

EL CAÑÓN DEL COLORADO

POR

E. CUETO RUI-DIAZ

INGENIERO DE MINAS

HISTORIA

En el mes de mayo de 1536 llegaron a la población mejicana de Culiacán, fundada pocos años antes en la costa oriental del Golfo de California (llamado también, en aquella época, Mar de Cortés y Golfo de las Perlas), tres españoles y un negro, que, por el extraño y lastimoso estado en que se hallaban, inspiraban a unos viva curiosidad y a otros honda compasión. Eran los supervivientes de una poderosa expedición que, mandada por Pánfilo de Narvaez, había zarpado de España en 1527, dirigiéndose a La Florida, tierra descubierta diez años antes por Ponce de León, con el firme propósito de conquistarla. Tuvo aquella empresa el más desastroso fin que pudiera esperarse, pues, perdidas todas las naves y con ellas la mayor parte de los 600 hombres que transportaban, los restantes fueron pereciendo poco a poco en la pantanosa costa en que desembarcaron, unos víctimas de las enfermedades y otros atravesados por las flechas de los belicosos indios.

Los cuatro que se salvaron recorrieron, a pie y desnudos, el in-

menso país que se extiende entre La Florida y la costa mejicana del Pacífico, constituido en su mayor parte por regiones áridas, caldeadas en el verano por un sol abrasador y azotadas en el invierno por helado cierzo. En su inacabable peregrinación, que duró más de ocho años, anduvieron aquéllos forzosos, pero intrépidos caminantes del desierto una distancia que el historiador norteamericano Fletcher Llummis estima, acaso con exageración, en unas 10.000 millas terrestres, que equivalen a más de 16.000 kilómetros. Uno de aquellos héroes, llamado Alvar Núñez Cabeza de Vaca, que era persona de esmerada instrucción, hizo del penoso viaje un relato que causó en quienes lo escucharon grande asombro.

Informado de este extraño suceso el Virrey de la Nueva España, que lo era a la sazón D. Antonio de Mendoza, dispuso que se organizara una expedición destinada a explorar los misteriosos territorios visitados involuntariamente por Cabeza de Vaca y sus compañeros. Se encargó de aquella difícil empresa Vázquez Coronado, quien, a principios de 1540, salió de Culiacán con 250 hombres, llevando por guía a Fray Marcos de Niza, misionero que pretendía haber descubierto, el año anterior, las Siete Ciudades de Cibola, de cuyas riquezas se decía que habían hablado los indios con gran encomio a Alvar Núñez. La asombrosa exploración de Coronado no sólo se extendió a la porción de las Montañas Rocosas en que hoy radican los estados de Nuevo Méjico, Arizona y Colorado, sino también a la parte de las vastas llanuras situadas más al Este en que se hallan los estados de Oklahoma y Kansas, donde pacían entonces grandes rebaños de bisontes americanos, animales a los que los españoles dieron el nombre de «cíbolos».

De dicha exploración solo haré referencia a un episodio que causó honda sorpresa a los que tomaron parte en él. A los siete meses de su salida de Culiacán llegó la expedición a los pueblos indios de Zuñi, en el Oeste de Nuevo Méjico, edificados sobre altos riscos. Allí dividió Coronado su fuerza en pequeños grupos, cada uno de los cuales exploró el sector del país que le fué asignado. Uno de aquéllos, formado por veinte hombres al mando del

capitán Pedro de Tovar (o tal vez al de Lópe de Cárdenas), marchó en dirección Noroeste, llegando después de atravesar muchos kilómetros de desierto, a una región elevada cubierta de bosques de pinos y enebros. Cuando, guiados acaso por indios «hopis», intentaron después avanzar hacia el Norte, apareció súbitamente ante sus ojos un gigantesco barranco por cuyo fondo corría encajonado un río de aguas cenagosas. Aunque éste fluía hacia el Oeste, el color de las aguas les indujo a creer que aquel río era el Colorado, el cual, en su curso inferior, único conocido entonces, corre de Norte a Sur. La grandiosa y solitaria quebrada de este modo descubierta había de convertirse, andando los siglos, en uno de los lugares de la Tierra visitados por mayor número de geólogos, geógrafos y turistas.

Aquel profundo surco, como tantos otros de análoga morfología de la región árida del Suroeste de los Estados Unidos y de la parte próxima de Méjico, fué llamado por los españoles «cañón»; castizo vocablo castellano incompatible con la ortografía y la fonética inglesa, por lo que los norteamericanos no pueden ni escribirlo ni pronunciarlo. La emoción que el Cañón del Colorado haya podido producir a Tovar y a sus soldados no habrá sido inferior a la experimentada por algunos escritores modernos, a los que aquel estupendo rasgo fisiográfico inspiró frases dignas de ser recordadas. Dudley Werner dice que es el más sublime de todos los espectáculos de la Tierra. El profesor Van Dyke le describe en los siguientes términos: «Más imponente que el congosto del Yellowstone, más hermoso que el Niágara, más misterioso en su profundidad que el Himalaya en su altura, el Cañón del Colorado no es, como alguien ha dicho, la octava maravilla del mundo, sino que es más bien la primera, porque no hay nada sobre la superficie de la Tierra que pueda equipararsele». Teodoro Roosevelt, le juzga indescriptible y estima que no tiene paralelo en toda la redondez del globo. William Winter le llama paisaje de horrible desolación y, al mismo tiempo, de aterradora vitalidad, al que no se aproximaron ni Dante ni Milton en sus más sublimes inspiraciones. (J. Miller en-

carece con estas palabras la belleza del Cañón: Tomad la más grande, la más sublime cosa que ojos humanos hayan visto; modeladla como pudo haberla modelado la mano de Dios al crear el mundo; pintadla como sabían pintar los grandes maestros de la Antigüedad, y tendréis el Cañón grande del Colorado. Las frases transcritas, y otras que pudieran ser reproducidas, no obstante lo que en ellas pueda haber de hiperbólico, ponen de relieve la grandeza del Cañón y la profunda impresión que causa en quien le contempla.

Los españoles no se limitaron a descubrir la célebre garganta. Es lo más verosímil que, conquistado definitivamente Nuevo México, el año 1580, por Juan de Oñate y fundadas en él varias ciudades, entre ellas la de Santa Fé, los audaces e inquietos habitantes de la nueva colonia exploraran minuciosamente el árido país situado al Oeste, y llegaran repetidas veces al borde meridional del Cañón del Colorado, el cual constituiría el obstáculo, aparentemente insuperable, que se oponía a su avance hacia el Norte. La necesidad de franquearlo no se sintió, sin embargo, hasta que, en el último tercio del siglo XVIII, los españoles se establecieron en la región que hoy llaman los americanos, con legítimo orgullo, el dorado jardín de California. La comunicación por tierra entre las dos provincias más septentrionales de la Nueva España no era posible sin vadear el Colorado, y para conseguir ésto, siguiendo el camino más corto, había que cruzarle por el Cañón de Arizona. El honor de haberlo realizado los primeros corresponde, como el de otras mil empresas heroicas, a los frailes que acompañaban a los conquistadores, muchos de los cuales, además de la labor apostólica a que se hallaban entregados; se consagraban al estudio de la geografía, la fauna, la flora y las lenguas de los indios. A aquella admirable clase de misioneros exploradores pertenecieron los Padres Vélez y Escalante, religiosos franciscanos que realizaron largos y fatigosos viajes por los desiertos de Arizona y Utah, unas veces solos y otras llevando por guías a los indios.

