
SEGUNDA PARTE

Parte descriptiva

Para los efectos de este informe trataremos en él los distintos asuntos importantes en el mismo orden en que fueron visitados y conocidos por nosotros. Estudiaremos en primer lugar el Valle del río Magdalena y a renglón seguido trataremos de la altiplanicie de Bogotá, el Salto de Tequendama y su formación carbonífera, las salinas de Zipaquirá, las Caleras de Siberia, la Ferrería de Pacho, las fuentes termales de Paipa, las lagunas de Suesca y Fúque-

me y los Pantanos de Gacha. Los estudios detallados relacionados con algunos de estos asuntos, estarán precedidos por esta ligera reseña geológica.

VALLE Y RIO DEL MAGDALENA. Como se dijo atrás es este uno de los lugares en donde puede uno estudiar formaciones cuaternarias. El trayecto que nos tocó conocer fué el comprendido entre Pto. Berrío-Ibagué y Girardot. El río Magdalena que corre a lo largo del valle, ha sido indudablemente uno de los agentes principales que intervinieron en la formación del mismo, ya que él puede considerarse como el relleno del fosó interandino estudiado antes, relleno que tuvo lugar en el período diluviano y que aún hoy se verifica y del cual hay señales evidentes como la formación de las terrazas y de los enormes y extensos bancos de cascajo de muchos metros de espesor, algunos de los cuales tuvimos ocasión de observar en la carretera Beltrán-Ibagué; la erosión de algunos afluentes del Magdalena hace visibles estos depósitos de cascajo y arena que en muchas partes aparecen formando conglomerados bien cementados.

De la manera como se presentan los depósitos de cascajo y arenas puede deducirse las condiciones que influyeron en la verificación de este enorme proceso constructivo del valle. Parece fué de toda duda que el río tenía en la época diluvial un caudal inmensamente mayor al que posee actualmente. Ese mayor caudal estaba en relación íntima con los fenómenos del *glaciarismo*; el límite de las nieves perpetuas en estas regiones ecuatoriales era indudablemente más bajo en el período diluviano que en la actualidad; las montañas de los Andes colombianos estaban en su mayor parte cubiertas de nieves y los fenómenos del deshielo daban lugar a la formación de masas enormes de agua que descendían a las partes bajas desnudando las montañas y rellenando el valle. Los nevados actuales de la Cordillera Central, puede considerarse como los restos de ese glaciarismo desaparecido en virtud de las condiciones geológicas actuales.

Los depósitos diluviales se encuentran en toda la extensión del valle del Magdalena de una a otra cordillera; en la región Girardot Guataquí observamos puntos en donde el río tenía una anchura relativamente reducida y el valle se estrechaba notoriamente; en Guataquí aparecen terrazas que fijan con bastante claridad las márgenes del antiguo río. Un corte transversal en esta región sería aproximadamente éste:

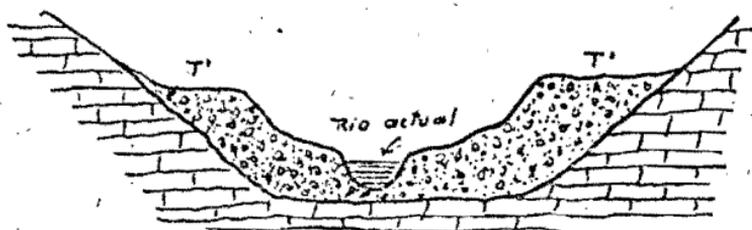


Fig. N° 4

Las terrazas T y T' se encuentran a una altura por lo menos de 70 m. sobre el nivel actual de las aguas; el río diluviano llenaba todo lo que hoy podemos ver como valle entre una y otra terraza.

Los depósitos aluviales se distinguen de los diluviales en el tamaño de sus cascajos, más grande el de éstos que el de aquéllos y además por su colocación. Los aluviones diluviales ocupan posiciones más elevadas que los aluviales, mientras que éstos se encuentran a unos 30 m. de altura sobre las orillas actuales del río o también en las regiones inundables por éste. En algunas terrazas observamos plegamientos y fué muy notoria también la resistencia que algunas de ellas presentaban a la erosión del río, lo que se ponía de manifiesto por la verticalidad con que estaban cortadas las orillas formadas con capas perfectamente horizontales de arenas en las cuales existen seguramente un principio de cementación a juzgar por esa misma verticalidad (Terrazas de Puerto Berrío, Fot. N° 4).

Las terrazas diluvianas provienen, pues, de un proceso constructivo del río Magdalena; al contrario de lo que pasa en los llamados *Montes Testigos*, (véase fot. N° 2), que estudiamos en la región de Honda. Estos montes tienen de lejos la apariencia de castillos de formas caprichosas y en sus laderas se ven con precisión los efectos de la erosión del río y hasta le parece a uno distinguir en ellos los distintos niveles que dejaron señalados las aguas a medida que iban disminuyendo el caudal. Estos montes testigos, constituidos por estratos terciarios, son pues, el resultado de la obra erosiva del río, el cual abrió su lecho al través de ellos. Estratos terciarios también se encuentran entre Puerto Berrío y La Dorada.

La pendiente del río, según estudios de Julius Berger Konsortium, es:

Entre Purificación y Honda, de 1, 1 por mil a 0.15 por mil;
 Entre Honda y Caracolí, pendiente máxima, 5 por mil;
 Entre Caracolí y Pto. Berrío, de 1.50 por mil a 0.32 por mil.

Esta mayor pendiente entre Honda y Caracolí viene a constituir los llamados *rápidos de Honda* que dividen el río para los efectos de la navegación en dos secciones perfectamente desconectadas entre sí. Los rápidos son producidos según J. B. K. por dos factores importantes: en primer lugar por el cambio que experimentan en aquella región los estratos que constituyen el lecho del río, los cuales pasan del piso de Barzalosa (resistente) al de Honda, (más erodable); en segundo lugar el enorme volumen de acarreo de piedras a veces bastante grandes que descargan en la región de los rápidos los ríos Gualí y Seco; según Stutzer, una dislocación también influye en la formación de tales rápidos.

