

APRECIACION DE LAS ZONAS PETROLIFERAS DE COLOMBIA.

A.-Bases generales y teóricas.

El trabajo que sigue es el complemento de una apreciación por el suscritor de las áreas petrolíferas de Colombia, publicada en el Boletín de Minas y Petróleos No. 1(1929). Se basa en el conocimiento de la geología del país adquirido en diez años de estudios, al servicio del Gobierno. Durante este tiempo se estudiaron la región de Urabá en el noreste de Colombia, el departamento del Norte de Santander, los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca y el departamento de Cundinamarca. En una forma más general se han apreciado los departamentos de Boyacá, del Tolima y del Huila y la zona costanera del Pacífico comprendida entre la isla Gorgona y la bahía de Cupica. Los resultados de estos estudios se han relacionado con las determinaciones de los geólogos que investigaron en parte las mismas y otras regiones del país y los países andinos vecinos. De esta manera fué posible formar un cuadro geológico general del país dentro del cual se puede ver la geología de sus partes.

Con el fin de simplificar la investigación de las regiones estudiadas, se concedió importancia especial a los rasgos sistemáticos de la geología y a su evolución, tomando como punto de partida los rasgos sistemáticos de la tectónica y de su evolución durante el ciclo andino, es decir desde el mesozoico a esta parte. Estas determinaciones se hacen relativamente fáciles en Colombia, país típico de pliegues cuya tectónica se refleja generalmente en la orografía, porque los rasgos sistemáticos de la tectónica son ébvios y están sencillamente representados. El primero en reconocerlos ha sido H. Stille (Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena. v. Keenen Festschrift. 1907. - Versión castellana por Jaime Benilla Plata) quien llama la atención hacia la subdivisión geológica longitudinal de los Andes en Colombia y hacia sus virgaciones. Sus puntos de vista fueron desarrollados por el suscritor y relacionados con la sistemática que se deduce del grado de la intensidad tectónica, reconocida por G. Steinmann (Geologie von Perú. Heidelberg 1929). De estas bases se desprende que la formación y la repartición de las rocas y de sus yacimientos es una función de la intensidad tectónica y de su actuación sistemática. La

ZONAS PETROLIFERAS

evolucion muy regular que presenta en Colombia el ciclo andino permite identificar el desarrollo de este orden geológico. Los resultados de estas investigaciones estan contenidas principalmente en los trabajos del suscrito sobre los departamentos del Norte de Santander y del Valle y del Cauca (Archivo del Depto. de Minas y Petróleos).

En forma resumida se daran a conocer algunos de los puntos de vista sobre la geología sistematizada de Colombia que son importantes en relacion con la apreciacion de las áreas petrolíferas.

1) Colombia como zona tectónica de típicos pliegues.

Segun se ha dicho, Colombia es un país constituido típicamente por pliegues, comprendiéndose bajo el término de "pliegues" los plegamientos (anticlinales y sinclinales) y además las ondulaciones (formas regulares: cúpulas y artesas). Los sobresurrimientos se presentan regionalmente, pero son secundarios dentro del cuadro tectónico general y además no son sino pliegue-fallas. Las fallas radiales son raras. Las cobijaduras típicas no se han observado en Colombia.

Se pone de presente que en muchos estudios se ha considerado la existencia de sobresurrimientos frecuentes e intensos. Sin embargo en parte se trata de fracturas aparentes, activadas por transgresiones locales tardías, por variaciones considerables de magnitud a distancias relativamente cortas y por discordancias fuertes, o simplemente por el oscurecimiento del terreno al pié de las estructuras por formaciones modernas.

2) Sistematización tectónica.

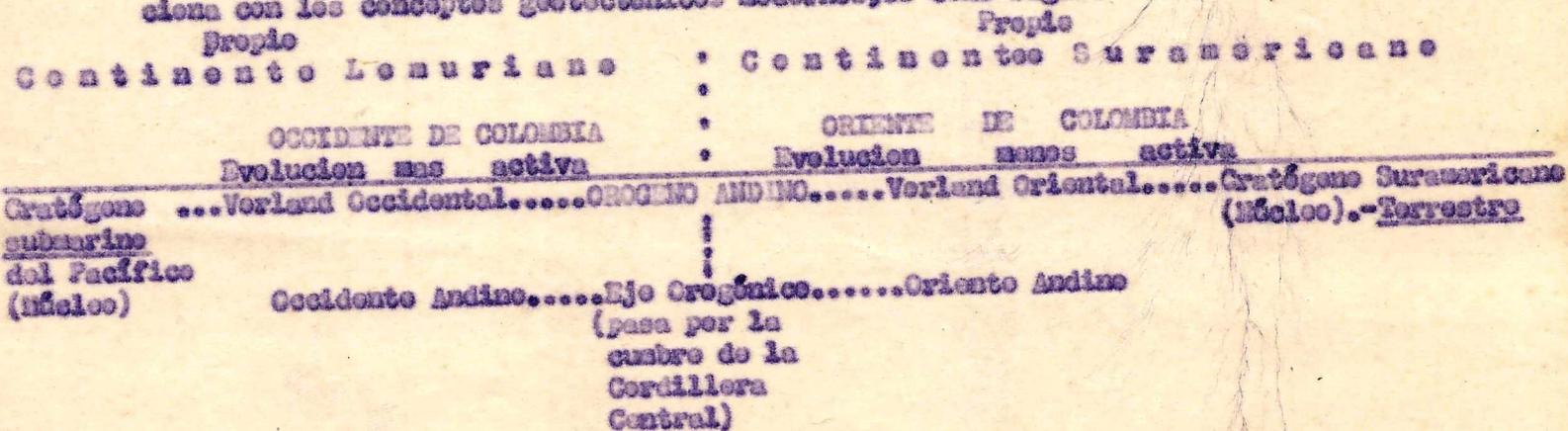
Su determinación parte de la subdivisión longitudinal de los Andes en Colombia la cual se reconoce desde la escala geotectónica hasta la escala común. Esta subdivisión longitudinal que especificaremos más adelante, se funda en plegamientos de dimensiones igualmente geotectónicas hasta comunes y se manifiesta imperfecta tan solo en la apariencia. Ella está vedada en parte por la intersección de los sistemas de plegamientos que ofrecen orientaciones muy típicas. En lo demás aparece imperfecta tan solo porque no existen plegamientos que tengan ejes de nivel sostenido (anticlinales y sinclinales en el sentido estricto), sino que siempre son ondulados. En consecuencia presentan cúpulas, artesas, depresiones y distoles cuyas dimensiones también son geotectónicas hasta comunes. La formación de estas ondulaciones parece hallarse en conexión fundamental con movimientos axiales isostáticos que se perciben en los sistemas de plegamientos longitudinales, constituidos comúnmente de tres anticlinales y de dos sinclinales. En los casos ideales, estos

