

# REVISTA MEDICA.

ORGANO DE LA SOCIEDAD DE MEDICINA Y CIENCIAS NATURALES.

REDACTOR, A. APARICIO.

NÚMERO EXTRAORDINARIO.

SERIE IV.—Bogotá, 30 de Agosto de 1878.

Secretaría de la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales.—Bogotá, agosto 26 de 1878.

Señor Redactor de la Revista Medica.

La Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales acordó en la sesion pasada, la publicacion de la Memoria del señor doctor Nicolas Sáenz sobre "Contribuciones al estudio geognóstico de una seccion de la cordillera oriental, comprendida entre los 4° y 5° latitud norte del meridiano de Bogotá," con el fin de que cada uno de los socios pueda conocerla detenidamente para someterla luego á la discusion.

Lo que comunico á usted de órden del señor Presidente.

Soy de usted atento servidor,

GABRIEL J. CASTAÑEDA.

## CONTRIBUCIONES

al estudio geognóstico de una seccion de la cordillera oriental, comprendida entre los 4° y 5° latitud norte del meridiano de Bogotá.

POR NICOLAS SAENZ.—ABRIL 24 DE 1878.

Muchos son los puntos que llaman la atencion del hombre científico al contemplar esta pequeña parte de la Cordillera Oriental de la gran Cadena de los Andes. Revelando manifestaciones de fuertes cataclismos, considerando la variadísima dirección de los estratos que la constituyen y que se encuentran desde la vertical hasta la horizontal, con todos los intermedios imaginables, presenta á la vista una gran variedad de rocas y de minerales encajados en ellas, cuyo origen sedimentario en lo general, y diversamente metamorfosados, le dan un tipo especial y variado, que extasia al que la contempla y le hace sugerir ideas de un bello porvenir para esta seccion de la República.

Formaciones secundaria, terciaria y otras, con bruscas variaciones, son el yacimientos de un variado número de sustancias que con el tiempo constituirán la base de ricas explotaciones.

Los lugares que hemos visitado y en donde hemos hecho algun estudio se encuentran de Norte a Sur y á cortas distancias; son: Cipaquirá, Guatavita, Guasca, Gachetá, Ubalá, Gachalá, Bogotá, Soacha, Chochí, Ubaque, Fómeneque, Chipaque, Cáqueza y Quetame, terminaremos por una ligera descripción de la Sabana de Bogotá.

Las rocas y minerales mas importantes que existen en dichos puntos son: sal gema, hulla, calcáreo, yeso, fuentes saladas frias y calientes, fierro oligista, fierro espático, piritas, galena, cobre sulfurado, azufre, antracito, betunes, petróleo, fuentes sulfurosas, arcillas plásticas y esmécticas, areniscas de aspectos variados, esquistos arcillosos y aluminosos, depósitos de osamentas fósiles &c. &c.

### I.

Dos poderosos campeones se presentan opinando de una manera diferente al considerar la naturaleza del terreno á que pertenece la formacion de nuestros abundantes y numerosos depósitos salíferos: Humboldt y su escuela por una parte, D' Orbigny, Karsten, de Buch y algunos mas, por otra.

El primero ha manifestado en varias de sus importantísimas y luminosas obras, que no solamente la sal, la hulla, sino tambien la mayor parte de la Cordillera de los Andes, pertenecen al grupo de las *areniscas rojas*; y especialmente al piso del *zochstein*, la seccion de la Cordillera de que hablamos. Numerosos á al parecer mui fundados argumentos espone este grande hombre para demostrar sus opiniones y siempre

concluye con frases que revelan la más íntima convicción en ese sentido, como son las siguientes, tomadas de sus "Essais géognostiques:" (página 139). "He visto en la planicie de Bogotá a 1400 toesas de altura, la masa de sal gema de Zipaquirá, reposar sobre un calcáreo que es decididamente de formación secundaria." (página 223) "Segun el conjunto de observaciones que acabamos de presentar sobre el yacimiento de la arenisca de la Nueva Granada, no dudo en considerar esta roca, que ha tomado un desarrollo de 5 á 6,000 pies de espesor y que muy pronto va á ser examinada de nuevo por dos viajeros muy instruidos, los señores Boussin gault y Rivero, como una arenisca roja (todtes liengende) y no como una arenisca abigarrada." (página 226). "El conjunto de los fenómenos que he expuesto me hace creer que la arenisca de la Nueva Granada, encerrando fragmentos de lidiana y de rocas primitivas, es la verdadera arenisca roja del antiguo continente."

En resumen, el Baron de Humboldt cree que nuestro país está constituido en su mayor parte por el terreno denominado de las areniscas rojas, cuyos diferentes grupos se manifiestan con claridad en varios puntos, así: la formación de la nueva arenisca roja en Honda, Melgar, Pandi, Guatavita, Monserrate &.; la formación del zechstein cree encontrarla en Zipaquirá y otros puntos, pues á la página 246 de su obra citada, dice: "Creo poder citar como una prueba evidente de la formación de la sal gema en el zechstein ó calcáreo alpino, la parte setentrional de la planicie de Bogotá, en donde la mina de Zipaquirá se encuentra á 1380 toesas de elevacion sobre el nivel del mar. Este depósito salífero, de más de 130 toesas de espesor, está recubierto por grandes masas de yeso granudo, yeso que se ve intercalado en ámbos puntos vecinos á la mina, al zechstein soportado por la arenisca roja ó hullera. No hay sino siete leguas de distancia entre la mina de carbon de piedra de Canoas y la mina de sal gema de Zipaquirá. Otros depósitos de hulla (Suba, cerro de los Tunjos) están más aproximados todavía, y se ve la arenisca roja, que es muy cuarzosa, salir inmediatamente bajo la arcilla salifera de Zipaquirá."

De paso advertiremos, que posteriormente á la permanencia del Baron en estos lugares se han descubierto muchas capas de hulla en Zipaquirá, Cogna, Chaleche, Nemocon, Tausa, Sesquillé, Bogotá & &.

Uno de los caracteres más notables de la formación de la arenisca roja es, segun la opinion de los autores más modernos y respetables, la carencia completa de restos orgánicos. D' Archiac, refiriéndose especialmente á la sal gema, dice que la existencia de ella, como la de la cal sulfatada hidratada ó nó, es independiente de la presencia ó de la ausencia de depósitos esencialmente marinos ó caracterizados por restos de animales que hayan vivido en el mar. En la mayor parte de los casos, las margas, las arcillas, el yeso, la anhidrita, las areniscas y las dolomías, colocadas encima y debajo de la sal, están desprovistos en un grande espesor, de huellas de seres organizados marinos.

Nosotros, en 1876, acompañados por los alumnos del curso de Geología y Paleontología de la Escuela de Ciencias Naturales, tuvimos la fortuna de encontrar en una de las capas de arenisca que contribuyen á formar la hoya y que es inferior al depósito salífero, una gran cantidad de fósiles.

El zechstein se reconoce por ser una formación casi enteramente calcárea, subdividida en dos pisos: el inferior, constituido por esquistos betuminosos, arenosos y margosca, recubiertos por un calcáreo compacto, generalmente magnesiano, que es el zechstein propiamente dicho. El esquisto betuminoso contiene frecuentemente sulfuro de hierro y piritas de cobre argentífero, lo cual le ha hecho dar el nombre de Kupferschiefer. El superior está formado de calcáreo celuloso (*rauwaackee*) y calcáreo fétido (*stinkstein*).

Apuntamos esto con el objeto de fijar bien las ideas respecto de la verdadera naturaleza del terreno de las areniscas rojas y de sus pisos componentes; para que despues de conocer las opiniones de Humboldt y las de sus competidores, podamos sacar algunas consecuencias que puedan estar apoyadas por la ciencia moderna.

Karsten, en sus "Geognostischen Verhältnisse Neu-Granada's," emite varios conceptos relativos á que la base de la formación salifera es el terreno cretáceo y dice que cuando se formaron las capas de la época terciaria se presentaron unas islas en la dirección S. O. á N. E., que es la posición que ocupan las principales Salinas desde Zipaquirá hasta Chita y Chinibaque; y supone que la sal se depositó del agua del mar, que en su flujo penetró periódicamente por las aberturas de los grupos de rocas que sobresalían de su nivel y allí se secó.

El terreno en que se formaron luego las Salinas estaba constituido por rocas de la formación cretácea, con una superficie bastante accidentada y en un sentido generalmente uniforme, lo cual fué debido á la naturaleza del cataclismo, que se produjo no por levantamiento, pues así no habria habido regularidad en el aspecto exterior, sino por un verdadero hundimiento correspondiente á la terminacion de la época cretácea, el cual así, tenia más probabilidades de ser uniforme, á causa de haberse verificado, no por la acción poderosa de fuerzas que obran del interior al exterior, sino solo por el peso enorme de la masa cuyos cimientos cedieron y entónces se produjeron los efectos regulares exteriores que tanto Humboldt como Karsten han observado.