Los mencionados Padres vadearon el Colorado, sin guías, el

año 1775, por el tramo nombrado hoy Cañón del Mármol, con ocasión de su viaje desde Nuevo Méjico a las lagunas de los Yamparicas (el gran Lago Salado y lagos menores próximos), desde donde regresaron por el país de los indios hopis a la ciudad de Santa Fe. La relación que hicieron de su viaje, publicada por Novo y Colson en su libro sobre el «Viaje alrededor del Mundo de las corbetas Descubierta y Atrevida», contiene una interesante descripción del vado, de la cual es el siguiente párrafo: «Primero un rincón todo cercado de cerros y crestones de tierra colorada, muy elevados, que teniendo varias formas y siendo el llano intermedio del mismo color, tiene un aspecto agradablemente confuso; luego arenales muy escarpados y pasos difíciles con bancos peligrosísimos de peñas; finalmente un vado de ascenso tan escabroso, que fué preciso hacer con pico algunos escalones en la piedra viva para las caballerías, y bajar a mano todas las cargas y aparejos». Este paso, conocido aun hoy con el nombre de «Crossing of the Fathers» (El Vado de los Padres), se cree que haya sido utilizado, por última vez, por los indios navajos en los años 1866 y 1867, en cuya época realizaron repetidas incursiones en la mitad meridional del estado de Utah para saquear las primeras colonias mormonas establecidas allí. L. Kolb, quien visitó el vado en 1911, buscó en vano la vieja senda que cruzaba el río en aquel punto.

Los primeros norteamericanos que visitaron el Cañón del Colorado fueron el cazador de castores James O. Pattie y su padre, quienes siguieron el borde meridional, de Oeste a Este, en 1826, es decir, cerca de tres siglos después de haber sido descubierto por los españoles. El célebre viaje del Mayor Powell, con nueve hombres, desde Green River City, en el estado de Utah, hasta la desembocadura del río Virgen, en Arizona, fué realizado en el verano del año 1869 y demostró que en el trayecto recorrido, que pasa de 1.600 kilómetros, no existen, como se creía, ni grandes cascadas, ni peligrosos remolinos, ni pasos subterráneos. Dicho viaje, efectuado en 4 botes provistos de abundantes provisiones, es un episodio de los más sugestivos y heroicos de la conquista

del Oeste por los americanos; pero no resiste la comparación con las inauditas marchas de nuestros exploradores, los cuales, las más de las veces, carecían hasta de lo más necesario, pues iban cubiertos de harapos y sus únicos alimentos eran los que les facilitaban las plantas que crecen en aquellas semi-desérticas regiones.

Con el fin de conservar el Cañón del Colorado tal cual era en el principio, esto es, como se ofreció en 1540 a los ojos atónitos del Capitán Tovar y de sus soldados, fué declarado Parque Nacional, para beneficio y deleite del pueblo, por Ley del Congreso de los Estados Unidos de 26 de febrero de 1919. Las dos vertientes del Cañón fueron estudiadas minuciosamente, y los centenares de barrancos, torres, mesas y cerros modelados en ellas por la erosión recibieron nombres de dioses, héroes, reyes, naturalistas, etcétera. Nuestros exploradores no fueron olvidados, como era de justicia, por los geólogos y geógrafos americanos, quienes dieron a ciertas formas topográficas notables los nombres de Tovar, Cárdenas, Coronado, Escalante, Alarcón, Cabeza de Vaca, Francisco Garcés y Marcos de Niza.

Siendo el Cañón del Colorado uno de los trazos más vigorosos de la faz de la Tierra; habiendo sido descubierto por españoles, quienes le dieron el nombre que hoy lleva; siendo también españoles los primeros que le cruzaron y describieron, me ha parecido oportuno recordar estos hechos, los cuales constituyen una gloriosa página de la exploración de América por los españoles; exploración que, a juicio del escritor a quien antes he citado, es «la más grande, la más larga y maravillosa serie de valientes proezas que registra la Historia».

LAS MONTAÑAS ROCOSAS Y LA MESETA DEL COLORADO

En la América del Norte se distinguen tres grandes unidades geográficas, a saber: El centro está formado por una inmensa llanura caracterizada por lo reducido de su altura sobre el nivel del mar; en la costa oriental existe una faja montañosa muy denudada

que se extiende, con dirección Noreste, desde Alabama hasta el Canadá, siendo los Apalaches su más destacado elemento orográfico; por fin, el borde occidental del continente está constituido por un sistema de altas cordilleras (de 160 kilómetros de ancho) que, iniciándose en las Sierras Madres mejicanas, singularmente en la occidental, se prolonga con dirección general Nor-Noroeste a través de los Estados Unidos y el Canadá, rematando, por su extremo Norte, en el territorio de Alaska.

Próximas a la costa del Golfo de Méjico hay, en los estados de Arkansas, Oklahoma y Tejas, algunas pequeñas montañas de estructura y composición estratigráfica análogas a las de los Apalaches, las cuales, en opinión de muchos geólogos, son las que establecen la conexión entre las dos zonas montañosas del Este y el Oeste de la América del Norte.

Las mencionadas unidades geográficas coinciden, en gran parte al menos, con los principales elementos geotectónicos de Norteamérica. La llanura central se extiende sobre una vasta región estable, formada en el Norte por una masa de rocas arcáicas y proterozóicas que, por haber sido intensamente plegada en los tiempos precámbricos, adquirió un grado de rigidez que la permitió resistir a todos los movimientos orogénicos posteriores, siendo ésta la causa de haber sido reducida, bajo la prolongada acción de las fuerzas exógenas, a una verdadera penillanura. Dicha masa arcáica, denominada «escudo canadiense», está cubierta en el Sur por un manto de terrenos paleozóicos y secundarios ligeramente ondulados.

La zona montañosa oriental, de gran regularidad en su estructura, se superpone a una angosta faja de corteza terrestre que, durante el paleozóico, fué plegada repetidas veces, pero que no parece haber sido afectada en escala apreciable por los movimientos orogénicos modernos, por lo que las montañas que la integran revisten todas formas alomadas de escasa elevación. Semejan los Apalaches, por su morfología, a las curiosas «sierras planas» de la costa oriental de Asturias.

El poderoso grupo de cordilleras occidentales, de mucha ma-

yor complicación tectónica que el de la costa atlántica, coincide en muchas de sus partes con una zona de litoesfera que ya fué plegada en los tiempos paleozóicos, pero cuyo relieve fué renovado repetidas veces por los movimientos denominados alpinos, debiéndose a esta circunstancia su actual elevación y su relieve áspero y juvenil.

De las tres unidades geográficas y tectónicas enumeradas, la que en relación con el tema de la presente conferencia ofrece mayor interés, es la del Oeste del continente, por lo que juzgo necesario hacer de ella una breve descripción. Puede ser dividida en dos haces de cordilleras, el más oriental de los cuales, llamado Montañas Rocosas, limita a Poniente la región de las grandes llanuras. El grupo occidental se levanta cerca de la costa del Pacífico, siendo su principal cordillera, dentro de los Estados Unidos, la Sierra Nevada de California.

Las Montañas Rocosas, después de atravesar Alaska y el Oeste del Canadá, entran en los Estados Unidos donde recorren, con la dirección general Sureste, los estados de Montana, Wyoming, Colorado y Nuevo Méjico, alcanzando la máxima altura en el estado de Colorado, donde hay cincuenta macizos que sobrepasan los 4.000 metros. Más al Norte, en el estado de Wyoming, donde se encuentra el célebre Parque Nacional de Yellowstone, las cordilleras pocas veces se elevan por cima de 3.000 metros, y en Nuevo Méjico no solo las alturas son aun menores, sino que, las montañas adquieren las formas tabulares designadas por los geólogos norteamericanos con el expresivo nombre castellano de «mesas».

Las montañas de Colorado forman una cerrada barrera que se opuso al avance hacia el Oeste de la gran corriente emigratoria producida por el descubrimiento del oro en California en 1848, forzándola a dividirse en dos, una de las cuales, la septentrional, siguió la llamada ruta de Oregon, y otra, la meridional, el camino de Santa Fé. La cordillera más oriental es la llamada Front Range, la cual, describiendo un amplio arco con la convexidad vuelta hacia el Este, se levanta bruscamente en el borde de la llanura central, per-

diendo gradualmente altura hacia el Sureste, hasta desaparecer por completo. Próximas a dicha cordillera, y sensiblemente paralelas a ella, se encuentran las denominadas Wet Mountains y Park Range. Más al Oeste se encumbran las montañas de Uinta, Sangre de Cristo y San Juan, las cuales no se ajustan al arrumbamiento general de las Montañas Rocosas, sino que, sobre todo la primera de las citadas, se desvía hacia el Oeste, tomando una dirección casi perpendicular a la cordillera de Front Range.