ZONAS PETROLIFERAS

movimientos se efectúan de tal manera que, por ejemplo, si asciende el anticlinal central y llega a culminar, se forma una cúpula en cuyos flancos se confunden los sinclinales y los anticlinales laterales, o al menos muestran la tendencia de confundirse. Al descender el anticlinal central, puede llegar a formar el fondo de una artesa, cuyos flancos interiores equivalen a los sinclinales y los bordes a los anticlinales laterales. Las observaciones hechas en Colombia demuestran que en ciertos casos que dependen de un grado medio de la intensidad tectónica, se manifiesta un orden alternativo en la sucesión de cúpulas y artesas de este origen, complementado por las virgaciones que se presentan entre las artesas y las cúpulas. Este orden de sucesión es el siguiente: cúpula-virgación-artesa-virgación-cúpula-artesa-virgación, etc. De este orden dependen los puntos de vista de la simetría y de la semejanza geológicas que, con respecto a la simetría también valen con respecto a los plegamientos longitudinales. Estos rasgos geométricos que ofrece la construcción de la corteza terrestre sufren modificaciones individuales por la razón de que entre dos regiones simétricas y entre dos regiones semejantes existen diferencias más o menos grandes de intensidad de la evolución tectónica. Por lo mismo, nunca sucederá el caso de que dos estructuras simétricas o semejantes lo sean en el sentido exacto geométrico. - Para citar un caso en que este orden se aprovechó con resultados satisfactorios, se refiere a la apreciación teórica de la geología de la zona petrolífera del Norte de Santander (Boletín de Minas y Petróleos, No. 2.-1929), hecha desde Bogotá antes de emprender el estudio del terreno que no se conocía geológicamente sino en la zona de Cúcuta. Esta aplicación redujo considerablemente el tiempo necesario para el estudio del terreno.

Para la ilustración del lector sobre los rasgos sistemáticos de la tectónica, se citan en seguida y de mayor a menor escala los casos de la subdivisión longitudinal y luego los de la sucesión de ondulaciones en los sistemas de plegamientos.

La subdivisión longitudinal general que se determina en el país y que se relaciona con los conceptos geotectónicos modernos, es como sigue:



ZONAS PETROLIFERAS

Esta subdivision longitudinal refleja la simetria entre el crat6geno Suramericano y el del Pacifico que se deduce de los relieves suaves del fondo del Pacifico, ademas entre los Vorlands Occidental y Oriental y, en cuanto al 6rgano, entre el Occidente Andino y el Oriente Andino. Como eje de la simetria longitudinal figura el eje 6rg6nico. La simetria se individualiza porque la parte correspondiente al continente Lemuriano ofrece una evolucion mas activa que la que corresponde al propio continente Suramericano. Asi, el Vorland Occidental, aparte de que una faja es submarina, ofrece subdivision longitudinal, caracterizada por la Cordillera endulosa de la Costa y por la hoyandina del Pacifico; en cambio el Vorland Oriental no ofrece esa subdivision y su tect6nica evidentemente se reduce a endulaciones. El Occidente Andino es menos ancho, notablemente mas contraido y mas magn6tico que el Oriente Andino. - Para la apreciacion geol6gica del pais es fundamental el hecho de que la intensidad tect6nica disminuye en t6rmino medio desde el eje 6rg6nico hacia los respectivos crat6genos. Conforme a la evolucion mas activa en la parte Lemuriana, dicha disminucion es mas lenta hacia ese lado. En la misma forma disminuyen tambien las intensidades magn6tica y metam6rfica desde el eje hacia los crat6genos. En la tercera parte de este trabajo se ver6 la importancia que tiene esta disminucion sistem6tica de la intensidad tect6nica sobre la extension y la bondad de las zonas petroliferas.

La subdivision longitudinal general sigue en menor escala dentro del 6rgano que representa la faja de mayor actividad intercontinental. Dicha subdivision, exceptuando el Vorland Occidental cuya evolucion es bastante activa, no se presenta en las demas fajas ya que su evolucion es lenta hasta (crat6genos) pr6cticamente nula. - La subdivision longitudinal del 6rgano Andino en Colombia es la siguiente:

	OROGENO		ANDINO		
Occidente	Andino	I	Oriente	Andino	
Cordillera Occidental	... Hoyandina del Cauca	...	Cordillera Central (en su cumbre est6 el eje 6rg6nico)	... Hoyandina del Magdalena	... Cordillera Oriental

Segun se ve, la simetria longitudinal sigue present6ndose tambien a esta escala porque se corresponden las hoyandinas del Cauca y del Magdalena y las Cordilleras Occidental y Oriental. La mayor actividad tect6nica del Occidente Andino implica la individualidad geol6gica de sus miembros en comparacion con los correspondientes del Oriente Andino. - Para mejor entendimiento se advierte que la expresion hoyandina, bastante defectuosa, se ha aplicado a las

ZONAS PETROLIFERAS

grandes hoyas que se intercalan entre las cordilleras y que en realidad son tan continuas como estas, es decir no se restringen a trayectos fluviales, como el Magdalena y el Cauca.

Si bien con menor claridad, la subdivision longitudinal sigue presentándose en las cordilleras y en las hoyandinas. En estas últimas la subdivision no resalta porque el grado de intensidad tectónica es relativamente suave, es decir las ondulaciones predominan sobre los plegamientos. En las Cordilleras el tectonismo puede llegar a ser demasiado intenso, lo cual tambien hace confundirse la subdivision longitudinal, como sucede en los trayectos altos, montañosos de las Cordilleras Central y Occidental. En la Cordillera Oriental en que la intensidad tectónica es favorable, se observa tanto en Boyacá como en el Norte de Santander, la siguiente subdivision longitudinal:

CORDILLERA

ORIENTAL

Serrania Occidental...	Valandino Occidental...	Serrania Central...	Valandino Oriental...	Serrania Oriental
	(p.p. río Suarez)		(p.p. río Chicor- mecha)	

Como serranias se designan las partes altas de las cordilleras que, a igual que las las Cordilleras con anticlinales complejos. Los valandinos equivalen a hoyandinas menores y tienen como estas caracter sinclinal complejo. A base de la cumbre de la serrania central como eje de la Cordillera Oriental (ya no como eje orogénico) se reconoce la simetria de los miembros que guardan entre sí los valandinos y las serranias laterales.

La misma subdivision en 5 miembros (3 anticlinales y 2 sinclinales) que ofrecen los Andes en Colombia y la Cordillera Oriental, tambien la muestra la Cordillera Occidental en la virgacion de Urabá-Belivar, aunque en forma relativamente imperfecta:

CORDILLERA

OCCIDENTAL (Virgacion de Urabá-Belivar)

Serrania Occidental...	Valandino Occidental...	Serrania Central...	Valandino Oriental...	Serrania Oriental,
e Choceana	e del Leon	e de Abibe	e del Sinú	e de Sincero leje (e Cauca)

En vista de que los valandinos tambien ofrecen un tectonismo relativamente suave, se manifiesta en ellos la subdivision longitudinal; en las serranias ella se presenta en donde estas descienden hacia las cuencas interiores de las cordilleras, por ejemplo en el descenso de la serrania central de la Cordillera Oriental hacia las cuencas de Bogotá y de Maracaibo. En ambos casos se distinguen tres anticlinales (cordones) y dos sinclinales, advirtiéndose que el anticlinal central desciende muy pronto y no alcanza a resaltar bien.