Las diferentes hoyas que se formaron, fueron llenadas á causa de los movimientos de las aguas del mar terciario, debidos á las conmociones terrestres que persistieron por algun tiempo todavía, despues del cataclismo; en ellas se evaporaron las aguas y dejaron solamente las materias fijas más ó ménos mezcladas con restos de las rocas que formaban el fondo y orillas de dichas hoyas. Seca la sal y continuada la acción erosiva de las aguas fluviales sobre los terrenos superiores, fueron depositándose los materiales sobre las arcillas saladas que envuelven casi por completo los depósitos salíferos.

Nada hay más concluyente que los argumentos que espone D'Orbigny en la importante obra titulada "Coquilles et equinodermes fossiles de Colombie, recueillis de 1821 á 1833 par M. Boussingault;" basados sobre todo en el estudio profundo hecho por él y algunos paleontologistas de gran respetabilidad, de los fósiles que fueron recogidos por M. Boussingault durante su larga permanencia en nuestro país.

Dice que la fauna colombiana ofrece la mayor semejanza con la de los terrenos cretáceos del antiguo

mundo. Demuestra con gran claridad que el terreno triásico no se presenta en esta parte de la América, pues los *ammonites* colombianos no se parecen en nada, á causa de sus lóbulos muy definidos y ramificados, á los *ceratites* del muschelkalk, además de que los géneros *Rostellaria*, *Trigonia* y *Exogyra*, no existían todavía en Europa; todo lo cual revela que la fauna colombiana no puede pertenecer á la formación triásica; y fundado en raciocinios basados sobre la naturaleza de los mismos fósiles, demuestra que los terrenos jurásicos tampoco se presentan en nuestro país. No solamente las formas zoológicas son análogas, sino que la comparación escrupulosa de las especies le ha dado la certidumbre de que se encuentran especies enteramente idénticas en los terrenos cretáceos de Francia y en los de Colombia, pues el *natica* prolonga, el *acteon* affinis, el *cardium peregrinorum*, la *trigonia Lajoyei*, el *exogyra Couloni* están en este caso. Cinco especies idénticas y numerosas analogías le dan la certidumbre más perfecta de que los fósiles llevados por M. Bous-singault pertenecen á los terrenos cretáceos; resultado enteramente en relacion con las investigaciones de M. Leopoldo de Buch. De lo cual deduce que la fauna fósil de que se trata pertenece á las capas inferiores del piso neocomiano.

Algun tiempo despues de que Humboldt manifestaba sus creencias respecto á los terrenos colombianos, dice al fin de su "*Description du plateau de Bogotá*," que el calcáreo de Méjico, de la Nueva Granada y del Perú, que se ponía en otro tiempo en la clase del *zeclstein* y del calcáreo jurásico, está amenazado de la misma suerte que el calcáreo de los Alpes suizos, que desde hace treinta años los geólogos lo han hecho pasar por tantas vicisitudes, tomándolo sucesivamente por calcáreo de transición, luego, en gran parte á lo ménos, por un representante del lias, y en fin, por creta propiamente dicha. Lo cual no puede ser más concluyente en favor de la opinion que sostenemos.

Leopoldo de Buch, en tres obras importantes, realizó la esperanza que abrigaba Humboldt respecto de la verdadera naturaleza de los terrenos que éste consideraba como pertenecientes á las areniscas rojas.

De Buch dice: "A juzgar por los fósiles analizados hasta hoy, parece constante que todas las formaciones estratificadas de la cadena de los Andes, que descienden desde la parte setentrional de Méjico hasta Cuzco y mucho más adelante en el hemisferio del Sur, pertenecen al grupo cretáceo. Es á este grupo á que deben referirse los depósitos de hulla situados en los alrededores de Zipaquirá, Tausa, cerro de los Tunjos y Chipó, cerca de Canoas; la sal gema y el yeso de la mina de Rute de Zipaquirá; las poderosas capas de arenisca de Cuenca; el esquisto de Villeta, que alterna con el calcáreo; las rocas calcáreas atravesadas por ricos filones de plata de Gualgayoc y de Chota, de Mantán y de Guambos, en donde á 3,600 metros sobre el mar, se encuentran ammonites que no tienen ménos de 14 pulgadas de diámetro, *Isocardiums* y *Exogyra polygona*; y en fin, esta singular formación de cuarzo, situada sobre el páramo de Yanaguanga, que no es otra cosa que *quadersandstein* y que llena toda la falda occidental de los Andes del Perú, entre Namas, Magdalena y Chala. Una concha conocida con el nombre de *Trigonia* aliformis, que está muy esparcida desde Zipaquirá y Socorro hasta Tocaima, prueba bien que las montañas de Bogotá pertenecen todas enteras á las capas cretáceas intermedias; pero como el grupo cretáceo llega y pasa en estos lugares del enorme espesor de 1,600 metros, es bien permitido dudar que todo pertenezca á una misma division. Ya, cerca del Socorro, la *Exogyra Couloni* indica la existencia de capas más profundas ó del neocomiano, otros fósiles atestiguan la presencia del *gault*. Sobre los Andes de Trujillo y de Tocuyo, que ligan las cordilleras de la Nueva Granada á la cadena costanera de Venezuela, reina un calcáreo negro que contiene restos de animales marinos, á la vista de los cuales el viajero se cree trasportado á Europa."

Los conceptos de notabilidades como las que acabamos de citar, fundadas no solo en el estudio aislado de las rocas, sino tambien en el conocimiento de los fósiles que en ellas se encuentran, parece que modifican un tanto los resultados obtenidos por Humboldt, quien previó algo de lo que sucedería posteriormente, como se verá en las siguientes líneas: "Segun la tendencia quizá demasiado general de geognosia moderna á extender el dominio de los terrenos intermediario y terciario á expensas del terreno secundario, se podría considerar la arenisca de Honda, el yeso con la sal gema de Zipaquirá y el calcáreo de Tocaima y Bogotá, como formaciones posteriores á la creta." [Página 225 de los *Essais géognostiques*].

Sus predicciones, puede decirse, se han cumplido y las tendencias se han realizado, pues no cabe la menor duda de que casi todos los terrenos colombianos pertenecen al período cretáceo.

"Es el conjunto de las relaciones de yacimiento el que determina la edad de una formación y no solamente su estructura y su composición," dice Humboldt para apoyar su creencia respecto á la naturaleza de la formación geológica colombiana.

Indudablemente que esta notabilidad tomó en gran consideracion el aspecto de las rocas que encerraban la sal, en relacion con la sal misma, y el hecho de que casi todos los yacimientos salinos en Europa pertenecen al terreno de las areniscas rojas ó al triásico.

Nos parece que Burat explica claramente la razon que tuviera Humboldt para afirmarse en su opinion, pues dice, que en lo concerniente á la sal gema, es de notarse que los terrenos cretáceos ó terciarios que la contienen toman la apariencia de los terrenos salíferos del trias, por una rubefaccion muy pronunciada y por la presencia del yeso. Esta rubefaccion de las rocas es desde luego un hecho que concuerda muy bien con las ideas que hay sobre el origen de los lechos de sal. Los lagos salados se secaron á consecuencia de una elevacion de temperatura, á la cual no son extraños los fenómenos eruptivos; y además, bajo la influencia de una temperatura elevada, las fuentes minerales depositan, no hidróxidos sino peróxidos de fierro.

Vemos, pues, que así se explica la razon de ser del aspecto de las rocas que encierran las masas de sal gema en Colombia, muy semejantes á los depósitos de Cardona en la Cataluña española.

La casualidad puso en nuestras manos dos equinodermos de la arenisca de Bogotá [Monserrate y Guadalupe], que hemos estudiado y clasificado con la mayor atencion.

El uno pertenece al orden de los Echinideos, familia de los Spatangoides, tribu de los Brissianos y género *Epiaster* [D'Orb.]—[Pictet. tomo IV, página 196].

Está formado de una arenisca exactamente igual á la de la mayor parte de la cordillera.

El *teste* es suborbicular, cónico-globuloso, de cima central y algo elevada. Altura, 3 centímetros  $\frac{5}{8}$  de longitud y  $4\frac{1}{4}$  de ancho. Contorno ovalado y truncado solamente hácia la parte anterior, en donde existe un surco profundo que corresponde al ambulacro impar y se continua hasta la boca. Cara inferior conveja. El peristoma es alargado y trasversal, continuado hácia los lados por una depresion poco notable que llega hasta el borde lateral, y provisto hácia la parte inferior de una especie de lábio. Ano? La superficie del *teste* es finamente granulada. Del aparato apical parten los cinco ambulacros petaloides, de los cuales, el impar que es incompleto, está colocado en una depresion bien profunda y de 35 milímetros de larga, la cual termina en la boca, formando una escotadura en el borde anterior. Cada zona porifera de este ambulacro está formada de una fila simple de polos lineares trasversales, bien marcados en una extension de 17 milímetros hácia la parte apical, y muy poco notables en el resto del surco. [18 milímetros]. El espacio comprendido entre las dos zonas es del mismo ancho que cada una de ellas. Los ambulacros anteriores, más largos que los posteriores [25 milímetros], están en una depresion bien marcada y sus zonas poríferas son completas, las cuales en número de cuatro, están formadas de poros pequeños, granulados, ligeramente alargados, trasversales é iguales. Los tres espacios interzonarios son iguales. Los ambulacros posteriores no tienen más diferencia con los anteriores sino su longitud menor [18 milímetros]. Las areas interambulacrarias son lisas ó muy finamente granuladas.