El río Magdalena, en general, tiene un caudal de aguas sumamente irregular, el cual varía con los períodos de las lluvias y con los tiempos de sequía. J. B. K. hicieron un aforo del río en la región de Pto. Berrío el 12 de Abril de 1923 y les dió una descarga de 2.100 m. por segundo; a principios de 1924, el mismo aforo en la misma región, dió sólo una descarga de 800 m³ por segundo. El río lleva a cabo hoy día una intensa acción erosiva; tal lo demuestran las enormes cantidades de materiales en suspensión y de acarreo que lleva el río, las cuales es natural que varíen en las distintas secciones; así por ejemplo, en Pto. Berrío se comprobó que habían pasado 33 millones cien mil metros cúbicos de materiales en suspensión en el año de 1921 y 480 m³ por conceptos de materiales de acarreo. El río desarrolla erosión lateral en aquellos terrenos que como los aluviones no le presentan mayor resistencia, pero en cambio, en lugares como Nare, en donde los terrenos riberaños son arcillas y areniscas terciarias de bastante dureza, el río se estrecha, forma una angostura y lleva a cabo una erosión vertical. Una erosión de esta clase también desarrolla el río en la región de Girardot, en donde él se ve precisado a dar una vuelta en forma de codo por efecto de una zona de dislocación ocurrida en estratos resistentes.

Las perspectivas que el valle del Magdalena, en la región visitada, presentan para la riqueza patria, son de incalculable valor; en la parte comprendida entre Pto. Berrío y La Dorada, hay enormes selvas vírgenes en las cuales abundan maderas de construcción de infinidad de variedades, las cuales esperan solamente el establecimiento de factorías modernas para su explotación intensa; una factoría de esta naturaleza se está montando actualmente en la región de Pto. Berrío. Con el aprovechamiento sistemático de las selvas mediante una industria maderera bien establecida, se abrirán en aquella región campos fertilísimos para la Agricultura y la Ganadería. La región de San Lorenzo sí fué menos afortunada por causa de la escasez de agua y solamente un proyecto de irrigación lle-

vado a la práctica puede salvar esta región y hacerla cumplir el papel que le corresponde en la economía nacional. Los auspicios que presenta el valle del río Magdalena, en la región visitada, en cuanto a explotaciones petrolíferas todavía no pueden definirse por causa de los pocos estudios que en ella se han hecho; si bien se han encontrado indicios en la región de Chicué y en la parte comprendida entre P. Bello-La Miel-y Victoria, los cuales han consistido en yacimientos de asfalto y en el encuentro de areniscas bituminosas. El aspecto geológico de la región, sin embargo, según se dijo atrás, no es muy favorable a una formación petrolífera.

ALTIPLANICIE DE BOGOTÁ. Girardot tiene una altura sobre el nivel del mar de 330 m.; Bogotá de 2640; y si se considera que Girardot se encuentra situada sobre los llamados estratos de Gualanday mencionados atrás, y que vienen a constituir el piso superior del cretácico, cabe pensar aquí cuál sería la magnitud de esa enorme dislocación que originó la fosa del Valle del Magdalena, la cual, teniendo en cuenta el enorme espesor de los estratos cretácicos y el correspondiente a los de Barzalosa y Gualanday, puede afirmarse que tuvo varios miles de metros de profundidad. Los llamados *Schollen* o áreas dislocadas se hundieron en la región Girardot-Tocaima hacia el sureste; sobre estos *schollen* comienza a ascender el F. C. de Girardot hasta llegar a las inmediaciones de Facatativá, desde donde divisamos la altiplanicie de Bogotá. Es admirable el espectáculo que se presenta a los ojos del viajero en esta larga travesía, pues si por una parte el espectáculo grandioso de la naturaleza lo hace mirar aquí y allá un cúmulo de maravillas, por otra, cuando estas maravillas se contemplan también desde el punto de vista científico, entonces el ánimo se regocija íntimamente al explicarse las causas de esos fenómenos y al descubrir en cada uno de ellos el eslabón que hace parte de la cadena no interrumpida de teorías racionales que tienen por objeto la explicación de la génesis de nuestro territorio.

El concepto geológico que existe respecto de la formación y origen de la altiplanicie de Bogotá, la cual junto con las de Ubaté, Chiquinquirá, Paipa y Sogamoso vienen a formar el conjunto de valles elevados característicos de la Cordillera Oriental, conceptos que están acordes en sostener todos los geólogos, es que él constituye el lecho de un antiguo lago diluviano. En apoyo de esta tesis se pueden aducir argumentos de carácter estratigráfico, paleontológico y aún topográfico. La altiplanicie es hoy un extenso valle de unos 80 kms. de long. y unos 40 de anchura que aparece a la vista rodeado en todos sus contornos por una cadena de cerros de distinta elevación los mayores de los

cuales son los de Monserrate y Guadalupe. A este último deben su nombre los llamados estratos de Guadalupe. Estos estratos, tan conocidos por sus areniscas características, vienen a formar el alma de todos los cerros limítrofes de la altiplanicie. En el cerro de Monserrate tuvimos ocasión muy propicia para estudiar estos estratos; la pendiente de este cerro en su parte occidental es tan considerable, que algunas veces pasa de más de un 70%, lo que es debido en primer lugar a la gran resistencia de las areniscas que los constituyen y en segundo lugar a la inclinación de los estratos, la cual es hacia el Este. La formación de estos cerros es debida a los plegamientos y en efecto en Guadalupe tuvimos ocasión de admirar esa acción, pues los estratos aparecían perfectamente replegados en el flanco que queda en la bocana o escotadura entre Monserrate y Guadalupe. El período durante el cual se efectuaron estos plegamientos fue indudablemente el terciario por la circunstancia de aparecer en ellos, virtud de la misma intensidad del plegamiento, sobre los estratos de Guaduas, a los cuales, como hemos dicho atrás, se les asigna una edad cretaterciaria.

Este piso de Guaduas que encontramos al pie de Monserrate también tuvimos ocasión de observarlo recostado contra los flancos de los cerros limítrofes en las regiones de Tocancipá, Gachancipá y en general hacia el N. de Bogotá. Don Tulio Ospina lo clasifica como terciario en su Reseña sobre la Geología de Colombia; pero como se dijo antes, el asunto está todavía por dilucidar.

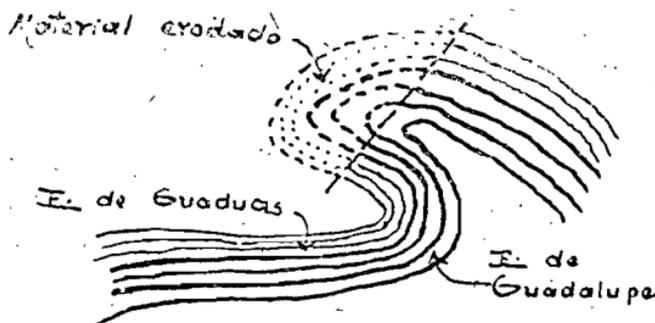


Fig. número 5

Del estudio que puede hacerse de la fig. 5, representativa de los plegamientos sobre los distintos estratos, puede uno deducir inmediatamente una intensa acción erosiva de las aguas sobre todas las colinas que circundaban el antiguo lago diluviano; la cara que presentan hoy los estratos plegados es la que se halla indicada por la línea punteada; todo el material que se encontraba a la izquierda de esa línea fué llevado por las aguas al lecho del lago, lecho que vino a constituir lo que hoy es la Sabana de Bogotá. En las excavaciones de distinta índole que se han he-