ZONAS PETROLIFERAS

Finalmente suele observarse tambien la subdivision longitudinal en los cordones, es decir en anticlinales de amplitud comun y sencillos. Este es el caso por ejemplo en el cordon de Bogotá, sobre el pase de Serresuelita (carretera del Guavio). Tambien en este caso, la subdivision consta de 3 anticlinales y de dos sinclinales.

El orden de la sucesion de las ondulaciones y virgaciones en los sistemas de los plegamientos, o sea el orden de la construccion orgánica, se percibe dentro del Orógeno Andino, desde el Caribe hasta el altiplano de Bolivia, en la siguiente forma:

- 1) Cuenca (artesa grande y compleja) del Caribe; la Cordillera Central forma el fonde de la cuenca. Sus bordes van formados por los flancos de la Cordillera Oriental (Antillas en la parte correspondiente) y de la Cordillera Occidental (trayecto panamelo-ecuatorriense de la serrania Chocoma, llamada tambien Cordillera Centroamericana). - La cuenca es una parte ancha del orógeno.
- 2) Virgacion Colombiana, comprendida como zona de transicion entre la cuenca del Caribe y el nudo Ecuatoriano; en esta como en las demas virgaciones es típica la subdivision longitudinal. El orógeno se estrecha hacia el nudo Ecuatoriano y en término medio la Cordillera Central comienza a levantarse por sobre el nivel de las cordilleras laterales.
- 3) Nudo (cúspide grande y compleja) Ecuatoriano. La Cordillera Central culmina y las hoyandinas del Magdalena y del Cauca asi mismo que las Cordilleras Oriental y Occidental tienden a confundirse en los flancos del nudo, la hoyandina del Magdalena y la Cordillera Oriental mas perfectamente que la hoyandina del Cauca y la Cordillera Occidental por ofrecer un tectonismo menos intenso.
- 4) Virgacion Peruana; muestra la misma subdivision longitudinal como la virgacion Colombiana, pero en forma notablemente mas rudimentaria, debido a que la intensidad tectónica es menor.
- 5) Cuenca Boliviana; la Cordillera Central forma el fonde de esta cuenca que va representada por el altiplano de Bolivia; las Cordilleras Occidental y sobre todo la Oriental forman sus flancos.

Desde la cuenca de Bolivia al Sur, el Oriente Andino, incluso toda la Cordillera Central, va presentando una evolucion tectónica siempre mas suave que llega hasta mas o menos el atectonismo. Por esta razon no resaltan ahí las Cordilleras Central y Oriental y la hoyandina del Magdalena, ni se determina el límite entre el Orógeno Andino y el Vorland Oriental.

En la Cordillera Oriental se determina una sucesion correspondiente:

- 1) Cuenca de Maracaibo; la serrania central forma el fonde de dicha cuenca; las serranias occidental y oriental forman sus flancos.
- 2) Virgacion Nortasantandereana; resalta la subdivision longitudinal de la Cordillera Oriental.
- 3) Nudo Santandereano; culmina la serrania central, mientras los valandinos occidental y oriental y las serranias occidental y oriental tienden a transformarse en los flancos del nudo.
- 4) Virgacion Boyacense, menos acentuada que la Nortasantandereana, pero todavia alcanza a resaltar bastante bien la subdivision longitudinal de la Cordillera Oriental.
- 5) Cuenca de Bogotá; la serrania central forma el fonde de esta cuenca;

ZONAS PETROLIFERAS

Las serranías occidental y la oriental forman sus bordes geológicamente altos, sobre todo la serranía oriental.

Mientras la Cordillera Oriental con su carácter hemitectónico (de mediana intensidad tectónica) ofrece la sucesión enumerada, semejante a la de la sección bolivariana de los Andes - Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia septentrional -, la Cordillera Central que ofrece un tectonismo intenso, o sea una evolución eotectónica, no presenta cuencas interiores. La sucesión se reduce a cúpulas y a depresiones que tienen carácter de virgación y se manifiesta de la siguiente manera:

- 1) Mudo de Santa Marta
- 2) Depresión del Banco, muy acentuada (baja); probablemente deja reconocer la subdivisión longitudinal de la Cordillera Central hacia la zona de la confluencia del Cauca con el Magdalena.
- 3) Mudo Antioqueño, definido geológicamente por las rocas antiguas que forman su cumbre y su flanco oriental.
- 4) Depresión de Mariño-Caldas, geológicamente concebible porque en ella se extiende el cretáceo, en estado metamórfico.
- 5) Mudo Ecuatoriano, comprendiéndolo como culminación especial de la Cordillera Central.

En la Cordillera Occidental que también es eotectónica y que se distingue por un desarrollo rectilíneo, solo se reconoce en el Norte el mudo de Frontino y la virgación de Urabá-Bolívar, la cual debe conducir a la cuenca submarina del Darién, atrevida porque su borde oriental se confunde ~~con~~ en el interior de la cuenca general del Caribe.

Dentro de las hoyandinas, cuya intensidad tectónica es inferior a la de las cordilleras, los mudos generalmente no alcanzan a resaltar. Una excepción lo es la hoyandina del Cauca, cuyos mudos tienen la particularidad de estar ligados a la Cordillera Central, motivo por el cual se les ha llamado premontorios. La sucesión que se presenta en esta hoyandina es excepcionalmente regular y consta con prescindencia de las virgaciones que muchas veces son imperfectas, de los siguientes premontorios y cuencas:

- 1) Cuenca de Sopetran
- 2) Premontorio de Titríbi
- 3) Cuenca de Fredonia-Supia
- 4) Premontorio de Manizales, poco destacado
- 5) Cuenca del Quindío, bajo el altiplano del mismo nombre
- 6) Premontorio de Buga, muy pronunciado
- 7) Cuenca de Cali
- 8) Premontorio de Popayan, bajo el altiplano del mismo nombre
- 9) Cuenca del Patía

ZONAS PETROLIFERAS

La hoyandina del Magdalena que es tectónicamente menos intensa que la del Cauca, no ofrece promontorios bien pronunciados; mas bien se caracteriza por la intercalación de dintelos y angosturas entre las cuencas. La sucesión es la siguiente:

- 1) Dintel de Valledupar, situado en las cabeceras del Cesar, advirtiéndose que la hoyandina del Magdalena, al contrario del valle del Magdalena, se dirige en El Bance hacia el NE, siguiendo por el valle del Cesar.
- 2) Cuenca del Cesar, limitada al W por la depresión del Bance de la Cordillera Central
- 3) Dintel y angostura de Simití
- 4) Cuenca del Carare
- 5) Dintel y angostura de Honda
- 6) Cuenca del Guamo
- 7) Angostura de Golendrinás
- 8) Cuenca de Moiva; se extiende en forma compleja hasta el dintel de San Agustín
- 9) Dintel de San Agustín que forma un puente geológico entre las Cordilleras Central y Oriental

