se explotan allí potentes y ricos yacimientos que dan la mayor parte del níquel que se usa hoy y grandes cantidades de oro, plata, cobre y cobalto, fuera de no pequeñas de plomo, zinc, platino, litio, etc. Año por año se hacen nuevos descubrimientos y son muchas las gentes que van engrosando la población de ese centro, atraídas por la variada industria mineral que lo caracteriza. En el interior de los Estados Unidos está situada la zona metalográfica del *Valle del Mississippi*, una de las más ricas del mundo en zinc y plomo. La extensa masa cordillerana norte-americana del Pacífico, desde Panamá hasta Alaska, ha dado y guarda aún en sus entrañas, grandes cantidades de oro, plata, cobre, zinc, plomo y otros metales. Renombrados son los yacimientos auríferos de Alaska, California y Colorado; los de cobre y plata de Montana, Arizona y otras partes; los de plata y oro en Méjico, y en menor escala, los de oro en Honduras y Nicaragua. La cordillera de los Andes, desde Colombia hasta Patagonia, en gran parte inexplorada, es rica en oro y platino en el norte, y en cobre, plata, estaño y tungsteno hacia el sur. Las sierras brasileras y de las Guayanas son auríferas y ricas en otros metales, uno de los cuales —el manganeso— principia ya a ser explotado en grande escala.

En *Eurasia* se conoce un extenso centro mineral aurífero localizado en las rocas cristalinas del Asia oriental, desde Corea hasta las riberas del mar de Okhotsk, por el oriente, en ancha faja hacia el occidente que atraviesa la Siberia por las montañas Yoblonoi, el lago Baikal y los montes Altai. Los montes Urales son especialmente ricos en platino. En la zona cordillerana del sur de Europa, existen varios centros importantes en metales semi-preciosos, tales como España, Italia, Checoeslovaquia, el Cáucaso, etc., pero los metales preciosos son escasos.

En las rocas cristalinas de *Africa*, especialmente al sur y al centro del continente, se presentan varios centros metalíferos muy notables, especialmente auríferos y de cobre, en el orden indicado.

Las rocas metamórficas e ígneas de *Australia*, contienen valiosas reservas de oro, plata, plomo, zinc, etc., no obstante la activa explotación de que han sido y son objeto.

En cuanto al *hierro* —que merece mención especial por ser hoy el elemento por excelencia en la industria mundial— es el metal más abundante en la naturaleza, después del aluminio, y se le

encuentra en varias especies minerales, unas veces relativamente puro, y otras asociado a elementos que lo mejoran o lo perjudican. Generalmente se consideran explotables los yacimientos que contengan entre 30 y 70% del metal, y si la cal constituye una de las gangas que acompañan al mineral, el valor del depósito es excepcional. Por lo común, un depósito de mineral de hierro tiene importancia económica si su tenor en el metal es alto, si las impurezas dañinas no abundan y si el conjunto de los complejos costos de beneficio son bajos; todo esto con relación al medio comercial e industrial de la comarca en que sea dable beneficiarlo teóricamente. Actualmente, los centros más notables en plena explotación, están situados en las zonas de los Grandes Lagos y de las montañas Apalachanas, en los Estados Unidos; en el nordeste de Francia, con prolongaciones al Luxemburgo y Bélgica; en la Gran Bretaña, especialmente al centro y al norte de la isla; en Suecia y Noruega, especialmente al norte; en Rusia; en Alemania y en España. Méjico, Cuba, Chile, Terranova y Brasil—entre otros centros menores como los de Colombia y Venezuela— tienen grandes reservas. Los de Terranova, por su pureza y calidad, están entre los mejores del mundo, y los del Brasil parece que representan la mayor y más rica reserva conocida hasta ahora, pero sin el otro elemento indispensable para esta industria, el carbón.

En los inmensos territorios de Asia, Africa y Oceanía existen multitud de depósitos ferruginosos, la mayor parte de los cuales están vírgenes o son explotados para los consumos locales. Hasta hoy, los más importantes pertenecen a la India, al oeste de Calcuta, pero carecen de combustible abundante. En China ocurre lo contrario: reservas enormes de hulla, pero escasos centros ferruginosos. El Japón es relativamente pobre en ambos elementos.

De lo expuesto se deduce que la industria siderúrgica es una bendición de los países que baña el océano Atlántico del Norte, esto es, los Estados Unidos y el noroeste de Europa, ricos en combustibles apropiados para la extracción del metal y en yacimientos del mineral. La energía eléctrica puede reemplazar, en parte, el combustible, si fuere posible generarla justa y equitativamente económica para el caso, especialmente cuando se trata de consumos locales, muchas veces de carácter temporal.

Finalmente, no está por demás anotar que muchas fuentes de mineral de hierro, tienen valor especial para la producción de hierro ligado a cromo, fósforo, titanio, manganeso, etc. Por lo gene-

ral, los minerales cromados están asociados íntimamente a rocas básicas serpentinizadas.

