

# Trazado de Carreteras Nacionales

(Introducción al libro "Normas de Trazado de Carreteras")

El país cuenta actualmente con una red de 10.000 kilómetros de carreteras nacionales, construidas, en su mayor parte, con las especificaciones fijadas en 1934 por el ingeniero Enrique Uribe Ramírez. Las condiciones fiscales del país en esa época obligaron a señalar normas que permitieran construir las carreteras por etapas, mediante el sistema de mejoras sucesivas, asegurándose así la posibilidad de dar al servicio el mayor kilometraje posible, con las partidas presupuestales disponibles.

Hoy día nuestras necesidades en materia de vías de comunicación son bien distintas a las de aquella época. Se impone la necesidad de facilitar aun más el tránsito de los vehículos para aumentar la capacidad transportadora. Es preciso construir pavimentos modernos en las vías de mayor circulación, mejorar los alineamientos, cambiar o ensanchar las obras de arte y, en fin, procurar todas las mejoras que exigirá el desarrollo comercial de las distintas regiones y el notable cambio que tendrán las características de los vehículos modernos.

El desarrollo del sistema de transportes en vehículos automotores exigirá amplia curvatura y gran visibilidad, pues el factor velocidad-tiempo constituirá permanentemente la base de esta industria. Así, las vías tendrán que soportar un aumento progresivo del volumen de tránsito, tanto en lo que se refiere a la capacidad transportadora de los vehículos como a su número. Los puentes deben construirse para resistir el paso de camiones con remolque y para la movilización de maquinaria agrícola e industrial de pesos no contemplados hasta hoy. Hasta ahora se ha considerado tan sólo la necesidad de abrir, paso para desembocar determinadas regiones. El criterio de hoy debe encaminarse hacia el establecimiento de un tránsito eficiente y económico, que permita viajar con rapidez, seguridad y comodidad.

Es preciso amoldar las características y costos de construcción de nuestras carreteras al desarrollo agrícola, indus-

trial y social del país, pero es imperativo además determinar las rutas del futuro para que, cuando el adelanto de las regiones lo requiera, sea posible mejorarlas y ensancharlas, sin necesidad de recurrir a grandes y costosas variantes. No se puede continuar trazando y construyendo carreteables con pésimas especificaciones que alejan la posibilidad de adaptarlas a las futuras condiciones del transito. No puede prevalecer el criterio de construir vías con características para las necesidades del momento. Debemos tener muy presente que estamos trazando las carreteras del mañana.

El afán de abrir vías para establecer el comercio entre las diversas regiones del país, ha impuesto hasta ahora el criterio de menor costo de construcción para la elección de una ruta. Hoy en día el desarrollo económico del país exige el predominio del criterio de menor costo de explotación. La elección de una ruta que dé el costo mínimo de transporte a pesar de que exija un mayor costo de construcción. Esto fija como factor determinante para el trazado buscar la línea más corta con las especificaciones permitidas. Siguiendo este criterio no es aconsejable, por tanto, el alargamiento innecesario de una carretera para buscar un ponteadero mejor o para evitar terrenos difíciles.

Es importante aclarar que este nuevo criterio tiene un límite, pues no se puede elegir la ruta más económica para el transporte sin tener en cuenta su costo de construcción. Este límite, que es el costo por kilómetro, se irá aumentando año por año a medida que los recursos del país lo permitan. Hace diez años era de 6.000 pesos por kilómetro; hoy en día el Consejo Nacional de vías de Comunicación lo ha fijado en 25.000 pesos.

En el capítulo VII se reglamentan las especificaciones mínimas. Se debe poner atención al empleo de estas especificaciones, pues hoy no se trata de construir carreteables para una velocidad de 20 kilómetros por hora, sino de 50 kilómetros por hora. En tal sentido debemos orientarnos poniendo el mayor cuidado a la visibilidad, al alineamiento, peraltes, etc., que permitan mayor velocidad y en vez de ajustarnos a las especificaciones mínimas, - que únicamente se deben emplear en terrenos extremadamente difíciles, adoptar siempre las más amplias que permitan el límite económico de \$ 25.000 por kilómetro.

El adelanto en los vehículos automotores que se perfecciona año por año y que cada vez tendrá mayor potencia y capa-

ciudad, nos obliga también a reformar el criterio de trazado. Las pendientes no constituyen el problema de hace 10 años. Es más importante mejorar el alineamiento horizontal, aunque para esto se tenga que sacrificar la rasante. Es preferible una línea en recta con pendiente y contrapendientes fuertes, que una línea de mal alineamiento con pendiente suave continua; la pendiente fuerte no limita tanto la velocidad como la curva estrecha.

Al cabo de algún tiempo las sumas que se invierten en la construcción de una vía resultan insignificantes ante las sumas gastadas en su explotación. Por consiguiente, el mayor costo de construcción que implica la línea de mejor alineamiento y piso se compensará muy pronto con la economía de combustible, llantas y depreciación de los miles y miles de vehículos que han de transitar por las vías. Esto en sí justifica la construcción de mejores carreteras, pero más importante que esta economía en dinero, es el tiempo que se ahorra y la seguridad y comodidad que se garantizan para el viajero.

Las carreteras del mañana se construirán con equipo. El alto costo de la vida y las nuevas leyes sociales han elevado a tal punto el valor de la obra de mano, que ya resulta antieconómico el movimiento de tierras a pica y pala. Esto se debe tener en cuenta para los trazados, pues con la mecanización de los trabajos de construcción, ya los terraplenes no ofrecen el problema de antes, lo que permite la construcción económica de una línea compensada de cortes y terraplenes en recta, en vez de la ruta sinuosa adaptada a la línea de ceros del terreno. La introducción de equipo permitirá un mejoramiento notable de los alineamientos dentro del límite económico anotado arriba.

Es fácil prever el desarrollo de la aviación en la post-guerra. En nuestro país, montañoso como pocos, donde las comunicaciones terrestres se dificultan tanto, y donde las distancias por tierra necesariamente se triplican en comparación con la línea recta aérea, el avión transformará totalmente nuestros medios de transporte. Además de las dificultades impuestas por este terreno accidentado, tenemos las limitaciones de nuestros escasos presupuestos que nos han obligado a construir ferrocarriles y carreteras de pobres especificaciones que no permiten un tránsito rápido y eficiente. Es evidente, pues, que en nuestro medio el avión lleva excepcionales ventajas para un desarrollo sensacional, y para que este incremento no encuentre limitacio-

nes es esencial, que desde ahora, se elabore un plan coordinado para la red nacional de campos de aterrizaje.

El ingeniero de trazado puede colaborar dentro de este plan, estando alerta para aprovechar las pocas planicies que atraviesa su línea, trazando, en donde sea económicamente posible, rectas de una longitud mayor de mil metros. Esto con mira para una futura ampliación de esta recta a un ancho de veinte a treinta metros, para que puedan servir más adelante para campos de aterrizaje de emergencia, factor indispensable para la seguridad del transporte aéreo.

Los estudios aerofotográficos se componen de cuatro trabajos principales: la triangulación de precisión, la aerofotografía, la restitución de fotografías y la elaboración del mapa acotado. Para el estudio de vías, donde no se requiere gran precisión, se puede eliminar la parte costosa de este trabajo, o sea la triangulación y restitución de fotografías. Con la aerofotografía del terreno de la ruta orientada por poblaciones y otros puntos de coordenadas geográficas determinadas, el ingeniero se puede dar perfecta idea de la naturaleza del terreno, eliminando así los trabajos difíciles y demorados de la exploración preliminar.

Es importante crear un Cuerpo de Ingenieros de carreteras prácticos en estos estudios aéreos, que sepan interpretar el terreno desde el aire, determinando los puntos obligados y la ruta general, o sea, la faja precisa que se debe estudiar. El criterio del Ingeniero de carretera es indispensable para esta labor, a fin de limitar la extensión del terreno que se ha de fotografiar, evitando así trabajo perdido y abaratando considerablemente el costo de los estudios. Nos debemos orientar hacia la técnica aerofotográfica para mejorar la práctica actual, que hoy en día resulta antieconómica, el enviar una comisión a internarse en la selva por un tiempo prolongado, andando a ciegas y desorientado por terrenos desconocidos, ignorando los obstáculos que se presentan adelante, que los obliga a retroceder perdiendo línea y tiempo precioso.

Por último, invito a los colegas a reconocer la gran importancia del período de exploración. Este trabajo, que comprende el reconocimiento y ante-preliminar, es el período fundamental de creación de la vía, cuando se determina su éxito o su fracaso. Un error por falta de criterio o precipitación es irreparable y cuesta sumas incalculables. El trazado, localización y

construcción de una carretera son trabajos relativamente rutinarios que no requieren las capacidades, criterio y experiencia del período de exploración.

Establecida la importancia de este trabajo, es indispensable que se escojan los mejores ingenieros para ejecutarlo. Siendo esta la labor más dura de todas, tanto en lo intelectual como en lo físico, asimismo debe ser la mejor remunerada. Es inadmisible que el ingeniero del monte siga figurando como un peón con el tránsito al hombro, mal alimentado, a la merced de los elementos, las plagas, las enfermedades y los caprichos de los políticos. El ingeniero de monte no puede continuar quebrantando su salud, arriesgando el bienestar de su familia y privándose de los más elementales privilegios del hombre de la ciudad. La nación entera reconoce la parte que ha jugado el ingeniero en el adelanto económico de nuestro país como agente creador de riqueza, y por tanto, el gobierno debe asegurar su bienestar así como su porvenir mejorar su standard de vida y proporcionarle todo el confort que permita su estado nómada.