En el Verland Oriental donde la intensidad tectónica es suave, se reconocen tan solo las grandes cuencas que van separadas por dintelos: Para hacer resaltar la sucesión se abarca el Verland Oriental desde Venezuela hasta el Oriente del Perú:

- 1) Dintel del bajo Orinoco, significado por el avance de las rocas antiguas guyanenses contra el borde del orógeno (pie E de la Cord. Oriental)
- 2) Cuenca del Meta-Arauca que implica una ampliación considerable del Verland Oriental.
- 3) Dintel del Putumayo, significado por la mesa del Caquetá y por el avance de las rocas antiguas guyanenses contra el orógeno.
- 4) Cuenca del Oriente Peruano (según la descripción de Singewald, referida por Steinmann)

En el Verland Occidental cuya evolución relativamente activa implica la subdivisión longitudinal (hoyandina del Pacífico y Cordillera de la Costa), se observa en la Cordillera de la Costa la siguiente sucesión de nudos y depresiones:

- 1) Depresión del Golfo de Panamá
- 2) Nudo de Cupica, geográfica y geológicamente bastante alto
- 3) Depresión de Buenaventura, con el pequeño nudo de la Gorgona
- 4) Nudo costanero del Ecuador, geográfica y geológicamente bastante bajo.

Debido al encubrimiento vasto con sedimentos terciarios y cuaternarios, la hoyandina del Pacífico no muestra claramente el desarrollo de las cuencas y de los dintelos, excepto el dintel del Darién que parece ser esencialmente eruptivo. Un estudio detenido de la hoyandina del Pacífico debe aclarar si al NW de Quibdó y al Este de la Gorgona existen dintelos y entre estos y el dintel del Darién las cuencas correspondientes.

ZONAS PETROLIFERAS

“o la enumeracion hecha resalta el orden sistematico de la tectónica de Colombia. Para comprender que se trata de un orden perfecto no es necesario sino tener en cuenta el grado regional de la intensidad tectónica que tambien es ordenado. Al darse cuenta de este orden, no es difícil ni aventurado el apreciar aun las regiones geológicamente desconocidas de Colombia.

3) Formas tectónicas en relacion con el grado de la intensidad tectónica.

Los grados de intensidad tectónica producen las siguientes formas tectónicas:

- 1) Tectonismo suave, u epitectonismo, caracterizado por ondulaciones (no por plegamientos). Tipo: Verland Oriental.
- 2) Tectonismo mediano, o hemitectonismo, caracterizado por plegamientos y sistemas de plegamientos ondulados. Tipo: Cordillera Oriental.
- 3) Tectonismo intenso, o eutectonismo (según las condiciones de Colombia), caracterizado por plegamientos relativamente sostenidos y poco ondulados. Tipo: Cordillera Occidental que es un anticlinal general relativamente sostenido en la sección suramericana de los Andes y que representa ahí la guía de la subdivisión longitudinal.

4) Repartición de la intensidad tectónica en las formas tectónicas.

En los pliegues de dimensiones mayores hasta de dimensiones comunes se observa que los anticlinales son tectónicamente más intensos que los sinclinales y las cúpulas que las artesas. La mayor intensidad tectónica sin embargo se halla en los flancos que median entre los anticlinales y los sinclinales y entre las cúpulas y las artesas. Generalmente uno de los flancos de determinada estructura ofrece un tectonismo más intenso que el otro.

En general se puede decir que la intensidad tectónica aumenta desde el interior de los sinclinales y sobre todo de las artesas hacia la parte alta de los flancos que conducen a los anticlinales y sobre todo hacia las cúpulas y vuelve a declinar aunque poco hacia los ejes de los anticlinales y hacia las culminaciones de las cúpulas.

Como las ondulaciones indican un tectonismo más suave y como las artesas y los sinclinales ofrecen una intensidad tectónica menor que las cúpulas y los anticlinales, no puede sorprender que los anticlinales carezcan casi siempre de artesas y que sus ondulaciones se reduzcan a cúpulas y depresiones. Asimismo es natural que en los sinclinales comunmente no se formen cúpulas sino que la sucesión se restrinja a artesas y dinteles (véase las observaciones sobre ondulaciones en las cordilleras

ZONAS PETROLIFERAS

que representan anticlinales complejos y en las hoyadinas que son sinclinales complejos).

Al darse cuenta de la subdivision del pais en plegamientos y en ondulaciones de mayor hasta menor escala, la aplicacion de los puntos de vista descritos facilita extraordinariamente la investigacion geológica.

4) La evolucion del ciclo andino en Colombia.

El ciclo andino ofrece en Colombia un desarrollo que se puede calificar de clásico. Sus fases son las siguientes:

IV.- Fase Geanticlinal. Terciaria superior hasta la actualidad. Durante el terciario superior tiene lugar la contraccion fuerte, producida por un orogenismo intenso. En el cuaternario y probablemente desde el plioceno se presentan los movimientos epiregónicos (pliegues de gran amplitud) que producen el sollevamiento general de la montaña. Esta fase se puede caracterizar de eutectónica.

III.- Fase Emersiva. Paleoceno hasta mas o menos la mitad del mioceno.

Actuacion orogénica y epiregénica combinada, sin signos de sollevamiento fuerte del orógeno. Separacion de este de los Verlands. Estado de orógeno insular. Sedimentacion lítica en el interior y marina hacia las actuales costas. Fase epistectónica hasta hemitectónica.

II.- Fase Geosinclinal. Ella comienza en el Occidente de Colombia probablemente alrededor del jurásico y finaliza hacia el cretáceo superior; en el Oriente de Colombia comienza en el haureriviano superior o en el barreriano inferior y termina hacia el final del senoniano. Estado general marino de Colombia. Fase general epirectónica, de actuacion lenta.

I.- Fase Emersiva. En el Occidente de Colombia posiblemente alrededor del triásico; en el Oriente de Colombia desde el jurásico superior hasta el haureriviano. Estado del orógeno insular que se hunde, con facies lítica-marina hasta lítica. El caracter tectónico aun no se ha definido bien; parece ser epiregónico-orogénico, segun observaciones entre la cuenca de Bogotá y el nudo Santandereano (véase pg.)

(Las determinaciones cronológicas se han hecho solo en parte sobre la base de fósiles, en lo demás segun horizontes petrográficos de guia, segun la facies de estos y segun relaciones estratigráficas con los paises vecinos, especialmente con Venezuela y con el Perú, y con los Estados Unidos. La posibilidad de penetrar la evolucion de Colombia y de relacionarla con la de los Andes en general, ha permitido asegurar mejor las determinaciones cronológicas. Se juzga que los errores existentes no sean importantes.)

