

RASGOS GEOLÓGICOS DE LOS « LLANOS »

DE COLOMBIA ORIENTAL

POR

VÍCTOR OPPENHEIM

LA PLATA
REPÚBLICA ARGENTINA

—
1942

RASGOS GEOLOGICOS DE LOS « LLANOS » DE COLOMBIA ORIENTAL

Por VÍCTOR OPPENHEIM ¹

SUMARIO

Este es un primer bosquejo geológico del gran territorio al Este de la Cordillera Oriental de Colombia, que aunque muy escasamente habitado y poco conocido científicamente, constituye la mayor parte de la República de Colombia. Los Llanos ocupan alrededor de 23 grados geográficos cuadrados de una vasta y topográficamente uniforme llanura, drenada por una cantidad de sistemas de grandes ríos que forman los cursos superiores de las cuencas del Orinoco y Amazonas.

Geológicamente, el territorio de los Llanos puede ser dividido, del Oeste hacia el Este, en tres zonas principales: el Margen Occidental de los Llanos, los Llanos Centrales, y el Margen Oriental de los Llanos.

El Margen Occidental de los Llanos refleja la estratigrafía y tectónica del geosinclinal de la Cordillera Oriental. La sucesión estratigráfica está aquí bien desarrollada y las formaciones, en su mayoría fosilíferas, van del Cámbrico hasta el Terciario. Las capas del Mesozoico superior y del Cenozoico están particularmente bien desarrolladas en la parte Norte de esta zona.

Estratigráficamente los Llanos Centrales representan una continuación del Margen Occidental de los Llanos, aunque estas formaciones probablemente están muy reducidas en espesor. Estructuralmente ellas deben reflejar la orogénesis andina y el efecto

¹ Versión española por María Magdalena Radice.

antagonista del área estable de las Guayanas. Es de suponer que los sedimentos en la parte oriental de esta zona Central se presenten con carácter nerítico.

El Margen Oriental de los Llanos representa, principalmente, sedimentos más jóvenes que se extienden en posición próxima a la horizontal, hasta cubrir en parte el borde occidental del Escudo de las Guayanas. Más hacia el Este, cerca de la frontera brasileña, en las montañas de Paraima, esta área estable de rocas cristalinas arcaicas está cubierta, al parecer, también por formaciones del Paleozoico y Mesozoico.

Parece que en el pasado una sierra (de Macarena) dividía los Llanos colombianos en dos cuencas, septentrional y meridional, que durante cierto período de la historia geológica estaban aparentemente separadas una de otra, pero en conexión con sus continuaciones estratigráficas hacia el Norte, en Venezuela, y hacia el Sur en Ecuador.

La topografía uniforme de los Llanos y la falta de adecuados afloramientos en la máxima parte de los Llanos Centrales, no permite efectuar investigaciones geológicas más detalladas sin el auxilio de perforaciones y de métodos geofísicos auxiliares.

INTRODUCCIÓN

Los Llanos Orientales ocupan la mayor parte de la República de Colombia, aunque geológicamente es una de las regiones menos conocidas en este país. Los datos publicados sobre los Llanos se refieren a ciertas áreas aisladas a lo largo del pie de la Cordillera Oriental; tales son el trabajo de E. Grosse acerca de la región de Putumayo, el de W. Kehrer sobre el área Norte de Villavicencio, y el de V. Oppenheim (3) acerca de la región Sur de Villavicencio, con un corte geológico a través de la Cordillera Oriental. Además se efectuaron recientemente por parte de varias compañías petroleras, en distintas partes de los Llanos, muchos estudios geológicos cuyos resultados no han sido publicados.

Años atrás tuve oportunidades de estudiar las regiones margi-

nales de los Llanos, llegando a ellas en distintas ocasiones, desde Brasil, la cuenca amazónica, Ecuador, Perú, Venezuela, y finalmente desde la alta Cordillera Oriental de Colombia; así, durante mis muchos viajes pude formarme una idea bastante clara de la constitución geológica y la estructura de los Llanos, tanto como esto es posible para un territorio tan vasto, en el tiempo limitado que pude dedicar a las observaciones geológicas.

Aquí trataré de bosquejar la geología regional de los Llanos, su relación con el Escudo de las Guayanas en el Este, y el geosinclinal andino en el Oeste. Siendo ésta una primera contribución en su índole, queda un amplio campo para nuevas y más detalladas observaciones, y también para revisiones críticas.