Desde luego el ingeniero de trazado, por la misma naturaleza del trabajo, no puede construir campamentos buenos, y al contrario, tendrá que contentarse con toldas y las casuchas que encuentre en su camino para lograr mayor movilidad. Pero esta condición de vida no obsta para que dentro de este medio logre la mayor comodidad, llevando así radios, catres, muebles livianos, asegurando su proveeduría y un stock adecuado de drogas. Para obtener un mayor rendimiento, el ingeniero debe estar en buenas condiciones de salud y bienestar y que tenga, aunque sea en parte, aquellas comodidades elementales que lo estimulan en su trabajo.

Bogotá, enero de 1945.

Ingo. IGNACIO LOPEZ URIBE.

Ex-director General de FF. CC. y Carreteras Nacionales

# Apuntes Mineralógicos

341

## Algo sobre orígenes de la Hulla

H. Daniel

Desde hace cerca de un siglo los investigadores se han dado a la tarea de responder con la mayor escrupulosidad a la pregunta: "cuáles son los orígenes de la hulla". De todos los medios empleados, solamente el microscopio ha venido a realizar un positivo avance en estas investigaciones; el primero en emplearlo con este fin fue Lindley en 1830; más, con todo, sus estudios fueron de escasa repercusión ya que no pudo contar con todos los datos técnicos que en materias petrográficas se han realizado en los últimos tiempos.

Por este aspecto, fue más afortunado el americano Thies-sen, quien en 1913 hizo publicar numerosas observaciones que había llevado a cabo sobre varias muestras de la hulla. Mas, la primera clasificación sistemática, sólo tuvo lugar en 1919 y fue la señorita Marie Stopes quien la propuso; se refiere sobre todo al examen macroscópico de las muestras y se resume co-mo sigue: DURITA que es la hulla mate muy dura. FUSITA o hulla mate fibrosa y pulverulenta. CLARITA o hulla semibrillante y VITRITA o enteramente brillante. Esta misma clasifi-cación, generalmente seguida hoy día, se ha aplicado también en el examen microscópico según el aspecto de las diversas zo-nas carbonosas estudiadas.

**Estudios microscópicos:** El investigador que más se ha dis-tinguido en la exacta determinación de los diversos elementos que forman la sustancia propia de la hulla, ha sido André Du-parque, profesor de la Universidad Católica de Lila; de sus es-tudios puede deducirse lo siguiente: La observación microscó-pica puede hacerse en dos formas; la primera por transparen-cia, después de un conveniente desgaste hecho en la misma forma acostumbrada con las muestras petrográficas en el tor-no de esmeril; y la segunda por reflexión; este medio de obser-vación se emplea con aquellas sustancias opacas que no se de-jan tallar suficientemente o que son demasiado friables; se ha

aplicado a los metales y ha sido de gran utilidad en el estudio de las rocas combustibles.

De los exámenes microscópicos se desprende que la hulla no se ha formado en general de grandes elementos (troncos, ramas, etc.) como antes se creía, sino por la agregación de minúsculos residuos vegetales y de fragmentos de tejidos particularmente resistentes a los agentes naturales de destrucción. En la platina se pone de manifiesto lo que se ha dado en llamar "**cuerpos figurados**", formados por tejidos lignificados, cuerpos resinosos, cutículas y esporas; y "**sustancia fundamental**" o pasta aglutinante amorfa que proviene de la alteración de los cuerpos figurados y no presenta residuo alguno de estructura vegetal como la presentan éstos.

**Cuerpos figurados:** Estos se componen: a) de "tejidos lignificados" que pueden ser de dos clases; los de estructura bien conservada y los de estructura deformada. Según la opinión de Duparque, los primeros han sido formados por elementos que han sido hundidos en los pantanos existentes en remotos tiempos, inmediatamente después de la muerte del vegetal de donde provienen. Los segundos, que presentan los tejidos celulares aplastados, debieron ser hundidos después de haber experimentado alguna resección y desintegración parcial en la superficie del suelo; de ahí las denominaciones aplicadas a cada uno de estos dos modos de formación: **XILITA** o de estructura celular algo visible, y **XILOVITRITA** o de estructura celular nula.

b). De "cutículas", que no son sino algunos tejidos resistentes de diversos órganos como estomas, escamas, fragmentos de celulosa, etc...

c). De "cuerpos resinosos" que provienen de las glándulas de que están provistas algunas especies vegetales o de tallos resinosos entre los cuales están en primera línea los pinos y todas las variedades de coníferas.

d). De "esporas" que son los órganos de reproducción de los hongos, helechos, calamitas, lepidodendres....y están formadas por la **exina** o película externa, de la **intina** o membrana celulósica interna, de la masa protoplásrica y de un núcleo. En ocasiones el polen conservado en el tejido del carbón es llamado también "espora".

**Maceración:** Para ayudar a la observación microscópica se ha acudido a la "maceración" que consiste en devolver al car-

bón por medio de mezclas ricas en oxígeno (cromatos, nitratos bióxidos) el que perdieron en la carbonización. Este medio y el experimento de Bergius que consistió en convertir en hulla negra cercana a la antracita una cantidad de turba colocada a 340° C., puso en evidencia que había en realidad una escala gradual que podía recorrer la celulosa y la lignina de los vegetales en la carbonización. Esta conclusión pareció estar en oposición con la obtenida por Schrader y Franz.

En atención a los elementos constitutivos, algunos han admitido la siguiente clasificación: **Sapropelitas** o carbones integrados por microorganismos acuáticos. **Humitas** o carbones formados por residuos de plantas terrestres y lacustres y **Liptobolitas** o carbones formados por resinas y ceras.

**Carbones colombianos:** Puede decirse que la mayoría de los carbones colombianos están en terrenos del eoceno (región oriental) o del oligoceno (región occidental).

Los que presentan estructura antracítica son más antiguos en general; muchos de ellos del mesozoico; han tenido que soportar mayores presiones y más abundantes acciones metamórficas.

Los elementos constitutivos son variados y la diferencia entre los carbones de las diversas cordilleras es notable en algunos aspectos; esto se debe a la época distinta de su formación e indica una divergencia en los vegetales, lo cual pudo provenir de diferencias climáticas de las dos épocas.

Hettner hizo notar la marcada disparidad entre la Cordillera Oriental y el resto de nuestra formación andina en cuanto a formación estratigráfica se refiere; esto pudo haber contribuido a la diferenciación del clima que necesariamente ejerció su influencia en la flora existente.

Por regla general, el carbón colombiano es VITRITICO formado en buena parte de humus y otros residuos orgánicos; no falta, sin embargo, el material DURITICO con inclusiones de hifas y esporas de hongos y de algunas formas que éstas afectan en épocas poco apropiadas para su normal desarrollo llamadas esclerocios o "slerolites".

Los carbones de la Cordillera Central, como los de Antioquia y Caldas, tienen la particularidad de tener bien conservados los esclerocios, de presentar esporas de mayor tamaño con las membranas (exinas) más gruesas y en cantidad bastante apreciable; esto puede ser indicio de que el clima, en el perío-

do de formación del carbón, era mucho más húmedo que en el resto de las cordilleras o que los terrenos pantanosos menudeaban por el bosque.

Qué vegetales primaron en la formación de nuestros lechos hullíferos? El doctor Reichembach, científico berlínés, dio una respuesta general en su interesante trabajo titulado "Estudios microscópicos de algunos carbones"; dice que en la mayor parte han sido gimnospermas y árboles de copa ancha (dicotiledóneas). Hasta cierto punto era fácil prever esta conclusión; en efecto; troncos fósiles de dicotiledóneas se encuentran en abundancia en algunas regiones en donde aflora el terciario carbonífero, lo mismo que numerosas hojas cuya nervación indica que se trata de plantas dicotiledóneas; por otra parte, el encuentro hecho en 1924 de semillas fósiles en las carboneras de Zipacón (desde 1914 el Dr. Santiago Cortés había hecho varios encuentros de estas semillas, ver la Rev., de Instrucción Pública de ese año) y que correspondieron, según los estudios verificados, a una humiriácea y a una borraginácea señaladas como eocénicas, hace ver lógicamente que estas plantas debieron contribuir a la formación de dichas hulleras.

Si se acepta la teoría, reafirmada por Potonié, de que la **Fusita** no es otra cosa que carbón vegetal fosilizado proveniente de coníferas, tendremos que deducir que en nuestra flora eoterciaria hubo representación notable de estos vegetales; pero sería en tanta abundancia como se ha supuesto? Gran parte de las cuarenta muestras examinadas por Reichembach muestran escasa **fusita** y una de las localidades en donde se observó abundancia de esta materia fue precisamente en Zipacón; con todo, las numerosas semillas de dicotiledóneas allí encontradas harían suponer otra cosa; eso sería una prueba más que se podría añadir a las de Th. Lange, para mostrar que sí puede haber fusita de "árboles de follaje" y no únicamente de coníferas.