El desarrollo del ciclo se efectúa en Colombia de tal manera que la evolucion activa del Occidente de Colombia marcha un paso adelante de la evolucion tranquila del Oriente del pais. La sedimentacion en el Occidente de Colombia comienza

ZONAS PETROLIFERAS

temprano en el jurásico e ya en el triásico (la falta de fósiles en los sedimentos correspondientes dificulta la determinación). En el Oriente de Colombia no se inicia la sedimentación sino alrededor del jurásico superior. La regresión parcial se inicia en el Occidente de Colombia alrededor del cretáceo medio, en el Oriente alrededor del senoniense superior, es decir al final del cretáceo. En el terciario inferior y medio, la preferencia orgánica del Occidente Andino es más avanzada que en el Oriente Andino de Colombia, donde subsisten grandes zonas de sedimentación. Solo en el terciario superior el organismo general y fuerte se extiende más o menos paralelamente sobre el Occidente y el Oriente Andinos del país, pero es significativo que en el Occidente Andino va acompañado de un volcanismo intenso, sintomático para la evolución más intensa de aquella zona del país, lo mismo que el volcanismo cretáceo.

El movimiento del espacio sedimentario en Colombia está conectado con el del distrito belivariano de los Andes y de sus Veriando. Este movimiento general se realiza de tal manera que el espacio sedimentario avanza en el mesozoico desde las zonas de permanencia marina del Pacífico y probablemente del Caribe hacia el cratógeno terrestre Suramericano y hacia la parte septentrional de la masa terrestre interandina de Suramérica que se extiende con algunas depresiones (p. e. Rio Negro en la Argentina) desde el actual altiplano de Bolivia hacia la Patagonia argentina. En el terciario y ya en parte desde el cretáceo superior se efectúa la regresión hacia las zonas de partida, motivada por el sollevamiento de los Andes desde el borde septentrional de la masa interandina de Suramérica hacia el Perú y luego hacia Colombia. - Se entiende que estos movimientos generales de avance y de receso ofrecen múltiples variaciones en los períodos.

Entre del espacio sedimentario de Colombia, los nudos del Oriente de Colombia y de la Cordillera Central que ya se hallan preferidos desde antes del cretáceo, y los nudos del Occidente de Colombia que se prefieren alrededor del cretáceo, representan zonas de hundimiento lento (enveloppement deses de Mushketov; en Gregory: Structure of Asia), que ingresan al área sedimentaria tan solo en el cretáceo posthauriviano y que en este tiempo se caracterizan por sedimentos que en término medio son de poca magnitud y tienen carácter de sedimentos de barras e bajos marinos. Desde estos centros de quietud epigénica, el hundimiento aumenta hacia las cuencas que existen preferidas desde el cretáceo e que se van formando en este tiempo e en el terciario. Proporcionalmente a este hundimiento aumenta también la magnitud de los sedimentos, excepte hacia el interior de

ZONAS PETROLIFERAS

la cuenca Caribe que es demasiado espaciosa para que pueda llenarse de sedimentos. Para dar un ejemplo de como se desarrollan estos movimientos epiregánicos del mesozoico, servirá el desarrollo de la zona comprendida entre el nudo Santandereano y la cuenca de Bogotá. El nudo Santandereano no se encubre sino alrededor del Barremiano y en las partes altas, los sedimentos postbarremianos del cretáceo no adquirieron sino una magnitud de pocos cientos de metros y son esencialmente arenosos hasta calcosos (conchíferos) entre el barremiano y el albiense. Desde el principio del terciario, el nudo vuelve a tomar caracter terrestre aislado. En la cuenca de Bogotá, según los afloramientos del borde oriental, la sedimentación ya comienza alrededor del jurásico superior y adquiere hasta el final del cretáceo una magnitud de unos 5000 m, la cual contrasta con la escasa magnitud del cretáceo en la parte alta del nudo Santandereano. Pero con este no termina la sedimentación en la cuenca de Bogotá. En el terciario inferior y medio se depositan otros 2000 m de sedimentos, a los cuales hay que agregar hasta 300 m de sedimentos del terciario superior y del cuaternario. En total el hundimiento de la cuenca de Bogotá, casi continuo a través del ciclo andino, adquirió un monto de 7000 m en contrapesación al nudo Santandereano y en general también en contrapesación a la Cordillera Central que muestra características análogas de evolución como el nudo Santandereano. Muy instructivas también son las condiciones en el nudo de Quetame que se halla a continuación este de la cuenca de Bogotá. En su pie occidental (Quetame) se halla la sedimentación potente del jurásico superior hasta el senoniano que tiene 5000 m. En la cumbre del nudo, según investigaciones entre Quetame y Gutiérrez, la transgresión comienza alrededor del barremiano con facies arenosa y deposita sedimentos de poca magnitud que no pasan de unos 200 m. En dirección hacia Gutiérrez se observa el aumento de estos sedimentos cretáceos y su traspase a la facies normal del cretáceo bogotano. Se trata ahí del borde Sureccidental del nudo de Quetame.

Según observaciones hechas en la parte alta del nudo Santandereano y además en el lado occidental de la Cordillera Central, los movimientos tectónicos del cretáceo, no son solo epiregánicos sino también oregánicos. En el nudo Santandereano, situado en la faja de evolución tranquila de los Andes, el oregonismo probablemente se efectúa bajo la superficie sedimentaria y se expresa por el aumento y la disminución hasta la extinción de los sedimentos del cretáceo inferior. Estos se encuentran en las partes bajas actuales de dicho nudo e indican así la preferencia de las estructuras modernas desde el cretáceo inferior. En el terciario, el oregonismo comienza a extenderse

desde los bordes de los nudos en direccion hacia las cuencas de Bogotá y Maracibo, manifestándose ya por discordancias que al parecer son lovas. A la cuenca de Bogotá, el orogénico no llega sino en el terciario superior, cuando se forma una discordancia notable entre el piso de Tllatá (terciario sup.) y las formaciones precedentes. En el lado occidental de la Cordillera Central, situada en una zona de evolucion muy intrarruila, los movimientos orogénicos probablemente ya se presentan regionalmente en el cretáceo (paleozoicos intercretáceos) y se destacan por discordancias. A esta supercion da lugar la escasa magnitud del cretáceo volcánico en ciertas partes del citado flanco, por ejemplo al Este de la línea Popayan-Farfa, la cual contrasta con la gran magnitud del cretáceo volcánico en la Cordillera Occidental que entonces fué la parte interior del subgeosinclinal occidental. Además el cretáceo volcánico del lado de la Cordillera Central ofrece una notable participacion de conglomerados, lo que evidencia mas de cerca la presencia de discordancia. Mejor se reconocen los paleozoicos de este tiempo en otra parte del flanco occidental de la Cordillera Central y es en la Patagonia, donde segun se dijo la Cordillera Central se manifiesta mas o menos atectónica y por lo mismo no se destaca. Existen ahí los paleozoicos intercretáceos que ha determinado Kaidel y que han formado los Patagonides.

Datos especiales sobre la evolucion del ciclo en Colombia:

A raíz de los pliegues epirogénicos del mesozoico se forman en

Colombia

- 1) el subgeosinclinal occidental
- 2) el subgeosinclinal central
- 3) el subgeosinclinal oriental.