FISIOGRAFÍA

Los Llanos ocupan alrededor de 23 grados geográficos cuadrados del territorio de Colombia. Ellos se extienden al Este de las cadenas frontales de la Cordillera Oriental y llegan a los límites geográficos de Colombia con las vecinas repúblicas de Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela.

Topográficamente, es una inmensa llanura de unos 200 metros de elevación media, que netamente se inclina hacia el Oriente desde el pie de las montañas andinas. Sólo ligeras y aisladas elevaciones rompen la monotonía de los Llanos.

El sistema de drenaje está bien desarrollado, y una cantidad de importantes ríos atraviesan los Llanos desde el Oeste hacia el Este. Ellos son: Río Arauca, Río Meta, Río Guaviare, Río Caquetá, Río Putumayo, y otros; casi todos ellos tienen sus fuentes en la Cordillera Oriental. Aunque forman muchos brazos de escasa profundidad, la mayoría de estos ríos pueden ser navegados por pequeñas embarcaciones casi hasta los primeros contrafuertes de los Andes. El nivel del agua de estos ríos varía, sin embargo, de acuerdo con las lluvias e inundaciones periódicas.

La vegetación es completamente peculiar de los Llanos. Las praderas se extienden sobre grandes áreas entre los valles de los

ríos, particularmente en las partes septentrional y central de los Llanos. Espesas forestas tropicales cubren los valles de los ríos y prevalecen en el Sur y Sudeste de los Llanos.

En general, para viajar en los Llanos se requiere un equipo adecuado, animales de carga o canoas, y mucho tiempo.

Los habitantes se encuentran principalmente en grupos aislados en las partes superiores de los ríos. El resto de la región está mayormente deshabitada. Tribus indígenas se encuentran hacia el Este y a lo largo de los cursos inferiores de los principales sistemas fluviales.

El clima de los Llanos, como en otras zonas ecuatoriales y tropicales, presenta una estación seca y una de lluvias. Durante la estación de las lluvias es bastante dificultoso o aún imposible viajar a causa de las violentas crecientes.

GEOLOGÍA GENERAL

La gran dificultad en el trabajo geológico en los Llanos consiste en la suma escasez de afloramientos accesibles (imputable esta escasez a las condiciones topográficas) y al espeso manto de material aluvial reciente que oculta los afloramientos existentes. La principal fuente de información geológica en los Llanos puede hallarse a lo largo de su margen occidental, las cadenas frontales de la Cordillera Oriental, y, hasta cierto punto, en los lechos profundamente cortados de los ríos. Para interpretar los afloramientos aislados, son necesarias ciertas generalizaciones y sólo así puede obtenerse una visión más o menos completa de la geología regional de los Llanos.

Geológicamente, los Llanos pueden ser divididos en tres zonas distintas que son, desde el Oeste hacia el Este: 1ª La zona de las cadenas frontales de la Cordillera Oriental, sobre el Margen occidental de los Llanos, que está visiblemente afectada por tensiones tectónicas y ofrece numerosos afloramientos; 2ª Los Llanos del Centro que aparecen principalmente como una llanura uniforme con muy pocos o ningún afloramiento; 3ª El Margen Oriental de

los Llanos, que aparentemente forma el borde más occidental del Escudo de las Guayanas, y que muestra numerosos afloramientos de rocas arcaicas y del antiguo basamento.

El borde del Escudo de las Guayanas forma, en su parte central, una masa chata muy saliente, que se extiende hacia el Este hasta llegar a 2° lat. Norte de Bogotá, y a 2° long. Oeste. Esta masa saliente del área estable está frente al aislado, y también geológicamente más antiguo, Macizo de Macarena, del cual dista sólo 150 km. ; como he manifestado en otro trabajo (3), creo que el Macizo de Macarena es un trozo separado del área estable.

Esta antigua cadena pre-Paleozoica, actualmente cubierta por sedimentos más recientes, divide geológicamente a los Llanos, que atraviesa, en Llanos meridionales y septentrionales, y explica las diferencias estratigráficas que existen a lo largo del pie de la Cordillera Oriental en las dos áreas.