cho en la Sabana para el establecimiento de fundaciones de obras de arte como edificios, muros, puentes, etc., ha habido ocasión de estudiar los estratos que forman la Sabana y en todos los casos se ha observado que ellos están constituidos por sedimentos arcillosos en los cuales hay materias orgánicas en descomposición, como troncos de árboles, y también se distinguen sedimentos arenosos y con cascajos provenientes de las areniscas de Guadalupe antes mencionadas; se encuentran así mismo, en proporciones menores, cenizas volcánicas provenientes de la Cordillera Central; todos estos estratos, por este carácter especial que tienen, revelan por sí mismos una edad muy corta y alcanzan espesores bastante considerables. Aún hoy mismo se está llevando a cabo este proceso de relleno de la Sabana por materiales procedentes de las montañas vecinas y tanto es así que uno de los problemas que actualmente está resolviendo Bogotá es el que se relaciona con la denudación de los cerros de Monserrate y Guadalupe, denudación que es tan intensa que ha venido a agravar en gran manera el problema del alcantarillado de Bogotá, máxime si se tiene en cuenta la topografía de la Capital que no permite dar a aquéllas suficiente pendiente para que las aguas puedan tener la capacidad de acarreo que les es necesaria, a fin de que los materiales de erosión que vienen con las aguas lluvias no se sedimenten dentro de las alcantarillas, disminuyendo primero su capacidad y acabando más tarde por obstruirlas completamente.

Bogotá, que ocupa su posición en la Sabana precisamente al pie de estos dos cerros, viene a tener un suelo muy poco aparente para el establecimiento de fundaciones sólidas, económicas y de gran capacidad de carga; según datos provenientes de ensayos de resistencia del suelo hechos en distintos lugares de la ciudad, aquélla se puede estimar en unos 2 kg. por cm^2 .

Otro argumento que nos sirve para demostrar la edad cuaternaria de los depósitos de la Sabana es el hallazgo de algunos restos de animales que vivieron en ese período. Don Tulio Ospina, en su obra antes citada, habla del encuentro que se hizo en la región de Soacha, situada al Sur de Bogotá, de diversas partes del esqueleto de un *Mastodonte Angústidens*, y al mismo tiempo clasifica los estratos en donde se encontraron esos restos como pertenecientes al Pleistoceno, adhiriéndose así a los estudios de W. Branco. Los excursionistas tuvimos ocasión de conocer personalmente unos restos interesantísimos de Mastodonte en el museo del Instituto de La Salle; estos restos fueron encontrados en la población de Mosquera, situada a unas pocas horas hacia el N. de Bogotá y consistentes en dos colmillos muy bien conservados, algunos fémures y tibias, muchos dientes y otras piezas importantísimas que se atribuyen a un ejem-

plar de Mastodonte joven. Así mismo tuvimos la información de que los Rvdos. Hermanos Salesianos tienen en esa misma región de Mosquera una fuente de gas natural, la cual aprovechan para energía y otros menesteres; muy bien puede lanzarse la hipótesis perfectamente probable de que este gas tenga como origen un cementerio de animales cuaternarios, los cuales, al descomponerse, lo produjeron naturalmente; aunque también puede atribuirse a depósitos cretáceos que existen debajo de la Sabana. Esperemos que investigaciones más exactas arrojen más luz a este respecto.

Según datos tomados en el observatorio de San Bartolomé, la altura barométrica media correspondiente a Bogotá es de 559,3 m/m²; la oficina de longitudes trae el dato de 560 m/m; esta última entidad da también para Bogotá los siguientes datos interesantes:

Temperatura media, 13°C;

Temperatura de ebullición del agua, 92°,2;

Altura sobre el nivel del mar, 2.640 m.;

Declinación magnética, 3° 25 minutos al Este;

Long. al Oeste del meridiano de Greenwich, 74°, 4 minutos, 52,65 segundos (4 h. 56m 19s,51);

Latitud Norte, 4° 35m 55.19s.

El sabio Caldas obtuvo para Bogotá la altura de 2.635,52 m. El mismo Sabio fué uno de los que primero investigaron la altura correspondiente al cerro de Guadalupe. Esta observación la llevó a cabo con un barómetro de mercurio y obtuvo la altura de 1682.03 toesas (1) (3279,94 m.) A pesar de esta inmensa altura del cerro, en su cima hay vegetación abundante y en Monserrate se encuentran bosques hermosísimos de eucaliptus. La razón de esto estriba en el hecho de que en la zona tórrida la vegetación solamente acaba a los 4460 m. sobre el nivel del mar, según lo afirma M. de La Condamine. Según observación que hace el mismo Caldas, la altura de Guadalupe es superior a la de las célebres montañas suizas tan afamadas hoy día por los turistas; sin embargo, allá en aquellas montañas existen las nieves perpetuas debido a su latitud de 45 a 50°. A esta latitud el límite de la congelación permanente es de 2825 m. S. el N. del M., según M. Bouguel. De consiguiente, si nuestro Guadalupe estuviera en esta latitud, permanentemente se mantendría cubierto con una capa de hielo de $3279,94 - 2825 = 454,94$ m. de altura, o sea más de los dos tercios de su altura total sobre Bogotá.

El río Funza o Bogotá puede considerarse como el desagüe natural de todas las aguas de la Sabana; respecto del tiempo de su existencia puede afirmarse que es tan antiguo como la desecación natural o desbordamiento del anti-

(1) Una toesa igual 1,949 m., igual 1.95 m. aproximadamente.

guo lago diluviano. Por un proceso de relleno paulatino del lecho de este lago o por un período de extremada humedad y de abundantes lluvias, pudo llegar a rebosarse el lago iniciándose así, por la depresión más baja que se encontraba en la región del sur, la primera salida del agua, la cual, al correr con una velocidad proporcionada a las pendientes que encontraba iba poco a poco llevando a cabo una intensa acción erosiva sobre los estratos de areniscas y arcillas abriendo cada vez una brecha más honda y profunda que al fin vino a estar más baja que todos los puntos del fondo del lago, quedando éste, por lo tanto, perfectamente evacuado por las aguas.