El subgeosinclinal occidental abarca lo que hoy día es el Occidente de Colombia, en especial la parte occidental del subgeosinclinal corresponde al actual Verland Occidental y la parte oriental al Oriente Andino. La parte oriental del subgeosinclinal oriental equivale al actual Verland Oriental y la occidental al Oriente Andino. El subgeosinclinal central corresponde a la Cordillera Central que es la primera en presentarse claramente preferada y que al mismo tiempo da divorcio de la evolucion geológica entre el Occidente y el Oriente de Colombia. En el subgeosinclinal occidental el área sedimentaria es mas o menos pareja y de facies costera porque los nudos solo comienzan a presentarse desde el cretáceo. Además, conforme a la evolucion activa que reina en el lado occidental de los Andes, el cretáceo es volcánico en su mayor parte y de manera muy intensa. En el subgeosinclinal oriental, los numerosos nudos que se presentan en forma de islas, implican una variacion no

Zonas Petrolíferas

una variación notable de la facies que se rige por la distancia a que fueron depositados los sedimentos con respecto a las zonas isleñas.-En término medio, la magnitud de las formaciones aumenta desde los flancos del subgeosinclinal central y de los cratógones (teóricamente desde el cratógono del Pacífico) hacia el interior de los subgeosinclinales y en el mismo sentido disminuye el volcanismo cretáceo del subgeosinclinal occidental. En el subgeosinclinal oriental, el volcanismo se restringe al flanco que conduce al subgeosinclinal central. La magnitud de las formaciones además aumenta desde los nudes hacia las cuencas que se presentan en el mesozoico o que se ven formando en este tiempo.

El subgeosinclinal occidental que se forma antes que el oriental, ofrece en el primer período de hundimiento sedimentos arcillosos de gran potencia y de facies montana. En la parte alta, ellos ceden a sedimentos silíceo-arcillosos y lidíticos que se vuelven volcánicos en la región del nude de Frontino, y en el lado occidental de los nudes Antioqueño y Ecuatoriano. A causa de la falta de fósiles, la edad de este potente grupo de sedimentos que alcanza varios miles de metros, no se puede determinar directamente. Sin embargo yace más o menos en concordancia debajo del cretáceo volcánico que contiene fósiles aptiano-barranquenses (véase Gresse: Terciario Carbonífero de Antioquia, Reimers, Berlin 1926). La formación lidítica-volcánica de la parte alta del grupo tiene una gran afinidad con el Franciscan de California el cual se coloca entre el jurásico superior y el cretáceo inferior, siendo entendido que el Franciscan es una formación del lado occidental de los Andes. Según estos datos, la formación lidítico-volcánica puede corresponder al cretáceo inferior y llegar hasta posiblemente al jurásico superior. Por lo tanto los sedimentos arcillosos que yacen debajo pueden abarcar gran parte del jurásico y quizá del triásico. Estos sedimentos engranan con los lidítico-volcánicos y el metamorfismo que ofrecen hoy día (esquistos lustrosos hasta filíticos) aumenta gradualmente de arriba hacia abajo, refiriéndose a la sucesión estratigráfica de determinado lugar. Gresse considera que esta formación puede ser propaleozóica (Antioquia) hasta propaleozóica y paleozóica (Maricao), mientras que T. Cepina y R. Scheibe (Compilación de los trabajos geológicos oficiales en Colombia, Bogotá 1934) la incluyen al sistema juratriásico.-El cretáceo volcánico que también alcanza en la mayoría de los casos una magnitud de varios miles de metros, se extiende hoy día por casi todo el Occidente Andino de Colombia, excepto la virgación de Urabá-Belivár cuya preferencia desde entonces se manifiesta por la facies sedimentaria que tiene ahí el probable cretáceo. Hacia el Sur

ZONAS PETROLIFERAS

la facies volcánica se extiende hasta el Occidente Andino del Ecuador, donde comienza a ceder para volverse secundaria en el Occidente del Perú y extinguirse hacia el Sur de este país. De igual modo, pero más súbitamente, la facies volcánica cede y se sustituye por la volcánica hacia el interior occidental del subgeosinclinal occidental, sea hacia la actual hoyandina del Pacífico, notable por este concepto, pero vuelve a presentarse en la zona del nudo de Cupica que se halla más próxima al cratógeno submarino del Pacífico. - Ya en el cretáceo mismo, los movimientos orogénicos que se presentan hacia el lado de la Cordillera Central, entonces subgeoanticlinal central, provocan la regresión inicial que se acentúa a raíz del paroxismo fuerte que actúa alrededor del traspase del cretáceo al terciario y que se extiende sobre más o menos toda la zona montañosa actual del Occidente Andino de Colombia. En el terciario inferior, el área sedimentaria continúa se reduce al actual Verland Occidental y a la zona Caribe del Occidente Andino, mientras que el resto del Occidente Andino se convierte en una faja isleña, caracterizada en el Norte por un probable dintel terrestre que une las zonas terrestres de los nudos de Frontino y de Antioquia, y en el Sur por una larga y angosta cuenca sedimentaria que se extiende desde la región al Norte de Cartago hasta más o menos la región de Pasto y que ocupa una sección importante de la hoyandina del Cauca. Los sedimentos de esta cuenca sedimentaria cuya preferencia en el terciario inferior es importante con respecto a las expectativas petrolíferas que puede ofrecer hoy día, ofrecen facies principalmente límica, caracterizada por los yacimientos de carbón, pero también muestran intercalaciones marinas que demuestran que debe haber habido comunicación con la zona marina del Verland Occidental a través de esa zona de la Cordillera Occidental. En el terciario medio, el área de la cuenca sedimentaria se extiende hacia la sección antioqueña de la hoyandina del Cauca, siendo importante que hacia ahí también se traslada el centro de hundimiento que en el terciario inferior se hallaba más al Sur. Tal como sucede en el terciario inferior, también hay parcelas sedimentarias en la actual parte montañosa de la Cordillera Occidental, pero su mayor extensión parece haber estado en el lado Norte del nudo de Frontino. Como áreas de subsidencia del terciario medio siguen figurando el actual Verland Occidental y la zona Caribe del Occidente Andino. Como isla del Verland Occidental continúa el nudo de Cupica. - Las zonas de subsidencia del terciario inferior y medio también se mantienen en el terciario superior, aunque sufren mengua en la parte Sur de la virgación de Urbá-Bolívar. En la parte metañosa

ZONAS PETROLIFERAS

de Bolívar. En la actual parte montañosa del Occidente Andino, la hoyandina del Cauca viene a convertirse en zona de depósitos esencialmente volcánicos, cuya magnitud y facies varía fuertemente de acuerdo con la intranquilidad tectónica notable. En comparación con el volcanismo cretáceo, el del neoterciario es poco extenso y se concentra a la parte alta de la Cordillera Central y a algunas otras regiones del Occidente Andino. De la observación de que en el terciario superior aun se conservan zonas de sedimentación bastante grandes dentro del Occidente Andino y de que ellas penetran bastante a la Cordillera Central, se deduce que el levantamiento de los Andes ha tenido lugar más tarde, en relación con plegamientos de amplitud epirogénica que tuvieron lugar después de la deposición del piso de Popayan que Stutzer considera cuaternarios, pero que en concepto del suscriptor pueden ser pliocenos. Uno de estos grandes pliegues se observa por ejemplo entre la Cordillera Central y la Occidental, donde forma un sinclinal profundo que llega a tener en el altiplano de Popayan un nivel que está a más de 1000 m más bajo que en el borde alto que corresponde a la Cordillera Central. Según lo observa Gresse (Huila-Caqueta), el piso de Popayan presenta en esta zona plegamientos de corta amplitud que se hallan en la faja de la cumbre de la Cordillera Central.