La causa de esta fuerte desviación está indudablemente relacionada con la existencia, entre las Montañas Rocosas y las cordilleras de Nevada y California, de una región de estructura geológica completamente distinta de la de las dos zonas plegadas que la limitan por el Este y el Oeste. Dicha región, que ocupa una gran parte del Norte de Arizona y el Sur de Utah, es conocida con el nombre de Meseta del Colorado. Consta de diversas partes, algunas de ellas vigorosamente diferenciadas, pero teniendo todas ellas caracteres comunes que permiten agruparlas en una unidad fisiográfica superior. Uno de aquellos caracteres es la aproximada horizontalidad de sus estratos, cuando los que constituyen las zonas plegadas próximas están, en general, muy inclinadas. Otro de sus rasgos distintivos es su considerable elevación sobre el nivel del mar, siendo algunas de sus mesetas más altas que las cordilleras próximas de Colorado y Nevada. El tercer hecho característico de esta región son los numerosos cañones que la cortan y las ingentes proporciones de algunos de ellos. Voy a analizar, con la brevedad posible, esta interesante unidad morfológica.

El Cañón del Colorado la divide en dos partes desiguales, hallándose al Sur de aquél la extensa meseta de Coconino, caracterizada por su monotonía topográfica y su suave inclinación meridional. Está constituida por la caliza pérmica de Kaibab, careciendo su superficie de desniveles importantes, lo que le dá la apariencia de una peniplanicie. La porción septentrional ofrece mayor variedad morfológica, distinguiéndose en ella tres escalones sucesivos, correspondientes a análoga distribución de las formaciones geológi-

cas. El más meridional, que es el más bajo y el que forma el borde del Cañón, está labrado en la misma caliza que cubre la meseta de Coconino. Sigue a éste otro peldaño integrado por capas jurásicas, cortadas al Sur por un alto tajó nombrado «Vermillion Cliff». El tercero y más elevado, que dá lugar a las altiplanicies de Utah, está compuesto de estratos cretáceos y terciarios, cubiertos en parte por mantos de lavas modernas, estando limitado hacia el mediodía por una pared vertical caracterizada por su color rosado y nombrada, en atención a esta circunstancia, «Pink Cliff».

Las plataformas enumeradas no se extienden, de Poniente a Levante, sin solución de continuidad, porque las fallas de dirección Norte-Sur que desgarran la región dividen a cada una de aquéllas en fragmentos de diversa altura. Cuando se las contempla desde el Sur, dan la sensación de verdaderas montañas, aunque no de la configuración normal, sino de un extraño e impresionante tipo orográfico, pues sus cumbres son líneas rectas sensiblemente horizontales, y los estratos que las componen, como consecuencia de no haber sufrido plegaduras importantes, asoman en sus laderas a modo de fajas o cintos de variados colores, también horizontales. Igual impresión produce la pared Norte del Cañón del Colorado cuando se la observa desde el borde Sur. Las montañas propiamente dichas (los picos de San Francisco, de más de 4.000 metros de altura) se levantan, altivos y señeros, mucho más al Sur y son de relieve y naturaleza petrográfica completamente distintas, pues consisten en grandes masas de lavas y cenizas volcánicas, siendo tan recientes algunos de los numerosos conos formados por este último material que hacen pensar en erupciones acaecidas en los tiempos históricos.

La posición horizontal de los estratos que integran la meseta del Colorado pudiera inducir a creer que ésta, en el curso de su historia geológica, solo había experimentado movimientos «en masa» de sentido radial, unos ascendentes y otros descendentes; pero dichos movimientos epirogénicos, solo han podido producirse a expensas de una honda segmentación de la meseta. Esta consta de los

siguientes elementos tectónicos: Primeramente tres grandes fracturas denominadas fallas de Hurricane, Sevier y Pausaugunt, que dividen la región en grandes dovelas arrumbadas aproximadamente de Norte a Sur; después la amplia bóveda de Kaibab, que originó la meseta del mismo nombre, situada al Norte del Cañón.

La primera de las fallas citadas tiene una longitud total de 322 kilómetros. El fragmento occidental es el que ha descendido, estando limitado el trozo oriental elevado por altas escarpas o cejos, que más al Sur son conocidos con el nombre de *Hurricane Cliff*. El salto producido por la falla tiene 457 metros en el río Colorado, pero más al Norte se acentúa, llegando a cifras mucho más elevadas. El movimiento de la falla de Hurricane se ha producido en dos épocas sucesivas, ocurriendo entre ambas erupciones volcánicas que dieron lugar a mantos de lava que, al ser cortados por el segundo movimiento, determinaron en su porción occidental un descenso que pasa en algunos lugares de 300 metros. Esta falla solo se prolonga de 10 a 12 kilómetros al Sur del río Colorado.

La fractura de Sevier ha sido reconocida en una distancia de 354 kilómetros, extendiéndose desde las altas mesetas de Utah hasta cerca de la montaña volcánica de Trumbull, situada al Norte del Cañón. El movimiento vertical producido por ella parece haber alcanzado su máximo en la región de las altiplanicies, donde pasa de 600 metros. La falla de Sevier corta, como la de Hurricane, la caliza eocena, pero es más antigua que aquélla, porque las capas de lava no han sido rotas por los últimos movimientos a que ha estado sometido el terreno.

La falla de Pausaugunt forma el límite Este de la meseta de su mismo nombre, donde se muestra como una angosta faja fracturada con pocas ramas laterales y fallas secundarias asociadas. En *Table Cliffs* las capas terciarias se encuentran a 3.000 metros de altura, mientras que, al Oeste de la falla, los mismos estratos se hallan a 2.400 metros, siendo por lo tanto, el salto en esta parte de unos 500 metros. La erosión, sin embargo, no solo ha borrado aquí los efectos de la falla, sino que ha invertido la topografía normal, pues

en el célebre anfiteatro de Paria, abierto por la denudación en el bloque que se ha elevado, se halla 600 metros más bajo que la superficie de la porción Oeste que ha descendido.

El pliegue de Kaibab da lugar a una bóveda muy deprimida cuyo eje se arrumba, como las fallas, de Norte a Sur. La caliza pérmica que forma la cúpula descende hacia el Norte hasta perderse bajo las escarpas que limitan las altiplanicies de Utah. Hacia el Sur baja también suavemente engendrando una ladera en la cual fué labrado el Cañón de Arizona. La deformación de Kaibab está limitada, al Oeste, por una falla que, en *Bin Springs* y otras localidades, ha determinado un salto de 300 metros, habiéndose operado el movimiento en tres períodos sucesivos: el precámbrico, el paleozóico y el terciario. Por el Este la bóveda se transforma en una flexión monoclinal en la que los estratos alcanzan inclinaciones hasta de 60° .

La descripción que precede pone de manifiesto que las fuerzas orogénicas que deformaron la zona occidental de la América del Norte, dislocaron también la meseta del Colorado, originando fallas y pliegues de dirección no muy distinta de la de las cordilleras que se levantan más al Este. Esta región, por lo tanto, es obra del mismo proceso geodinámico que dió lugar a las Montañas Rocosas, pero con la esencial diferencia de que en la genética de estas últimas tuvieron parte principal los movimientos tangenciales, mientras que en la formación de la meseta del Colorado intervinieron casi exclusivamente movimientos radiales, siendo ésta la causa del predominio en las Montañas Rocosas de las cordilleras plegadas y en la provincia de las mesetas de las formas topográficas de tipo tabular.