Hay motivo para pensar que el proceso de desecación del lago pudo ocurrir de esa manera, basados en observaciones de índole topográfico y stratigráfico; la pendiente general de la altiplanicie, si bien muy pequeña y en muchas partes perfectamente imperceptible, está bastante determinada hacia esta parte suroeste de Bogotá; en segundo lugar, en las inmediaciones de la región de Charquito tuvimos ocasión de distinguir de una manera muy clara la existencia de terrazas (ver fot. N° 6) y una intensa acción erosiva llevada a cabo por el río Funza tan pronto como él abandona la altiplanicie; el agua ha labrado ya un cauce profundo en las areniscas de Guadalupe, las cuales aparecen en aquella región con una inclinación hacia el Sur de 20° y una dirección N. 63° E, según observación personal que hicimos; los estratos tienen la misma inclinación a uno y otro lado del río; a una altura bastante considerable (más de 15 m.) con relación al nivel actual de las aguas del río, pudimos observar la existencia de bancos formados por cascajos pulidos y arenas; estos cascajos, que indudablemente fueron pulidos y acarreados por el río, manifiestan muy a las claras que por allí, por ese punto y a esa altura, anduvo algún día el río Bogotá; otro banco de cascajo pulido reconocimos también en el borde de la carretera que conduce al Salto de Tequendama a unos 400 m. antes de llegar a dicho Salto; también en este lugar es muy palpable la existencia de una terraza hoy muy elevada y que atestigua la existencia de una barra que algún día se opuso al paso de las aguas del río.

Unos 200 m. más hacia el Sur de la estación de Charquito el aspecto de los estratos de Guadalupe presentó un cambio bastante notable; en lugar de las areniscas de labor resistente pudimos observar estratos de areniscas arcillosas; poco tenaces y hasta puede decirse deleznales; en una de las laderas del camino, que justamente estaba derrumbada, tuvimos ocasión de tomar algunas muestras las cuales presentaban un aspecto foliado y en una de ellas se distinguió un fósil difícil de reconocer.

Estos estratos también pertenecen al piso de Guadalupe y tenían una inclinación de 8° S. y una dirección de N. 5° E.

De nuevo volvieron a aparecer los estratos de areniscas de labor primeramente encontrados en Charquito pero ya en esta región, (unos 500 m. hacia el sur de aquella estación), su inclinación se hizo casi vertical y al mismo tiempo se notó en ellos muchos trastornos, muchas fracturas, indicios éstos de una zona de dislocación; las mismas obras de arte del F. C. del Sur nos dieron idea de esta zona débil. Un poco más adelante apareció a nuestra vista la región carbonífera del Salto de Tequendama, la cual se halla constituida por estratos de Guaduas; aunque no nos fué dado, por la escasez del tiempo, estudiar todos los detalles geológicos de esta zona de dislocación, de tal manera que nos fuera dable afirmar con seguridad la intensidad, longitud, inclinación y dirección de ella, sin embargo, los tres hechos apuntados, o sea el gran cambio de inclinación de los estratos, las numerosas grietas y quebraduras de ellos, y la existencia del piso de Guaduas dan pie para pensar que efectivamente se trata de una dislocación. Como se dijo atrás, los estratos de Guadalupe constituyen el piso superior del cretáceo, mientras que el piso de Guaduas forma el piso inferior de los estratos cretaterciarios; parece que en esta región la colcación de estos estratos es como lo indica la fig. N^o 6.

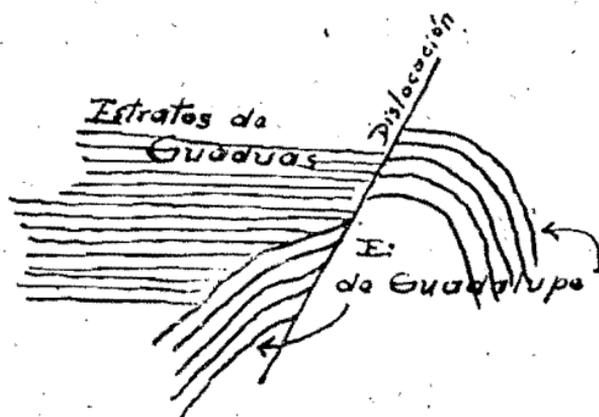


Fig. N^o 6.

En la región de Bogotacito y más adelante hasta el Salto, tuvimos ocasión de estudiar superficialmente la formación carbonífera de aquella hoya. Las capas de carbón aparecen a ambos lados del río Funza, pero en muchos puntos están tapadas por detritus de las faldas y por derrumbes; los estratos son bastante horizontales; el espesor de la única capa carbonífera que hay es variable pero en general no pasa de un metro; este carbón da coke; un

análisis de él, que trae el Dr. R. Lleras Codazzi en sus *Notas Geográficas y Geológicas*, es el siguiente:

Carbón fijo..	70%
Cenizas..	9%
<hr/>	
Coke..	79%
Elementos volátiles.	20%
Humedad.	1%
<hr/>	
	100%

Potencia calorífica, 5959 calorías

Si se compara este carbón con las hullas ligníticas de la región de Amagá se verá indudablemente la superioridad que él tiene sobre éstas. En primer lugar nuestros carbones de Amagá no dan coke, su potencia calorífica se queda en general inferior a las 5950 calorías del carbón del Tequendama (1), la cantidad de carbón fijo es aproximadamente un 50%, las cenizas cerca de 3%, la humedad hasta 8% y la materia volátil hasta un 41% (2).

Aún no puede decirse todavía si las formaciones carboníferas de la Cordillera Oriental corresponden a la misma edad geológica de nuestros carbones; es preciso esperar a que investigaciones estratigráficas y paleontológicas más completas que las que tenemos actualmente nos den más luz a este respecto.

No nos fué dado conocer los detalles de los métodos que emplean en esa región del Tequendama para la explotación del carbón; la circunstancia de estar atravesada la región por una vía férrea y el hecho de contar con caminos de buenas especificaciones, favorece indudablemente la explotación en cuanto a gastos de transporte de los materiales extraídos; un sistema de transporte, muy empleado en la región, es el de yuntas de bueyes que arrastran carros de dos ruedas. Indudablemente en un futuro muy cercano tendrá lugar una intensa explotación carbonífera en aquella región por la circunstancia de estar construyendo actualmente un cable aéreo que unirá las explotaciones de la banda occidental del río con las de la oriental y que terminará en la línea del F. C. del Sur.

SALTO DEL TEQUENDAMA. Es sin duda alguna este Salto la obra de la naturaleza más interesante que le es dado contemplar al viajero no sólo desde el punto de vista es-

(1) Grosse fija el valor promedio de 5793 calorías.

(2) Véase Grosse: terciario carbonífero de Antioquia pág. 127.

tético sino sobre todo bajo el aspecto científico. La enorme labor erosiva del río Bogotá, de que nos habíamos dado cuenta antes de llegar al Salto, llega en esta región a su máximo de intensidad; los estratos de Guadalupe y de Guaduas aparecen descubiertos, perfectamente concordantes entre sí, pero cortados a tajo vertical por la acción de las aguas que durante siglos han venido a formar un verdadero anfiteatro de rocas desnudas. Una proyección horizontal y una vertical de la región del Salto, están representadas aproximadamente en la fig. 7.