En el subgesinclinal oriental, la sedimentación comienza alrededor del jurásico superior, según observaciones al Oriente de Bogotá. Sin embargo como al Oeste de esta parte no alcanza a asemar la parte baja del cretáceo, puede considerarse posible que la sedimentación se haya iniciado más temprano. El espacio sedimentario se extiende hacia el hauteriviense y en el barremiano ha encubierto los nudos que hasta entonces figuraban como islas. Al mismo tiempo parece encubrir gran parte o la totalidad de la Cordillera Central, de manera que los subgesinclinales occidental y oriental presentan el aspecto de una zona marina más o menos uniforme. Esta extensión la conserva el espacio sedimentario en el subgesinclinal oriental hasta el senoniano, aunque es probable que haya habido algunas oscilaciones, indicadas por ejemplo por la intercalación regional de sedimentos límnicos (carbón y antracita) dentro de la facies marina. El volcanismo en el subgesinclinal oriental, se reduce esencialmente al borde oriental de la Cordillera Central, o sea del subgesinclinal central, donde se presenta más o menos al final del hauteriviense, al principio del cenomaniense y entre el tureniano y el bajo senoniano. Estos mismos niveles volcánicos también se presentan en el Occidente Andino del Perú, de manera que pueden ser una guía importante para las determinaciones cronológicas. El carácter de este volcanismo es en lo general intermediario (perfirítico). - El movimiento

ZONAS PETROLIFERAS

orgénico del traspase del cretáceo al terciario, acentuado en el Occidente Andino, solo se manifiesta en el Oriente en las inmediaciones de la Cordillera Central y de los nudos de la Cordillera Central. En la cuenca de Bogotá, la sedimentación continúa concordantemente desde el seneniano hacia el terciario inferior. La facies es limnítica y más carbonífera que en el Occidente Andino, pero también se presenta marina hacia la parte septentrional (Caribe) del Oriente Andino. Las áreas sedimentarias de este tiempo son más extensas que en el Occidente Andino. La de mayor extensión se halla comprendida en la cuenca general de dicho tiempo, comprendida entre la Cordillera Central, el nudo Santandereano, el nudo de Quetame y la parte Sur de la Cordillera Oriental. Esta zona limnítica va probablemente separada por un largo dintel, extendido entre el Carare y Simití, de la zona más o menos marina de la región del Cesar que probablemente se une a la depresión del Banco con la zona Caribe del terciario inferior. Otra cuenca sedimentaria que perdura desde el cretáceo hasta la actualidad, es la cuenca de Maracaibo en donde los sedimentos son limníticos y marinos. Finalmente debe haber existido otra zona sedimentaria importante en la cuenca del Meta-Arauca, es decir en el Verland Oriental. En el traspase del terciario inferior al terciario medio tiene lugar un plexismo notable en el lado oriental de la Cordillera Central que implica la superposición del terciario medio hasta sobre el cretáceo inferior (al Sur de Guataquí). Este movimiento probablemente también se hace sentir hacia los nudos Santandereano y de Quetame porque la base del terciario medio es ahí conglomerada, en contraposición a la cuenca de Bogotá donde es arenosa y donde reina concordancia entre el terciario inferior y el terciario medio. En el terciario medio, la sedimentación del interior oriental sigue siendo limnítica y se vuelve marina hacia el Caribe, aunque también ahí (Venezuela) muestra intercalaciones limníticas. La facies carbonífera que domina principalmente durante el terciario inferior en el terreno situado al Sur del Nudo Santandereano, se traslada en el terciario medio hacia Venezuela. Un traslado semejante hacia el Norte, relacionado en principio con el solventamiento de los Andes desde el Perú, se observa en el terciario del Occidente Andino (carbon del terciario inferior en la zona de Cali-Patia; carbon del terciario medio en la sección antioqueña de la hoyandina del Cauca). Corre parejas con esta particularidad el traslado probable del centro sedimentario del terciario inferior que se hallaba en la región de la cuenca de Bogotá, hacia el dintel del Carare-Simití, donde se forma la cuenca del Carare en que los sedimentos del terciario medio parecen ser muy potentes.

COPY 1

Apreciación de las zonas petrolíferas de Colombia.

El presente trabajo, complemento de la "Apreciación de las Áreas Petrolíferas de Colombia" hecha por el suscrito a principios de 1929 y publicada en el Boletín de Minas y Petróleos No. 1, se basa en el conocimiento práctico y teórico de la geología del país, adquirido en diez años de trabajo al servicio del gobierno. Este servicio se ha entendido en la forma de reunir recursos que permitan una apreciación pronta y al mismo tiempo lo más segura posible de los valores que ofrece el subsuelo del país.

Para lograr este fin, los trabajos prácticos que se refieren a la provincia de Urabá en el Noroeste de Colombia, al departamento del Norte de Santander, al departamento del Valle y al departamento del Cauca, se han desarrollado desde los detalles del terreno, fijados en levantamientos de ruta a pié con indicación de los pormenores estratigráficos y tectónicos, hasta los rasgos geológicos del conjunto de las regiones estudiadas. Estos estudios se ampliaron con la exploración en forma más general de los departamentos de Boyacá, del Huila y del Tolima y de la costa del Pacífico y se conectaron con las determinaciones ~~geológicas~~ en Cundinamarca, cuya geología en especial la de la Sabana de Bogotá es básica para la comprensión de la del país. El producto de estos estudios se ha enlazado con las determinaciones de los geólogos que investigaron en parte las mismas y además otras regiones de Colombia, asimismo que con los conocimientos geológicos de los países andinos, en especial de los vecinos. De esta manera se ha formado un cuadro geológico general de Colombia cuyas características consisten en una uniformidad fundamental, dentro de la cual se reparten harmónicamente las variaciones regionales.