El cambio de inclinación de los estratos de caliza permiana, a que antes he hecho referencia, pudieran mover a admitir que, en las proximidades del Cañón del Colorado, existe un pliegue anticlinal perpendicular a los principales accidentes tectónicos de la meseta. El absoluto predominio en ésta de las dislocaciones longitudinales inducen, sin embargo, a considerar como más verosímil

la existencia de una a modo de culminación axial que hizo emerger, acaso en los tiempos mesozóicos, una gran parte del Sur de la meseta, mientras que la porción Norte, de la misma, continuó siendo lugar de sedimentación más o menos activa hasta el final del eoceno.

Con arreglo a esto, la parte meridional emergida estuvo sujeta, desde que surgió de las aguas, a la acción demoledora de los agentes exógenos, los que la convirtieron, a lo largo del tiempo, en una penillanura formada por rocas paleozóicas rígidas. La zona Norte sumergida sufrió una transformación inversa, pues, como consecuencia de su gradual descenso y del enorme espesor de sedimentos modernos que sobre ella se depositaron, adquirió una considerable plasticidad. A estas especiales condiciones se debe el que los últimos movimientos alpinos no deformaran de modo sensible la superficie de las proximidades del Cañón, mientras que fueron capaces de elevar a la importante altura que hoy tiene el suelo del Sur de Utah.

La historia fisiográfica de la meseta del Colorado, concebida del modo expuesto, permite explicar el desarrollo de la penillanura en que el Cañón del Colorado fué abierto sin recurrir a la gran denudación post-eocena admitida por Dutton, ni a los dos ciclos erosivos, de igual época, preconizados por Davis, y necesarios para hacer desaparecer, en un lapso de tiempo breve, la capa de formaciones mesozoicas y terciarias, de más de 1.000 metros de espesor, que, en opinión de aquellos geólogos, cubrió la vasta superficie en que hoy asoma la caliza de Kaibab.

La distribución de los terrenos geológicos y las alturas relativas a que en la actualidad se encuentran, así como la varia morfología de la región, también pueden ser satisfactoriamente esclarecidas a la luz de la interpretación que aquí se propone.

EL RIO COLORADO DEL OESTE

Nace este río (llamado del Oeste para distinguirlo del de igual nombre que desagua en el Golfo de Méjico) en la vertiente occidental de la cordillera de Front Rangs, perteneciente, como antes he dicho, a las Montañas Rocosas de Colorado. Lejos de correr el río paralelamente a los pliegues y montañas de la región, como el río Grande, el cual, naciendo en las montañas de San Juan, se dirige al Sureste, y el Platte boreal, que, teniendo también sus fuentes en la cordillera de Frant Range, en su curso alto marcha hacia el Noroeste, el Colorado toma desde su origen la dirección Suroeste, cortando casi perpendicularmente, primero a la cadena llamada Park Range y después la prolongación Noroeste de las montañas de Sawatch y San Juan.

Después de franquear esta zona plegada entra el Colorado en la gran meseta que lleva su nombre, recibiendo de su derrame meridional, dentro aún del estado en que nace, el afluente llamado Gunnison, y, después de entrar en el estado de Utah, los nombrados Dolores y San Juan, los cuales corren todos, por lo menos en grandes trayectos, aproximadamente hacia el Noroeste. En la vertiente opuesta, y dentro del Estado últimamente nombrado, desembocan en el Colorado los ríos Verde, Fremont y Escalante, de los cuales los dos últimos, así como el San Rafael y el Uinta, tributarios del Verde, y el curso alto de este último, fluyen todos hacia el Sureste.

En el estado de Arizona el Colorado conserva su dirección general Suroeste, aunque teniendo un curso mucho más tortuoso. Los afluentes que, teniendo su origen en las altiplanicies de Utah, recibe del Norte, son todos de exiguo caudal, siendo los más importantes de ellos el Paria, *Bright Angel* y Virgen. Por el Sur vierte en él sus aguas el *Little Colorado* o Colorado Menor, corriente que, no obstante discurrir en su mayor parte por una región extremadamente árida (el Desierto Pintado), contribuye a engrosar el río principal con una masa de agua muy importante. Al Oeste del Colorado Menor se halla la meseta de Coconino, la cual tiene, como ya se

ha hecho notar, una ligera inclinación hacia el Sur, cuya circunstancia es causa de que apenas vierta aguas al Colorado, siendo los afluentes del río, en esta parte de su recorrido, arroyuelos insignificantes. Algunos de los tributarios del Colorado últimamente nombrados ajustan sus álveos, como los antes enumerados, a la dirección general Noroeste-Sureste, y en cuanto al río Virgen, citado como una excepción a esta ley, la obedece también en sus cursos inferior y superior, aunque no en su tramo medio, el cual es transversal a los elementos estructurales de la meseta.

A la salida de la región tabular de Arizona, y no lejos del lugar en que se ha construído la colosal presa Hoover, el Colorado cambia bruscamente de dirección, tomando el rumbo Sur hasta desaguar en el Océano Pacífico. Este recodo es denominado *Big Bend* por los geógrafos americanos. En la última parte de su curso se acomoda, por lo tanto, el Colorado a los pliegues de la región por donde corre. El afluente más importante de su curso bajo, que es el Gila, desagua en el Colorado por su margen oriental.

La celebridad del Colorado, y el vivo interés que despertó desde su descubrimiento, se debe principalmente a los centenares de kilómetros de cañones o gargantas por cuyo fondo discurre el río.

Ya en sus tributarios más altos, el Verde y el Gunnison, existen algunos dignos de mención, es a saber, en el primero el llamado Congosto de la Desolación y en el segundo el Cañón Negro. El Colorado Menor corre también entre Cameron (La Casa del Desierto) y su desembocadura, por un cañón muy angosto. Pero donde este rasgo fisiográfico adquiere proporciones no igualadas en ningún otro lugar de la tierra, es entre el horcajo del río Verde y *Big Bend*, en cuyo trayecto, de una longitud de 800 kilómetros, el río va encajonado en quebradas muy profundas. El primero de los cañones que se encuentra aguas abajo de la mencionada confluencia, lleva el nombre de Cañón de la Catarata. A este sigue el Cañón de Glen, el cual, como el anterior, no causa impresión ni por su angostura ni por su profundidad. Entre el río Paria y el Colorado Menor se encuentra el Cañón del Mármol, ya mucho

más hondo que los antes citados. Se inicia después la más grandiosa de aquellas gargantas, conocida con el nombre de *Grand Canyon* (o Cañón Magno) de Arizona, por estar abierto en la planicie que ocupa la porción Norte de aquel Estado, a la que divide en dos extensas mesetas. Esta maravillosa quebrada, que termina en el recodo de *Big Bend*, tiene una longitud de 312 kilómetros, la cual puede ser dividida, de Oriente a Poniente, en cuatro secciones correspondientes a otras tantas partes de la meseta septentrional, siendo sus longitudes respectivas 80 kilómetros cada una de las dos primeras, 40 kilómetros la tercera y 120 kilómetros la última. El ancho del Cañón, entre sus hordes, varía de 8 a 24 kilómetros y la profundidad del mismo entre 1.200 y 2.000 metros. La profundidad máxima corresponde a la división de Kaibad, la cual tiene un ancho de 16 kilómetros. La parte más angosta (8 kilómetros) se halla en la sección de Kanab, teniendo en esta parte el Cañón una profundidad de 1.600 metros.

Ya se ha dicho que la meseta meridional, o de Coconino, desciende suavemente hacia el Sur de Arizona. La meseta septentrional se eleva por escalones sucesivos, como antes se ha descrito, desde el borde del Cañón hasta las altiplanicies de Utah, situadas 100 kilómetros más al Norte.