Fig. N° 7

Es cosa por demás perfectamente posible el que una dislocación haya dado origen al Salto cuando empezó a manifestarse; en este caso pensamos que esa dislocación tuvo lugar en un punto un poco más abajo de la línea AA'; puede afirmarse que el actual Salto del Tequendama es algo muy distinto del primitivo Salto; al estudiar el aspecto que presenta el anfiteatro de rocas que aparece en la fig. anterior, no puede uno menos de pensar que el Salto está actualmente en un período muy adelantado de su retrogradación, así que él ha retrocedido lentamente en el curso de los siglos desde la línea A A' hasta el lugar en que hoy lo encontramos. El Salto actual está constituido por dos caídas: una primera relativamente pequeña y luego otra de altura bastante grande. Pues bien: no puede lanzarse la hipótesis de que esa primera caída es por decirlo así el primer paso que está dando el Salto para continuar en su obra de retrogradación? Nosotros suscribiríamos con mucho gusto esta hipótesis. Esta cascada menor señala el límite de los estratos de Guaduas y Guadalupe y como los primeros son más deleznable, ellos se han destruido más pronto que los de Guadalupe; en la fot. N° 5, donde aparece el hotel del Salto, puede verse el horizonte límite de los dos pisos mencionados.



Fot. N° 5

En muy distintas ocasiones ha sido medida la altura del Salto y los diferentes autores no están acordes sobre este particular. Gettner, le fija una altura de 146 m.; Humboldt, 177,75 m.; Gros, también 146 m.; Caldas, 183 m.; Esquiáqui, 220,67 m. y Mutis 212,75. Sin embargo, se considera que la altura más aceptable es la de 146 m.

En la margen izquierda del anfiteatro de rocas, un poco más abajo del lugar en donde está construido el hotel del Salto, tuvimos ocasión de observar unas zonas de dislocación. El caudal del río Bogotá y de sus afluentes en los veranos más intensos es de unos 4500 L-seg.; este caudal se re-

duce a la cantidad de unos 500 L-seg. (1) en el paraje del Charquito, debido esto en gran parte a las numerosas bombas de regadío que tienen establecidas los agricultores de la Sabana; como estas bombas es indudable que se aumentarán en el futuro, existe el peligro de que disminuya de tal manera el caudal del río Bogotá, con perjuicio evidente no sólo para los intereses comerciales de las instalaciones hidroeléctricas que benefician sus aguas, sino también con mengua de uno de los espectáculos naturales más hermosos que le es dado admirar al turista y que es la cascada del Tequendama.

SALINA DE ZIPAQUIRA. Por los estudios estratigráficos y paleontológicos que han sido hechos, los geólogos están acordes en afirmar que la formación salina de Zipaquirá y sus similares como las de Nemocón y Sesquilé, pertenecen al piso denominado de Villeta que viene a constituir el piso medio del cretáceo colombiano. Ahora bien, cómo fue posible que este piso situado varios miles de metros debajo de la parte superior de los estratos de Guaduas aparezca hoy a un nivel superior que ellos? Del estudio geológico y topográfico de las regiones salinas citadas arriba se ha deducido una explicación satisfactoria de ese fenómeno admirable.

Tanto en Zipaquirá como en Nemocón, la formación salina aparece en la superficie en formas de colinas redondeadas, perfectamente definidas en sus contornos; en los alrededores de estas colinas se han descubierto y estudiado zonas de dislocación bien demarcadas; así, por ejemplo, en Nemocón, en una grieta de una de estas dislocaciones, aparece una fuente termal. Estas zonas de dislocación favorecieron indudablemente el ascenso de las masas salinas, las cuales, por su gran plasticidad, tuvieron un movimiento de dentro hacia la superficie, obedeciendo a presiones geológicas; la misma mesa salina, la cual recibe el nombre de *exzema*, contribuyó a trastornar y destruir los estratos de la superficie colaborando de esta manera al trabajo de la erosión externa.

La sal, tal como hoy podemos verla, aparece en forma de una roca estratificada la cual en muchos puntos está muy ennegrecida por inclinaciones de una arcilla bituminosa conocida con el nombre de *rute*, pero también en otras partes la sal presenta un aspecto más puro. Este *rute* aparece también en la parte exterior de la colina como una cubierta protectora de ella, bastante impermeable y que tiene espesores muy variables y a veces muy considerables. Según el Dr. R. Scheibe, el *rute* es el residuo de la disolución

(1) Véase Revista de la Sociedad Col. de Ingenieros N° 422-3; pág. 471.

de la sal; las aguas subterráneas contribuyeron a esa disolución de las capas salinas superiores durante su ascenso; las arcillas, por su menor peso específico, se acumularon en la superficie en forma de la capa protectora antes mencionada. También el mismo geólogo habla de la posibilidad de que las masas salinas se hayan recrystalizado. Si esto sucedió así, como es muy posible, esa misma recrystalización de la sal con la fuerza expansiva debida al crecimiento de los cristales pudo ser también una causa eficiente de la destrucción y trastorno de los estratos atravesados por el exzema o cúpula salina.

Al admitir como cierta esta teoría de los exzemas de sal para explicar la formación que nos ocupa, le viene a uno inmediatamente a la mente la idea de las relaciones que pueden tener entre sí los yacimientos de Zipaquirá, Nemocón, Sesquilé, etc., y no puede uno menos de conjeturar que estas distintas salinas en realidad no son sino una sola de tal manera que todas ellas se encuentran comunicadas entre sí en la profundidad de los estratos de Villeta. A este propósito nos parece oportuno poner aquí las consideraciones que hace el Dr. Scheibe en el documento N^o 1 de la Comisión Científica Nacional respecto de las salinas de Nemocón. Dice así:

“La sal solamente tiene en dirección horizontal una extensión bien limitada que está indicada por los contornos de la colina salada, pero *el yacimiento se extiende hacia la profundidad*. A pesar de que no puede excluirse, conforme a las experiencias hechas con creaciones como las exzemas, la posibilidad de que la columna de sal se estreche por efectos de extrangulación, no hay razón para dudar de que la sal esté extendida hacia lo profundo, en donde se encuentra todavía en su asociación originaria con los estratos encajantes. *Esta zona puede estar situada a unos 1.000 m. debajo de la Sabana*. Las exzemas de Zipaquirá y Sesquilé, junto con la indicación de masas semejantes cerca de Tabio y al Suroeste de Suesca, señalan la extensión de la sal en las capas del piso de Villeta, colocadas aquí en la profundidad, y con ellas reservas inmensas de sal.”