Sería interesante investigar qué clases gimnospermas pudieron encontrarse en aquellas remotas edades, sabiendo que en la actualidad nuestras escasas especies indígenas pertenecen a un solo género el **podocarpus** del cual forma parte nuestro conocido Chaquiro (**Podocarpus coriaceus**).

Las reducciones de Reichembach hacia el final de su estudio son más o menos las siguientes: Los carbones colombianos, aunque relativamente recientes, presentan más los caracteres

de la hulla que del lignito y esto es debido en gran parte a la temperatura y a las presiones tectónicas que tuvieron que soportar sus capas. Los elementos que entraron en la formación de los lechos hullíferos, fueron maderas de gimnospermas y de árboles de copa ancha (dicotiledóneas), ramas tiernas de vegetales herbáceos y las mismas hojas desprendidas de los árboles.

Toda esta vegetación se desarrolló en medio húmedo cubierto de pantanos que se fueron rellenando paulatinamente con todos estos residuos orgánicos. Los fragmentos de madera y de ramas, hundidos parcialmente en los puntos cenagosos, fueron medio adecuado que facilitó el desarrollo de hongos cuyas esporas, hifas, esclerocios... perduraron en la estructura carbonosa. El polen desprendido de los árboles vivos, al caer sobre las ciénagas, entró a formar también parte de esta estructura.

La fusita provino de la madera carbonizada en algún incendio eventual del bosque, la cual mezclada con las materias de relleno en los pantanos, fue en parte conservada con las demás acumulaciones orgánicas.

---

#### INFLUENCIA DEL OXIDO DE ZINC SOBRE EL MOHO O VERDIN DE LAS PINTURAS

En los componentes vehículos de la pintura fueron sembrados e incubados, gérmenes de honguillos. Se observaron diversos grados de desarrollo, siendo el aceite de linaza el que permitió desarrollo más exuberante. Esto prueba que la resistencia de las capas de pintura al moho depende de los colorantes u otros ingredientes. Se estudió el efecto de nueve tipos de óxido de zinc en el crecimiento del honguello común. Se halló que la inhibición del desarrollo de los honguillos es función directa del área superficial del óxido de zinc; el más eficaz era especialmente el óxido de zinc en partículas muy finas. Aunque el óxido de zinc tiene la propiedad de impedir el desarrollo del micelio, o la germinación de las esporas, es incapaz de destruir las esporas y de impedir su germinación una vez retirados de ese medio y puestos en otro más favorable. Por lo tanto, el óxido de zinc no puede ser considerado como poseedor de propiedades fungicidas; su acción es fungistática. Los estudios sobre la respiración muestran que el ión del zinc afecta el metabolismo de los hidratos de carbono del honguello, y que esta propiedad puede ser causante del efecto fungistático antes mencionado.

(Industrial and Engineering Chemistry.)

## Rocas Sedimentarias

En Geología, se llaman **sedimentos**, o **rocas sedimentarias**, aquellos depósitos, o rocas, cuya formación se debe a la acción de agentes dinámicos externos; se les da también el nombre de rocas **exógenas**, por oposición a las **endógenas**, o rocas eruptivas. Las rocas sedimentarias son de origen secundario, es decir, que los materiales de que están compuestas provienen de la erosión de otras rocas preexistentes.

Las rocas sedimentarias son de gran importancia geológica porque cubren gran superficie de la corteza terrestre, y porque contienen carbón, petróleo, gas y otros minerales importantes, entre los cuales está el hierro, de origen sedimentario, que representa una fuente metálica muy valiosa. Además, el flujo continuo de partículas en suspensión en las aguas de los ríos que depositan en forma de sedimentos marinos nos proporciona un método de medida del tiempo geológico. Este método no es tan preciso como los de la salinidad del mar, u otro basado sobre la radiactividad, porque para la mayoría de las rocas sedimentarias es difícil determinar exactamente la rata de deposición.

En cuanto a su origen los sedimentos pueden dividirse en las siguientes clases:

**1º Sedimentos mecánicos:**

- a) Depósitos eólicos
- b) Aluviones
- c) Depósitos marinos
- d) Depósitos glaciares

**2º Sedimentos químicos.**

**3º Sedimentos orgánicos.**

Los **sedimentos mecánicos** son los que han sido derivados por el proceso de meteorización mecánica. El producto del ataque mecánico de las rocas por erosión se llama **detritus**; el cual puede ser acumulado en depósitos sedimentarios por varios agentes de transporte, como el agua, el viento, o el hielo. Estos sedimentos mecánicos pueden clasificarse según el tamaño de las partículas constituyentes en: rutites, arenites y ludites.

Los **Rutites** son sedimentos bastos, que consisten de **cascajo**, **guija** y **guijarros**, o sea partículas cuyos diámetros son respectivamente mayores de 2 mm. comprendidos entre 2 y 64 mm.; y entre 64 mm. y 254 mm. Los rutites consisten, a sus fuentes, de detritus irregulares, con ángulos prominentes, pero debido a la acción de la abrasión que sufren durante el transporte, estos rutites adquieren una forma esférica, cuando son contenidos por un material homogéneo, o una forma ovoide o disco delgado cuando son constituidos por rocas que tienen planos de clivaje o de foliación.

túan son: la oxidación e hidratación, como en el caso de la formación de la limonita; carbonatación como en el caso de la malaquita y azurita; solución y lixiviación de las calizas. Por acción química, se descomponen los feldespatos, dando origen a arcillas y kaolín de origen secundario. La erosión química de la ortoclasa es la siguiente:

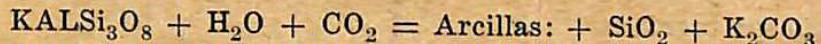


La descomposición completa del feldespato requiere evidentemente una precipitación abundante y un clima caliente o temperado. Parte del dióxido de carbono necesario para la reacción proviene del aire, parte de la descomposición de plantas. El carbonato de potasio es en parte lixiviado, y en parte aprovechado por las plantas si la arcilla se convierte en suelo. Las arcillas también pueden ser formadas por descomposición de amfíboles, piroxenos y otros silicatos aluminicos. Cuando el mineral que se descompone contiene hierro se forma comúnmente limonita dando a la limonita un color amarillo.

Los **sedimentos orgánicos** son originados por acción de organismos sobre soluciones de rocas. Los sedimentos orgánicos pueden dividirse en dos grupos, el primero consiste sobre todo de las partes inorgánicas del esqueleto de los organismos, y forman rocas carbonatadas, silíceas o fosfóricas; el segundo consiste sobre todo de mineral orgánico como carbón y petróleo. Son de especial importancia en todas las formaciones geológicas, los sedimentos calcáreos que forman las calizas zoogénicas, derivadas de restos de animales. Los restos de ciertos animales llamados planktones que secretan sustancias calcáreas, mezclados con sedimentos mecánicos, forman depósitos en diferentes zonas del mar. Entre los principales lodos orgánicos que se encuentran en la profundidad del mar merecen citarse los lodos foraminíferos formados por las conchas de animales compuestas de una sola célula que flotan en grandes cantidades cerca de la superficie de los mares calientes; los lodos radiolarios, formados por otro grupo de organismos microscópicos; en fin los lodos diatomos formados por la acumulación de los restos de plantas microscópicas, que también secretan diminutas conchas de sílice. Los arrecifes coralarios que se forman alrededor de las islas tropicales en mares poco profundos nos brindan otro ejemplo de sedimentación orgánica.

De lo expuesto anteriormente resulta que el fenómeno de sedimentación puede ser considerado como una precipitación mecánica o química, de partículas sólidas al fondo de las aguas. Las rocas sedimentarias difieren de los sedimentos por un sinnúmero de caracteres que resultan de las transformaciones posteriores a la sedimentación, debidas a acciones dinámicas internas o externas sobre los sedimentos. Los sedimentos recién depositados son generalmente sueltos, incoherentes y porosos. Pueden convertirse en rocas mediante la unión de estos granos que puede verificarse por compactación o por cementación, o por cambios físicos y químicos en los constituyentes. La consolidación o litificación de sedimentos en roca por compactación es muy característica en los sedimentos arcillosos. A medida que se depositan los sedimentos aumenta el espesor y los estratos superiores efectúan una presión considerable sobre los inferiores. Por esta razón se produce una reducción de volumen considerable, que no ocurre con tanto vigor con las arenas, pero los granos individuales son juntados, en íntimo contacto de tal manera que la fuerza atractiva molecular produce la cohesión, y la roca se forma. Otro procedimiento de conversión de sedimentos en rocas es el endurecimiento de sedimentos de hábito coloidal; mediante esta coagulación que es función del tiempo, pueden formarse ópalos, que después

túan son: la oxidación e hidratación, como en el caso de la formación de la limonita; carbonatación como en el caso de la malaquita y azurita; solución y lixiviación de las calizas. Por acción química, se descomponen los feldespatos, dando origen a arcillas y kaolín de origen secundario. La erosión química de la ortoclasa es la siguiente:



La descomposición completa del feldespato requiere evidentemente una precipitación abundante y un clima caliente o temperado. Parte del dióxido de carbono necesario para la reacción proviene del aire, parte de la descomposición de plantas. El carbonato de potasio es en parte lixiviado, y en parte aprovechado por las plantas si la arcilla se convierte en suelo. Las arcillas también pueden ser formadas por descomposición de amfíboles, piroxenos y otros silicatos aluminicos. Cuando el mineral que se descompone contiene hierro se forma comúnmente limonita dando a la limonita un color amarillo.