Como por falta de obras extensas sobre la materia, no hemos podido darle, si es que lo tiene, su correspondiente epíteto específico, nos hemos decidido á denominarlo *Acostii*, en recuerdo del eminente geólogo colombiano, Coronel Joaquín Acosta.

Esta especie se encuentra en las areniscas de Monserrate, al Oriente de Bogotá.

"Los Brissianos, dice Pictet, parecen faltar enteramente en la época jurásica; han comenzado con la cretácea, en la cual están representados por siete géneros," entre los cuales está colocado el *Epiaster*.

Los Spatangoides no tienen en el período jurásico más representantes que el género *Collyrites*. Su número es muy considerable en el cretáceo y aun en la época terciaria.

La existencia, pues, de este fósil en las areniscas que hemos citado corrobora nuestra creencia respecto de la verdadera naturaleza de estos terrenos.

De Guadalupe [continuacion de Monserrate] poseemos una muestra muy completa en arenisca ferruginosa, más compacta que la del fósil que acabamos de describir, y que corresponde á otro Equinodermo de la familia de los Oidarídeos, tribu de los Latistellados y género *Goniopygus* [Agassiz]. [Pictet, volúmen IV, página 246]. Por las mismas razones que en el caso anterior, no hemos encontrado su nombre específico y le hemos dado, para evitar confusiones, el de *Restrepis*, por nuestro amigo el señor Lucio A. Restrepo, autor de la nueva y aceptable teoría sobre los temblores de tierra y formacion de los continentes y de los mares.

Los caracteres principales son: *teste* suborbicular, deprimido, de borde inflado y circular, de cima algo saliente á causa del gran tamaño de su disco apical, de donde parten cinco surcos profundos que recorren la línea media de las zonas ambulacrarias y terminan, pasando por el borde, al rededor del centro de la cara inferior, que es cóncava; el ancho del surco es igual al de las dos zonas poríferas que tiene á cada lado, las cuales están formadas de poros lineares y desiguales, trasversales y alternos, y provistos hácia su lado interno, correspondiente al surco, de tubérculos más pequeños que los de las areas interambulacrarias, las cuales tienen una doble fila radiante, formada cada una de diez tubérculos grandes y entre ellos una gran cantidad de un tamaño menor. Su altura es de 7 milímetros, con un diámetro de 22 milímetros.

Esta especie es algo semejante al *Echinus Bolivariæ* [D'Orb], que se encuentra cerca del Socorro en un calcáreo amarillento.

Pictet dice que los *Goniopygus* son fósiles especiales de la formacion cretácea; lo cual apoya nuestra opinion.

Los Ammonites *Boussingaultii*, de cerca de Bogotá; el *Dumasianus*, de la provincia del Socorro; el *Santafecinus*, de Tena y Tocaima; el *Alternatus*, de San Juan; el *Planidoratus*, de Tena y Tocaima; el *Aleacandrinus*, de Vélez; el *Colombianus* de Ibagué; el *Galeatus*, del Socorro y Tocaima; fuera de muchos Gasterópodos, de que ya hemos hecho mencion; varios Lamelibranquios de los géneros *Cardium*, *Venus*, *Astarte*, *Trigonia*, *Nucula*, *Lucina*, *Corbula*, *Tellina*, &c. &c.; y tres equinodermos de los géneros *Discoidea*, *Laganum* y *Echinus*; fósiles, todos recogidos por M. Boussingault en este pais y clasificados y descritos por M. D'Orbigny en su mayor parte, demuestran de una manera clara y terminante la existencia de los terrenos neocomianos pertenecientes al grupo cretáceo en la Cordillera de los Andes, y sobre todo en su rama oriental.

Resulta, pues, de lo enunciado en las líneas anteriores, que debemos desechar por completo la idea de que estos terrenos puedan pertenecer al de las *Areniscas rojas*.

## II.

La hulla ó carbon de piedra es el material que con mas abundancia se presenta en la region de que hablamos, pues se encuentra en toda su extension, en Monserrate, Guadalupe, Usaquen, la Calera, Chaleche, Zipaquirá, Cagua, Tabío, Sesquillé, Nemocon, Tausa, Suba y muchos otros lugares más.

Su yacimiento y la extension de los depósitos constituyen un hecho geognóstico importante, pues lo aceptado hasta hoy respecto de la formacion secundaria, es que en ella no se encuentra normalmente sino linitos y maderas fósiles. Pero el aspecto general de esta region, que demuestra claramente la violenta conmocion de que fué víctima, nos indica que las rocas que la constituyen fueron metamorfoseadas por un

fuerte calor, el cual contribuyó á secar rápidamente los lagos salados que forman hoy los depósitos de sal gema; á deshidratar los óxidos de hierro que se habian formado por acción química; y en los linitos, acompañada de la fuerte presión ejercida sobre ellos por las capas arenáceas y arcillosas depositadas encima, se hizo sentir de una manera notable, cambiándolos en hulla de idéntica naturaleza á la que se extrae del verdadero terreno hullero. Dichas rocas arenáceas sometidas también á la acción del calor y de la presión, se consolidaron notablemente y adquirieron ese aspecto especial y tan marcado en algunos puntos, que ha hecho creer á hombres juiciosos que dichas rocas eran cuarzitos.

El análisis de 15 muestras de hulla de diferentes puntos de la Sabana de Bogotá, que publicó el año de 1872 el señor doctor Liborio Zerda, comparado con la de las hullas europeas y americanas, hecho por químicos notables, no deja la menor duda respecto á la gran semejanza en su naturaleza, composición y causas de formación.

El doctor Zerda opina respecto á la hulla de la Cordillera "que es un verdadero fenómeno geológico, no solamente por hallarse á alturas de más de 2,600 metros sobre el nivel del mar, en los que se encuentra el carbon, sino tambien por hallarse abundantes depósitos sobre la formación cretácea superior, asociada á la sal gema, al azufre y al kaolin."

Bien conocida nos es ya la opinión del Baron de Humboldt respecto al yacimiento de esta hulla en el terreno de las areniscas rojas. Cita la de Chipó en Canoas, la de Suba y la del Cerro de los Tunjos, que están á 1360 toesas de altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo con las teorías hasta hoy emitidas y aceptada sobre la formación de los continentes por levantamiento, se hace difícil la explicación de depósitos de hulla á semejante altura y en algunos puntos á mucho mayor, como lo hemos observado en varios páramos; pero si se tiene presente la nueva teoría del señor Restrepo, por hundimientos, entónces es más fácil darse la explicación de dicho yacimiento carbonífero, pues de ese modo se comprende cómo es que las masas, por decirlo así, superficiales, pudieron descender, ser influenciados por el calor, metamorfosearse &c. y luego, á causa de otro hundimiento que pudo ser ocupado por el mar, aparecer como partes muy elevadas sobre su nivel, desarrollándose así la sorpresa de que masas de dicho combustible pudieran estar colocadas á semejante altura.

La hulla que se encuentra en la región de la Cordillera de que vamos hablando, está en forma de grandes y estensas capas intercaladas en lechos de arcillas betuminosas de poco espesor, encerradas á su turno en estratos poderosos de areniscas más ó menos duras, provistas de una pequeña cantidad de fósiles ó impresiones.

En Zipaquirá hemos observado que las capas de carbon son anteriores á la formación del depósito salífero, lo cual nos ha sido demostrado por el estudio de la posición relativa de ambas sustancias.

Las muy estensas capas de hulla así como el resto del terreno, fueron víctima de un violento cataclismo, cuyo resultado es la muy variada colocación y disposición de dichas capas, notándose algunas veces pequeños campos de explotación, y otras, extensiones muy grandes. En unos puntos raros son horizontales, en otros afectan hasta la posición vertical con todos los intermediarios imaginables.

En la mayor parte de los lugares se observa, no una, sino varias capas de carbon, separadas por arcillas betuminosas y cuyo espesor total llega en algunas hasta 5 metros, en otros lugares es ménos gruesa. Las diferentes capas de hulla tienen variados espesores, pues hemos visto desde 1 metro 40 centímetros, hasta 20 centímetros y mucho ménos. En algunas va disminuyendo desde un punto de la capa que podríamos considerar como centro hácia los bordes, de manera de darle una forma general lenticular, debido indudablemente á los esfuerzos de las masas superiores de arenisca en los momentos de alguna de las convulsiones que experimentó la corteza al verificarse el hundimiento que dió por resultado el metamorfismo casi general de éstos terrenos.

Hemos dicho que el yacimiento de esta sustancia podría considerarse como anómalo pues en realidad no corresponde á dicha formación la existencia de la hulla propiamente tal; tanto más cuanto que se juzga el hecho apoyándose sobre las antiguas teorías de los levantamientos: la nueva quita toda duda y disminuye la sorpresa del geólogo al encontrar el carbon fósil á una altura tan considerable.

