

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 28 DE FEBRERO DE 1887.

4.<sup>o</sup> Serie.

Tomo 5.<sup>o</sup>

Número 4.<sup>o</sup>

AÑO XXXV DE LA PUBLICACIÓN:

---

## SUMARIO.

El Canal interoceánico de Panamá (continuación).—Estudios de carreteras, por D. Julián Martínez del Peral, Ingeniero de Caminos.—Ferrocarriles de Canfranc y del Noguera-Pallaresa.

---

## EL CANAL INTEROCEÁNICO DE PANAMÁ.

---

(Continuación.)

Ningún volcán existe en la región de Panamá; el más próximo, situado en la frontera N. de Colombia, es el Chiriqué, de 3.485 metros de altitud, hace tiempo completamente apagado; por el contrario, en las cinco Repúblicas centro-americanas se encuentran hasta 82 cráteres, de los que 24 en Nicaragua, varios en actividad, y algunos de gran importancia, como los gemelos Agua y Fuego, que miden 4.160 y 4.286 metros de altura, habiendo tenido lugar en Junio de 1880 una gran erupción del segundo; la actividad volcánica no reaparece hasta Quito.

Los temblores de tierra tampoco son frecuentes en esta comarca; antes del que ocurrió en Septiembre de 1882, que se repitió varios días y se sintió en Panamá y en toda la región del istmo con bastante fuerza, aunque sin ocasionar grandes destrozos, no se recordaba en la capital ningún otro anterior; bien sabido es que estos fenómenos se presentan muy á menudo en la América Central.

La geología del istmo de Panamá ha sido estudiada en diversas épocas por el Ingeniero Garella, el Dr. Wagner y, últimamente, por el Ingeniero de minas Boutan, en 1880; de sus valiosas y autorizadas observaciones, así como de los resultados de posteriores sondeos, tomamos cuanto sobre asunto tan interesante hemos de decir aquí y en el capítulo especial á ello consagrado.

La mayor parte de las rocas que existen en la región que se extiende de Colón á Panamá, pueden dividirse en rocas cristalinas de origen ígneo,

cuya descomposición y transformación ha dado origen á la casi totalidad de los terrenos; y en brechas, tobas, areniscas, etc., que derivan de aquéllas. Las cristalinas se pueden subdividir á su vez en tres especies principales, designadas por M. Boutan con los nombres de traqui-dolerita, traquisienita y andesita augítica, que se distinguen en que la primera aparece principalmente compuesta de cristales de feldespato labrador, mezclados con piróxeno augito, ocupando los intersticios hierro oxidado; la segunda, muy parecida á las traquitas anfibólicas, está caracterizada por la sanidina (feldespato vitreo), el anfíbolo hornablenda y á veces la mica negra, y la tercera está esencialmente formada de cristales de oligoclásica asociados á la calcedonia y al piróxeno, que entra en menor cantidad que en el primer tipo, y al hierro oxidado en abundancia. Las rocas de esta última clase se encuentran principalmente en el valle alto del Chagres, como lo prueba el que entre los cantes rodados que arrastra el río se hallan en gran cantidad; lo mismo puede decirse del granito señalado por Wagner, pero son menos abundantes los arrastres de esta procedencia.

Las diferentes variedades de las dos primeras especies se encuentran en el estado de conglomerados en diferentes puntos del istmo, en ambas vertientes; las traqui-doleritas, que también aparecen en masas compactas, son las que forman las cumbres de los cerros más elevados de los alrededores.

Á estas tres variedades de rocas cristalinas hay que añadir otras más compactas y amorfas que, aunque del mismo origen, han aparecido tales como ahora se presentan, sin ulterior transformación; éstas son las traquitas compactas del cerro Ancon y de los alrededores de Panamá, roca que no puede referirse á ninguno de los tres tipos indicados por no tener los mismos elementos constitutivos, las tobas compactas brechiformes de Bohio Soldado y las traquíticas de Panamá y Barbacoas. Los diversos grupos de tobas, areniscas, arcillas, etc., que existen en el istmo pueden ser considerados como otros tantos productos derivados de las rocas precedentes, generatrices, por decirlo así, y de los conglomerados que ellas forman. Los terrenos que constituyen tienen una gran importancia en los dos lados de la cadena, entre Pedro Miguel y Panamá por una parte, y entre Barbacoas y Colón por la otra, siendo algunos en extremo fosilíferos; las tobas de la loma del Tigre, de Gatún y de la loma del Mono, así como las arcillas de Gatún, Tabernilla, Gregoria y otros puntos, pertenecen á esta clase de terrenos.