Los **sedimentos orgánicos** son originados por acción de organismos sobre soluciones de rocas. Los sedimentos orgánicos pueden dividirse en dos grupos, el primero consiste sobre todo de las partes inorgánicas del esqueleto de los organismos, y forman rocas carbonatadas, silíceas o fosfóricas; el segundo consiste sobre todo de mineral orgánico como carbón y petróleo. Son de especial importancia en todas las formaciones geológicas, los sedimentos calcáreos que forman las calizas zoogénicas, derivadas de restos de animales. Los restos de ciertos animales llamados planktones que secretan sustancias calcáreas, mezclados con sedimentos mecánicos, forman depósitos en diferentes zonas del mar. Entre los principales lodos orgánicos que se encuentran en la profundidad del mar merecen citarse los lodos foraminíferos formados por las conchas de animales compuestas de una sola célula que flotan en grandes cantidades cerca de la superficie de los mares calientes; los lodos radiolarios, formados por otro grupo de organismos microscópicos; en fin los lodos diatomos formados por la acumulación de los restos de plantas microscópicas, que también secretan diminutas conchas de sílice. Los arrecifes coralarios que se forman alrededor de las islas tropicales en mares poco profundos nos brindan otro ejemplo de sedimentación orgánica.

De lo expuesto anteriormente resulta que el fenómeno de sedimentación puede ser considerado como una precipitación mecánica o química, de partículas sólidas al fondo de las aguas. Las rocas sedimentarias difieren de los sedimentos por un sinnúmero de caracteres que resultan de las transformaciones posteriores a la sedimentación, debidas a acciones dinámicas internas o externas sobre los sedimentos. Los sedimentos recién depositados son generalmente sueltos, incoherentes y porosos. Pueden convertirse en rocas mediante la unión de estos granos que puede verificarse por compactación o por cementación, o por cambios físicos y químicos en los constituyentes. La consolidación o litificación de sedimentos en roca por compactación es muy característica en los sedimentos arcillosos. A medida que se depositan los sedimentos aumenta el espesor y los estratos superiores efectúan una presión considerable sobre los inferiores. Por esta razón se produce una reducción de volumen considerable, que no ocurre con tanto vigor con las arenas, pero los granos individuales son juntados, en íntimo contacto de tal manera que la fuerza atractiva molecular produce la cohesión, y la roca se forma. Otro procedimiento de conversión de sedimentos en rocas es el endurecimiento de sedimentos de hábito coloidal; mediante esta coagulación que es función del tiempo, pueden formarse ópalos, que después

pueden cristalizar en calcedonia. También los espacios entre los granos de los sedimentos pueden rellenarse con calcita, sílice, óxido de hierro, formando una roca cementada.

Las rocas sedimentarias pueden dividirse según la naturaleza de sus elementos constitutivos en

- (Rocas arenáceas.
- (Rocas arcillosas.
- (Rocas calcáreas.
- (Rocas piroclásticas.

Las **rocas arenáceas** son de naturaleza fragmentaria, y generalmente compuestas de dos elementos: un elemento alotígeno y un elemento autígeno. El elemento alotígeno está compuesto por elementos distintos a los que se hallan en el mismo sitio que la roca sedimentaria. Este elemento alotígeno ha sido arrastrado por las corrientes desde otro lugar, y generalmente es formado de cuarzo. El elemento autígeno es el que se halla *in situ* y que actúa como cemento; cuando este falta, el aluvión se llama arena. Los elementos alotígenos pueden ser cuarzo, mica, zircón, rutilo, granate, turmalina, etc., los autígenos pueden ser la sílice, las cales, el óxido de hierro.

Las **rocas arcillosas**: son las que provienen de la desintegración de feldespatos y otros silicatos aluminicos. Se llama también arcillolita, o sapolita. Cuando la roca es plástica, no tiene laminación y es húmeda, se llama arcilla, cuando ha sufrido un transporte largo, y es un silicato de aluminio pero con un álcali, se llama kaolín, y si en el transporte incluyó elementos calcáreos, arena, óxido de hierro etc., se llama marga. Las rocas arcillosas suelen contener inclusiones de otros minerales como limonita, feldespato, cuarzo, pirita, etc.

Las **rocas calcáreas** son las que son generalmente compuestas de carbonato de calcio, carbonato de hierro o de magnesio. Las rocas calcáreas son compuestas de dos tipos principales, a saber: 1º) de los compuestos predominantemente de partes duras de organismos, como por ejemplo la caliza foraminífera con la cual han sido edificadas las pirámides de Egipto; 2º) de los de grano muy fino y homogéneo que son el resultado de una precipitación inorgánica (evaporación o aumento de temperatura), o de una precipitación bioquímica. En las rocas calcáreas de origen orgánico se encuentran restos de animales y vegetales como algas, corales, crustáceos, foraminíferos, etc. Las rocas calcáreas inorgánicas se dividen en dos grupos: las **oolíticas** y las **pisolíticas**; las primeras son formadas de granos muy finos compuestos de capas concéntricas; las segundas son compuestas de granos muy grandes.

Las **rocas piroclásticas** son las rocas fragmentarias formadas por elementos emitidos por los volcanes, en oposición a las **clásicas** que son las producidas por la meteorización y erosión de rocas antiguas. El material fragmentario que ha sido expulsado al aire por un volcán se llama material piroclástico. Se dividen según su tamaño en cenizas volcánicas, lapilli y bombas volcánicas. Las bombas y lapilli caen cerca del cráter, y forman un cono volcánico, mientras que las cenizas finas son transportadas por los vientos dominantes a centenares de millas y diseminados sobre una gran área. Estas cenizas destruyen la vegetación y perjudican la vida animal, pero el suelo que forman es sumamente fértil. Las tufas volcánicas son aglomeradas de ceniza volcánica con alguna consistencia y las brechas están constituidas por fragmentos de rocas vítreas. Algunos autores consideran estas rocas como ígneas, por provenir de actividad volcánica, sin embargo están constituidas de fragmentos que se acumulan se-

gún las leyes de la sedimentación y entonces pueden considerarse como sedimentos.

Las principales características de las rocas sedimentarias son:

- (1º) estratificación
- (2º) la presencia de fósiles
- (3º) las grietas de fango
- (4º) las ondulaciones
- (5º) la estratificación cruzada
- (6º) las concreciones
- (7º) el color

Una de las características principales de las rocas sedimentarias es la **estratificación**, la disposición en estratos, o capas superpuestas que indican cierta periodicidad del depósito. Esta característica no es de ningún modo absoluta, porque existen rocas sedimentarias macizas, que no presentan, en grandes espesores, ninguna traza de estratificación y además existen rocas endógenas de aspecto estratificado. La estratificación proviene generalmente de la disminución de velocidad del agente transportador. La estratificación causada por cambios de velocidad de las corrientes, da lugar a estratos en los cuales los granos detritales están arreglados según el tamaño de las partículas, pero las capas sucesivas difieren muy poco por su composición. Algunas rocas sedimentarias muestran una alternación regular de material de dos clases, dando lugar a las rocas bandadas. Estas características sugieren la influencia de un ciclo, o deposición rítmica, que puede ser causado por flujo y reflujo de la marea, sucesión de los inviernos y veranos.

Las rocas sedimentarias incluyen a menudo **fósiles**, mientras que las de origen interno no los contienen casi nunca.—Los fósiles son constituidos por los restos de plantas y organismos sepultados en la acumulación de los sedimentos. Pocos organismos permanecen enteros en las rocas; solamente las partes duras pueden formar parte de ella. Estas partes pueden permanecer en su forma primitiva, o también pueden ser disueltas y sus constituyentes pueden ser sustituidos por un material nuevo, en una forma tal que los detalles y las estructuras primitivas sean preservados. También las conchas pueden ser destruidas totalmente, dejando la huella o molde en la roca, formando un molde natural, que posteriormente puede llenarse con otro mineral formando vacíos naturales. En las cenizas volcánicas se encuentran a veces huellas de vegetales o animales aniquilados por la erupción.

En las llanuras de inundación, las partes interiores de los grandes deltas, en las orillas planas de lagos que se retiran o que desaparecen en las estaciones secas, se forman en el suelo unas grietas poligonales, llamadas **grietas de fango** que son características de las rocas sedimentarias. Estas grietas se forman por la exposición al sol y al aire de los sedimentos lodosos y arcillosos.

Las llamadas **ondulaciones** tienen lugar al fondo de las corrientes que arrasan sedimentos, resultando una superficie surcada con protuberancias paralelas.

La **estratificación cruzada** es característica de ciertos depósitos sedimentarios y está constituida por capas inclinadas con respecto a los planos generales de estratificación, y se produce donde los sedimentos en movimiento están arrojados sobre un depósito en estado de crecimiento. Esto ocurre en los deltas, las barras costaneras y las dunas.