El siguiente párrafo de Burat deja entrever algo la duda que existe en este sentido y se acerca un tanto á la verdadera explicación de esos yacimientos en los terrenos en que se encuentran. Es así: "Hemos señalado en los terrenos secundarios la existencia de algunas pequeñas formaciones carboníferas, cuyo yacimiento parece una reproducción de los fenómenos del período hullero. Hay sin embargo una diferencia, y es que los depósitos carboníferos secundarios, en lugar de extenderse sobre toda la superficie cubierta por los terrenos que los encierran, no constituyen sino islotes muy circunscritos. Son pequeñas formaciones locales, enclavadas en el conjunto de los terrenos."

En esta parte de la Cordillera no puede considerarse de ese modo la formación de la hulla, pues su extensión está lejos de permitir que las capas se tomen como pequeños depósitos circunscritos. Claramente se vé en cualquier punto de la Cordillera que se observe, que existía una gran capa en los primeros tiempos, la cual, fracturada en tantos puntos y en tan variadas direcciones, revela por las numerosas cabezas de los diferentes fragmentos, los cuales se muestran en toda su potencia en muchas partes, que su extensión era muy considerable.

Así pues, aunque á esta formación le aviene en parte lo que dice Burat y que dejamos copiado arriba, eso, ayudado por las observaciones geológicas y paleontológicas hechas sobre el terreno, demuestran que la citada hulla no es extraña á la época que se le asigna á las rocas que la encajan.

En la primera parte del presente trabajo hemos relatado las opiniones contradictorias de Humboldt y de D'Orbigny, De Bueh &c. y comprobado el verdadero terreno á que pertenece la Cordillera en esta región. Creemos pues innecesario el entrar en nuevas exposiciones, que á más de ser largas y aun cansadas, no arrojarían sobre el asunto más luz de la que ya posee.

## III.

Ubalá y Gachalá constituyen una localidad en donde están reunidos el fierro olivista, el azufre, el carbon, el antracito y el petróleo en depósitos de notable magnitud, y además, sulfuros de plomo, hierro y cobre en pequeños filones intercalados en rocas calcáreas y arcillosas.

Para poder hacer un estudio concienzudo de dichos lugares y emitir nuestras ideas sobre su formación consideraremos el sitio en épocas muy anteriores, para deducir de eso y de su estado actual las causas que hayan influido y los efectos variados de ellas.

Los materiales que se encuentran darán la base para hacer la descripción de un corte teórico de esos lugares, lo cual será prácticamente apoyado por las diferentes reacciones que se verifican hoy en los laboratorios.

Antes de la formación de la Cordillera Oriental, estos terrenos ocupaban una posición diferente de la que hoy tienen y juzgamos que haya sido á un nivel superior, pues participamos de la teoría del señor Lucio A. Restrepo relativa á los temblores de tierra y presentación de los continentes, que esperamos verá la luz pública dentro de pocos días y quizá conmoverá hasta el punto de aniquilarlas, todas las hipótesis que sobre el particular se han emitido hasta hoy, produciendo una verdadera revolución en el mundo científico.

Adoptaremos los elementos de esa teoría para explicar nuestra creencia respecto de la formación del azufre y del fierro olivista, del antracito y de los betunes que se encuentran en abundancia en la localidad de que hablamos; la cual, conteniendo depósitos de fierro sulfurado en las partes inferiores, relacionadas con las formaciones inferiores del terreno secundario y dependientes de los minerales del período porfírico; alternando con estratos de arcillas, areniscas y hulla y coronadas por una poderosa capa de arcillas esquistosas, margas y calcáreos, correspondientes al terreno cretáceo; ocupa un grande espacio y se extiende hasta la union del río Batatas con el Gazanore, por una parte y hasta la falda oriental de la Cordillera, por otra.

Muy variadas son las opiniones que hay sobre el origen del azufre. Jules Bruunfaut, en su "Exploitation des soufres," dice que unos creen que proviene de las profundidades de nuestro planeta; otros, de las aguas y por último, otros de la atmósfera. Las primeras causas tienen muchos puntos vulnerables y el mismo Bruunfaut las ataca y prueba que no hay razón para aceptarlas. La tercera, que le atribuye á la atmósfera la fuente del metaloide de que hablamos, no es sostenida sino por algunos geólogos; y es de la composición de algunos aerolitos de donde sacan uno de sus mayores argumentos.

Así pues, no se ha explicado satisfactoriamente la razón de la existencia del azufre en la costra de la tierra.

Nosotros creemos que el origen del azufre fué la atmósfera, pero no de la misma manera que se expone en la tercera causa citada, y nos hemos formado una opinión que expondremos en seguida.

La materia ignea constitutiva de la esfera de la tierra, en el momento de separarse de la gran masa líquida que la originó, estaba formada de elementos que se encontraban al estado simple á causa de la muy elevada temperatura que existía entónces, la cual impidió toda combinación. Ese mismo calor mantenía líquidos aquellos elementos que podían soportarlo, y gaseosos, constituyendo la atmósfera de esa época, los demás. Entre éstos estaba el azufre, que solo bajó á la tierra cuando la temperatura se lo permitió, es decir, á una menor que la de su punto de volatilización que es de 460° C.

De manera que no se encontrará absolutamente en las edades paleozóicas y principia á aparecer en la época de los micaesquistos, durante la cual, las condiciones meteorológicas eran favorables para que se separara de la atmósfera ya libre ó combinado con los elementos que en ella lo acompañaban y así caía á la superficie de la corteza en donde se encontraba en contacto de sustancias con que tenía cierta afinidad y se formaron las variadas combinaciones en que se le encuentra, tales como el yeso en el período phyladiano, en el terreno siluriano superior, en las épocas saliferianas &c. las piritas, en el terreno antraxífero &c.

Demasiado conocido es el procedimiento que se seguía ántes de conocerse y explotarse debidamente los Solfatares de Sicilia, Roumania &c. para obtener el azufre y que consistía en calentar en vasos cerrados provistos de sus recipientes, los piritas de hierro; las cuales se descomponen en azufre que se condensa en los recipientes y queda en las retortas el óxido de hierro que se conoce en el comercio bajo el nombre de coealther ó rojo de Inglaterra.

Cuando el óxido de hierro se somete a una fuerte temperatura y presión, y en contacto con algunas sustancias, adquiere las propiedades cristalinas de la mayor parte de las rocas metamórficas y se convierte en fierro olivista micáceo ó cristalizado; según resulta de las curiosas observaciones sobre la síntesis de los minerales por M. Daubré. El calcáreo compacto litoide, bajo influencias semejantes, viene á ser calcáreo sacaroides y á veces se forman en su masa geodos de romboedros de cal carbonatada.

Considerábase esta region constituida por depósitos de piritas y capas de hulla, subordinados á areniscas, arcillas y calcáreos.

El señor Restrepo, apoyado en las leyes de física relativas á la variación de volumen de los cuerpos por la acción del calor, dice que á causa del enfriamiento progresivo de la pirofera de la tierra, contenida en la corteza sólida, van formándose cavernas de variadas dimensiones cuyo techo es la cara inferior de la corteza, que de forma cóncava ofrece una poderosa resistencia, hasta que llega un momento en que el arco no puede soportar el inmenso peso que gravita sobre él, ya por la acumulación de nuevos materiales en su parte exterior, ya por el ensanchamiento de su luz, debido esto á la retracción de la materia líquida, y se desploma produciendo fenómenos sumamente variados según la magnitud del derrumbe. Demuestra con la sagacidad que tipifica su atrevido escrito, desgraciadamente todavía inédito, que la palabra *hundimiento* debe reemplazarse á la de *levantamiento*, tan empleada y aceptada en la ciencia moderna; que desde la más mínima conmoción terrestre hasta el más fuerte terremoto, la formación de las islas y la de los continentes,

tienen por causa principal los hundimientos con sus efectos inmediatos y consecuenciales pudiendo producir éstos algunos levantamientos de una importancia enteramente secundaria.

En una situacion favorable para que se verificara el fenómeno expuesto en las líneas anteriores, se encontraba la region de que tratamos. Llegó el momento en que debía tener lugar el cataclismo, los sostenes del arco cedieron, la gran masa descendió y la mayor parte de ella quedó sumergida entre ese mar de fuego.

Vamos á ver cuales fueron los efectos de esa temperatura tan elevada sobre los materiales de que estaba formada esa seccion. Podemos decir que fueron generales y especiales, así: el calentamiento casi total de la masa, que produjo la fusion de las sustancias que estaban más cerca de la materia ignea, la descomposicion de otras, el secamiento y consiguiente agrietamiento de algunas, la deshidratacion de la mayor parte, y por último, gran número de reacciones químicas sucesivas, provenientes del contacto á una temperatura tan elevada entre diferentes materias de variadas propiedades químicas.