Tenemos que esperar a que estudios geológicos completos acompañados de explotaciones por medio de perforaciones nos den mejor información a este respecto y determinen la cuantía de la riqueza salina con que pueda contar el Gobierno de la Nación.

REGION DE PACHO. La carretera que conduce de Zipaquirá a Pacho, a poco de salir de aquella población comienza a ascender por estratos del piso de Villeta; a los lados del camino se veían perfectamente las pizarras bituminosas conocidas en las salinas con el nombre de rute. Hacia la mitad del camino vimos en las partes altas de las mon-

tañas las areniscas de Guadalupe que han resistido a la acción destructiva de los elementos físicos; en las partes bajas el camino atraviesa un suelo aparentemente formado por terrazas diluvianas, pero en realidad no se trata de tales terrazas sino más bien de depósitos de detritus de las montañas que al derrumbarse rodaron hasta aquellos lugares.

En las mismas aceras de la población de Pacho tuvimos ocasión de observar bloques planos de unas pizarras bituminosas y en muchos lugares encontramos las señales perfectas de amonites impresos en esas pizarras. Al averiguar por el lugar en donde sacaban tales lajas, encontramos que ellas procedían de un banco de pizarras sumamente foliadas que se encuentra al oriente de la población y en las afueras mismas de ella. Allí pudimos ver multitud de amonites de diversos tamaños; de estas pizarras se tomaron muchas muestras interesantes. Se observó el hecho de que los fósiles abundaban más en las capas superiores que en las inferiores.

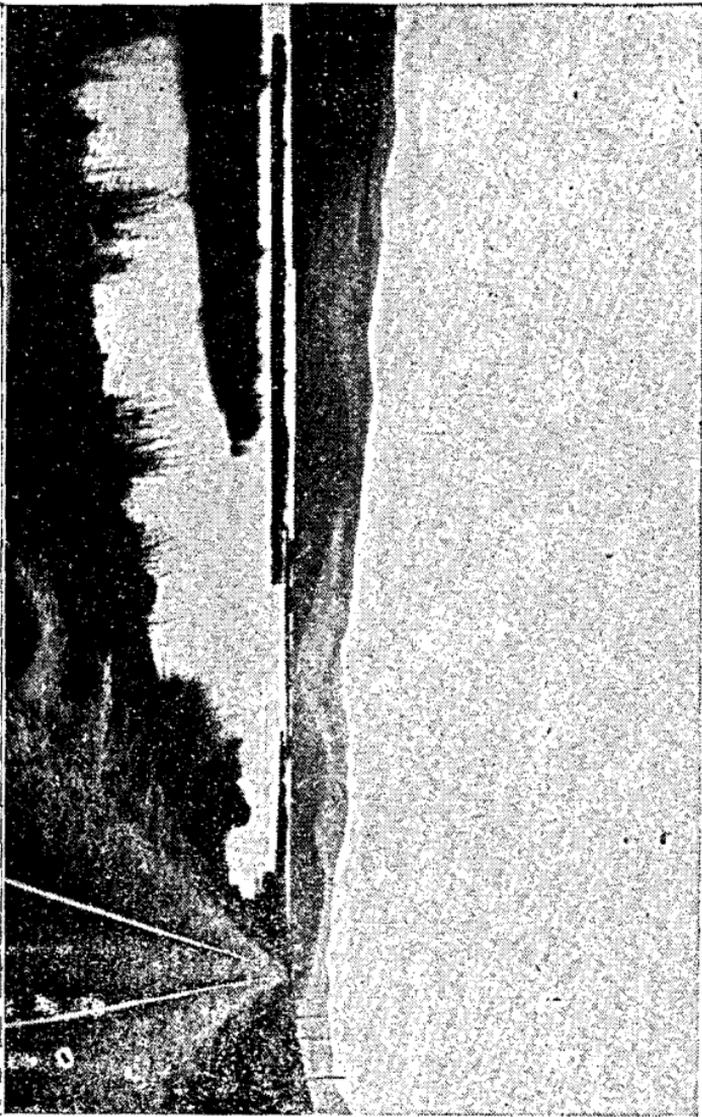
Unos cuatrocientos metros al Este de Pacho tuvimos ocasión de estudiar unas canteras de cal fosilíferas de poco espesor, con una dirección N. O^o y con una inclinación W. 45°. En estas canteras encontramos muestras interesantes de calcitas, rodocrocitas, sideritas y algunas conchas fósiles (lamelibranquiata) y la impresión de una hoja de helecho en una pizarra bituminosa. La cal de este lugar es sumamente compacta, muy tenaz y de un color grisoso, efecto de sustancias bituminosas. Los estratos de los respaldos encajantes eran pizarras concordantes con la cal. Esta calera está explotada en la actualidad por métodos primitivos. Nos fué dado estudiar también en esta región algunos otros estratos calcáreos que afloraban a lo largo del camino y que tenían la misma inclinación que el anterior. Estos estratos estaban alternados con otros de pizarra.

En esta región observamos un fenómeno por demás interesante; en uno de los taludes del camino afloraba un estrato calcáreo inclinado en el cual se distinguían hacia la parte baja muchos fósiles que estaban tan sumamente duros que era imposible sacarlos sin romperlos, mientras que en la parte alta del mismo estrato se había trocado la caliza en una arcilla calcárea por efecto de la disolución de la misma cal y por el transporte de materias arcillosas hecho por las aguas; los fósiles de esta parte del estrato estaban flojos, muchos de ellos ya casi desintegrados, tanto que algunas veces en lugar del fósil se encontraba la impresión del mismo sobre la arcilla pizarrosa, pues aquéllos se habían disuelto. Este fenómeno tiene el interés de que él puede explicar en algunos casos las pérdidas aparentes que experimentan las canteras de cal, las cuales en realidad han venido a sufrir en la zona perdida una acción de disolución de la cal y de sustitución de ella por otras

materias: un fenómeno como éste parece que haya tenido lugar en las caleras de Siberia pertenecientes a la Cía. de Cementos Samper, y que se mencionará más adelante.

Los estratos calcáreos de Pacho pertenecen al piso de Villeta; parece que fueran también de este mismo piso los yacimientos de hierro tan nombrados, uno de los cuales nos fué dado visitar. Este yacimiento fué trabajado en pequeña escala por lo que aparece hoy a la vista. En él encontramos minerales como hematita, limonita, siderita, los cuales se presentan en formas de filones muy angostos diseminados en estratos de areniscas resistentes. Tanto de los respaldos de los filones como de los minerales se tomaron muestras; la formación parece ser metasomática y los filones son casi verticales. Las otras minas de hierro de esta región parece que son las más importantes; por la premura del tiempo no pudimos visitarlas, pero desde luégo, si en ellas los minerales de hierro se presentan en las mismas condiciones que en la mina mencionada arriba, no puede augurarse una explotación intensiva del hierro por las dificultades que presentan los minerales para la explotación.