La presencia de **concreciones** es igualmente característica de las rocas se-

dimentarias. En las rocas porosas, que incluyen sustancias solubles, estas sustancias se concentran en nódulos esféricos, elipsoidales o botroideos. La formación de estos nódulos ha debido ocurrir partiendo de un punto central, que es algunas veces un cuerpo inorgánico, pero que es lo más a menudo un organismo, una concha, o el cuerpo de un crustáceo. Las concreciones calcáreas son frecuentes en medio de sedimentos arcillosos, en particular en margas. Cuando las concreciones son huecas y el interior está forrado de cristales se llaman geodas.

El color de las rocas sedimentarias es determinado por el color del mineral predominante del cual están compuestos, y por la distribución de los pigmentos. El carbón y el hierro son los principales pigmentos. Las rocas que contienen materias carbonáceas tienen un color gris oscuro hasta negro; generalmente más oscuro al interior que sobre la superficie. Este pigmento proviene generalmente de materias orgánicas sepultadas en los sedimentos. Los compuestos de hierro dan a las rocas sedimentarias todos los matices de rojo, amarillo y rosado.

El fenómeno de sedimentación, no solamente tiene como resultado la formación de rocas sedimentarias, sino también la formación de depósitos de minerales valiosos de hierro, manganeso, cobre, fosfatos, carbonatos, calizas, arcillas, tierras diatomáceas, tierra de batán, azufre, uranio, vanadio, tiza, mármol, dolomita, yeso, pedernal y en fin, carbón y petróleo. La formación de un depósito sedimentario comprende cuatro etapas:

- (1<sup>a</sup>) una fuente adecuada del material.
- (2<sup>a</sup>) acumulación del material por solución u otro procedimiento.
- (3<sup>a</sup>) transporte del material al lugar de acumulación, si es necesario.
- (4<sup>a</sup>) precipitación de la materia en la cuenca sedimentaria.

**Minerales de hierro.**—El hierro que entra en los depósitos de hierro sedimentario, proviene, sobre todo, de la erosión de rocas superficiales, de rocas ígneas, como la hornblenda, el piroxeno, o las micas; de rocas sedimentarias o metamórficas ricas en hierro; y de la materia colorante de ciertas rocas sedimentarias. Cuando es hierro ferroso, la solución principia al mismo tiempo que la erosión de la roca madre, cuando es férrico debe reducirse primero a ferroso mediante materias orgánicas. Los solventes naturales del hierro son: las aguas carbonatadas, los ácidos orgánicos, y las soluciones sulfúricas. Las aguas carbonatadas disuelven el hierro como bicarbonato. Los ácidos orgánicos que provienen de la descomposición de las plantas y las soluciones sulfúricas son buenos solventes. El mineral en solución acuosa es transportado por las corrientes o por las aguas subterráneas. El hierro permanecerá en solución hasta que sufra un cambio químico o físico apreciable; como por ejemplo la disminución del CO<sub>2</sub> de la solución; la evaporación de la solución estacionada en una determinada cuenca; o el paso a través de una caliza donde el hierro se deposita como carbonato u óxido. El bicarbonato de hierro puede precipitarse como ya se ha dicho, por pérdida de CO<sub>2</sub> dando óxido férrico o siderita; por oxidación e hidrólisis, dando limonita; por acción de la bacteria de hierro, dando óxido férrico; por reemplazo de las conchas marinas, dando hematita fósil. El sulfato de hierro puede depositarse por reacción con el CaCO<sub>3</sub> en presencia de oxígeno para dar óxido férrico; en presencia de materias orgánicas para dar siderita; por hidrólisis u oxidación dando óxido férrico; por reacción con silicatos dando un silicato ferroso hidratado de color verde. El hierro en solución orgánica puede precipitar por oxidación del carbonato ferroso a

óxido férrico; por acción de las bacterias o plantas, por hidrólisis o por reacción con álcalis. De una manera general el hierro precipita como siderita, goetita, limonita o hematita. Los depósitos sedimentarios de hierro se forman tanto en agua dulce como en aguas marinas. Estos depósitos pueden tener lugar en lagos y pantanos, resultando pequeños depósitos locales. El hierro es depositado como hidróxido o carbonato ferroso que pasa fácilmente a óxido férrico. Es generalmente impuro y contiene alrededor de 45% de Fe. Los depósitos también pueden ocurrir en cuencas pantanosas y depresiones de peniplanos. Grandes cantidades de silicato de hierro hidratado se han depositado en mares abiertos.

Los más grandes depósitos sedimentarios de hierro que existen son los de las lagunas marinas y mares epeiricos. Las mejores condiciones para la formación de tal depósito son las representadas por un río perezoso, que viene de una región fuertemente erodada, con unos gradientes demasiado pequeños para permitir que una cantidad abundante de material fuera transportado. En estas condiciones solamente una pequeña cantidad de sedimento se acumula con el mineral. Se ha ensayado la explotación comercial de estos depósitos. El carbonato se encuentra en EE. UU., en Inglaterra y Escocia, el silicato en Suiza, Rusia y África del Sur; yacimientos del tipo de óxidos marinos se hallan en Lorena, Luxemburgo y en Rusia (Kursh) y en el Brasil.

El ciclo del **Manganoso** sedimentario es muy parecido al del hierro. Estos dos metales tienen la misma fuente, se disuelven de una manera semejante, son transportados juntos en compuestos similares y son depositados como carbonatos y óxido por los mismos agentes. Depósitos sedimentarios de manganeso se encuentran en Estados Unidos, Bélgica y Rusia, Georgia y Ucrania.

Los **fosfatos sedimentarios** provienen de la erosión de la apatita y colofanita, son solubilizados en aguas carbonatadas en ausencia de  $\text{CaCO}_3$ , y el fosfato de calcio precipita en presencia del carbonato de calcio. Grandes depósitos de fosfatos sedimentarios se han formado en Marruecos y Túnez.

El **Azufre** nativo puede ocurrir en depósitos ígneo y sedimentarios. El azufre sedimentario es derivado de rocas sulfatadas y ácido sulfídrico de las emanaciones volcánicas. Los sulfatos son reducidos por bacterias a sulfuro de hidrógeno, el cual a su vez se oxida en azufre y agua. Importantes depósitos de azufre sedimentario ocurren en Kuibyshev Rusia, y Sicilia, donde los depósitos consisten en cuencas aisladas de 5 millas de largo por  $\frac{1}{2}$  milla de ancho, y alcanza hasta 200 pies de profundidad. El azufre está diseminado en caliza y ocurre también en banda de azufre puro de 1 pulgada de espesor. Otros depósitos de azufre son los de Rumania, Croacia y Silesia.

La **caliza** y la **dolomita** son rocas sedimentarias que ocurren tanto en aguas marinas como en aguas dulces. El calcio proviene de la erosión de rocas calcáreas y es transportado a las cuencas sedimentarias como bicarbonato, carbonato, y sulfato. El carbonato de calcio es precipitado por fenómenos orgánico e inorgánicos. El  $\text{CO}_2$  desempeña un papel importante en el proceso inorgánico, el cual depende de la temperatura del agua y de la cantidad de aire que están en equilibrio en esta agua. La evaporación en los lagos da lugar a las tufas. La deposición orgánica es llevada a cabo por algas, bacterias, corales, foraminíferos, etc. Las calizas pueden ser formadas mecánicamente por deposición continua de conchas coralíferas, que cementan en caliza compacta. Ciertas calizas impuras son utilizadas para la fabricación del cemento hidráulico. Para la manu-

factura del cemento portland se necesita una caliza que contenga 70-80% de  $\text{CaCO}_3$ ; 20-30% material arcilloso.

La tiza también es de origen sedimentario y consiste de un precipitado químico de  $\text{CaSO}_3$  y de diminutas conchas de foraminíferos y otros organismos. La tiza se forma generalmente en aguas poco profundas.

La Dolomita es un carbonato doble de calcio y magnesio ( $\text{CaCO}_3$ : 54. 35%;  $\text{MgCO}_3$ : 45. 65%) pero en las calizas dolomíticas el porcentaje de  $\text{MgCO}_3$  es mucho menor. Las llamadas dolomitas, son generalmente calizas dolomíticas. Parte de magnesio puede ser reemplazado por Fe, o Manganese, dando una mezcla de tres carbonatos, isómorfos dentro de ciertos límites.

La Magnesita es otro mineral sedimentario importante, que ocurre asociado con yeso y caliza, y es compuesto de carbonato de magnesio. Parece haber sido depositado por precipitación química seguida de deshidratación. Probablemente el Mg fue transportado como sulfato por las aguas subterráneas y reaccionó con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , para dar hidromagnesita y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  soluble. Depósitos de magnesita se encuentran en EE. UU. y Alemania.

La tierra diatomácea, es un mineral sedimentario que consiste de diátomas y otros organismos que secretan sílice. La tierra diatomácea se parece a la tiza o a la arcilla, pero consiste sobre todo de sílice, agua y pequeñas cantidades de Aluminio y álcalis. Ocurre interstratificada con sedimentos marinos y de agua dulce, en el fondo de lagos y pantanos. Los estratos de tierra diatomácea tienen generalmente un espesor de unas pocas pulgadas hasta unos pies. Los restos de los diátomas han sido acumulados cuando la deposición de otros sedimentos era suspendida temporalmente. Se cree que la sílice ha sido extraída por plantas microscópicas de silicatos como arcillas en suspensión en el agua.