El depósito de piritas y otros sulfuros fué atacado vivamente, pues á causa de esa temperatura, el azufre se desprendió al estado gaseoso, á una poderosa tension y se dirigió hácia las partes más débiles de las rocas, á las grietas, á los estratos porosos y esquistos, todo lo cual constituía un enorme recipiente, y á las partes menos calientes, que eran un verdadero refrigerante.

El lugar á que nos referimos (Solfatar de Gachalá), está constituido por una masa arcillosa en unos puntos, margosa en otros, con depósitos de tamaño variable de otras sustancias. Este punto sufrió una violenta conmocion, pues sus elementos se encuentran dislocados y variados de tal manera que en un pequeño espacio (10 metros cuadrados), están las capas en toda clase de posiciones.

Se conoce que las arcillas ya agrietadas por el calor. fueron sorprendidas por la irrupcion del azufre gaseoso ó fundido, pues se encuentran las arcillas azulosas y grises impregnadas notablemente de azufre, de tal manera, que las grietas grandes y pequeñas, los espacios comprendidos entre las láminas de los esquistos, toda la masa de éstos, los calcáreos en grandes trozos y capas, que hay diseminadas en medio de la arcilla, en una palabra, todo contiene azufre. En algunos puntos las rajaduras de los estratos eran muy considerables, en otros muy pequeñas, y en ámbos casos se encuentran llenas de azufre puro. No puede seguirse regla ninguna para encontrarlo, pues no son verdaderos filones sino stockwerks y rifones aislados de forma lenticular y de muy variados tamaños, pues algunos que la casualidad ha descubierto han suministrado de 10 á 14 arrobas, y otros, los más comunes dan pequeñas cantidades. El azufre líquido fué tan comprimido en dichas grietas á causa de la gran tension á que estaba, que no pudo tomar ni la estructura cristalina: la que tiene es compacta ó esquillosa. En rarísimos puntos, entre algunos geodos calcáreos, se encuentran muy pequeños cristales, de los que los más grandes que poseemos en nuestra coleccion, apénas tienen unos 3 á 4 milímetros de diámetro.

La roca sulfurifera arcillosa contiene intercaladas, masas grandes de calcáreo compacto, de estructura cristalina, color gris, con geodos en cuyo interior se encuentran con mucha frecuencia pedazos amorfos de azufre puro. El calcáreo está otras veces en capas onduladas ó interrumpidas de color negro ó gris; en ambos casos es sulfurifero. Ademas se encuentran grandes masas de yeso cristalino de colores variados: blanco mate, gris amarillento con brechas de color negro é igualmente impregnado de azufre, pero menos que las rocas ya citadas.

En las partes inferiores del depósito sulfurífero existen masas más ó menos considerables de óxido de hierro hidratado. En varios puntos se observan fuertes frias de agua ferruginosa, sulfurosa y selenítica las cuales depositan en su cauce parte de los materiales que contienen.

La parte atacada y explotada de dicho depósito exhala continuamente un fuerte olor de hidrógeno sulfurado. Tiene una forma cónica invertida de unos 18 á 20,000 metros cúbicos de capacidad, resultado de los trabajos á cielo abierto, que es el sistema seguido allí desde hace mucho tiempo, por desgracia, sin haber observado reglas científicas ningunas.

La superficie del tajo revela en parte la constitucion del depósito, así pues: debajo de la tierra vegetativa cuyo espesor es bastante considerable se encuentra un subsuelo arcilloso que reposa sobre una capa de yeso arcilloso negro no sulfurifero, el cual, pasando al color gris rosado, revela la existencia del azufre, pues se encuentran pequeñas masas del que allí se denomina *sulfetizo*, y cubre á una de calcáreo cristalino sulfurifero, la que está subordinada é intercalada en varios puntos con la que contiene el azufre en cantidad suficiente y que está formada por arcilla esquistosa gris azulosa y calcáreo en trozos grandes diseminados. En algunos sitios al nivel de esta capa, poco más ó menos, se hallan grandes pedazos de yeso cristalino de colores variados é impregnado de pequeñas cantidades de azufre, óxido de hierro, materias betuminosas &c.\*

El azufre *sulfetizo*, que en pequeñas cantidades se encuentra en la arcilla que cubre inmediatamente al depósito sulfurifero, se presenta en masas de formas variadas y caprichosas, de estructura idéntica al del que se encuentra en los stockwerks y perforado en un mismo sentido de varios agujeros cilíndricos, completos unos y otros incompletos. Tiene precisamente el aspecto de la madera gorgogea, (aunque no podemos suponer por un momento que el azufre pueda ser atacado por ningún insecto) y presenta la curiosa apariencia cuya causa no nos la hemos podido explicar satisfactoriamente.

Es indudable que en el depósito de sulfuros á que hemos aludido atras, predominaba el de hierro, así pues: metamorfosados por la elevada temperatura que causó su descomposicion y el desprendimiento del azufre, el óxido de hierro que quedó sufrió su influencia y se transformó en fierro oligista micáceo y cristalino, que en tan grande abundancia se encuentra en Ubalá y sus alrededores, Mámbita &c.\* Estos depósitos de fierro oxidado son en su mayor parte perfectamente puros, aunque en ciertos lugares [Guavio, Gachalá] existen venillas de galena, cobre sulfurado y piritas, todo lo cual está intercalado en poderosas capas de calcáreo compacto y cristalino, en el cual se notan grandes grietas, que unas están llenas de materiales de acarreo y constituyen verdaderos dykes, y otras permanecen abiertas y forman cavernas de variadas dimensio-

nes, bastante profundas, en las cuales existen en gran cantidad las estalactitas y estalacmitas, y son habitadas por animales nocturnos.

#### I V.

Los caracteres del calcáreo de que nos ocupamos: semicristalización, agrietamiento, depósitos de azufre, filones metalíferos, variedad notable en la inclinación de las capas &., y que domina en Ubalá y Gachalá, demuestran patentemente los efectos de un violento cataclismo y las consecuencias de un notable metamorfismo, que fueron principalmente la dislocación de esa parte y consiguiente manifestación al exterior del hierro oxidado en Ubalá y Mámbita, del azufre en Gachalá, del antracito cerca de Ubalá y del betun, petróleo &., en Guaicaramo cerca de Medina.

Además de los sulfuros de que ha sido cuestionado y de los calcáreos de que acabamos de hablar, existen en aquellas épocas tranquilas, depósitos de hulla que con los sulfuros y los calcáreos fue ron víctima del hundimiento que originó el solfatar y los depósitos ferríferos.

Estas capas de hulla fueron enteramente metamorfosadas y produjeron depósitos de antracito, cuyas manifestaciones se encuentran en un punto no muy distante de Ubalá, y constituidos por el elemento fijo de la hulla: el *coke fósil*. Las materias volátiles, á causa de la elevada temperatura de las regiones inferiores de la corteza de la tierra, se separaron impregnando los terrenos que les eran superiores y formando luego por su condensación en cavernas ó en los mismos terrenos permeables, depósitos de tamaños variados, de betun, petróleo &., según las diferentes partes de la corteza con diferente temperatura por donde pasó en los primeros momentos del cataclismo, el chorro de los materiales separados de la hulla.

Si la breca que se extrae de una fábrica de gas es destilada á diversas temperaturas, otros tantos cuerpos diferentes se obtienen, tanto en el recipiente como en la retorta. De ahí, el que en el inmenso laboratorio de la naturaleza se hayan efectuado las multiplicadas operaciones que han dado como resultados el petróleo, la breca, el asfalto, el neme, el betun elástico y muchas otras sustancias más.

Hacia la falda oriental de la Cordillera, se encuentra cerca de Gachalá y Medina un sitio llamado Guaicaramo, que es en donde se ha abierto salida el petróleo y las breas, producto del metamorfismo de las hullas de transición ó secundarias, compañeras de las piritas ó calcáreos de que ántes se ha tratado.

Así pues, el depósito de antracito concuerda con la existencia de éstos hidrocarburos; y es lo que se observa en todas partes en donde se ha descubierto una de éstas dos sustancias: poco tiempo despues se descubre la otra. La mayor parte de los depósitos antraxíferos y las breas se encuentra en este caso.

Aprovechamos esta ocasion para exponer nuestras ideas sobre el origen del grafito y de la plombagina; con cuyo objeto haremos una ligera explicación preliminar. En las fábricas de gas se calienta fuertemente la hulla en retortas de arcilla ó de hierro, lo cual verifica una separación: queda en la retorta el elemento fijo que es el coque mas las cenizas, y se desprenden las materias volátiles al estado gaseoso; de las cuales, á una temperatura baja se condensan unas como las breas, el agua, el amoniaco &., y persisten en el estado gaseoso otras que, purificadas, son las que constituyen el gas de alumbrado. Se sabe además que de estos hidrocarburos se descompone una gran parte, sobre todo cuando no hay extractor, debido al contacto con las paredes muy calientes de las retortas (900° c.), descomposición que consiste en que el carbono se fija en dichas paredes por capas sucesivas, va adquiriendo un grande espesor y constituye lo que se llama generalmente *carbon de las retortas*, de propiedades muy semejantes y quizá idénticas á las del grafito natural. El hidrógeno que queda se mezcla con los demas gases que salen de la retorta y le quita algunas de sus propiedades al de alumbrado haciendo más pálida la luz que dá.