A las anteriores rocas puede añadirse la caliza cristalina compacta, que forma algunas lomas de pequeña altura cerca de Ahorca-Lagarto, y que se encuentra algo más lejos en Vamos-Vamos y en Emperador; esta última un poco magnesiana; en ellas se distinguen restos de fósiles, difíciles de

reconocer con exactitud, pero que parecen pertenecer á los géneros corales y foraminíferos.

Las rocas eruptivas de esta región son, pues, de origen volcánico submarino; en ninguna parte se encuentran productos de volcanes terrestres, como pudieran hacerlo creer los valles en forma de embudo que existen entre el cerro Trinidad y los altos de María Enríquez, rodeados de colinas agrupadas, que tienen la apariencia de antiguos cráteres hace siglos apagados; al pie del volcán de Chiriquí, al N., y en la cordillera de Bando en el Darién, al S., se halla ya ésta clase de formación.

En dos categorías principales correspondientes á la división petrográfica indicada clasifica Boután las rocas ígneas del istmo; serie dolerítica y serie traquítica, si bien las diversas variedades de cada una de ellas no se han formado en la misma época, ó si así ha sucedido, deben tener origen diverso; pero se observa que la primera es más reciente que la segunda, apareciendo en todos los casos superpuesta á ésta, hecho importante que concuerda con lo que sucede en otros países de formación ígnea, y principalmente en Hungría, cuyas rocas tienen mucha analogía con las del istmo americano.

Las calizas antes citadas, cuya formación es muy difícil de explicar, pertenecen, según Garella, al período secundario; pero en opinión de Boután, á causa de los restos de fósiles que contienen y de su completa semejanza con la de la Campana en el valle alto de Chagres, en la que se distinguen los orbitolites, debe asignárseles como época los principios de la terciaria.

Los demás terrenos que existen son contemporáneos de los precedentes ó más recientes que ellos, puesto que se han formado á sus expensas.

Las rocas se encuentran al descubierto únicamente en algunas pendientes escarpadas, en los barrancos profundos, en varios recodos bruscos del Chagres y en diversas trincheras del camino de hierro; generalmente están cubiertas, lo mismo en el bosque virgen que en las praderas, por una capa de tierra vegetal ó de arcilla fuerte de uno á diez metros y aun más de espesor, como se ve en las orillas del Chagres hacia la parte inferior del valle. En los cerros más elevados, el Cabra y el Grande; entre otros, se encuentran las rocas en cáticos aislados y á veces en bloques de considerable magnitud, diseminados en una tierra arcillosa; se pueden considerar excepcionales los puntos en que la roca en masa que los ha formado aparece al descubierto.

La arista culminante de la roca volcánica no se encuentra, como se creyó en un principio, deduciéndolo de la configuración del terreno, en la proximidad de la divisoria de las aguas, cerca del paso de la Culebra, sino en la vertiente del Atlántico, entre Matachín y Emperador; más arriba de

este lugar desciende bruscamente la superficie de la masa eruptiva, presentándose en cambio un depósito sedimentario que forma el macizo de la Culebra, en el que debajo de las arcillas superiores se encuentran capas más ó menos metamórficas y una importante formación de pizarras y areniscas pizarrosas pertenecientes al terreno hullero.

El valle del río Grande está también cubierto de un depósito de sedimento; las rocas volcánicas, de menor dureza que en la región central, aparecen en diversos puntos, y los aluviones de los ríos adquieren una importancia mucho mayor.