En las rocas sedimentarias se encuentran grandes reservas de combustibles. Las principales fuentes de energía utilizable son, el carbón, el petróleo, los gases naturales, el agua, la madera y las radiaciones solares. Las tres primeras son las más importantes, y la tres ocurren en rocas sedimentarias. Actualmente la principal fuente de energía es el carbón, que suministra aproximadamente un 70% a pesar del desplazamiento parcial que éste ha sufrido por la competencia del petróleo. Los principales productores de carbón son: Alemania con el 25% de la producción mundial, los Estados Unidos con el 24%, Gran Bretaña con el 14%; Rusia con el 6% y Francia con el 3% (Antes de la guerra, según Bateman).

El carbón es de origen vegetal, y más de 3.000 especies de plantas han sido identificadas en los estratos carboníferos. El análisis microscópico revela que la materia prima de los carbones estratificados fue una vegetación vascular de los pantanos. Las raíces y cepas encontradas en arcillas debajo de los estratos carboníferos prueba que la vegetación creció y se acumuló in situ. En la época carbonífera creció una vegetación lusuriante con árboles gigantes como Lipidodendrón cuyo tronco tenía un diámetro de 4 a 6 pies y su altura podía alcanzar 100 pies. Algunos cordaites tenían una altura de 120 pies y un diámetro de 3 pies. Este último parece ser uno de los que más ha contribuido a la formación del carbón paleozoico.

El cambio de los restos de las plantas al carbón envuelve varios procesos bioquímicos y dinamoquímicos. Cuando un árbol cae sobre un terreno seco, se descompone en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  sin formar carbón. Lo cual parece indicar que el clima húmedo y caliente del período carbonífero favoreció la transformación completa de la planta al carbón. Cuando un árbol cae en el agua, su descompo-

sición es más lenta que en el aire, pero la presencia de bacterias suspende la descomposición antes de la destrucción total. La acción bioquímica libera oxígeno e hidrógeno y concentra el carbón.

Según las etapas de formación, se obtiene turba, lignito, carbón bituminoso y antracita. La **turba** es una acumulación de plantas parcialmente descompuestas, que representa la primera etapa en la formación de los carbones. El **lignito** o carbón pardo, representa la segunda etapa. Es café negruzco, y es compuesto de materia leñosa mezclada con materia vegetal descompuesta. Contiene gran cantidad de agua, y se descompone después de secarse al aire. No tiene importancia económica. En Alemania se usa para la producción de petróleo sintético. Los **carbonos bituminosos y subbituminosos** son densos, negros y quebradizos, se rompen fácilmente en bloques prismáticos y cúbicos y no se desintegran al aire. El origen vegetal no se ve ordinariamente al ojo. Tiene entre 68 y 86% de carbón fijo, de 14 a 31% de materias volátiles. Quema fácilmente con una llama amarilla y humeante. Es uno de los carbones más utilizados y sirve para máquinas de vapor, y fabricación del gas pobre. La **antracita** es muy negra con una gran lustre, quebradiza y se rompe con fractura conchoidal. Quema lentamente y sin humos, con una llama azul y corta. Contiene entre 86 y 98% de carbón fijo y entre 2 y 14% de materiales volátiles.

La mayor parte del **petróleo** se halla en rocas sedimentarias raras veces se encuentran adyacente a rocas ígneas. Las rocas que contienen los depósitos comerciales son arenas, areniscas, conglomeradas, calizas y dolomitas porosas. El petróleo se ha formado en muchas edades geológicas, pero el período más propífico es el terciario.

Existen varias teorías acerca de la formación de petróleos. Las teorías inorgánicas de origen volcánico han sido en gran parte abandonadas. Se admite que los materiales orgánicos sepultados en los lodos marinos sufrieron cambios hasta producir los hidrocarburos naturales, y que estos se movieron a través de rocas porosas para formar los depósitos comerciales. Se considera pues, que el origen del petróleo está en la descomposición lenta y libre de oxígeno, de plantas y organismos animales.

La acumulación del petróleo no tiene lugar sino en rocas porosas y permeables, como arenas y areniscas, y calizas. Mientras mayor sea la porosidad del suelo, mayor será el depósito de petróleo. La migración del petróleo en los estratos sedimentarios inclinados continúa hasta que escape a la superficie o sea detenida por alguna estructura para formar el depósito. La estructura más común es la del anticlino o del domo, donde la migración del petróleo termina al alcanzar la parte superior del domo.

Las **formaciones sedimentarias de Colombia** pueden clasificarse desde el punto de vista petrográfico así:

	Cretáceo	Piso de Girón Piso de Villeta Piso de Guadalupe
ROCAS SEDIMENTARIAS	Cretaterciario o terciario inferior.	Piso de Guaduas Piso de Barzalosa Piso de Gualanday
	Terciario Cuaternario	Piso de Honda El Carare La Goajira

Las líneas que siguen a continuación sobre los terrenos sedimentarios en Colombia son tomadas del estudio del Geólogo Colombiano Ricardo Lleras Codazzi, titulado "Regiones Geológicas de Colombia", publicado en el N° 14 del Tomo IV de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Citaré luego un resumen sobre las mismas rocas en Antioquia tomado de un trabajo del Dr. Roberto Sheibe, publicado en el Tomo I de la Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia del Ministerio de Minas y Petróleos.

**TERRENO CRETACEO.**—La delimitación de los diferentes pisos es fácil de verificar, no solamente por el carácter litológico de las capas, sino por la abundancia de fósiles. Sus estratos están a veces doblados, pero estos dobleces, tanto sinclinales como anticlinales, son de difícil apreciación en el terreno por el inmenso trabajo de erosión verificado por las aguas; en cambio las fallas son muy visibles y de dimensiones colosales.

Algunas rocas eruptivas atraviesan las capas (Chita, los Farallones de Medina, Ariari, etc.), pero ocupan áreas muy pequeñas comparadas con la gran masa estratificada.

La subdivisión de este terreno, según los geólogos alemanes, es como sigue:  
Superior: Piso de Guadalupe.

Medio: Piso de Villeta.

Inferior: Piso de Girón.

Cada uno de estos pisos está constituido por diferentes capas, muy bien caracterizadas por sus fósiles; estas capas, enumeradas de arriba a abajo, son:

**Piso de Guadalupe:** Arenisca con pectens.

Arenisca de labor compacta, uniforme, con algunos lechos intercalados de arenisca pintada ("Tigersandstein").

Arenisca cúbica muy silícea ("Quadersandstein").

Esquistos silíceos en placas ("Plaenersandstein"), a veces son fósiles, principalmente inoceramus y foraminíferos.

Lechos alternados de arcilla hojosa gris y arenisca negra azulosa de cemento silíceo.

Pizarra tierna de foraminíferos, calcárea blanca con numerosos fósiles, principalmente exogirias, grífeas, trigonias y amonitas.

**Piso de Villeta:** Pizarras grises tiernas, cruzadas por vénulas de limonita que le dan aspecto de septarias.

Pizarras negras bituminosas, con venas de calcita y capas delgadas de pirita; los fósiles de estas pizarras son principalmente amonitas y trigonias. Calcárea negra de amonitas.

**Piso de Girón:** Conglomerado de grandes elementos, en el cual se destacan gruesos cantos rodados de cuarcita.

Este terreno cubre una área considerable en el país: se presenta con unos mismos caracteres en el Cauca, Antioquia y Tolima y adquiere un desarrollo enorme en la Cordillera Oriental. El piso de Guadalupe predomina en las partes altas; el de Villeta en las bajas y el de Girón sólo se presenta en muy pocas localidades; sin embargo, a causa de los numerosos pliegues y de las dislocaciones verdaderamente gigantescas que presenta, se puede ver el piso de Guadalupe a un nivel relativamente bajo, como al occidente de Cundinamarca, y el de Villeta a la altura de las altiplanicies, como en Ubaté y Zipaquirá. La inclinación de los estratos varía muchísimo, lo mismo que su rumbo lo cual depende de los diversos accidentes tectónicos apuntados; el estudio de este terreno, desde ese

punto de vista, no se ha hecho hasta hoy sino para localidades muy circunscritas a causa de las dificultades que ofrece.

Esta formación principia a diseñarse bastante al sur de Cali y se extiende en una zona relativamente angosta a un lado y otro del río Cauca, para entrar en el territorio antioqueño por las regiones de Supía, Caramanta y Titiribí; en esta parte sufre muchas dislocaciones y transformaciones por la influencia de las rocas eruptivas, pero, a pesar de las interrupciones, puede seguirse por Amagá, Heliconia, Ebéjico, Sopetrán, Liborina, Cáceres, Sucre y Zaragoza.

En la Cordillera Oriental cubre una vasta extensión comprendida entre la margen derecha del río Magdalena y el borde oriental de las altiplanicies y páramos de Cundinamarca y Boyacá, borde en el cual principia la zona precretácea; pero hacia el oriente de esta zona, contra los llanos de Casanare y San Martín, vuelve a aparecer este terreno con sus pisos característicos. En el sentido S. N. su extensión es enorme, porque va desde el sur del Tolima hasta el páramo del Almorzadero, donde principian las formaciones cristalinas ya mencionadas. Al N. de la mesa de Ocaña vuelve a definirse este terreno y forma la elevación lineal que, con los nombres de Sierra de Motilones y Perijá, va a terminar en la Guajira.