El área geosinclinal septentrional formada a lo largo de la actual Cordillera Oriental, aparece como una cuenca considerablemente más profunda que el área austral. Así, grandes espesores de sedimentos Cretácicos y Terciarios fueron depositados en el área geosinclinal septentrional. El área meridional, que está más próxima al núcleo andino principal, era mucho menos profunda y recibió una cantidad considerablemente menor de materiales clásticos. Además, durante el levantamiento orogénico del Mesozoico y Cenozoico, el área meridional a lo largo del Margen de los Llanos, estuvo considerablemente más afectada por intrusiones ígneas que su contraparte septentrional.

Esta eminencia del basamento, que luego ha desaparecido, y que llamo « Sierra de Macarena », debe haber afectado, no sólo la sedimentación en el geosinclinal de la Cordillera Oriental, al Norte y Sur de ella, sino también la estratigrafía de los verdaderos Llanos septentrionales. Hablando en términos generales, la estratigrafía de los Llanos septentrionales debe representar la continuación de la de Venezuela, mientras que la estratigrafía de los Llanos meridionales debe representar la continuación de la de Ecuador y Perú.

Observaciones geológicas de campaña confirman ampliamente

las marcadas diferencias existentes en el desarrollo estratigráfico del margen septentrional y del meridional de los Llanos y su estrecha relación con la estratigrafía a lo largo del mismo margen en Venezuela y Ecuador respectivamente.

ESTRATIGRAFÍA

Observaciones estratigráficas en los Llanos acerca del desarrollo geológico de toda la cuenca sedimentaria, son posibles sólo a lo largo de las cadenas frontales de la Cordillera Oriental. En efecto, como ya lo he dicho, hacia el Este del margen de los Llanos la gran cuenca está completamente cubierta por un extenso manto de depósitos del Terciario superior y recientes.

A) *Margen occidental de los Llanos.* — Las formaciones que afloran a lo largo del Margen occidental de los Llanos (de acuerdo con mis actuales conocimientos y mis propias observaciones) son las siguientes :

Arcaico : Puede esperarse que sean halladas rocas cristalinas de edad arcaica a poca profundidad debajo de los esquistos arcillosos oscuros de la serie de Guejar (Ordovícico), en el Macizo de Macarena, que queda así aparentemente correlacionado con el Escudo Arcaico del Este.

Proterozoico : Las rocas más antiguas de la Cordillera Oriental, que aparecen también a lo largo de la mitad meridional del margen de los Llanos y forman, principalmente, el núcleo de la Cordillera propiamente dicha, son granitos, granodioritas, gneisses y micaesquistos. Ellas están expuestas en los cursos superiores de los sistemas de ríos que corren hacia el oriente. Formando una zona más o menos continua a lo largo de la Cordillera Oriental, al Sur del paralelo 3° Norte aproximadamente, ellas aparecen sólo en masas esporádicas expuestas a lo largo del borde de corrimiento de la Cordillera Norte de ese paralelo y hasta el margen de Venezuela. El grupo principal de estas rocas en el área septentrional aparece en el río Casanare superior, junto a Venezuela. La edad de

estas rocas cristalinas parece bastante difícil de determinar. Pienso que ellas son ciertamente post-Arcaicas y probablemente del Proterozoico.

Serie de Quetame : A ésta o a una edad algo menor (*cámbrica*) pueden atribuirse las pizarras grises-verdosas parcialmente metamórficas, las cuarcitas y filitas atravesadas por venas de cuarzo, que Hettner llamó « serie de Quetame ». Estas rocas aparecen en numerosos afloramientos a lo largo del frente de la Cordillera Oriental, entre Venezuela y Ecuador.

Ordovícico : Esquistos arcillosos negros, fosilíferos, parcialmente metamórficos, fueron hallados en la profunda garganta que corta el Macizo de Macarena. Los fósiles que contiene (*Graptolites*) indican que este grupo de estratos, que he llamado « serie de Guejar » (3) es ordovícica.

Devónico : Esta edad puede asignarse a los esquistos arcillosos rojos parcialmente metamórficos que llaman la atención debajo de las capas carboníferas en Pipiral, en el camino a Villavicencio. Impresiones de plantas que pueden ser devónicas fueron observadas en los esquistos arcillosos de Pipiral.