La roca que forma la punta sobre la que está edificada Panamá, y que también aparece en las islas de la bahía, es traquítica, rojiza; Garella la clasifica como arenisca y Wagner señala en ella la presencia de granito, sienita y otras rocas cristalinas primitivas; en la costa que separa la ciudad de la desembocadura del río Grande existen diversas tobas y arcillas, así como la traquita gris que forma el cerro Ancón y las rocas doleríticas que asoman en la embocadura.

En la vertiente N., á partir de Matachín, el terreno presenta una falla, por la cual corre el río Chagres; sus bordes no se corresponden, como lo prueban las rocas que se encuentran al descubierto en Barbacoas y en San Pablo á uno y otro lado del río, sino que difieren completamente, pues mientras que en el primer punto es una especie de toba traquítica blanquecina, en estratificación confusa, que se eleva en escarpe casi vertical á la altura de 15 ó 20 metros sobre el río, en el segundo, distante un kilómetro de Barbacoas, es una brecha traquítica algo amarillenta, cristalina y de menor dureza que en el anterior, cuyos bancos tienen más de ocho metros de espesor.

En esta vertiente se encuentran las rocas volcánicas y las calizas de que hemos hecho mención, cubiertas en parte por las sedimentarias á que han dado origen y por los aluviones del Chagres, pudiendo observarse que son tanto más duras cuanto más se aproximan al macizo central.

La formación de areniscas y caliza conchífera en capas horizontales que comprende el terreno que se extiende entre el río Trinidad y el mar hasta la bahía de Limón, pertenece seguramente una parte á la época terciaria más reciente y otra al período contemporáneo; en medio de estas rocas, y cerca de la bahía, se levantan bancos de políperos fósiles, que son más abundantes al E., no lejos de Puerto Bello.

Los arrecifes madrepóricos que forman el esqueleto de la isla de Manzanilla, cuyos abundantes corales pertenecen á especies vivas, están recubiertos de légamos y tierra vegetal poco fértil, impregnada de agua marina y mezclados con restos de conchas.

En la costa N. se extienden bancos de tobas submarinas, muy ricas en

conchas, que contienen abundantes restos traquíticos, y las playas al O. de Colón están cubiertas de una arena negruzca ferruginosa, con numerosas partículas metálicas, de un aspecto muy distinto de las arenas ordinarias y un peso específico considerable.

Las erupciones han hecho desaparecer en casi todos los terrenos del istmo, á excepción de los terciarios del litoral del Atlántico y algunos otros, en corto número, el más ligero rastro de organismo, lo cual hace muy difícil el estudio geológico, y más inciertos sus resultados.

Garella, cuyos estudios se extendieron hasta la embocadura del río Caimito, indica que una importante formación de pórfidos y de trapps da origen á todas las montañas del istmo, desde los alrededores de Panamá hasta los últimos contrafuertes de la cadena central, en la vertiente del Atlántico, y señala varias areniscas y grauwackas de transición en algunos puntos, entre otros en la ladera Norte del cerro Grande. Sus apreciaciones disieren, por consecuencia, en algo de las de Boután.

Un banco de hulla antracitosa que se supone se extiende á gran profundidad á lo largo del istmo desde Chiriquí, donde es muy potente, hasta el golfo de Uruba, asoma á la superficie cerca de los ríos de los Indios y de Juan Díaz, no lejos y á ambos lados de la recta que une Panamá con Colón. Citaremos también, como curiosidad, que hace años se explotó una mina de oro á orillas del río Saldanillo, cuyas aguas vierten en el Obispo, y que en la cordillera de Pacora y en otros puntos al S. del istmo se ha reconocido la presencia del hierro oligistó y varios metales preciosos.

Boután, apoyándose en sus observaciones, llega á la siguiente conclusión, al estudiar la manera probable cómo se ha formado esta comarca, conclusión que concuerda en gran parte con la de Garella, y es, que en el emplazamiento del istmo de Panamá existía en otro tiempo un estrecho de mayor ó menor latitud que unía las aguas del Atlántico con las del Pacífico; que este estrecho ha sido cegado, á lo menos parcialmente, por erupciones submarinas, traquíticas primero y doleríticas después; que entre los dos períodos de estas erupciones ha transcurrido un intervalo de tiempo bastante grande, durante el cual ha tenido lugar la formación de casi todas las tobas traquíticas transformadas y tal vez también de las calizas de Ahorca-Lagarto y otros puntos; por último, que todo el terreno se ha levantado probablemente á principios de la época terciaria y al mismo tiempo, con corta diferencia, que el sistema post-numulítico de los Pirineos, tomando desde entonces un relieve que debía diferir poco del que tiene en la actualidad.