REGION DE GACHA. El F. C. del Norte, al salir de Nemocón, pasa por terrenos carboníferos pertenecientes al piso de Guaduas; en el km. 78 aflora el piso de Guadalupe con sus areniscas características, en esta región sumamente plegadas; cruza el F. C. en el km. 89 y anteriores un largo y angosto valle en parte encenegado, lecho de una antigua laguna y hacia el km. 82 se recuesta a la orilla de la laguna de Suesca. Esta laguna se presenta en forma de un largo y angosto depósito de agua que no es alimentado por río ninguno de tal manera que las fuentes que nacen en la laguna suministran el agua que se va por la evaporación, permaneciendo en general regular el nivel de la laguna. En las orillas de ésta se observó el comienzo del proceso de relleno de la laguna por la invasión paulatina de los juncos y otras vegetaciones acuáticas análogas, las cuales, junto con los lodos que son producto de la erosión, van extendiéndose hacia el centro de la laguna formando primero pantanos y acabando más tarde por desalojar por completo las aguas de la laguna (ver fot. N° 6). Un proceso idéntico a éste pero en mucho mayor escala es el que ha tenido y tiene lugar en la región de los pantanos de Gacha y en la laguna de Fúqueme, con la diferencia de que en los pantanos de Gacha, hacia el km. 116, el proceso de relleno está tan adelantado que ya ha habido lugar a la formación de depósitos de turba la cual en algunos lugares alcanza espesores considerables. En esta región de Gacha tuvimos ocasión de observar, pues, la genuina formación de depósi-



Fot. N.º 6

tos carboníferos ya que, como es bien sabido, la turba no es otra cosa que el primer paso en la carbonización de la materia orgánica. Los turbales que observamos sólo los vimos hacia el km. 116 mientras que unos kms. más adelante, sólo aparece el fenómeno de la invasión de los juncales de que hablamos arriba. Interesantes muestras de turba se tomaron para la colección de la Escuela.

Elías Robledo URIBE

DE LOS INFORMES EN LAS MINAS

Al hacer el Ingeniero su informe técnico correspondiente al tiempo que de antemano le ha sido señalado, debe indicar todos los factores que se relacionan con los trabajos efectuados o que están por efectuarse. La naturaleza de las obras y las condiciones locales de la mina requerirán, como se comprende, informes que naturalmente diferirán en el contenido pero que serán muy semejantes en la presentación y en la uniformidad de ciertos factores que por lo general son inherentes a toda explotación de minerales.

Las cantidades de explosivos requeridas por metro o por pie lineal de avance en la mina son de utilidad manifiesta, no solamente por la inversión de dinero que ellas implican, como porque estos datos servirán para indicar si el gasto total es excesivo y si los métodos implantados son antieconómicos. De igual suerte son importantes los datos de las cantidades de mechas, fulminantes, barrenos, aceite, maderas para el entibado, y demás útiles necesitados por la unidad de longitud de recorrido, lo mismo que la constancia de que se requirieron esas cantidades en apiques, o en galerías inclinadas, o en galerías horizontales, etc., teniendo cuidado de separar los datos más o menos en esta forma: Cantidad de explosivo por metro de apique; por metro de galería inclinada, u horizontal, etc; cantidad de fulminantes por metro de apique; por metro de galería, etc., hasta concluir con todos los datos.

Poco valioso sería un informe si se limitara únicamente a expresar la cantidad de artículos gastados. Como adición primordial debe llevar el precio o valor de esa cantidad, siendo más aconsejable que se dieran precios básicos, como sería por ejemplo el indicar el precio de la dinamita por caja o por libra, el de los fulminantes por cada mil, el del hierro galvanizado por pie cuadrado, o por libra si se habla de varillas de hierro o de acero y el de las palas por docenas. Como se comprende, dadas las cantidades de artículos necesitados con sus correspondientes precios, se tendrá la erogación que por concepto de estos artículos habrá hecho la empresa.

El costo de los trabajos que se efectúan es generalmente elevado en toda industria minera y por esta razón debe indicarse detalladamente en los informes los salarios y la tarea ejecutada. Al lado de los salarios del Jefe Técnico, del Administrador, Ayudantes, agrimensores, meta-

lurgistas, ensayadores, obreros rasos, etc., deben estar, en cuanto sea posible, el detalle de los trabajos ejecutados. Así, al lado del salario del herrero que ha estado afilando taladros debe estar el número de éstos que hayan sido afilados. De esta manera se pueden conocer fácilmente los gastos por unidad de obra confeccionada.

De la cantidad total de trabajo ejecutado y de los salarios totales mensuales del personal que lo ejecutó se encuentra el dato del salario por unidad y por día, y conocido el número de obreros se llega al conocimiento de la tarea diaria ejecutada por cada uno. Estos datos aparejan otros no menos importantes: número de obreros que trabajaron en el mes, cuadrillas que trabajaron por cada día, avance total en el mes, incremento diario, costo del avance total y costo diario del incremento.

Los costos unitarios y el personal de obreros que ha trabajado por día, se calculan del total en el mes a base de promedios aritméticos simples o compuestos, como aconsejan los estadísticos. Si la obra se va ejecutando por medio de contratos, el informe no cambia sino en la forma y siempre deberá indicar los precios unitarios, propendiendo en todos los casos a la confección de números relativos, pues bien sabido es que las cantidades absolutas son más difíciles de comparar, generalmente dificultan la acción de los administradores y son menos entendidas por los socios capitalistas o por los accionistas.

Otro de los datos importantes que debe contener un informe es la cantidad y el valor aproximado de mineral removido y visible, y de mineral probable. Para hacer los cálculos son de mucha utilidad los siguientes pesos promedios, en libras por pie cúbico, de material removido, que trae Charleton:

MATERIAL	LIBRAS POR PIE CUBICO
Granito.....	164 a 172
Cuarzo.....	165 a 170
Piedra caliza.....	100 a 200
Esquisto pizarroso.....	165 a 180
Piedra areniscosa.....	130 a 160

Debe tenerse en cuenta que comparando una roca triturada con la misma sin triturar, se considera que aumenta de volumen en la proporción de 1 a 1,5 ó de 1 a 1,8, dependiendo el aumento del tamaño y de la forma de los fragmentos.

La anchura promedia de mineral removido en cualquier área se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{N \times 2.240}{A \times P}$$

en la cual:

N=Número de toneladas de mineral removido.

A=Área removida en pies cuadrados.