Una de las consecuencias de esta configuración es que las fuerzas erosivas actúan con mucha más energía en la vertiente Norte del Cañón que en la Sur, estando aquella cortada por elevado número de barrancos y ostentando particular riqueza morfológica. El borde Norte del Cañón se encuentra, por la misma causa, mucho más alejado del río que la orilla Sur, formando también una línea de mayor irregularidad. La vertical de un punto cualquiera del río divide a la sección correspondiente a ella en dos partes desiguales, de las que la septentrional es siempre mayor que la meridional. El caso extremo de esta disimetría le ofroce el Cañón del Mármol, donde, en algunas secciones, el borde correspondiente al Desierto Pintado dista poco más de un kilómetro de la vertical

del río, mientras que el borde opuesto se aleja de aquella línea más de siete kilómetros.

Las características más salientes del río Colorado son, por lo que queda dicho, las siguientes: 1.^a—La dirección Noreste-Suroeste, o sea transversal a los pliegues de las Montañas Rocosas, de sus curso medio y superior. 2.^a—Da dirección Noroeste-Sureste, o sea, concordante con los mismos pliegues, de la mayor parte de sus afluentes. 3.^a—Los profundos cañones por los que el río atraviesa (conservando la expresada dirección) la elevada meseta que lleva su nombre. 4.^a—El brusco recodo que forma a la salida de esta meseta. 5.^a—La dirección, paralela a los pliegues y montañas del Oeste de Arizona, de su curso inferior.

Con el fin de poner de relieve la anómala posición del río Colorado en la América del Norte, voy a recordar las ideas de Ruedeman acerca de la estructura geológica de dicho Continente y de la influencia de aquella sobre la fisiografía del mismo.

Para el citado geólogo las líneas directrices de los pliegues de los sedimentos precámbricos, las de los planos de estratificación de las rocas, y los ejes mayores de los batolitos o masas graníticas antiguas, forman un conjunto de hechos ligados por estrechas relaciones causales, mostrando dichas líneas direcciones constantes sobre inmensos espacios de la tierra. Existen tres de éstos de dimensión supercontinental, que son los llamados Arqui-América, Arqui-Gondwana y Arqui-Eurasia. Al iniciarse los tiempos precámbricos, aparecen zonas, ya de carácter continental, que persisten más o menos fragmentadas, como unidades fundamentales de la superficie de la tierra, a lo largo de todo el tiempo geológico. Al conjunto de las líneas estructurales precámbricas le ha dado el Profesor Ch. Schuchert el nombre de germen o núcleo continental.

El continente americano del Norte, como porción subsistente de Arqui-América, tiene un núcleo que en la costa atlántica se arrumba al Noreste, en la zona próxima al Pacífico, al Nor-Noroeste, y en el centro de Este a Oeste, dando lugar su conjunto a una

curva cuya forma se aproxima a la de una U con la convexidad vuelta hacia el Sur:

El núcleo precámbrico, tal como hoy se observa, no es, a juicio del geólogo a quien se extracta, el resultado de acciones posteriores a su formación, sino que, antes al contrario, dicho núcleo ha condicionado en mayor a menor grado toda la historia geológica de Norteamérica, como demuestran los hechos que a continuación se enumeran:

Los mares epicontinentales de América, desde el principio del cambriano hasta el terciario, se ajustan, considerados en su conjunto, a dos largos geosinclinales, uno de ellos al Este y otro al Oeste, enlazados por dos o más brazos de dirección Este-Oeste. Dichos dos geosinclinales, ligeramente divergentes, fueron inundados repetidas veces por las aguas que procedían de los Océanos próximos y forman los ejes del sistema de mares interiores de Norteamérica. No es posible negar la general concordancia de esta disposición con el núcleo precámbrico del continente americano.

La actual dirección de las rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias de Norteamérica, no obstante las varias deformaciones que han experimentado, se adapta también al mismo núcleo continental.

Las grandes líneas de la fisiografía actual también han sido poderosamente influenciadas por la estructura precámbrica. Se advierte ésto, de modo indubitable, en los sistemas de montaña del Este y del Oeste, cuyos pliegues son póstumos con relación a los pliegues de las capas arcaicas y proterozoicas; la forma de U de estos últimos pliegues se halla asimismo claramente reflejada en la configuración general del continente; por fin, la influencia del núcleo reaparece, después de una larga serie de relaciones causales sucesivas, en la dirección de los ríos del Continente, el Yukón, Mackenzie y San Lorenzo, así como el Missouri y el Ohio, principales tributarios del Missisipi.

De las varias conclusiones a que ha llegado Ruedemán, la que, para nuestro objeto, ofrece mayor interés, es la relativa a los gran-

des ríos del continente, cuyos cursos, al menos en cierto grado, han sido fijados por la estructura geológica, a cuyas líneas fundamentales parecen acomodarse. Entre los ríos citados por aquel geólogo, no se encuentra, como se ha visto, el Colorado. La breve descripción que de éste se ha hecho demuestra que su curso, entre el Golfo de California y *Big Bend*, obedece a las mismas leyes que los de los ríos antes nombrados, con los que tiene, por ajustarse como ellos a las grandes líneas estructurales, evidentes analogías. No ocurre lo mismo desde el borde occidental de la meseta del Colorado, donde, como consecuencia de la comba que allí traza, toma el río la orientación general Suroeste-Noreste, la que conserva hasta su nacimiento en las Montañas Rocosas.

La dirección transversal a las líneas de la estructura geológica, de una gran longitud del curso del Colorado, constituye, por lo tanto, la principal diferencia entre este río y los demás de Norteamérica antes nombrados. El Missouri, el Ohio, el Yukón, y el San Lorenzo, parecen estar adaptados a los grandes pliegues de las regiones por las que respectivamente corren. El río Colorado, excluido su curso inferior, es obra, sin duda alguna, de una causa distinta, pues lejos de discurrir paralelamente a los pliegues de las Montañas Rocosas y a las fallas de la región tabular de Arizona, corta casi perpendicularmente a unos y a otras. Este vivo contraste es uno de los más notables rasgos fisiográficos de Norteamérica.

EL CAÑÓN MAGNO DE ARIZONA

Como antes he dicho, desde la confluencia del río Verde con el Colorado hasta el tajo denominado *Grand Wash*, el segundo de dichos ríos corre entre altas paredes de roca en más de 800 kilómetros. En toda esta longitud el río Colorado solo es accesible en tres puntos por carruajes de ruedas, y, en algunos otros lugares, se puede llegar a caballo a sus orillas. Estos datos demuestran la exactitud del juicio del teniente Ives, uno de los primeros exploradores norteamericanos del Cañón, quien dice que parece haber sido

el propósito de la Naturaleza impedir que el río Colorado, en la mayor parte de su solitario y majestuoso curso, pudiera ser visitado por el hombre y perturbada su paz.

Dentro del Parque Nacional tiene el río un ancho aproximado de 100 metros, siendo frecuentes las profundidades de 12 a 15 metros. Su pendiente media es de 1,4 metros por kilómetro, o sea quince veces la del Ohio. La capacidad erosiva del río se halla considerablemente acrecentada por las materias (lodo y arenas) que arrastra, siendo la cantidad de éstas treinta veces la del río antes citado. Respecto a la anterior comparación, hecha por los geólogos norteamericanos para poner de relieve la energía mecánica del Colorado, debo hacer notar que el Ohio es un río de tranquila corriente y de aguas cristalinas como las de nuestro Sella, circunstancias a las que sin duda alguna debe el nombre indio que lleva, el cual significa «río hermoso».

El Cañón del Colorado no está comprendido, como creen muchas personas, entre dos elevadas murallas sensiblemente verticales. Si ésto ocurriera perdería su más poderoso atractivo, el cual radica en las innúmeras, variadas y multicolores formas topográficas que exornan sus vertientes, obra de las fuerzas exógenas, las cuales, por causas a que más tarde haré referencia, actúan sobre ellas con excepcional vigor, realizando un complicado trabajo que solo fué posible a expensas del ensanche del Cañón.