El curso de todos los ríos que riegan el istmo colombiano puede dividirse en tres zonas características: en la primera, ó sea la inferior, el valle conserva una suave pendiente y el lecho sinuoso está recorrido por aguas tranqui-

las, cuya corriente es apenas sensible; en la segunda, hacia agua arriba, que es la de transición, aparecen los rápidos; la velocidad de las aguas aumenta cada vez más, acarrean las gravas y los cantos rodados de las vertientes superiores, arrastres que se depositan cuando la velocidad disminuye, y forman nucleos de islas que alcanzan á veces gran extensión, y el río se abre paso por entre estos depósitos, formando brazos, cuya posición se altera frecuentemente; en la tercera zona aumentan los rápidos y el río se convierte en torrente; su curso se compone de una sucesión de estanques y de caídas cada vez más marcados, hasta que las aguas se subdividen, perdiéndose en los pliegues y las grietas del terreno ó su caudal reunido salta de una gran altura y remonta de cascada en cascada hasta su origen. La extensión relativa que ocupa cada una de estas tres zonas es muy variable; pero, en general, en los ríos principales, cuyos thalwegs están á un nivel inferior, la primera sección es relativamente más extensa que en los afluentes, así como se verifica que en cada tributario aquélla es tanto más considerable cuanto más próxima desemboca á la parte inferior de la arteria principal. Otra observación puede añadirse, y es que, por regla general, en todo afluente que desciende de la cercanía de una depresión de la sierra ocupa mayor extensión la parte regular de su curso antes de llegar á la zona torrencial.

Hechas las breves consideraciones anteriores, vamos á estudiar los ríos de esta región que más nos interesan, y observaremos de paso que en esta parte de América todas las corrientes de aguas pluviales, cualquiera que sea su importancia, reciben el nombre de ríos, empleándose á veces la palabra *quebrada* en el sentido de torrente ó arroyo.

Además del caudaloso Atrato, río que limita en parte el istmo al Este, cuatro grandes arterias principales recogen casi todas las aguas que riegan abundantemente esta región; de ellas, una sola, el Chagres, desemboca en el mar de las Antillas; las otras tres vierten en el Pacífico: el río Bayano por la mayor angostura del istmo, y el Chucunaque y el Tuyra por el extenso golfo de San Miguel, después de haberse reunido formando un ancho estuario, que constituye una magnífica abra interior. Únicamente nos ocuparemos del Chagres ó río de los Lagartos, según lo llamaron en un principio los españoles; él es, en efecto, la corriente fluvial de verdadera y grande importancia en la zona que ha de atravesar el canal.

Al seguir el thalweg del valle, cuya configuración ya indicamos antes, describe el río una gran curva, y mientras que en la parte superior corren sus aguas paralelamente á la divisoria principal, dirección que puede calificarse de anormal, continúan perpendicularmente á ella en el curso inferior, desembocando después en el Atlántico.

Nace, según el Sr. Wyse, á los  $73^{\circ} 2'$  de longitud Oeste de San Fernan-

do, á unos 50 kilómetros al Este de Puerto-Bello, en la ladera S.O. de un pico bastante elevado, situado en la intersección de la cordillera de Pacora con la del Atlántico, que forma una especie de nudo ó centro divisorio, donde tienen también nacimiento el río Pacora, que se dirige al S., y el Mamoni, que corre hacia el S.E., ambos tributarios del Bayano, y probablemente el Mandinga, sobre la vertiente N., aunque esta suposición no está confirmada.