Carbonífero : En el mismo camino a Villavicencio, en Buena-vista, aparecen capas de edad carbonífera consistentes en esquistos arcillosos negros y calizas con una fauna de *Productus*, *Spirifer*, *Crinoideos*, etc., cubriendo, con evidente discordancia, los esquistos arcillosos de Pipiral. Capas carboníferas ricas en fósiles fueron también halladas en Gachalá. Las colecciones de fósiles de estas regiones fueron descritas por Gerth.

Plantas fósiles halladas en las mismas capas representan una flora de *Cordaites*, *Calamites*, etc.

Jurásico : Consiste principalmente en espesos bancos de conglomerados, arcillas y areniscas rojas. Esta « formación de Girón » (6) aparece en la parte norte de la Cordillera Oriental y está particularmente bien desarrollada a lo largo del pie de la Cordillera de Mérida, del otro lado del límite geográfico en Venezuela. Hacia el Sur la formación casi desaparece. Sin embargo, grandes bloques conglomerádicos rojos en algunas cabeceras de valles en la parte meridional de la Cordillera, sugieren que esta formación puede

existir en áreas aisladas. Basándome en la correspondencia con las capas fosilíferas de Girón, en Venezuela, creo que el equivalente colombiano es también de la misma edad jurásica (3).

Cretácico inferior : Estratos de esta edad están bien desarrollados a lo largo del borde Norte de la Cordillera Oriental, representando condiciones de una extensa sedimentación. Ellos están representados en el extremo Norte en Venezuela, como « serie de Tomon », y en el Norte de Colombia como « series de Uribante y Cocuy » ; también como estratos de Caqueza en el camino de Villavicencio.

En el Macizo de Macarena las capas del Cretácico inferior aparentemente faltan por completo. También a lo largo del frente meridional de la Cordillera, las capas del Cretácico inferior parecen estar pobremente desarrolladas y bastante poco diferenciadas.

Cretácico medio : Las bien conocidas calizas y arcillas negras fosilíferas de la serie de Villeta, ampliamente desarrolladas a lo largo del frente septentrional de la Cordillera, no aparecen en el Macizo de Macarena, ni tampoco ellas están ampliamente distribuidas más al Sur, a lo largo del Margen de los Llanos. Esto sugiere que precisamente durante el Cretácico inferior hasta el medio la separación entre las cuencas septentrional y meridional de los Llanos estaba en su máximo.

Cretácico superior : A lo largo del Margen de los Llanos también hay capas claras de areniscas gruesas con pedernal y arcillas típicas fosilíferas, que corresponden a la bien conocida Serie de Guadalupe. Ellas cubren transgresivamente la Serie de Guejar del Macizo de Macarena, indicando que la sedimentación del Cretácico superior se extendió simultáneamente en los Llanos septentrionales y meridionales.

Terciario inferior : Las capas del Cretácico superior pasan imperceptiblemente a las del Eoceno, de las cuales a veces es difícil distinguirlas. Las capas del Eoceno están distribuidas a lo largo del Margen de los Llanos, cubriendo también parte del Macizo de Macarena.

Terciario medio y superior : Bien desarrolladas en la verdadera Cordillera Oriental, las capas del Terciario medio prevalecen tam-

bién extensivamente a lo largo del Margen de los Llanos. Ellas se presentan mayormente como una formación de areniscas arcillosas rojas abigarradas, cubriendo parcialmente el Macizo de Macarena. Ellas se espesan bruscamente hacia el Sur, alcanzando gran espesor en la cuenca del Ecuador oriental. Hacia el Norte, hacia Venezuela, las capas del Terciario medio son aparentemente más gruesas, más conglomerádicas y pierden su característico color rojo abigarrado. El espesor de estas capas es muy considerable.

Pleistoceno : Extensas terrazas y conos aluvionales, producto de la intensa erosión reciente del flanco oriental de la Cordillera Oriental, están distribuidos a lo largo del Margen Occidental de los Llanos. Al principio muy grueso, el material detrítico se hace gradualmente más fino hacia el Este, a medida que se aleja de las cadenas frontales.

B) *Cuenca de los Llanos Centrales*. — En la superficie de la mayor parte del centro de los Llanos los únicos afloramientos visibles son gravas y arcillas recientes. Al Este de Villavicencio y cerca de San Martín aparecen, sin embargo, manchones de sedimentos terrígenos probablemente pleistocénicos, que aparecen como un manto de unos 10 a 20 metros de espesor, recortados ligeramente por las aguas. Sedimentos continentales pleistocénicos similares pueden también presentarse en otras áreas de los Llanos.