Para concluir, no está por demás un corto resumen en que se anote, aproximadamente en orden de importancia, las comarcas más ricas del mundo en metales.

Oro.—El Imperio Británico, los Estados Unidos.

Plata.—Estados Unidos, Canadá, Méjico y América Central, América del Sur, Australia.

Platino.—Rusia, Colombia.

Cobre.—Estados Unidos, Japón, Chile, Europa Central, Méjico, Canadá, Africa, Perú, España, Australia.

Plomo.—Estados Unidos, Australia, España, Alemania, Méjico.

Zinc.—Estados Unidos, Alemania, Australia, Italia, Algeria, Japón, España, Rusia.

Estaño.—Sudeste de Asia, Bolivia, Sur de Africa, Imperio Británico.

Aluminio.—Estados Unidos, Francia, Imperio Británico.

Mercurio.—España, Estados Unidos, Italia.

Hierro.—Estados Unidos, Suecia, Alemania, Francia, Gran Bretaña.

Manganeso.—Rusia, India, Brasil.

Cromita.—Nueva Caledonia (Francia), Rodesia (Imperio Británico), Asia Menor, Rusia (Montes Urales).

Níquel.—Canadá, Nueva Caledonia.

Tungsteno.—Asia Oriental, Estados Unidos, Méjico, Bolivia, Perú, España, Italia.

Vanadio.—Perú, Estados Unidos.

Antimonio.—China, Francia, Algeria, Méjico, Estados Unidos.

Molibdeno.—Australia, Noruega, Canadá.

Uranio y Radio.—Estados Unidos, Austria.

Zirconio.—Brasil, India.

Torio.—Brasil, India.

d) — Minerales no metálicos

Por decenas se cuentan los minerales no metálicos que acopia la tierra en sus entrañas, para ser utilizados por el hombre en su estado natural o en sus múltiples derivados. La industria, continuamente, va ensanchando su dominio en este sentido, a la medida de los avances de la ciencia y de las necesidades y conveniencias humanas.

Tratar de reseñarlos todos sería larga tarea, que no se justi-

fica en un estudio elemental de los factores climáticos económicos del subsuelo. Los de uso más frecuente, se pueden agrupar en dos clases: sustancias minerales que se utilizan en su estado natural, y aquellas que sirven como materias primas para la obtención de otros productos.

Entre las primeras se cuentan, como más importantes, las siguientes:

Rocas para construcciones.—Los ingenieros y los arquitectos usan, para sus variados objetivos, gran número de las rocas que afloran en la corteza terrestre, ya en bloques irregulares, o labradas en formas geométricas, como también en fragmentos, arenas o polvos. Naturalmente, no todas las rocas sirven para todos los usos, ni las que se desea emplear se encuentran a la mano por doquiera. Hay regiones en que dominan las rocas cristalinas; otras, en que abundan las volcánicas, las metamórficas, etc. Por consiguiente, no pocas veces llegan a adquirir gran valor, en un lugar dado, materiales de esta clase que allí no existen o escasean, como sucede, por ejemplo, en las llanuras aluviales cuando se necesita balasto para un camino, o fragmentos de rocas duras para las fundaciones de los estribos de un puente, o arenas adecuadas para confeccionar un mortero.

Entre las muchas rocas que se emplean para labrar monumentos y obras de ornamentación de toda especie, se pueden citar ciertas dioritas y granitos moteados, ricos en bellas coloraciones; basaltos y serpentinas verdosas que dan un lustre especial; pizarras de armoniosos clivajes; mármoles, en gran variedad de grano y color; areniscas para múltiples usos, etc. Las marmoleras de Carrara, en Italia; los granitos de Colorado; las calizas grises de Indiana y las litográficas de Baviera, etc., son de renombre universal y han contribuído a la formación de pueblos artistas y escultores, como el italiano. En Colombia existen inagotables marmoleras en Santander, Antioquia, Nariño y otras partes; areniscas muy variadas, en Cundinamarca, Antioquia, etc.; bellos granitos, lindas diabasas y serpentinas, en muchos lugares.

Son de uso universal las *arenas* de naturaleza más o menos cuarzosa que se encuentran en los ríos, en las playas de los mares, en los desiertos, en canteras, etc., para mezclas con cal, cemento y yeso; para la fabricación de vidrio, etc. Las *margas*, el *yeso* y las *calizas* tienen numerosas aplicaciones; estas últimas, especialmente para fundentes en la metalurgia del hierro y otros metales, para la fabricación de cementos y de cales hidratadas. En cuanto a las

arcillas, de distintas clases, su aplicación es universal en la alfarería, la cerámica, la manufactura de varios materiales de construcción, etc. Hay regiones privilegiadas en que abundan los caolines propios para la fabricación de bellos y valiosos artículos de cerámica, que han dado celebridad a la China, Francia, Inglaterra, Baviera, Checoeslovaquia y otros países.