Fuera del sistema andino se presenta esta formación también en la cordillera de Baudó y en algunos sitios de la cuenca del Chocó.

Desde el punto de vista de la minería tiene este terreno bastante importancia: el piso de Guadalupe suministra a la industria arcillas, margas, calcáreas y piedras de aparejo y en el de Villeta se encuentran localizadas las salinas, las minas de esmeraldas y algunos filones de cobre.

(5) TERRENO CRETATERCIARIO.—Este terreno está colocado sobre el anterior en estratificación discordante; los pisos que lo constituyen son también discordantes entre sí y presentan a veces notables transgresiones. Estos pisos, enumerados de arriba a abajo, son:

Superior: Piso de Gualanday.

Medio: Piso de Barzalosa.

Inferior: Piso de Guaduas.

Las capas de estos pisos, enumeradas también de arriba a abajo, son:

**Piso de Gualanday:** Arcilla gris hojosa con delgadas capas de un liñito terroso, a veces compacto, casi siempre con piritas.

Arenisca tierna gris verdosa con granos redondos de sílice negra.

Capas de conglomerado, compuesto de guijarros relativamente gruesos de sílex cárneo y cuarzo lechoso, que alternan con una arenisca margosa, tierna, con manchas rojas.

Arenisca blanca o amarilla de grano fino.

Arenisca roja.

Arcilla roja o violácea.

**Piso de Barzalosa.**—Arcilla roja.

Arenisca tierna gris, de grano fino en la parte superior y de guijarros redondos de cuarzo blanco y negro en la parte inferior (varias capas que alternan con arcilla roja).

Arenisca roja.

Litomargas amarillas en grandes bolas.

Arcilla con esquisto papiráceo impregnado de materias orgánicas. Septarias calcáreas en grandes lentejas que tienden a formar una capa.

Arenisca tierna, esquistosa en la parte superior y compacta en la inferior.

Una capa no muy gruesa de una arenisca muy ferruginosa.

Arcilla gris, azulosa, con vénulas de yeso.

Capas alternadas de un conglomerado compuesto de fragmentos de esquisto silíceo (Plaener) y de una arenisca tierna, blanca, de grano fino, también de silíceo.

**Piso de Guaduas:** (en la región de Tocaima) Capas de areniscas blancas o rojizas, de grano variado, separadas por arcillas rojas.

Capas de areniscas ferruginosa de grano grueso, algunas de las cuales contienen guijarros redondos de cuarzo.

Areniscas de colores claros, de grano fino, con restos carbonizados de plantas ("Haecksel").

Arcilla gris esquistosa con capas de carbón.

Capas de arenisca ferruginosa, de grano grueso, guijarros cuarzosos.

Arcillas grises con infiltraciones de limonita.

**Piso de Guaduas** (en las partes altas de la cordillera como Zipaquirá, Nemocón, etc.) Pizarras negras.

Areniscas.

Arcillas esquistosas rojas y grises con muchas capas de arenisca intercaladas.

Areniscas de grano grueso.

Esquistos negros con capas de carbón.

Arcillas grises con areniscas.

Arcillas con vetas de carbón.

Arenisca de grano grueso.

Arenisca de grano fino.

Arenisca de grano muy grueso.

Pizarras grises y negras.

El piso de Guaduas en Antioquia ocupa algunas regiones circunscritas, como una extensión considerable al sur de Cali. Fuera de estas localidades se presenta también en el golfo de Urabá y otros parajes de la costa. Por sus riquezas minerales, el terreno que estamos estudiando tiene alguna significación: el piso de Gualanday suministra una arenisca utilizable como balasto en las vías férreas y como piedra de labor en trabajos ordinarios; el piso de Barzalosa con tiene numerosas vetas de yeso que actualmente están en explotación, y el piso de Guaduas suministra todo el carbón mineral que se consume en el país.

**TERRENO TERCIARIO (6):** Este terreno está caracterizado por la abundancia de fósiles marinos, entre los cuales predominan los pectens, cardiums, y turritelas. Las capas que lo constituyen son, de arriba a abajo:

Costras delgadas de arenisca ferruginosa.

Pizarras grises con láminas de yeso.

Arenisca tierna micácea.

Bancos gruesos de calcárea de fósiles.

Predomina este terreno en la Guajira, principalmente en la costa oriental; sus estratos horizontales están en estratificación discordante con los del piso de Guadalupe, que constituyen las diversas serranías del centro de la península.

En cuanto a minerales útiles sólo pueden mencionarse el yeso y el fosfato de cal, que se encuentra en pequeñas cantidades en las calcáreas de la costa oriental.

**TERRENO CUATERNARIO.**—Este terreno reposa horizontalmente o con ligeras ondulaciones, sobre los anteriormente descritos; en las distintas localidades se presenta con distintos caracteres, a causa de la diversidad de materiales de que está compuesto.

En las regiones de Antioquia en donde se presenta este terreno, lo mismo que en las Sabanas Bolívar, abundan las gravas, las arcillas y las arenas, que en muchas partes forman aluviones uríferos bastante ricos.

En el centro del Valle del Cauca y en la región del Chocó la formación cuaternaria es parecida a la de Antioquia.

En las altiplanicies del Sur, como Pasto, Túquerres etc., el terreno está compuesto principalmente de cenizas volcánicas.

**CARBONERAS:** Dondequiera que afloran los estratos del piso de Guaduas se han encontrado minas de carbón, pero las que se han explotado activamente y se han explorado lo bastante para juzgar de su riqueza, son las que están situadas en los dos bordes de la altiplanicie, por estar más próximas a los centros de consumo. Las capas de carbón llevan la dirección de los estratos, de suerte que son horizontales en Tequendama y Zipacón y muy inclinadas en las inmediaciones de Bogotá; muy frecuentemente forman artesas geológicas (sinclinales), como en San Jorge y el Llano de las Animas, cerca de Zipaquirá, o bien galápagos o anticlinales, como entre Pubenza y La Virginia. Su espesor es variable pero puede contarse con un promedio de un metro; rara vez presentan pliegues estrechos, pero sí son frecuentes las fallas y dislocaciones.

La capa está generalmente comprendida entre dos respaldos de una arcilla gris, hojosa y muy plástica, y éstos a su vez van comprendidos entre lechos de areniscas propias del terreno. En el Cretáceo propiamente dicho no se ha encontrado carbón sino únicamente algunos delgados lechos de antracita de mala calidad en las pizarras del piso de Villeta. También en Muzo y otras regiones análogas se han encontrado brechas de fragmento de antracita aglutinados por calcita diáfana o ligeramente teñida de verde.

#### Carbón de Tequendama:

Carbón fijo .....	70
Cenizas .....	9
	—
	79
Coke .....	79
Materiales volátiles.....	20
Humedad .....	1
	—
	100

Fuera del carbón mineral hay, en algunas localidades próximas a las carboneras, pequeños yacimientos de betún que no se han explorado lo bastante para dar un concepto sobre ellos, también suelen encontrarse areniscas y arcillas impregnadas de este mineral.

#### Piso de Guadalupe — Mineral de Evaporación en rocas sedimentarias.

**SALINAS:** Las minas de sal-gema que abastecen el consumo de la parte más poblada del país están localizadas en Cundinamarca y de ellas la más rica es la de Zipaquirá: ésta es una masa de sal-gema de un volumen tal que se necesitarían siglos de una explotación activa para agotarla completamente. Su aspecto es el de una colina que surge de entre las rocas estratificadas que la

rodean en semicírculo. Estas rocas, areniscas, calcárea cristalina, calcárea de conchas etc., pertenecen al piso de Guadalupe.

La sal de las minas de Cundinamarca tiene la siguiente composición:

Cloruro de sodio .....	88.91
Cloruro de magnesio .....	0.03
Sulfato de calcio .....	0.05
Sulfato de sodio .....	0.09
Materia insoluble .....	1.10
Agua .....	9.60
Pérdida .....	0.22
	100.00

Comercialmente, la sal blanca, cristalizada, llamada "paloma" por los mineros, puede conceptuarse como pura; la que en la salina se expende como de primera clase rinde hasta el 90 por ciento; la de segunda clase rinde hasta el 75 por ciento; y la de tercera clase, menos del 60 por ciento.

Todas las salinas del país son de propiedad nacional y su administración está sujeta a una legislación especial.

De la Compilación de los Estudios Geológicos de Colombia:

LAS "ROCAS SEDIMENTARIAS O ESTRATIFICADAS". Tomado de un estudio sobre el Sur de Antioquia del Dr. Roberto Sheibe.

1) Un conjunto visible en poca extensión se presenta caracterizado por esquistos horbléndicos, cuyos afloramientos tienden a formar una faja que va desde Sonsón hasta Ancón, al norte de Medellín, y se muestra también en el río Cauca, al este de Marmato. Dicho conjunto se estima muy antiguo, y probablemente pertenece a la era arcaica.