La geología de la zona Central hasta una moderada profundidad sólo puede ser estudiada convenientemente mediante equipos de perforación ; y los sedimentos más profundos deberían ser investigados aplicando métodos geofísicos. Puede, sin embargo, verse que la mayor parte de los sedimentos presentes a lo largo del borde occidental de los Llanos indudablemente se continúan hasta una considerable distancia hacia el Este. Es difícil aún sugerir la posible extensión oriental de las más antiguas capas paleozoicas con los muy escasos indicios de que se dispone.

La extensión hacia el Este de las capas del Cretácico inferior y medio, es ciertamente mucho mayor y más desarrollada en los Llanos septentrionales que en los meridionales, al sur de la Cadena de Macarena. Capas del Cretácico superior y Terciario inferior in-

dudablemente se extienden sobre una gran parte de los Llanos Centrales. Lo mismo es evidente para las capas del Terciario superior desde que, aparentemente, las Cuencas de los Llanos septentrionales y meridionales estuvieron en comunicación después del Cretácico medio.

C) *Margen Oriental de los Llanos.* — Geológicamente los Llanos no se extienden hasta la frontera de Colombia con Brasil o Venezuela. Afloramientos de rocas cristalinas arcaicas, parte del borde occidental del Escudo de las Guayanas, han sido observados en el curso inferior del Río Meta, en el tramo inferior del Río Vichada, a lo largo del curso del Río Guaviare arriba de su confluencia con el Río Guejar y en el trecho inferior del Río Caquetá, y en el tramo medio del Putumayo. Juntando estos afloramientos vemos claramente cuál es el borde occidental y el límite visible del Escudo de las Guayanas. Indudablemente el área del Escudo se continúa hacia el Oeste bajo una delgada cubierta de sedimentos sobrepuestos, probablemente terciarios, que se hundén gradualmente hacia el centro de la gran cuenca de los Llanos. Parece, sin embargo, sugestivo que en la parte central de la Zona de los Llanos, al Este del Macizo de Macarena, el basamento aparezca a una profundidad menor que hacia el Norte o Sur de esta cadena de Macarena.

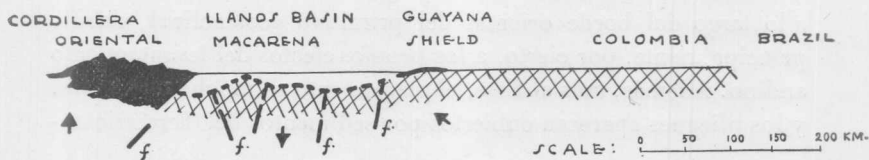
Hacia el Este del margen arcaico y por una considerable distancia en el territorio de Brasil y de los Llanos del Sudoeste de Venezuela, predominan las rocas arcaicas. Sin embargo, pueden presentarse pequeñas áreas de sedimentos tanto del Paleozoico inferior como del Terciario inferior continental, bajo la cubierta cuaternaria de este borde occidental del Escudo de las Guayanas.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Tectónica de las cadenas frontales. — La estructura del frente Este de la Cordillera Oriental está principalmente caracterizada por muchas fallas de débil inclinación que localmente pueden tomar el aspecto de fallas inversas y estructuras de escamas.



Bosquejo geológico esquemático de la parte Central y Oriental de Colombia (según V. Oppenheim) : A, Cordillera Oriental (Geosinclinal andino) ; Lb, Zona del margen occidental de los Llanos ; M, Macizo de Macarena ; NL, Cuenca sedimentaria septentrional de los Llanos ; SL, Cuenca sedimentaria austral de los Llanos ; GS, Escondo de las Guayanas.



Corte geológico esquemático de la parte Central y Oriental de Colombia

Es una sección transversal a través de la Cordillera Oriental austral que hice años atrás (3) entre Uribe, en los Llanos, y Neiva, en el curso superior del Río Magdalena, el efecto de corrimiento del Macizo andino principal frente a las llanuras de los Llanos es claramente visible. Más al Sur de esta área, el frente de la Cordillera es estructuralmente más complicado por el corrimiento hacia el Este de grandes masas ígneas, como el Macizo de Garzón, Macizo de Florencia y otros.