Materiales para las industrias químicas.—Numerosas son las materias primas que suministra el subsuelo, utilizadas en gran variedad de industrias químicas. Entre ellas sobresalen dos: la sal común y el azufre. La *sal*, tanto de mar como de roca o de fuente, se usa para los alimentos del hombre y de los animales; para preservar los comestibles; para la fabricación de cloro, de sales de soda, etc. Se conocen y explotan grandes yacimientos de sal gema en diversos Estados de la Unión Norteamericana, en Inglaterra, Alemania, Austria, Rusia, China, la India, Colombia y otras partes. El *azufre*, generalmente usado para la fabricación del ácido sulfúrico y en conexión con las industrias del acero, del caucho, de los explosivos y muchas más, se explota en algunas regiones volcánicas, como en Italia, Japón, Chile, etc.; en ciertas cuencas petrolíferas abundantes en aguas sulfurosas, como en los campos de Tejas y Luisiana; en yacimientos filonianos de sulfuros, como en las minas de Río Tinto, en España.

Abonos minerales.—Las aguas que circulan por entre los suelos agrícolas y las plantas mismas en sus tejidos y en sus frutos, *roban los elementos críticos* que necesitan los vegetales, según se vio en otro lugar, hasta llegar a la completa esterilización de los suelos. Pues bien, el subsuelo terrestre brinda copiosas sustancias minerales que se usan directamente o en compuestos derivados de ellas, para reemplazar el *calcio*, el *fósforo*, la *potasa* y el *ázo* gastados. La cal se encuentra en abundancia casi por todas partes, y con tratamientos poco costosos, puede ir a los campos del agricultor fácilmente. El *fósforo* se presenta más escasamente, en formaciones pétreas, compuestas principalmente de fosfato de cal, intercaladas en los calcáreos en forma de lentes, indudablemente de origen orgánico. Grandes yacimientos de estas valiosas rocas se explotan en las costas del Mediterráneo que bañan a Túnez, Algeria y Marruecos; en Florida, Tennessee y el norte de las montañas Rocallosas, en los Estados Unidos; en Rusia, Siberia, varias islas del Pacífico y otros sitios. La *potasa* —no muy abundante por cierto— se encuentra en formaciones semejantes a las de la sal gema, en forma de minerales de composición química bastante compleja, los cuales

son sometidos a tratamientos especiales, antes de entregarlos al mercado. Las minas más renombradas y que proveen casi todas las necesidades del mundo, están situadas en la Europa occidental, principalmente en Alemania y Alsacia. El nitrógeno —tan abundante en la atmósfera y utilizado ya en grande escala para la obtención de compuestos nitrogenados por medio de la acción de la corriente eléctrica— se encuentra en depósitos sui-géneris de nitrato de soda o *salitre*, especialmente en el desierto de Atacama, en Chile, en donde se le beneficia en grandes cantidades para surtir la demanda universal, después de dejar al fisco de esa próspera nación, cuantiosos rendimientos.

Para terminar, no está por demás mencionar siquiera unos cuantos de los demás productos minerales útiles que se extraen del subsuelo, a saber: grafita, magnesita, mica, monacita, talco, trípoli, tierras diatomáceas, barita, asbestos, corindón, esmeril, granates, piedra pómez, bórax, yodo, bromo, etc. Además, diamantes, esmeraldas, granates, ópalos, peridotos, rubíes, zafiros, topacios, turmalinas, turquesas, etc.

El maravilloso panorama terrestre que se ha bosquejado pálidamente en los capítulos que preceden, no puede menos que impresionar al lector, por la infinita variedad de medios climatológicos de orden físico-astronómico y económico que la Naturaleza le brinda al hombre para escoger su morada habitual, en agrupaciones más o menos independientes que forman nacionalidades o grupos de pueblos afines, orientados en su modo de vivir y diferenciados en su manera de ser, como consecuencia del *ambiente* o *clima* que les corresponda.

El hombre, por su constitución física y por los medios que la poderosa inteligencia de que está dotado le proporciona, es cosmopolita por excelencia; pero esto no significa la conservación absoluta de su personalidad, sin alteraciones de distinto orden, materiales y mentales, al pasar de un medio de vida a otro distinto. Bastan unas cuantas generaciones, nacidas en el nuevo habitat, para determinar ciertas variaciones fisiológicas y mentales en la colectividad, que imprimen carácter racial. En el mismo sentido, pero con diferente intensidad, plenitud y eficacia, ejerce el medio ambiente marcada acción sobre las plantas y los animales. La Geografía Humana y la de las diversas especies de animales y de vegetales, tienen una base común: el estudio del *medio climático*, del *ambiente vital*.