2) Otra formación comprende un conjunto de esquistos micáceos (metamórficos) y arcillosos, un conjunto de cuarcitas y tiene además bancos de cal, despedazados en parte por rocas graníticas. Esta formación se observó principalmente hacia las estribaciones de la Cordillera Central, y se manifiesta en los cortes del ferrocarril de Antioquia entre Barbosa y Puerto Berrio. La Comisión apenas tuvo ocasión de visitar la región en donde aparecen estas rocas. Por lo que indican las huellas de fósiles del conjunto arcilloso, la edad geológica se estima posterior al arcaico y es posible que la formación pertenezca al paleozoico.

3) Una formación distinta a la anterior comprende esquistos micáceos, cloríticos, grafíticos, arcillosos, cuarcíticos y capas de cal, y está representada, principalmente hacia el Occidente, por arcillas pizarrosas con bancos de arenisca, siendo evidente que éstas reflejan el estado original, mientras aquéllas representan su estado metamórfico. Una particularidad importante de esa formación consiste en que en ella ocurren rocas efusivas básicas, y está atravesada por rocas plutónicas. La era a que ella pertenece se considera ser mesozoica y la edad geológica, según lo indican los fósiles encontrados en unos bancos que se atribuyen por ahora a la misma formación, es probablemente jurásica, si no es menor.

4) Una formación de conglomerados, areniscas y arcillas con mantos de carbón que hemos llamado "formación carbonífera de Antioquia", se desarrolla de Sur a Norte, atravesando el Departamento principalmente por su parte media. En cuanto a la edad, se le estima preliminarmente como terciario inferior.

5) Dos conjuntos que se asemejan al precedente por su composición, pero en los cuales no se conoce el carbón y por su posición los separamos preliminarmente de la formación carbonífera. Las rocas de estos conjuntos se extienden por la hoya del Cauca, uno de ellos principalmente en los alrededores de Anzá y el otro cerca de la ciudad de Antioquia. Su edad se juzga terciaria.

6) Unos conjuntos de conglomerados, compuestos de fragmentos de rocas eruptivas volcánicas, de edad más reciente que la formación carbonífera, afloran al norte de Arma, al sur y al oeste de Fredonia, al sur de Jericó y cerca de Andes. Se considera que la edad geológica equivalga al terciario más moderno o ya al cuaternario.

7) Los conjuntos del cuaternario incluyen los cascajos, arenas y arcillas fluviales que constituyen las terrazas elevadas; las tobas de cal, los cascajos, arenas y arcillas que forman las altiplanicies; las cenizas volcánicas; los depósitos que se encuentran en los cauces actuales de los ríos y otros.

Las investigaciones de la Comisión Científica aún no han podido adelantarse lo suficiente para poder hacer la descripción detallada de todos estos conjuntos, y en cuanto a la determinación exacta de su edad geológica faltan todavía las bases paleontológicas y el conocimiento íntimo de las relaciones estratigráficas entre ellas y las formaciones conocidas de las regiones y países vecinos. Por este motivo, lo que hemos dicho con respecto a la edad de los conjuntos y formaciones debe tomarse con la debida precaución.

## RESUMEN

### I —DEFINICION

- II —ORIGEN
- III.—NATURALEZA
- IV.—CARACTERISTICAS
- V .—PRINCIPALES MINERALES SEDIMENTARIOS.
- VI.—ROCAS SEDIMENTARIAS EN COLOMBIA.

- 1.—Sedimentos mecánicos:
  - a) Depósitos eólicos.
  - b) Aluviones.
  - c) Depósitos marinos.
  - d) Depósitos glaciares.
- 2.—Sedimentos químicos.
- 3.—Sedimentos orgánicos.

- 1.—Rocas Arenáceas.
- 2.— " Arcillosas.
- 3.— " Calcáreas.
- 4.— " Piroclásticas.

- 1.—Estratificación.
- 2.—Presencia de Fósiles.
- 3.—Grietas de fangfo.
- 4.—Ondulaciones.
- 5.—Estratificación cruzada.
- 6.—Concreciones.
- 7.—Color.

*Jacques Delleur*

(Alumno de la Facultad)

## COMENTARIOS

**Ingo. Gabriel Trujillo U.**—Ha viajado a los Estados Unidos enviado por la Facultad Nal. de Minas el Ingo. Gabriel Trujillo, Profesor interno muy distinguido, gran amigo y colaborador de la Revista DYNA. El objeto del viaje del Profesor Trujillo, es el de visitar varias Universidades Americanas en viaje de observación de nuevas modalidades técnicas. A ser posible, el Ingo. Trujillo hará un curso especial sobre Carbones, cuya importancia sobra relevar en estas cortas líneas.

Al congratularnos con esta merecida distinción, le deseamos al Dr. Trujillo una feliz permanencia en Norte América.

\* \* \*

**Nuevo Secretario de la Facultad.**—Por renuncia del Ingo. José Martínez J. ha venido a ocupar la Secretaría de la Facultad Nal. de Minas el Sr. John Arango Osorio, aventajado estudiante de la Facultad quien termina sus estudios profesionales en el presente año.

La acertada dirección del Consejo Directivo ha merecido el apoyo y regocijo de los estudiantes, profesores ingenieros ligados a la Escuela.

La Revista DYNA reitera al Ingo. John Arango O. las felicitaciones del estudiantado por tan honrosa designación.

\* \* \*

## LIBROS RECIBIDOS

### EN LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD

#### Donaciones del Dr. Roberto L. Restrepo:

Anales del primer Congreso Panamericano de Minas y Geología. — 3 tomos.  
Caja de Crédito Agrario-Chile. Memoria 1940.

#### Donación del Dr. José Martínez:

Cours de Mecanique. — 6 tomos — L. Guillot.

Le courant alternative — S. Swingedauw

Water power engineering — Barrows.

Principles of radio — H. Henney

Precis de la theorie du magnetisme et de l'électricité. — A. Nouguier.

Radio engineering — Frederick E. Terman

Manual práctico del montador electricista. — J. Laffarge

#### Donación del autor:

Azimut, latitud y longitud. — Dr. Enrique Uribe White.

#### Del Ministerio de Hacienda:

Anuario meteorológico, 1944 — Luis H. Osorio

#### De la Gobernación Departamental:

Mensaje del Gobernador — 1945

#### Del Dr. Gabriel Trujillo:

La minería y el petróleo — Ecuador. (Informe)

#### Del autor:

Fossil floras from southern Ecuador — Edward W. Berry

Late tertiary fossil plants from eastern Colombia — Berry

The Weichslia stage in Andean geosyncline.—Berry  
De "Geological Society of America":  
Proceeding — 1944

Del Instituto Colombo-Británico:

Instituciones educativas canadienses (folleto)

El adelanto de la ciencia en relación con el progreso mundial — 2 ejemplares  
(Informe de la "British Association")

De la Unión Panamericana:

The universities of Colombia — K. L. Morgan

De R. Pérez A.:

Informe — Río Medellín — G. Bunker. (Copia)

Del Consulado Americano:

Hacia la paz. Tr. de Documentos — Depto de Estado — EE. UU.

De la Universidad del Cauca:

Estatutos — 1945

De la Contraloría municipal — Bogotá:

Anuario municipal de estadística.

De la Universidad de Tucumán:

Cuadernos de mineralogía y geología, Nº 4

De la Universidad de Buenos Aires:

Descripción de la Macrauchenia — Elsa H. E. F. de Alvarez

De la "American Society of testing material":

Proceeding — 1944 (v. 44)

Del Dr. Gabriel Trujillo:

Disposiciones sobre Obras Públicas y Particulares

Ministerio de Obras Públicas

Comprados por la Biblioteca de la Facultad:

Airports. — John Walter Wood.

Basic structures. — Shanley.

Arquitectura española —2 tomos— Gerstle Mack.

Technical dictionary — Lewis L. Sell, ed.

Chamber's technical dictionary — C. F. Tweney, ed.

Sedimentary petrography — Henry B. Milner.

Physical geography. — Albert L. Seeman.

Fans. — Theodore Baumeister.

Useful aspects of geology. — S. J. Shand.

Applied safety engineering. — H. H. Berman. y H. W. Crone.

Ecological crop geography. — H. W. Klages.

Principles of structural geology — Charles Nevin.

Animal ecology. — Royal N. N. Chapman

Petrographic methods and calculation. — Arthur Holmes.

Applied hydraulics. — Herbert Addison.

Bridge arquitecture. — Wilbur Watson.

Decimal classification. — Melvil Dewey.

Tratado de carpintería. — E. Barberot.

Tratado práctico de edificación — E. Barberot.

Tratado práctico de cerrajería — E. Barberot

Perspective made easy. — Ernest R. Norling.

Hydraulics and mechanics of fluids. — E. H. Lewitt.

Elements of geology. — E. Blackwelder and H. Barrows.

Estimating building costs. — F. E. Barnes.

Estimating construction costs. — G. Underwood.

Theory of statically indeterminate structures. — W. Fife.

Theory of plates and shells. — S. Timoshenko.

Helps to succeful contracting. — Harry O. Locher.

A portfolio of alphabet design. — Irene K. Ames.

Modern Airfield planning and concelament. — M. E. De Longe.

Arquitectura maya. — Jorge Totten.

Arte de proyectar en arquitectura. — E. Neuert.

Britannica book of the year. 1943. — Events 1942.

Webster's new international dictionary, 3 tomos. Ed. 1944.

Práctica comercial norteamericana, 12 tomos.