Hacia el Norte se conocen grandes cobijaduras a lo largo del frente andino del Norte de Villavicencio, al Este de la Cadena de Cucuy y en las cabeceras de la región del Río Casanare. Sobre el límite de Venezuela, en el tramo superior del Río Arauca, la sucesión estratigráfica aparece normal, aunque los estratos están muy fuertemente inclinados.

Los estratos del Terciario inferior incluídos a lo largo del frente andino prueban que el principal levantamiento de esta parte de la Cordillera Oriental tuvo lugar después del Eoceno y aparentemente continuó, con interrupciones, hasta el Plioceno. Las capas del Terciario superior, formadas a expensas de este gran levantamiento andino, están considerablemente desarrolladas todo a lo largo del frente montañoso.

Las fuerzas orogénicas aparentemente actuaron verticalmente desde la parte central del geosinclinal de la Cordillera Oriental. Después del levantamiento principal, las fuerzas se descompusieron en varias componentes horizontales, algunas de las cuales causaron corrimientos hacia el Este contra el área del Escudo profundamente hundida.

El levantamiento en el geosinclinal de la Cordillera Oriental debe haber causado un cierto hundimiento a lo largo del borde occidental del área del Escudo, y así evidentemente provocó una contracción en la cubierta sedimentaria marginal que tuvo su expresión en extensos plegamientos. Estos plegamientos son más acentuados a lo largo del borde oriental del primitivo geosinclinal, debido principalmente, por cierto, a los propios efectos del levantamiento andino. Además, más al Este, el plegamiento es mucho más suave, y los pliegues aparecen cubiertos por sedimentos del Terciario su-

perior ; disminuyen gradualmente de inclinación hacia el Este contra el Escudo ; los sedimentos más antiguos, anteriores al Terciario, deben hallarse en profundidades relativamente pequeñas.

Tectónica de los Llanos centrales. — Junto al arriba descripto efecto del levantamiento andino sobre la cubierta sedimentaria de los Llanos, la parte central de ellos debe haber sido también afectada por el hundimiento del propio basamento del Escudo. Extensas fallas deben haber tenido lugar en el propio basamento, afectando los sedimentos que estaban encima, sea por fuerzas de tensión y fractura, o por su ajuste a las recientemente formadas protuberancias e irregularidades en el basamento. Cubierta como está esta parte de los Llanos, con sedimentos recientes horizontales, sólo métodos geofísicos podrían ser capaces de descubrir estas estructuras en el basamento profundo de los Llanos.

Una confirmación de las fallas a que estuvo sometido el basamento de los Llanos puede hallarse parcialmente en el fracturado núcleo del Macizo de Macarena. La propia serranía de Macarena desapareció en gran parte durante el hundimiento general del área del Escudo.

Tectónica del área occidental del Escudo. — Los sedimentos de los Llanos cubren el área occidental del Escudo, generalmente, como un manto horizontal poco notable. El basamento rígido, sin embargo, debe haber sido afectado por las fallas debidas a su hundimiento en el Oeste. Como esta sección del basamento del Escudo está en gran parte cubierta por sedimentos del Terciario superior, parece difícil que se logre identificar las líneas de fallas mediante la observación de la superficie.

El escudo de las Guayanas propiamente dicho, más hacia el Este, permaneció como un núcleo rígido durante todo el desarrollo y levantamiento de la parte del geosinclinal oriental andino en Colombia.

Además de manchones aislados de rocas del Paleozoico y del Mesozoico como se hallan en la Sierra de Paraima, Sierra de Roraima y otras regiones con formaciones similares en la Guayana

brasileña, los únicos estratos conocidos de algún interés en el propio Escudo son los del Terciario superior de la cuenca del Amazonas. Estos estratos son de carácter continental y corresponden al Terciario superior; ninguno de ellos, sin embargo, muestra efectos de plegamiento tectónico.

GEOLOGÍA HISTÓRICA

Ésta será bosquejada a grandes rasgos, basándonos principalmente en las observaciones de campaña a lo largo de la Cordillera Oriental, los afloramientos del basamento en el Este, y las deducciones hechas en capítulos precedentes.