Como la gran masa en donde se encontraba la hulla fué influenciada totalmente por el calor, se comprende con facilidad que en el momento en que se separaron los hidrocarburos, encontraron grandes porciones de las rocas á una temperatura muy elevada, las cuales así en contacto con dichos gases, los descompusieron fijando el carbono, que más ó ménos puro se presenta en diversos lugares en el estado de grafito ó de plombagina á que henfos aludido, y desprendiéndose el hidrógeno que pasaba por las grietas practicadas en las rocas á virtud del cataclismo ó por entre las mismas rocas cuando estas eran porosas.

#### V.

En los pueblos de Guasca y Guatavita existen manifestaciones bien claras de los fenómenos de dislocación y ruptura producidos por el movimiento que originó la presentación de la Cordillera, pues los estratos poderosos y abundantes de arenisca idéntica á la de Monserrate y Guadalupe, están sumamente fracturados y en posiciones muy variadas.

Existe cerca del pueblo de Guatavita, según nos ha indicado persona fieligna, una fuente mineral que sale al exterior con una temperatura muy elevada. No la conocemos, ni la hemos estudiado, pero apuntamos este hecho porque ayuda un tanto á nuestras ideas generales.

En el camino que conduce de Cáqueza (1,765 metros sobre el mar) á Villavicencio (510 metros id.) pasando por Quetame, se encuentra una serie de rocas constitutivas de ese ramal de la Cordillera que forma la hoya del Río Negro, con los caracteres más claros de una de las mayores connciones que pudieran sufrir, pues el aspecto general presenta un conjunto de cerros empinados que solo una vegetación raquífica ha podido desarrollarse en su superficie, á causa de que la tierra vegetal no ha tenido como depositarse para darle el alimento suficiente á plantas de un órden superior. Valles profundos y rocas escarpadas forman solos el panorama que se presenta á la vista del viajero.

Los materiales que constituyen estas rocas son arcillas irregularmente estratificadas, inferiores á las

areniscas del resto de la Cordillera, pero tan dislocadas y trituradas que puede asegurarse, sobre todo en ciertos puntos, que no hay un trozo entero de 10 metros cúbicos. En las partes profundas están depositadas cantidades muy considerables de fragmentos grandes y pequeños de estas rocas. En otros lugares estos fragmentos han sufrido un acarreo suficientemente largo para redondearlos y constituyen grandes masas cimentadas por arcilla y de una formación anterior á los depósitos actuales, habiendo sufrido también algunas dislocaciones.

Parece que esta region hubiera sido el sitio de una nevera, pues se observan todos los efectos del deshielo, como el profundo i abundante agrietamiento, la consiguiente desagregacion y los depósitos de los fragmentos rodados á las partes bajas, asemejándose á verdaderos canchales.

Los elementos constitutivos de estas rocas son las arcillas coloreadas de distintos matices, verdaderos arcillolitos variolados, la psammita en capas inferiores á la arcilla y todo con el sello de un marcado metamorfismo. Este es muy notable sobre todo en Quebrada Colorado, riachuelo cuyo cauce está formado de pizarras rojas, con algunos restos de esquistos micáceos y talcosos. En Susumuco, San Miguel &c. las pizarras son grises, verduzcas y violáceas. El calcáreo se presenta también con el tipo de las otras rocas.

La porcion psammitica se manifiesta en Quetame en un sitio llamado *Guariterma* (nombre curioso y de una etimología adecuada; pero se ignora si es en realidad indígena, aunque individuos del lugar muy ancianos, no recuerdan que la fuente termal haya tenido otro). Al nivel del rio Negro sale por entre las grietas de la citada roca una corriente de agua mineral, termal i cargada de una gran cantidad de ácido carbónico.

Debido á la pequeña porcion de agua de que pudimos disponer no nos fué posible hacer sino un análisis calitativo y no tan completo como lo hubieramos deseado. El resultado fué el siguiente: reaccion ligeramente ácida despues de un largo contacto con el papel azul de tornasol y en el agua recien sacada de la fuente; algunos dias despues esta reaccion es neutra. Una disolucion estendida de potasa cáustica produjo al principio la precipitacion de una sustancia blanca soluble en un exceso de agua i despues de alguna digestion se aumentó con un polvo amarillo-rojizo insoluble; siendo el primero formado por la cal y el segundo por el óxido de hierro. El cloruro de bario produjo un notable precipitado blanco de sulfato de barita. Con el oxalato de amoniaco se obtuvo un precipitado blanco de oxalato de cal. Una disolucion de nitrato de plata dió en abundancia el cloruro de plata con su aspecto característico. Tratada el agua por el fosfato de soda y amoniaco se precipitó el fosfato amoniaco-magnesiano de color blanco. Con el antimonio de potasa se obtuvo la formación del antimoniato de soda en abundancia.

De suerte que puede asegurarse que dicha agua contiene: ácido carbónico en grande exceso, notable cantidad de cloruro de sodio y proporciones medianas de carbonato de magnesia, carbonato de cal, sulfato de soda, sulfato de cal y pequeñas cantidades de sulfato de protóxido de hierro.

La temperatura de agua á su salida es de 37° 5 c., tiene un sabor salado y algo áspero; ni olor ni color notables; á alguna distancia del pozo principia á depositarse en abundancia el óxido de hierro, que cubre la superficie del cauce así como todos los objetos que en él se encuentren. En un verano fuerte, las partes por donde pasa esta agua se cubren de eflorescencias formadas por las sales que contiene ésta, principalmente de cloruro de sodio. 100 partes de agua contienen 0, 160 de materias minerales. Es bastante semejante por casi todos sus caracteres á las fuentes de Kraenchen (Ems) y la Bourboule.

Una porcion de las arcillas que están encima de la fuente y que se observan en frente de ella, al otro lado del rio, dan por el lavado alguna cantidad de sulfato de alumina y de hierro.

El agua de Guariterma es muy empleada, y con éxito, para el tratamiento de las afecciones escrofulosas, reumatismos y enfermedades de la piel.

Cuando se desciende del Alto del Páramo de Ubaque hácia el oriente se observa en una extension de más de 1500 metros de espesor, el terreno de las areniscas de la Cordillera, con sus estratos intercalados de calcáreo, arcilla y hulla, y un buzamiento dominante hácia el Occidente.

En el sentido de la gran superficie de fractura que mira al Oriente, se encuentran los pueblos de Fómemeque, Choachí, Ubaque y la Union.

El elemento constitutivo de estos lugares es una arcilla esquistosa, esméctica, glauconiosa en unos puntos, y en capas de una gran potencia inferiores á las areniscas de la Cordillera. Abunda en ella el *Amonites alexandrinus* (D' Orbigny); especie muy semejante a los *A. Milletianus* y *A. Deshayesi*, la primera del gault, y la segunda de las capas superiores del terreno neoceniano, y correspondientes todos al grupo de los Angulicostati. Igualmente se encuentra el *A. alexandrinus* en una arcilla de Quetame, segun lo hemos observado en una muy bonita muestra que el Museo de la Universidad debe á nuestro amigo el Profesor Herrera.

La arcilla de que tratamos contiene piritas de hierro en alguna cantidad, las cuales al oxidarse se trasforman en sulfato del mismo metal, el que reacciona sobre los calcáreos y forma vénulas de yeso cristalino y fibroso en las grietas de la arcilla. Ademas del sulfato de hierro y de cal que se encuentra en abundancia, hay el de alumina, que es disuelto con los anteriores y llevado por las quebradas ó el agua de las lluvias al Rio Negro; lo cual le dá á las de este rio propiedades especiales, sobre todo en el punto llamado la Union.

Cien partes de esta agua contienen 0.050 de materias minerales. El sabor es ligeramente áspero y estíptico, enrogece apénas el papel azul de tornasol, y contiene sulfato de cal en cantidad notable, de hierro, de alumina y cloruro de calcio en pequeña proporcion. Corta el jabon y no es aplicable para los usos domésticos. Los individuos afectados de enfermedades cutáneas de origen sífilítico se mejoran bastante, cuando se bañan en este rio.

En Choachí, pueblo que está á pocas leguas de Fómemeque y situado sobre un terreno muy semejante al de éste, existen dos fuentes minerales bastante notables: una fria, ferruginosa y otra caliente y sulfurosa.

La primera tiene, como es natural, un origen muy diferente del de la segunda, se presenta á larga distancia de ésta, y viene sin duda de poca profundidad. Su cauce está cubierto de óxido de hierro, que se separa en abundancia al contacto del aire. Contiene 0,004 por 100, de materias fijas. El papel azul de tornasol se enrojece muy débilmente al contacto de esta agua. No tiene olor notable y su sabor es como la anterior, estíptico y áspero, aunque algo más marcado. Con el oxalato de amoniaco se formó un precipitado

blanco. Agregadas de antemano algunas gotas de ácido clorhídrico puro y luego de ferrocianuro de potasio se manifestó el prusiato de hierro azul. El fosfato de soda y amoniaco produjo una pequeña porcion de fosfato amoniaco-magnésiano. Los ácidos concentrados separaron una materia negra, que tiene todos los caracteres del ácido crénico. El nitrato de plata produjo un abundante precipitado negro de crenato de plata.