La cuenca, de 2.650 kilómetros cuadrados de superficie, con una longitud máxima de E. á O. de 100 kilómetros y una anchura de 50, está limitada al O. por una estribación de la sierra de Capira, que arranca cerca del monte Trinidad y viene á morir en el Atlántico, no lejos de la desembocadura del Chagres, con el nombre de Sierra de Piña; al S., por la línea divisoria general y al N. por la cordillera del Atlántico y su prolongación en la dirección de Gatún; ó sea las sierras de Santa Rita y las lomas de Mindi.

En su curso superior sigue el río la dirección general S. O., y recibe varios afluentes, de los que el Pequeñi y el Chelibre tienen alguna importancia; en este trayecto pasa por gargantas estrechas entre los últimos cerros de las diversas estribaciones, siendo las principales la de la Campana, aguas abajo de la confluencia del Chelibre; la que existe cerca de la aldea de Cruces y la de Matachín, que tan sólo tiene 150 metros de ancho. Aunque el valle es generalmente encajonado, se ensancha de un modo notable aguas arriba de estos desfiladeros y el thalweg sube lentamente; lo mismo sucede con las confluencias, tales como el Gatuncillo y el Chilibre, cuyas pendientes son débiles en la proximidad del río principal, y los valles bastante anchos.

Desde Matachín á Barbacoas se dirige el río al O.; el valle es más ancho que agua-arriba, pero no existe desfiladero alguno, sino solamente un estrechamiento cerca de Baila-Monos; la pendiente es tan suave que en el primer punto el nivel del agua no se eleva más que 12 metros sobre el medio del mar; en este trayecto recibe varios tributarios pequeños, secos durante el verano, entre otros el Obispo, que tiene su origen en el cerro de la Culebra, el Caravalli y el Baila-Monos.

En Barbacoas vuelve á cambiar de dirección, y con un curso en extremo sinuoso y una pendiente de 0,15 á 0,13 metros por kilómetro, se dirige hacia el Atlántico, donde desemboca al pie de la antigua villa de Chagres, á ocho kilómetros al O. de la bahía de Limón. El valle comienza á ensanchar á partir de Barbacoas; desde Tabernilla hasta el cerro de Buena-Vista se extienden llanuras sin ondulaciones sensibles, cubiertas de espesos bosques; numerosos arroyos sanean esta región vertiendo en el Chagres las aguas llovedizas. La zona pantanosa, de 11 kilómetros de longitud, empieza frente á la desembocadura del río Trinidad, afluente de la orilla izquierda, que nace en el cerro de este nombre y se extiende á lo largo del río Mindi,

que desemboca en la bahía de Limón; las aguas, estancadas en extensas lagunas, se encuentran cubiertas por una poderosa vegetación. Del Trinidad al mar la pendiente es casi insensible, y las marcas del Atlántico, cuya amplitud es tan pequeña, hacen sentir su efecto hasta el lugar Palo-Matiás-Nuevo, á 27 kilómetros de la embocadura, bastando su fuerza durante la estación seca para producir una corriente que remonta el río.

Desde Matachín hasta la confluencia con el Trinidad varía el ancho del Chagres de 50 á 80 metros y su profundidad es muy desigual; del Trinidad al mar aumentan ambas; la primera varía de 60 á 100 metros y la segunda llega hasta 10 y 12 metros en algunos puntos, siendo la media 4 ó 5 metros; de manera que el río es navegable en una gran parte de su curso, pudiendo remontarlo grandes embarcaciones, hasta llegar á Matachín, en una longitud de 41 kilómetros. La barra se apoya al E., en las elevadas rocas sobre las que está edificado el Fuerte de San Lorenzo, y al O. se une á una playa muy extensa que limita el istmo en una gran longitud; en ella no hay más que cuatro metros de calado, muy inferior como se ve al del río en la última parte de su curso. Tanto el río Trinidad, que es uno de los principales afluentes del Chagres, como los Caño quebrado, Tríoles grandes, Agua salud, Gatún y demás tributarios agua-abajo de Barbacoas, son verdaderos torrentes que se agotan casi por completo en verano; las cuencas del primero y del último tienen respectivamente 420 y 460 kilómetros cuadrados de extensión. Sus valles, así como las estribaciones que los limitan, son todos paralelos á la divisoria de los dos mares y al curso superior del Chagres, y están cortados por la falla diametral del terreno, determinando así dos direcciones principales de alineación que se repiten en varios puntos del istmo.