Pre-Cámbrico. — Un borde occidental alto del Escudo de la Guayana se extendía mucho hacia el Oeste, formando el borde oriental del gran geosinclinal andino. El material disgregado por la erosión del área del Escudo fué llenando gradualmente el geosinclinal. Los actuales Llanos deben haber constituido, pues, parte del escudo, que suministró los materiales para la formación de Quetame. El ciclo diastrófico Huroniano probablemente levantó la gran depresión, ya llenada con los sedimentos de la formación de Quetame que se extendía hasta la actual Cordillera Central. La formación de Quetame fué intensamente plegada y afectada por intrusiones ígneas. Posteriormente la región fué nivelada por la erosión y nuevamente hundida.

Paleozoico. — La presencia de capas marinas, yendo en edad desde el Ordovícico hasta el Carbonífero superior, sugiere que a través de los tiempos Paleozoicos existían cuencas más o menos aisladas a lo largo del actual margen occidental de los Llanos. Juzgando por las escasas pruebas a mano en el presente, parece que estas cuencas eran discontinuas. El ciclo diastrófico Caledónico aparentemente elevó nuevamente esta región. Al final del Paleozoico comenzó la obra de la erosión que se continuó en los primeros tiempos del Mesozoico llevando a una completa nivelación de la región.

Esto explica la falta completa de sedimentos del Pérmico y del Triásico en la Cordillera Oriental.

Mesozoico. — El margen del escudo se retiró hacia el Este pero permaneció relativamente cerca de la zona marginal que nuevamente se hundía. El hundimiento de la parte septentrional del geosinclinal de la Cordillera Oriental fué considerablemente mayor y más rápido que el de la austral. Grandes espesores de sedimentos marinos del Cretácico se acumularon en la parte Norte del geosinclinal, mientras la parte Sur permanecía mucho más baja y más rígida. Durante el Cretácico superior el hundimiento cesó y empezaron los primeros movimientos ascensionales de una nueva serie en el área geosinclinal; estos movimientos fueron los precursores del gran levantamiento de la Cordillera Oriental.

Cenozoico. — Durante la primera parte del Terciario continuó el levantamiento del geosinclinal, llegando a su culminación a fines del Mioceno. El levantamiento continuó en el Plioceno y sus efectos pueden ser observados también en el Pleistoceno.

Durante el último levantamiento, el borde del área del Escudo se retiró, al parecer, más hacia el Este, y se hundió algo y fué cubierto por sedimentos del Terciario superior, de gran espesor.

Cuaternario. — Una intensa erosión del frente Este de la Cordillera Oriental continuó espesando el manto de sedimentos recientes en los Llanos a lo largo del borde occidental del área del Escudo.

Así, la historia geológica de los Llanos de Colombia es la historia del desarrollo geológico del geosinclinal andino en el Oeste, y del borde que se retiraba del Escudo de las Guayanas en el Este. Sin embargo, la mayor parte de los Llanos, por lo que sabemos, pertenece al Escudo de las Guayanas.

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Hay indicios de « rocas madres » y « rocas recipientes » a lo largo del frente Este de la Cordillera Oriental. La « roca madre » pertenece, como en cualquier otra parte en el área de la Cordillera

Oriental, al Cretácico inferior o al Cretácico medio. En muchos afloramientos de capas del Cretácico superior y del Terciario inferior, se presentan exudaciones de petróleo y asfalto.

Es completamente razonable esperar que los extensos pliegues que corren paralelos a las cadenas de la Cordillera Oriental, a lo largo del borde occidental de los Llanos, puedan, en muchos casos, presentar condiciones favorables para la acumulación de petróleo en las capas del Cretáceo y del Terciario inferior. Sin embargo, esta posibilidad puede admitirse para la zona occidental de los Llanos, donde uno puede esperar la existencia de « rocas madres ». Más al Este, a lo largo de la zona sedimentaria central y oriental de los Llanos, es menos probable que puedan hallarse formaciones madres en las calizas y arcillas del Cretáceo, por cuanto ellas deben adelgazar rápidamente hacia el Este del borde del geosinclinal. Sin embargo, en este caso, podrían existir condiciones costaneras.

También se conocen manifestaciones de petróleo hacia el Norte y Sur del Macizo de Macarena, es probable que la cuenca septentrional de los Llanos pueda presentar mejores posibilidades que la meridional, de acuerdo a su más espesa cubierta de sedimentos. El área inmediatamente próxima a la sierra de Macarena, y al Norte y Sur de ella, puede probablemente también ofrecer posibilidades. Sin embargo, sólo las perforaciones pueden decidir el valor real de los Llanos en lo que se refiere al petróleo.