La Sección más grandiosa, y también la más visitada, es la de Kaibab, la cual está limitada al Norte por la meseta de igual nombre y al Sur por la de Coconino, sobre la que se extiende el Bosque Nacional de Tusayán, formado principalmente por pinos y enebros, en el que también crecen con profusión los cactus o rosas del desierto. Se puede llegar al borde meridional atravesando, en automóvil, el citado bosque, o por el ferrocarril de Santa Fé, cuya estación de *Grand Canyon* está próxima a El Tovar, donde fué construído el más importante hotel del Parque, en el que existe un balcón o mirador que permite contemplar uno de los más hermosos panoramas del Cañón.

Solo se puede llegar al fondo de éste, a pie o a caballo, utilizando los dos caminos construídos con aquel fin, denominados uno de ellos «Senda del Yaki» y el otro «Senda del *Bright Angel*», los cuales conducen a un hotel situado en la orilla del río, en el paraje denominado Rancho del Fantasma.

El Cañón del Colorado tiene, en la división de Kaibab, una profundidad que, en algunos puntos, llega a 2.000 metros, mostrando sus paredes una sección geológica que comprende desde el arcaico o estrato cristalino hasta el pérmico, que es la formación que corona el paleozoico. El arcaico está constituído, como en todas partes donde es visible, por pizarras cristalinas muy plegadas y cruzadas de numerosas intrusiones de rocas graníticas. Sigue a este terreno el algonkino o proterozoico, integrado por estratos inclinables de 10 a 12°. Por fin, sobre esta última formación, y en discordancia con ella, descansa el paleozoico, constituído por capas de posición próxima a la horizontal.

En general las rocas consistentes forman tajos o paredes verticales, y las más blandas taludes más o menos inclinados. Una sección transversal demuestra que el Cañón posee un ancho fondo en el que fué tajada una garganta interior angosta y profunda. Esta última está abierta en el arcaico, mientras que las paredes del Cañón externo están formadas por rocas paleozoicas.

A pocos metros por encima del borde de la garganta interior se encuentra uno de los rasgos morfológicos más característicos del Cañón: la plataforma, de notable continuidad y de cerca de un kilómetro de anchura, labrada por la erosión sobre la arenisca de Tapeat, que es el nivel inferior del cambriano en esta sección. Se sobreponen a la citada arenisca rocas más blandas y, por lo tanto, menos resistentes a las fuerzas de la dinámica externa, lo que explica la formación de la plataforma de Tonto, que es el nombre con que se la designa. Se encuentra a 1.000 metros, aproximadamente, por bajo del borde del Cañón.

El sistema siluriano no es conocido en la garganta del Colora-

do, y el devoniano, representado por un banco de calizas de 30 metros de espesor, se encuentra sólo en algunos lugares.

El carbonífero, en cambio, está constituido por un tramo de caliza misisipiense, en algunos puntos de más de 300 metros de grueso, que forma una pared vertical enrojecida por las aguas que circulan por las areniscas permianas superiores, por lo que es conocido con el nombre de *Red Wall*. Se extiende de un extremo a otro del Cañón, interrumpida en unos sitios por angostos barrancos, circundando en otros majestuosos circos, formando a veces extensas terrazas y, en ciertos lugares, originando los grandes fragmentos aislados verdaderas montañas residuales, el *Red Wall* acaso sea la formación que, por su continuidad, su espesor y su viva coloración, más ha contribuido a crear la rica y variada morfología de las paredes del Cañón de Arizona.

De los varios niveles que integran el permiano, el más interesante es el superior, o sea, el de la caliza de Kaibab, la cual forma el borde del Cañón en una longitud de más de 200 kilómetros. Su espesor no llega a 200 metros, pero por razón de su consistencia forma gran número de paredes verticales o *cliffs*, que, a causa de su color gris claro, contrastan vivamente con las capas rojizas infrayacentes. La caliza de Kaibab forma la meseta de igual nombre, en la que la erosión ha penetrado profundamente por numerosos puntos, quedando entre ellas partes de meseta que avanzan hacia el Cañón y forman excelentes puntos de observación del borde Norte, como los llamados Cabo Real, Punto Sublime, Promontorio Imperial, etc.

Describir el intrincado relieve de las vertientes del Cañón del Colorado es labor punto menos que imposible. Sólo hay un medio de adquirir ideas claras acerca de esto: el estudio atento de los detallados mapas publicados por el Instituto Geológico Americano, donde están representadas con la debida precisión las más notables formas topográficas. Todas han recibido nombres especiales, algunos puramente descriptivos, pero el mayor número de ellos conmemorativos de personajes mitológicos, monumentos cé-

lebres, hombres de ciencia, exploradores, etc., como los siguientes: Templo de Osiris, Pirámide de Cheop, Trono de Wotam, Templo de Júpiter, Colina de Newton, etc., etc.

No todas las partes del Cañón del Colorado ofrecen el mismo panorama. La sección de Kanab, que se halla el Oeste, o sea, aguas abajo de la que acaba de ser reseñada, no corta las formaciones precámbricas, por lo que no existe en ella ni la garganta interior ni la plataforma de Tonto. Pero 600 metros más alta que esta última se encuentra otra, llamada La Explanada, que ha adquirido en esta sección notable desarrollo. Ha sido labrada en la arenisca permiana de Supai, roca caracterizada por su extremada dureza. La parte ancha del Cañón está comprendida entre dos paredes verticales, de más de 300 metros de altura, rematadas por la caliza de Kaibab. El Cañón interno está tajado en formaciones geológicas resistentes, por lo que está limitado por murallas próximas a la vertical, las cuales distan mucho de haber sufrido la profunda disección de las vertientes de la división de Kaibab, hecho, éste último, atribuido por los geólogos norteamericanos a que las precipitaciones atmosféricas, por razón de la pequeña altura de las mesetas próximas, son muy reducidas.

Hacia el Oeste el Cañón termina bruscamente en la falla de *Grand Wash* donde la meseta desciende de 2.000 a 600 metros.

Aguas arriba de la sección da Kaibab se halla el Cañón del Mármol, notable por su angostosa y la casa perfecta verticalidad de sus lisas paredes, las cuales tienen una altura media de 1.000 metros. El pliegue monoclinal del Este de la meseta de Kaibab hizo descender los terrenos arcaico, algonkino y cambriano, por bajo del fondo del Cañón, por lo que éste está labrado en el *Red Wall* y estratos duros asociados a él, siendo esta la causa principal de su forma, la cual concuerda con el concepto que de esta impresionante disposición fisiográfica tiene el vulgo.

El río Colorado ofrece la particularidad de no tener cascadas en todo su curso, aunque no carece de trayectos de rápida y peligrosa corriente. Esta singular circunstancia permitió al mayor Po-

well realizar en barcas su célebre viaje de exploración, durante el cual recorrió, como ya se ha dicho, más de 1.500 kilómetros de río. En contraste con esto, los Cañones tributarios, secos en su mayor número, se caracterizan por su pronunciada pendiente y lo quebrado de sus cauces. La causa de esta diferencia debe buscarse en la rápida profundización del Cañón principal y el correlativo descenso del nivel de base regional, condiciones que, intensificando la erosión, aceleraron la formación de los cañones laterales, los que, por tanto, son mucho más modernos que el del Colorado. Algunos de ellos están muy ramificados, a consecuencia de avanzar la erosión, por numerosos puntos, a través de la penillanura en que están abiertos.

LAS HOCES DE LOS RÍOS DE ASTURIAS

Algunos ríos de Asturias; especialmente el Sella, el Cares y el Deva, corren también en largos trayectos encajonados en profundas gargantas, denominadas «hoces» por los naturales del país, las cuales han sido algunas veces comparadas con los cañones del Colorado. El geólogo Barrois, autor de un conocido trabajo acerca de los terrenos antiguos de Asturias y Galicia, escribe, refiriéndose al río Trubia, que sus aguas se precipitan por una garganta estrecha y profunda, idéntica a los célebres cañones del Colorado. Como se observa el mismo hecho en otros muchos ríos asturianos propone dicho autor que se dé el nombre de «caliza de cañones» a la roca en que con más frecuencia se presenta esta notable disposición orográfica, la cual es la caliza que sirve de base al sistema carbonífero.