P=Peso del mineral en libras por pie cúbico (de un pie cuadrado de sección).

t=Ancho en pies o longitud del mineral removido.

El cálculo de P a base de la gravedad específica del mineral se obtiene fácilmente en minerales de un solo metal, o en rocas simples o de proporciones en las combinaciones perfectamente conocidas. No obstante esto, debe permitirse un amplio margen de seguridad pues los datos de gravedad específica que traen los manuales de minas se refieren a minerales puros, y como se sabe en las rocas los minerales se encuentran más o menos alterados. El margen de seguridad se obtiene con un 5% más para cavidades irregulares.

El Dr. Persifor Fraser en sus "Tables for the determination of minerals", da los siguientes valores para la gravedad específica de metales y minerales. El peso en libras por pie cúbico se obtiene multiplicando la gravedad específica por 62,43 libras que pesa un pie cúbico de agua:

Metales y Minerales	Gravedad específica
Plata (nativa)	10,5
Argentita	7,2
Pirargirita	5,8
Cobre (nativo)	8,9
Chalcocita	5,7
Chalcopyrita	4,2
Bornita	5,0
Tetrahedrita	4,7
Cuprita	6,0
Malaquita	3,8
Oxido de estaño	6,8
Sulfuro de estaño	4,4
Plomo (nativo)	11,37
Galena	7,5
Cerusita	6,4
Blenda de zinc	4,1
Zinquita	5,5
Calamina	3,16 a 3,9
Antimonio (nativo)	6,6
Estibina	4,5
Manganeso . . . . .	...
Pirolusita	4,8
Wad	3,7

Silomelano..	4,0
Níkel.. . . . .	...
Cobalto (cobalita)	6,0
Hierro (nativo)	7,5
Pirita de hierro	5,0
Mineral de hierro magnético	5,0
Pirita arsenical	6,0
Hematita.	4,8
Sílice cuarzosa.	2,7
Barita..	2,3 a 4,7
Espato de calcio.	2,6
Espato fluor.	3,1

Una manera sencilla del cálculo de P de la fórmula que anteriormente hemos transcrito se desprende de la solución del siguiente problema:

“¿Qué cantidad de pirita de hierro se obtendrá por pie cúbico y por pie cuadrado de sección, de una vena mineralógica de 12 pulgadas de ancho, sabiendo que la quinta parte consiste de pirita y el resto, o sean las cuatro quintas partes de la vena consiste de sílice cuarzosa? Tanto la pirita como la sílice tienen un veinteavo de su peso ocupado por cavidades.

Entonces:

Gravedad específica de la pirita de hierro, 5,0.

Peso de un pie cúbico de agua..... 62,43 libras

Peso de un pie cúbico de pirita $5 \times 62,43 = 312,15$ libras.

Ahora, en un pie cuadrado, siendo la vena de 12 pulgadas de espesor, habrá $1 \times 1 \times 1$ pies cúbicos de mineral. Como la quinta parte de esta cantidad será pirita, se tendrá:

$$\frac{1}{5} = 0,2 \text{ pies cúbicos de pirita, y el peso de esta pirita}$$

será: $312,15 \times 0,2 = 62,43$ libras.

Como debe deducirse la veinteava parte de esta cantidad para cavidades, se tendrá:

$$62,43 - \frac{62,43}{20} = 59,310 \text{ libras, que es el peso de la pirita.}$$

Para el peso de la sílice cuarzosa se procederá de la misma manera, teniendo en cuenta que a ella le corresponde las cuatro quintas partes de la vena, que su gravedad específica es de 2,7 y que hay que deducir también la veinteava parte para las cavidades.

Uno de los capítulos más importantes de un informe debe ser el dedicado a los ensayos en los laboratorios. En los cuadros correspondientes de este informe debe indicarse la fecha de la toma de la muestra y de los ensayos verifi-

cados, lo mismo que los nombres del tomador de la muestra y del ensayador. Se numerarán las muestras y cada número se colocará en una primera casilla del cuadro que se elaborará. Debe dedicarse luego otra casilla para la descripción del mineral; otra para la cantidad de metal por tonelada de mineral; una cuarta para el valor del metal por tonelada; una quinta para la cantidad de metal que le sigue en importancia, también por tonelada; una sexta para el valor de este metal; y así en seguida hasta llegar a una casilla final para el valor bruto total del contenido metálico por tonelada.

El valor total y el valor unitario de los transportes se debe dar en todo informe técnico. Ya sea que los transportes se verifiquen por ascensores, o por vagonetas, canales o carretillas, es de todo punto de vista importante que se informe del costo por tonelada-kilómetro o por tonelada-milla del mineral y del metal. De esta manera, y mediante la comparación con datos anteriores se puede observar fácilmente si los transportes son costosos, y mediante un análisis más cuidadoso, si se hacen deficientemente por incapacidad de los encargados o por escasez de las unidades de transporte o por altos jornales, etc.

Es muy conveniente decir el número de venas que se han encontrado, lo mismo que su naturaleza, calidad y la regularidad o irregularidad de su anchura y valor; el carácter ácido o básico del mineral; los minerales de plata que se encuentren; el modo como están el oro, la plata y demás metales distribuidos en el mineral; el porcentaje de sulfuros u óxidos del mineral y su naturaleza; el carácter del cuarzo, si la mina es de plata o de oro; si es más conveniente explotar por apiques que por galerías y viceversa; la naturaleza y costo del entibado o de los muros que se usen como soportes; el tamaño y tipo de las bombas que estén en uso, lo mismo que el costo de bombeo; la potencia de las máquinas y el estado actual de las mismas, etc.

Los datos provenientes de la concentración de los minerales, consumo de mercurio, trituración, cloración, cianuración, lexicación, etc., deben ser cuidadosamente presentados y elaborados, pues ellos influyen en el costo total del mineral.

- Por último, el Departamento Técnico debe llenar las casillas que se necesiten del siguiente cuadro:

Cantidad del mineral tratado.....	toneladas.	
Cantidad promedio diario de mineral tratado.....	toneladas.	
Gastos de explotación del mineral, por toneladas....		\$
Valor total del mineral, por tonelada.....		\$
Desarrollo en la mina.....	metros.....	\$
Extracción en la mina.....	metros.....	\$

Bombeo en la mina.....	metros.....	.....
Aire comprimido en la mina.....	.....	.....
Transporte en la superficie.....	.....	.....
Trituración.....	.....	.....
Concentración mecánica.....	.....	.....
Amalgamación.....	.....	.....
Cianuración.....	.....	.....
Administración, gastos generales, seguros, gastos por concepto de salarios, etc.....	.....	.....
Sostenimiento y reparación.....	.....	.....
Amortización del capital.....	.....	.....

Medellín, 1929.

José M. Castro M.