CONCLUSIONES

Como conclusión del presente bosquejo del vasto territorio de los Llanos colombianos, se puede afirmar lo siguiente :

De las tres partes principales de los Llanos que hemos admitido, el Margen occidental de los Llanos es la única accesible a observaciones geológicas superficiales.

No es posible efectuar útilmente estudios geológicos en superficie de la zona central de los Llanos ; en cualquier investigación geológica detallada será indispensable emplear métodos geofísicos y perforaciones explorativas.

La Zona central de los Llanos es, indudablemente, un reflejo, y estratigráficamente una continuación atenuada de la sedimentación del geosinclinal de la Cordillera Oriental. La facies nerítica de la deposición costanera estuvo limitada al Este por el borde occidental del Escudo de las Guayanas, que antes se extendía como un macizo más alto, considerablemente más hacia el Este que lo que se observa al presente.

La mayor parte de los materiales clásticos a lo largo del margen occidental de los Llanos y en el geosinclinal de la Cordillera Oriental propiamente dicha, fueron originados a expensas de la erosión, principalmente del borde occidental del escudo de las Guayanas.

El actual macizo de Macarena, situado frente a la prolongación hacia el Oeste de la masa basal del área del Escudo, parece indicar una antigua separación de los Llanos en dos cuencas, septentrional y austral, que temporariamente quedaron separadas. De estas cuencas, la septentrional bordeaba un área geosinclinal considerablemente profunda de la Cordillera Oriental, mientras que la austral, mucho menos profunda, se resentía de la proximidad del núcleo andino de la Cordillera Central hacia el Oeste. Las dos cuencas reflejan en gran parte las condiciones de sedimentación en los territorios próximos del otro lado de los Andes en Venezuela, por un lado, y en Ecuador y Perú por otro, respectivamente.

Estructuralmente, los Llanos fueron afectados por la orogénesis del Mesozoico y del Cenozoico de la Cordillera Oriental, que fué limitada, sin embargo, por la rigidez del Escudo de las Guayanas en el Este. Plegamientos y fallas intensas a lo largo del borde occidental de los Llanos, tenderían así a disminuir hacia el Este, permaneciendo los sedimentos aproximadamente horizontales en el área del Escudo hacia el Este.

Es de desear que en el futuro se preste mayor atención a la geología de este vasto territorio de Colombia; este trabajo sólo es una primera contribución hacia su mejor conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. GROSSE, E., *Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia, 1917-1933*, t. I-III, Bogotá, 1935.
2. OPPENHEIM, V., *Geología del Departamento de Magdalena*, en *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. IV, n^{os} 15-16 Bogotá, 1941.
3. — *Geología del Sur de la Cordillera Oriental entre los Llanos y el Magdalena*, en *Boletín de Minas y Petróleos*, n^{os} 121-144, Bogotá, 1941; *Academia Colombiana de Ciencias*, vol. IV, n^o 14, Bogotá, 1941.
4. — *Glaciaciones Cuaternarias en la Cordillera Oriental de la República de Colombia*, en *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. IV, n^o 13, Bogotá, 1940.
5. — *Observations on the «Evolutions of the Pacific Ocean» by Alex. I. du Toit* (Review), en *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, vol. 25, n^o 9, Tulsa, sept. 1941.
6. — *Jurassic-Cretaceous (Giron) Beds in Colombia and Venezuela*, en *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 22, n^o 9, Tulsa, sept. 1940.
7. — *Contribution to the Geology of the Venezuelan Andes*, en *Bol. Geol. Min.*, t. I, n^{os} 2-4, Caracas, 1937.
8. — *Las Montañas de Cutucú en Ecuador*, en *Bol. Sos. Geográfico de Colombia*, n^o 5, V-VI, Bogotá, 1940.
9. — *Geological Exploration between Upper Jurua River (Brazil) and Middle Ucayali River (Perú)*, en *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. 21, n^o 1, Tulsa, enero de 1937.
10. — *Geology of the Devonian Areas of Paraná Basin in Brazil, Uruguay and Paraguay*, en *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, vol. XX, n^o 9, Tulsa, sept. 1936.
11. LIDDLE, R. A., *The Geology of Venezuela and Trinidad*, Fort Worth, Texas, 1928.
12. SCHUCHERT, C., *Historical Geology of the Antillean Caribbean Region*, New York, 1935.