Aunque existen indiscutibles analogías entre los cañones del Colorado y las hoces de nuestros ríos, la pretendida identidad de unos y otras no puede ser admitida sin importantes restricciones. El Cañón del Colorado está abierto en terrenos que, excluidos los más antiguos, es decir, los precámbricos, se encuentran en posición sensiblemente horizontal, mientras que los más importantes

desfiladeros de los ríos de Asturias cortan la enorme masa gris de la caliza carbonífera de los Picos de Europa, roca constituida, como consecuencia de los intensos y repetidos plegamientos a que estuvo sometida, por estratos muy inclinados. Mientras que, por otra parte, las hoces del Sella, Cares y Deva están tajadas exclusivamente en el citado material litológico, en las paredes del Cañón de Arizona asoman, además del arcaico y el proterozoico, la casi totalidad de las formaciones que integran el paleozoico, desde el cambriano inferior hasta la caliza pérmica. Excluido este último nivel, cuyo matiz es análogo al de la caliza carbonífera, todos los demás ofrecen variados colores, predominando entre ellos el rojo

Por lo que respecta al modelado de las paredes también hay profundas diferencias entre los dos tipos de gargantas que se comparan, pues las vertientes de los cañones del Colorado están, en algunas de sus secciones, cubiertas de innúmeras formas tabulares y piramidales, mientras que las paredes de las hoces de nuestros ríos se presentan, en general, erizadas de agudos y en ocasiones altísimos riscos calizos.

Las carreteras que, siguiendo los cursos de los ríos, franquean algunas de las más altas montañas de Asturias, permiten llegar sin dificultad a las partes más profundas de sus desfiladeros, desde donde éstos pueden ser cómodamente contemplados, pero para observarlos desde puntos de vista elevados, se hace preciso realizar ascensiones más o menos fatigosas. Esta es otra de las diferencias existentes entre los Cañones del Colorado y las gargantas de los ríos asturianos, pues a aquéllos se llega necesariamente por sus bordes, bastando asomarse a éstos para que aparezca súbitamente el Cañón, en toda su incomparable grandeza, a los ojos del observador. Para llegar al fondo del mismo es necesario hacer recorridos de varios kilómetros por las sendas antes nombradas.

Por lo que respecta a longitud hay, asimismo, enorme desproporción entre los cañones del Colorado (los cuales suman dentro del Parque Nacional más de 300 kilómetros) y las hoces de nues-

tros ríos, la mayor de las cuales, que es la del Cares, no llega a 25 kilómetros.

Merecen, sin embargo, ser registradas algunas de sus dimensiones, de las que solo citaré las relativas a la porción de la garganta del Cares comprendida entre la Torre del Llambrión y Peñasanta de Castilla, la cual tiene, en su parte más alta, un ancho de poco más de 8 kilómetros, mientras que su profundidad se aproxima a 2.000 metros. Es decir, que dicha parte de la hoz del Cares iguala, por lo que respecta a profundidad, a la sección más visitada del Cañón de Arizona, superando con mucho a ésta por su impresionante angostura.

La agreste belleza de las hoces de nuestros ríos fué, como la del Cañón del Colorado, celebrada por muchos escritores. Las páginas más bellas dedicadas por el Marqués de Villaviciosa de Asturias a los Picos de Europa (a los que se complacía en llamar «El Paraíso Poseído») le fueron inspiradas por la contemplación de los desfiladeros del Cares y el Sella, desde la Majada de Ario y el Balcón de Ordiales, respectivamente. J. Díaz Caneja hace también, en su libro titulado «Paisajes de Reconquista», una brillante descripción de la segunda de aquellas gargantas. Pero el que acaso haya expresado mejor la impresión producida por las hoces de los ríos de Asturias, es el alpinista francés Labrousche, quien después de escribir que el desfiladero del Sella es el más escarpado e imponente de los desfiladeros célebres, enumera los más famosos de los Pirineos, los Alpes y el Atlas, los cuales solo sugieren, a juicio de él, una pequeña y vaga imagen de la fantástica quebrada por la que los Ingenieros españoles construyeron una carretera que enlaza a Asturias con Castilla.

ORIGEN DEL CAÑÓN DEL COLORADO

Como ya he dicho repetidas veces, el Cañón de Arizona está tajado en mesetas que poseen formas topográficas próximas a las que caracterizan las penillanuras, lo que demuestra la prolongada

denudación a que estuvieron sometidas con anterioridad al ciclo erosivo que originó el Cañón. Este no se ajusta, sino en trechos pequeñísimos, a las grandes fallas que segmentan la región en que fué abierto, siendo su tortuosa dirección, considerada en conjunto, transversal a dichos elementos tectónicos.

El curso superior del Colorado corre igualmente, como también se ha hecho notar, perpendicular a los pliegues y fallas de las Montañas Rocosas. El Cañón se ha ahondado con inusitada rapidez, pues no obstante haberse iniciado su formación, a juicio de todos los geólogos que le han estudiado, en época muy reciente, alcanza ya en alguna sección profundidades de 2.000 metros, lo que puede ser debido, como después se explicará, no solo a la particular energía de la erosión fluvial, sino también a las condiciones excepcionalmente favorables en que ésta ha obrado. El origen del Cañón del Colorado quedaría, según esto, debidamente esclarecido si se hallara solución satisfactoria a cada una de las dos cuestiones fundamentales siguientes:

- 1.^a La formación del río Colorado, con su poderoso caudal y su anómalo curso.
- 2.^a Las posibles causas mecánicas, distintas de la erosión, que contribuyeron a la rápida profundización del álveo por donde corre este río.

Por lo que respecta a la primera de estas dos cuestiones, los geólogos norteamericanos suponen que la formación del Colorado se inició cuando el relieve del terreno por el que hoy fluye era muy distinto del actual. Un movimiento ascendente ocurrido con posterioridad al eoceno, elevó a considerable altura la mayor parte de la meseta del Colorado, determinando las desigualdades y la pendiente de la superficie del bloque de este modo levantado, un sistema hidrográfico del que ya formaban parte el Colorado y algunos de sus afluentes, como el Paria y el Virgen. Todos éstos conservaron su original dirección durante el episodio de intensa denudación que siguió al levantamiento regional citado, siendo ésta la causa de estar en desacuerdo sus cauces con la estructura geológica

ca de los terrenos antiguos por donde hoy corren. Convertida la región en una vasta penillanura de reducida elevación, sobrevino, al principio del cuaternario, un segundo movimiento ascendente, el cual encumbró la meseta a una altura muy próxima a la actual, lo que reavivó el poder erosivo de los ríos ya formados, comenzando entonces el ciclo llamado de los cañones, que continúa en la actualidad y al que se deben los rasgos más característicos de la presente topografía.

Esta interpretación podría aceptarse, no sin serias dificultades, para la región de las mesetas, la cual, como pone de manifiesto la casi horizontalidad de los estratos que la componen, solo ha experimentado movimientos radiales, pero en modo alguno podría extenderse a las Montañas Rocosas, cuya historia morfológica es esencialmente distinta, pues aquéllas estuvieron sometidas, desde épocas muy remotas, a repetidas presiones tangenciales, siempre del mismo sentido, siendo las del terciario las que les dieron su presente elevación. Al iniciarse la formación del Cañón ya tenía, por lo tanto, el suelo de Utah, Colorado y Nuevo Méjico, un relieve análogo al actual, y es lo más verosímil, por lo tanto, que los ríos se adaptaran a esta configuración, la cual, en modo alguno pudo imprimir a la corriente principal la dirección Sur-oeste que hoy sigue. La causa de esta anómala posición del Colorado necesariamente ha tenido que afectar tanto a la región plegada de las Montañas Rocosas, como a la zona tabular de la meseta, y debió hallarse, por lo tanto, en estrecha dependencia con los últimos movimientos orogénicos que deformaron el Oeste del Continente americano.