El río Obispo, en cambio, corre, según hemos dicho, en la dirección del curso inferior del Chagres, y su pendiente no ofrece la misma uniformidad; en general es mucho mayor y está cortada por dos caídas respectivamente de 3 y 12 metros de altura, en las que la roca aparece al descubierto.

El gasto del río Chagres es muy variable, y sus frecuentes crecidas alcanzan intensidades muy diversas. El asoro hecho en Gamboa, cerca de Matachín, en el estiaje, ha dado como gasto mínimo 13 metros cúbicos por segundo; durante la estación lluviosa sube, por término medio, á 134 metros cúbicos, y llega á 666 en las crecidas anuales, que duran regularmente 48 horas. Wyse y Reclus afirmaban al presentar su proyecto que las crecidas de 800 á 1.000 metros cúbicos son verdaderamente excepcionales, y que la mayor de que se tenía noticia llegaba á 1.200; de lo que dedujeron que el gasto medio del río, agua-arriba del Trinidad, es de 57 metros cúbicos, correspondiendo 21 metros en la estación seca y 75 en la lluviosa. Observaciones posteriores hechas por el Coronel Catley en el mes de Noviembre

bre de 1879 dan á conocer que el gasto del Chagres alcanzó en aquella crecida extraordinaria durante seis días el volumen de 1.930 metros cúbicos por segundo en el puente de Barbacoas. Teniendo en cuenta la cantidad máxima de agua llovida y la extensión de la cuenca superior del río, que es de 1.350 kilómetros cuadrados, así como las pérdidas por evaporación, filtración y absorción de los vegetales, puede considerarse, con arreglo á recientes datos, que el gasto medio del Chagres en Gamboa es de 116 metros cúbicos.

Las alteraciones que el nivel del río sufre al mismo tiempo son muy importantes; en el estrechamiento agua-arriba de Matachín, entre los cerros de Santa Cruz y Obispo, se ha elevado 11 metros sobre el del estiaje, quedando así estacionario durante siete días, y aun llegó á 15 metros el año de 1879, impidiendo el servicio del camino de hierro interoceánico; en estas crecidas extraordinarias suben las aguas del Chagres por el cauce del Obispo; en Manci se elevó 9 metros en Abril de 1878, y en Barbacoas 7 metros. Esto indica cuán variable es el régimen del río Chagres, como sucede á todas las corrientes fluviales de importancia de aquellas regiones en que, como en el istmo americano, la altura del agua llovida varía tanto según las estaciones, y las lluvias torrenciales alcanzan á veces grandísima intensidad, lo cual, unido á la configuración del terreno, á los estrechos desfiladeros por los que el río está obligado á pasar en angosto canal, á la débil pendiente del curso inferior y á los obstáculos formados por las ramas y grandes troncos que encuéntral agua, originan las súbitas avenidas y la subida del nivel á alturas extraordinarias.

(Se continuará)

## ESTUDIOS DE CARRETERAS

Deseosos de mejorar el servicio que presta el personal de Obras públicas en las diversas provincias, y animados del espíritu conciliador entre los intereses del mismo y del general del Estado, nos ocurre una idea que procuraremos desarrollar, por si en elevadas regiones tuviera aceptación y pudieramos con nuestra humilde palabra, lograr una mejora en la parte referente al epígrafe de nuestro modesto artículo.

Los Ingenieros, y en general el personal facultativo destinado al servicio ordinario de provincias, desempeñan y atienden simultáneamente a muchos y variados cargos que no es fácil hermanar, y que pudieran, subdividiéndolos, estar mejor atendidos cada uno en particular, lo que sin duda alguna se reflejaría en beneficio de los intereses generales de la nación.

Para demostrar la tesis expuesta, examinaremos primero cómo se desempeña el trabajo encomendado á los referidos funcionarios, y deduciendo