Así pues, esta agua contiene crenato y sulfato de cal, pequeñas cantidades de carbonato de cal, de magnesia y óxido de hierro.

La fuente termal tiene una temperatura de 54° centígrados, un fuerte olor de hidrógeno sulfurado, deposita el azufre sobre el cauce de la pequeña azequia que existe allí y que conduce el agua á una grande alberca á donde llega con 10° ménos de calor; y como puede llevarse muy fácilmente el agua de la fuente ferruginosa ántes citada, que es fria, se le puede dar al baño la temperatura que se quiera.

El agua brota al exterior por varios puntos á muy corta distancia unos de otros, por entre un terreno de acarreo que cubre los estratos de calcáreo y margas que atraviesa. 100 partes en peso de esta agua contiene 0,030 de sustancias fijas, fuera de los cuales se encuentra el hidrógeno sulfurado, el ácido carbónico y el hidrógeno libre, que se desprenden con alguna abundancia.

Las materias minerales que esta agua tiene en disolucion son: carbonato de cal y cloruro de calcio.

El 28 de julio de 1868 presentamos á la "Sociedad Científica" (hoy, de Naturalistas colombianos), en compañía de nuestros amigos los Profesores C. Michelsen U. y Francisco Montoya M., un informe sobre el agua mineral de Tabio que habia presentado á la Sociedad nuestro consocio y amigo el ya finado señor Francisco Gómez C. El informe termina así:

"En resúmen: el agua mineral de Tabio tiene en disolucion cloruros; estos cloruros son: cloruro de sodio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio. De estos tres, parece que el de sodio es el más abundante, porque los precipitados de cal y de magnesia son bastantante escasos. El agua de que se trata no tiene olor marcado, su sabor es un poco salino y es incolora. Pesando cantidades iguales de agua llovida y del líquido en experiencia á una misma temperatura (12° c.), hallamos que el peso del agua mineral escedia de la otra en  $\frac{1}{1111}$ ."

Tenemos el placer de agregar á nuestro escrito, parte de un trabajo publicado por el señor doctor Liborio Zerda en el número 11 de la "*Revista científica é industrial*."

*Agua sulfurosa salina de Uta.* "Uta es una pequeña aldea á las márgenes de rio Negro cerca de Villeta, de un temperamento caliente y sano: está situada sobre las capas inferiores del terreno cretáceo, en donde son abundantes las piritas ferruginosas, los carbonatos de cal y de magnesia, el sulfato de cal, mezclados con rocas esquistos-arciolosas y apizarradas. Del seno de la formacion cretácea sale al exterior una vertiente de agua sulfurosa y medicinal, cuya temperatura es de 22°, de olor fuertemente sulfuroso, de sabor salino pronunciado; es ligeramente alcalina al papel de tornasol enrojecido, produce una reaccion violeta apenas perceptible con el nitro-prusiato de soda, lo que dá indicio de la presencia de una pequeníssima cantidad de sulfuro alcalino. Expuesta al aire libre pierde fácilmente su olor, y despues de desulfurada la adicion de algunas gotas de ácido clorhídrico produce una efervecencia lenta. La reduccion de su volúmen por la evaporacion hace depositar toda la materia calcárea que contiene unida con el ácido carbónico. El análisis practicado con escrupulosidad y con las precauciones necesarias, ha dado el resultado siguiente: "

#### PRINCIPIOS CONTENIDOS EN 1000 GRAMOS.

TEMPERATURA—22° c.—DENSIDAD—1,006 c.

	gramos.
Hidrógeno sulfurado libre (reducido a 0° i 76° 4°)	3,716
Sulfuro de sodio	0,0068.
Sulfato de soda	0,0031.
Sulfato de cal	0,0613.
Bicarbonato de cal	0,0136.
Carbonato de soda	0,7200.
Cloruro de sodio	señales.
Cloruro de magnesio	8,5552.
Materia orgánica	0,1723.
	señales.
Total de materias fijas.....	9,5323.

"Esta agua se emplea para el tratamiento de las afecciones de la laringe ó de las vías respiratorias y en los reumatismos, así como tambien para curar las heridas y úlceras."

#### V I.

La Sabana de Bogotá, de una extension de 6,000 kilómetros cuadrados poco más ó ménos, calculándose en 30 leguas su longitud y en 8 su anchura, está constituida por materiales acarreados de las faldas de las Cordilleras que la circundan, dispuestos en capas horizontales en lo general y en estratificacion discordante con los terrenos cretáceos sobre que reposan; pertenecen en su parte superior á la formacion actual, la cuaternaria, cuyos caracteres generales los define Burat en las líneas siguientes, así: "El periodo cuaternario y aluvial no presenta una gran variedad de rocas. Son depósitos formados de arcillas, arenas, guijarros rodados, elementos ya aislados ó ya mezclados en diversas proporciones, como son los limos y las turbas."

Estas capas cuaternarias reposan sobre las que pueden considerarse como pertenecientes á la época llamada terciaria, aunque no sabemos si exista descubierto punto alguno en que se haya observado la discordancia entre estas dos formaciones.

Por los restos fósiles que se encuentran, así como por los caracteres mineralógicos de las capas, se reconocen en la Sabana los terrenos mioceno y plioceno; pero la concordancia entre ellas y las superiores da la idea de una formacion sucesiva no interrumpida. En las partes superficiales los depósitos de turba, de

De suerte pues, que en la Sabana se ha realizado un fenómeno geológico muy curioso, que consiste en que los terrenos de las épocas terciaria y cuaternaria, se presentan con una estratificación concordante, y revelando una quietud bien notable en su formación.

La grande hoya cretácea que es su asiento puede considerarse como un inmenso valle cuyo thalweg principal de Norte á Sur, es probable que esté representado por el del río Bogotá. Las faldas de las montañas que lo constituan, tenían, como hoy lo dejan conocer, una inclinación al Oriente la oriental y al Oeste la occidental.

El aspecto y constitución de las partes altas cuando tuvo lugar el movimiento terrestre que las originó, no era el que tienen hoy, pues indudablemente que sobre las capas de arenisca, calcáreas y hulla que se observan en la cordillera oriental, reposaban poderosos estratos de arcillas y arenas en una cantidad inmensa. Los materiales que colmaron el valle provinieron de estas capas acarreadas por las aguas pluviales y depositados allí por una lenta sedimentación. La cúspide de la cordillera pasaba del límite de las nieves perpétuas, pero los deshielos y demás causas destructoras y erosivas fueron acarreado los restos de las rocas influenciadas y depositándolos en las partes inferiores, razón por la cual, la cima de las montañas fué bajando, hasta que, debido á la resistencia mayor que oponían á los agentes destructores las areniscas y demás rocas duras que hoy se ven formándolas, se debilitó un tanto esa acción modificadora y el consiguiente acarreo. En esos tiempos los depósitos estaban formados de fragmentos más ó ménos grandes cimentados por arcillas y arenas. Fué esa época semejante al período glacial cuyos fenómenos de igual naturaleza á los de la misma época en las regiones del antiguo continente, produjeron sus efectos destruyendo las cúpulas de las montañas y depositando esos restos sobre las faldas, lo cual constituyó la primera cubierta de los terrenos cretáceos andinos. Luego vinieron los deshielos con todo el cortejo de potencia que los acompaña y las aguas arrastraron los materiales á distancias más ó ménos grandes.

Vino una época en que las rocas presentaban gran resistencia á los agentes modificadores y hubo un lapso de tiempo suficiente para el desarrollo de vegetales y consiguiente existencia de elementos para la formación posterior de los depósitos de liñitos, los que fueron cubiertos por capas arenoso-arcillosas sedimentarias provenientes de los estratos de areniscas y esquistos que habían resistido algo la destrucción.

Terminado este período se sucedió otro de sedimentación de grandes cantidades de arcilla, y en el cual se intercaló otro semejante al de que acabamos de tratar.

Por último se desarrolló, por un descanso suficiente de la superficie de esta parte y de condiciones biológicas favorables una rica vegetación que sirvió de alimento á mamíferos gigantes.

Todo lo anterior constituye una mezcla de condiciones y caracteres geognósticos pertenecientes á las dos épocas terciaria y cuaternaria; á cuyo fin es probable que tuviera lugar un fenómeno neptúncico de gran significación y que nos revela con alguna claridad la tradición chibcha.

Creemos que el estudio estratigráfico y paleontológico de la Sabana, así como el mineralógico, merece una gran consagración y mayor perspicacia; pues los fenómenos que en ella se observan no están de acuerdo con los demás caracteres que constituyen tal ó cual época ó terreno en el antiguo mundo, al que pudiera asemejarse el de que hablamos.

Los restos de los mamíferos se han encontrado en abundancia, hasta ahora, en Canoas cerca de Soacha, en Balsillas, en Chiquinquirá &c.