Estos movimientos produjeron, en la región de que se habla, como en todas partes, no solo las plegaduras longitudinales que levantaron las cordilleras hasta las alturas que hoy poseen, y las fallas que cortan la Meseta del Colorado, sino que, al mismo tiempo que estas deformaciones, originaron otras de dirección transversal, consistentes en su mayor número en fracturas, y algunas veces en verdaderas ramas orográficas. Ya se ha hecho mención de las montañas de Uinta, consideradas por Fenneman, el geólogo que ha he-

cho el estudio más completo de la morfología del Oeste de los Estados Unidos, como la más importante entre las arrumbadas de Levante a Poniente en el hemisferio occidental.

Una dislocación transversal, del género de las que Daubré denomina «diaclasas», es capaz de producir, en condiciones favorables, profundas modificaciones de orden fisiográfico. Analizaré el caso de una fractura, o de un sistema de fractura que corte con dirección general Suroeste-Noreste la región por donde corre el Colorado. Algunos elementos de la red hidrográfica a la sazón existente, tales como el Colorado Menor, que antes desaguaba en lagos situados muchos kilómetros al Norte de donde hoy desemboca, se sumergieron en las grietas que acababan de ser abiertas, las que desviaron bruscamente sus cursos hacia el Oeste. Las corrientes fluviales formadas como consecuencia de la reciente emergencia de las tierras elevadas de Utah, se dirigieron, siguiendo la pendiente natural del terreno, hacia el Sur, vertiendo también sus aguas en las mismas fracturas y experimentando análoga desviación. Los ríos que hasta entonces corrían paralelos e independientes se concentraron, de este modo, en un sólo y único álveo, y dieron lugar a una poderosa corriente que tanto en la región de las Mesetas como en la de las Montañas Rocosas discurre transversalmente a los elementos estructurales. La capacidad erosiva del nuevo río, dado su gran cuadal y su pendiente, fué, sin duda alguna, muy grande; lo que combinado con la circunstancia de estar su lecho abierto en una zona profundamente resquebrajada, produjo en breve plazo importantes modificaciones de relieve.

Un sistema de fracturas de la dirección dicha pudo, con arreglo a ésto, originar el río Colorado y, al mismo tiempo, crear condiciones que intensificaran en tal grado su poder erosivo, que en poco tiempo el cauce alcanzó impresionante profundidad. La rapidez del fenómeno tuvo a su vez, en relación con la morfología de las paredes del barranco así formado, importantes consecuencias. Los numerosos ríos y arroyos, algunos permantes y la mayor parte de ellos temporales, que nacen en las mesetas próximas, por las

que, hasta el borde del Cañón, corren tranquila y calladamente, se precipitan, al llegar a aquél, hacia el fondo de la quebrada, trocándose en este tramo final de su curso, y no obstante lo exiguo de sus caudales, en poderosos agentes de erosión. Este súbito incremento de la actividad dinámica de las aguas fluviales, ocasionada por el descenso brusco del nivel de base regional, además de contribuir eficazmente (en unión de los demás agentes exógenos) a ensanchar la primitiva garganta, imprimió a ésta su más notable carácter morfológico: la riqueza insuperable de formas topográficas talladas en ambas vertientes, singularmente en la septentrional, y en las cuales dominan, por razón de la horizontalidad de los estratos y la diversa dureza de los mismos, las de los tipos tabular y piramidal.

Las fracturas, al cortar los elementos tectónicos que integran la meseta del Colorado, se ajustaron en pequeños trechos a las fallas y pliegues que los limitan. Su intersección con la superficie del terreno fué, como consecuencia de esto, una línea muy angulosa, a la cual se ajustó el cauce del Colorado. La forma primitiva de éste se transformó a lo largo del tiempo, suavizada por la erosión, en el tortuoso curso que caracteriza en la actualidad al río.

La anterior teoría difiere de la propugnada por los geólogos americanos en diversos puntos esenciales. En primer lugar la denominada por Dutton «great denudation», de época posterior al depósito de las capas terciarias, es sustituida por otra denudación más moderada, aunque mucho más prolongada, que, en la zona en que fué abierto el Cañón, comenzó durante el cretáceo y continuó con variable intensidad hasta los tiempos actuales. En cuanto a las altiplanicies de Utah, consideradas por Dutton, Gregory, Nobel y otros, como obra casi exclusiva de la erosión, son debidas, con arreglo a la explicación que aquí se propone, a un fenómeno erogénico que se ha desarrollado en condiciones que condujeron, no a la formación de cordilleras plegadas, sino a montañas de puro tipo tabular. Se admite, por fin, que en la apertura del Cañón las acciones endógenas tuvieron parte principalísima,

pues no sólo fijaron el curso de la principal arteria fluvial de la región, sino que, agrietando el terreno por el que aquélla discurre, aceleraron extraordinariamente el trabajo de la erosión; debiéndose a la acción conjunta de ambos agentes geológicos la magnitud de los efectos producidos.

Aunque en esta teoría hay una parte hipotética, pues la dislocación transversal que postula no puede ser comprobada por la observación directa, a causa, quizás, de haber sido borrados por la erosión los débiles efectos morfológicos por ella producidos, tiene, en cambio, la ventaja de dar una clara explicación de las principales características fisiográficas de la vasta y compleja región de la América del Norte, a que me vengo refiriendo, a saber: 1.º—La formación del Colorado, río constituido por la suma de otros varios que, atendiendo a la estructura geológica de la América del Norte y a la ley general que rige la dispersión fluvial de este Continente, parecían destinados a correr en largos trayectos paralelos e independientes. 2.º—Los rápidos progresos realizados (singularmente en sentido vertical) por la erosión de esta gran corriente. 3.º—La maravillosa riqueza de formas topográficas modeladas por los agentes de la dinámica externa en las dos vertientes del Cañón de este modo formado. 4.º—La existencia al Norte y al Sur de la zona en que la erosión dió muestras de tan prodigioso poder creador de extensas regiones que conservan el carácter de penillanuras. 5.º—El levantarse al Norte de estas partes casi planas, un grupo de mesetas caracterizadas por su considerable altura sobre el nivel del mar y su topografía juvenil.

Como el análisis completo de la teoría esbozada requiere desarrollos incompatibles con el tiempo de que dispongo, doy, con lo dicho, por terminada esta ya demasiado larga disertación. Haré solamente unas breves reflexiones finales.

España no se limitó, como han afirmado escritores interesados en difamarla, a descubrir a América y explotar codiciosa y desordenadamente sus riquezas naturales. La inaudita empresa de borrar los antiguos linderos del mundo no colmó los nobles anhelos

de los españoles del siglo XVI, cuyo afán explorador, sin paralelo en la Historia, les impulsó a recorrer inmensas porciones del Continente recién descubierto, sin desdeñar las regiones más inhóspitas, como los desiertos de Arizona y Nuevo Méjico, los cuales fueron minuciosamente escudriñados, y en parte colonizados, tres centurias antes de iniciarse la conquista por los norteamericanos del vasto y remoto territorio conocido con el poético nombre de *Far West*. En sus pasmosas correrías los españoles descubrieron lugares que los hombres civilizados contemplan hoy con singular deleite. De todas aquellas maravillas naturales, la más admirada acaso sea el profundo surco por el que corre el río Colorado, no sólo por sus imponentes proporciones e indescriptible belleza, sino también por el alto interés científico que ofrece, y porque su hallazgo constituye, como al principio he dicho, una de las más fascinadoras páginas de la Historia de la exploración de América por los españoles. Estas fueron las razones que me movieron a escoger el Cañón de Arizona por tema de la conferencia que acabáis de escuchar.