Pertenece probablemente al mastodonte de dientes estrechos de Cuvier (*Mastodon angustidens*), pues las piezas que existen en el Museo de la Universidad están erizadas de puntas cónicas y numerosas, que en algunas se ven gastadas por la masticación. Cuando las colinas están completas, que el diente perteneció á un animal joven, se notan sobre ellas varios surcos poco profundos; hay además pequeños conos al rededor ó en medio de los grandes. Gastada la parte superior de cada colina, se observa una superficie circular; pero cuando se toma un diente que haya pertenecido á un animal viejo, entónces el aspecto es diferente: figuras de la hoja del trébol ó de tres lóbulos reemplazan las circulares citadas.

Aunque dicha figura de trébol puede hacer confundir estos dientes con los del hipopótamo, el número de ellas destruye la duda, pues en éste se observan cuatro, mientras que en el mastodonte son de seis á diez.

Los restos de estos animales son bastante comunes en diferentes lugares de Europa y América; en efecto, además de los de Toscana, Simorre, Baviera y Trévoux, se han encontrado en Asti, val d'Arno, Alpes cenedeses, Padua, el Perú &c. (Véase el tomo 1.º de las "Recherches sur les ossements fossiles" par G. Cuvier, páginas 250 y siguientes).

Pictet, hablando del *Mastodon longirostris* (Kaup) dice, refiriéndose á M. Gervais, que se le deben reunir la mayor parte de las osamentas relacionadas por Cuvier al *M. angustidens*, especie que debe ser abandonada y repartida entre ésta y el *M. brevisrostris* (Gervais), que se ha establecido sobre una parte de los restos atribuidos por Cuvier al de dientes estrechos.

El *M. longirostris* vivió en la época miocena y el *M. brevisrostris* en la pliocena. "La primera especie es común en los terrenos miocenos del mediodía de la Francia, en Simorre, en Chevilly &c., así como en los yacimientos análogos de Eppelsheim y en diversas comarcas de Alemania." La segunda se encuentra en abundancia en Puy, Auvernia &c.

En algunos lugares se observa con gran vigor la formación turbosa, como en Ubaté y otros puntos en donde se presenta en capas de alguna extensión.

De suerte pues, que la cuenca cretácea fué llenada por materiales dispuestos horizontalmente en lo general y en estratificación discordante con las capas de aquella.

Los lechos arenáceos que hacen parte de esta formación encerrados entre bancos de arcilla impermeables, se impregnaron de cierta cantidad de agua que aun conservan y que es la que se ve salir del fondo de las excavaciones verticales llamadas algibes, á profundidades variables (de 6 á 95 metros).

Estas aguas han sido consideradas siempre como artesianas y se cree generalmente que en la Sabana de Bogotá pueden hacerse los pozos de este nombre.

Como nosotros no opinamos de esa manera, expondremos en las siguientes líneas las razones que creemos suficiente para apoyarnos.

Demasiado se sabe que las aguas artesianas provienen de capas arenáceas empapadas ó del agua depo-

sitada en grietas ó cavernas subterráneas y que por un movimiento del terreno se ha desviado de la horizontal, lo que desarrolla una tensión más ó menos fuerte en el líquido. Esta agua sin salida, conserva la posición de la capa ó caverna que la contiene hasta que una perforación cualquiera, rompe las paredes impermeables que la encierran y sale por ella, de acuerdo con las leyes de hidrostática, sobre el nivel del líquido contenido en vasos comunicantes, hasta que se equilibra la tensión del agua y se ponen en la misma horizontal los dos niveles. La fuerza de salida será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de nivel, fuerza que va disminuyendo á medida que el punto más elevado vaya acercándose más al plano horizontal.

De manera que podemos sentar como una cosa aceptada y demostrada hasta la saciedad, que los pozos artesanos tienen una condición especialísima de existencia *sine qua non*, y es la desnivelación de las capas de areniscas acuíferas ó de las cavernas que contengan este líquido; ó mejor dicho, es el hecho de que el agua esté á una tensión más ó menos considerable y superior á la de la atmósfera, para que ejerciéndose esa fuerza, pueda salir ó brotar á la superficie de la tierra. Tales condiciones están satisfechas en todas las localidades en que se han perforado los pozos de que tratamos.

La Sabana de Bogotá, que se formó despues de la última conmoción de esta parte del continente americano y que está constituida, como ya lo hemos dicho, de capas horizontales, puede considerarse fuera de los terrenos susceptibles de suministrar las verdaderas aguas artesianas.

Se cree que son aguas artesianas todas las que se obtienen del fondo de perforaciones de 6, 10, 20 y 95 metros de profundidad, y estas aguas ni se presentan siquiera á la superficie. El pozo más profundo que se ha hecho en la Sabana ha sido en la Hacienda de Salgado por el señor doctor Manuel M. Zaldúa (segun la Carta Geográfica de los Estados Unidos de Colombia), y en él, el agua no salta sino que se mantiene estacionaria á cierto nivel.

En otros lugares, á una profundidad de 10 ó 12 metros brota una buena porción de agua y con alguna fuerza, que ha sido considerada como verdadera agua artesiana. Notable error!, el agua que sale no es impedida por causa del desnivel de la capa ó caverna que la contiene, sino por la presencia de hidrocarburos y ácido carbónico, que al estado gaseoso y en gran cantidad, aumentan notablemente la tensión del agua y favorecen su salida. Estos gases son producidos por la descomposición de los linitos y maderas, que se encuentran entre las capas que forman la Sabana y á poca profundidad, en donde pueden fermentarse ó descomponerse á causa de la humedad y de la influencia del aire disueltos en las aguas de infiltración. Esto lo hemos presenciado personalmente y en compañía de algunas personas, entre ellas el Profesor Herrera, en un pozo perforado por el señor Benjamin Gaitan en sus terrenos al occidente de Bogotá, denominados Pensilvania, con el objeto de obtener agua para alimentar la caldera de la máquina de vapor que mueve su taller de materiales de construcción.

Principió á perforarse el pozo con un ancho de un metro poco más ó menos, atravesó la capa vegetal y continuó luego en un subsuelo arcilloso que iba siendo más humedo á medida que se iba descendiendo. De trecho en trecho se encontraban en medio de esta arcilla amarilla-oscura-sucia, y de la consistencia de la cera, muy plástica, suave al tacto y grano fino, nódulos pequeños de fierro fosfatado azul (vivanita). A unos 7 ú 8 metros de profundidad brotó el agua y observamos que salía con algunas burbujas, lo cual llamó nuestra atención. Juzgamos inmediatamente que fuera de ácido carbónico ó de un hidrocarburo, cuya causa allí no era perfectamente explicable. Para convencernos, el Profesor Herrera, descendió al fondo del pozo y con una cerilla encendida comprobó que dichos gases eran los que nosotros creíamos, pues en unos puntos se inflamaban prévia una ligera explosión y en otros se apagaba la llama.

Estos gases á cierta tensión producen la salida del agua, la cual se ha ido disminuyendo poco á poco y hoy se encuentra detenida á unos 4 ó 5 metros de distancia del suelo. Esta agua sale muy mezclada con arcilla, la analizamos despues de haberla filtrado repetidas veces y vimos que era potable en lo relativo á materias minerales, pues apenas contiene 0,0114 de sales de cal; propiedad que se completará al contener el agua cierta cantidad de aire en disolución; sabor, olor y color, nulos.

Semejante cosa sucede con la mayor parte de los aljibes hechos en la altiplanicie.

Existe otra razon ademas de las anteriores para apoyar nuestra creencia. Si las aguas artesianas, aceptadas por un momento, se encontraran intercaladas en medio de las capas constitutivas de la Sabana, esas aguas se habian abierto una salida en las partes bajas de la cuenca por las grietas correspondientes á los planos de extratificación de las capas cretáceas que se encuentran en la superficie de fractura de dichas capas y que forman una de las paredes de la cuenca. Entónces, las aguas, si existieran en abundancia y á gran tensión, saldrían por los puntos indicados y no podrian, aún así, presentarse á la superficie de la Sabana.

Las faldas de las Cordilleras que circundan la Sabana hácia la Mesa, el Roble &.; las grandes grietas en Facativá y otros puntos, en donde no existe el agua de vertiente sino en muy raros sitios; son hechos que corroboran y demuestran prácticamente nuestras ideas expuestas en las líneas anteriores.

Pondremos punto, por ahora; y declaramos que nuestros estudios han sido hechos con grande escrupulosidad.

Solamente hemos hablado con detención de los puntos que conocemos personalmente ó de aquellos que han sido estudiados por autoridades de toda confianza.

Es probable que en varios pasajes hayamos sido cansados, debido á largas digresiones que hemos creído necesarias para fijar mejor nuestras ideas y las consecuencias que de ellas puedan deducirse. Otros asuntos habremos tocado apenas, cuya razon ha sido la falta de conocimientos y datos para hacer un estudio más completo.

NICOLAS SAENZ,

Profesor en Ciencias Naturales.