A la medida que se iban obteniendo las bases prácticas de la geología de Colombia, se iban extendiendo las determinaciones sobre la evolución del país durante el ciclo andino que se extiende desde el mesozoico hasta la actualidad y que comprende la parte importante y valiosa de la geohistoria. Conforme al concepto perseguido en las exploraciones regionales, de ver las nexos y la dependencia de los pormenores con respecto al conjunto, la evolución regional se ha ido poniendo en relación con la evolución del país y la de este con la de los Andes, sobre con la de la unidad bolivariana de los Andes comprendida entre la margen meridional del Caribe y la parte septentrional de Bolivia. Este estudio ha demostrado la importancia que tienen las unidades evolutivas generales y especiales con respecto a la formación de los aspectos geológicos actuales. En efecto, estas unidades constituidas de zonas de evolución intensamente activa hasta prácticamente inactiva, conservan sus cualidades fundamentales a través del ciclo andino, hallándose sujeta la transformación de su aspecto a las particularidades de las fases de dicho ciclo que se manifiestan con clásica regularidad en Colombia.

Estos estudios de la geología actual y de su evolución se pusieron en relación con los rasgos sistemáticos de la geología del país que son de importancia decisiva porque permiten reconocer la causa primordial principal que determina la geología actual y los valores económicos que ella ofrece. Ella consiste evidentemente en la evolución sistemática de la tectónica, en especial en la intensidad general, regional y local con que ella actúa dentro del espacio y del tiempo. De estos movimientos sistemáticos que afectan la corteza terrestre, dependen evidentemente, las características generales y especiales de los depósitos sedimentarios y de las rocas eruptivas, como también las de los minerales. En esta determinación se funda el presente informe cuyo objeto es demostrar en un ejemplo práctico que la determinación de las causas, definitiva en todo proceso de investigación, da lugar a reconocer un valor económico en forma más concreta de lo que se consigue con los métodos usuales y que estas conclusiones se dejan extender sistemáticamente desde Colombia via de los Andes de América hacia el sector mesoico de Eurasia, es decir a la parte más importante de los Mesocidos de la tierra. Entre los estudios que orientan con respecto a la repartición sistemática de la tectónica dentro del espacio actual de Colombia, mencionamos el de Stille: Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena (v. Keenen Festschrift, 1907. - Versión castellana por J. Bonilla Plata, Bogotá 1929) quien, a raíz de una investigación de medio año, hace resaltar la importancia que tiene la subdivisión longitudinal del país y las virgaciones de los Andes y de la Cordillera Oriental. Estas observaciones complementan las de Humboldt acerca de los nudos de los Andes. Mas amplias son las determinaciones de T. Ospina (Reseña sobre la Geología de Colombia y especialmente del antiguo Departamento de Antioquia, Medellín 1911) que son difíciles de apreciar porque están autendidácticamente concebidas y requieren un conocimiento más o menos íntimo de la geología del país. Entre los resultados que este investigador ha obtenido, merece destacarse la determinación de la Cordillera central como "columna vertebral del continente americano" y como división geológica del país.

ZONAS PETROLIFERAS.

APRECIACION DE LAS ZONAS PETROLIFERAS DE COLOMBIA.

A.-Bases generales y teóricas.

El ^{presente} trabajo ^{que} sigue es el complemento de una apreciación ^{hecha por el suscritor} per el suscritor de las áreas petrolíferas de Colombia, publicada en el Boletín de Minas y Petróleos No. 1(1929). Se basa en el conocimiento ^{práctico y teórico} de la geología del país adquirido en diez años de estudios, al servicio del Gobierno. Durante este tiempo se ^{exploraron detenidamente} estudiaron la región de Urabá en el noroeste de Colombia, el departamento del Norte de Santander, los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca y el departamento de Cundinamarca. En una forma mas general se han apreciado los departamentos de Boyacá, del Tolima y del Huila y la zona costanera del Pacífico comprendida entre la isla Gorgona y la bahía de Cupica. Los resultados de estos estudios se han relacionado con las determinaciones de los geólogos que investigaron en ^{algunas de las partes} parte las mismas y otras regiones del país y los países andinos vecinos. De esta manera fué posible formar un cuadro geológico ^{de evolución geológica} general del país dentro del cual se puede ver la geología de sus partes.

Con el fin de ^{como un complemento} simplificar la investigación de las regiones estudiadas, se concedió importancia especial a los rasgos sistemáticos de la geología y a su evolución, tomando como punto de partida los rasgos sistemáticos de la tectónica y de su evolución durante el ciclo andino, es decir desde el mesozoico a esta parte. Estas determinaciones se hacen ^{se hace de un modo fácil para Colombia porque las formas tectónicas más importantes se desplazan} relativamente fáciles en Colombia, país típico de pliegues cuya tectónica se refleja ^{se encuentran en la orografía} generalmente en la orografía, porque los rasgos sistemáticos de la tectónica son óbvios y están sencillamente representados. El primero en reconocerlos ha sido H. Stille (Geologische Studien im Gebiete des Rio Magdalena. v. Koenen Festschrift. 1907. -Version castellana por Jaime Bonilla Plata) quien llama la atención hacia la subdivisión geológica longitudinal de los Andes en Colombia y hacia sus virgaciones. Sus puntos de vista fueron desarrollados por el suscritor y relacionados con ^{el orden geológico que depende de la} la sistemática que se deduce del grado ^{de intensidad tectónica} de la intensidad tectónica, reconocida por G. Steinmann (Geologie von Perú. Heidelberg 1929). De estas bases se desprende que la formación y la repartición de las rocas y de sus ^{debe determinarse en dependencia de que} yacimientos es una función de la intensidad tectónica y de su actuación sistemática. La

ZONAS PETROLIFERAS

evolucien muy regular que presenta en Colombia el ciclo andino permite identificar el desarrollo ^{histórico del} de este orden geológico. ^{La determinación de este orden} Los resultados de estas investigaciones están contenidos principalmente en los trabajos del suscrito sobre los departamentos del Norte de Santander y del Valle y del Cauca (Archivo del Depto. de Minas y Petróleos). ^{Como se trata}

^{de orientaciones desviadas por la presencia de las zonas petrolíferas de Colombia}
^{es necesario un par de acerca de ellas.}
En forma resumida se darán a conocer algunos de los puntos de vista sobre la geología sistemática de Colombia que son importantes en relación con la apreciación de las áreas petrolíferas.

1) Colombia como zona tectónica de típicos pliegues.

Segun se ha dicho, Colombia es un país constituido típicamente por pliegues, comprendiéndose bajo el término de "pliegues" los plegamientos (anticlinales y sinclinales) y además las ondulaciones (formas regulares: cúpulas y artesas). Los sobrescurrimientos se presentan regionalmente, pero son secundarios dentro del cuadro tectónico general y además no son sino plego-fallas. Las fallas radiales son raras. Las cobijaduras típicas no se han observado en Colombia.

Se pone de presente que en muchos estudios se ha considerado la existencia de sobrescurrimientos frecuentes e intensos. Sin embargo en parte se trata de fracturas aparentes, motivadas por transgresiones locales tardías, por variaciones considerables de magnitud a distancias relativamente ciertas y por discordancias fuertes, o simplemente por el encubrimiento del terreno al pie de las estructuras por formaciones modernas.

2) Sistemática tectónica.

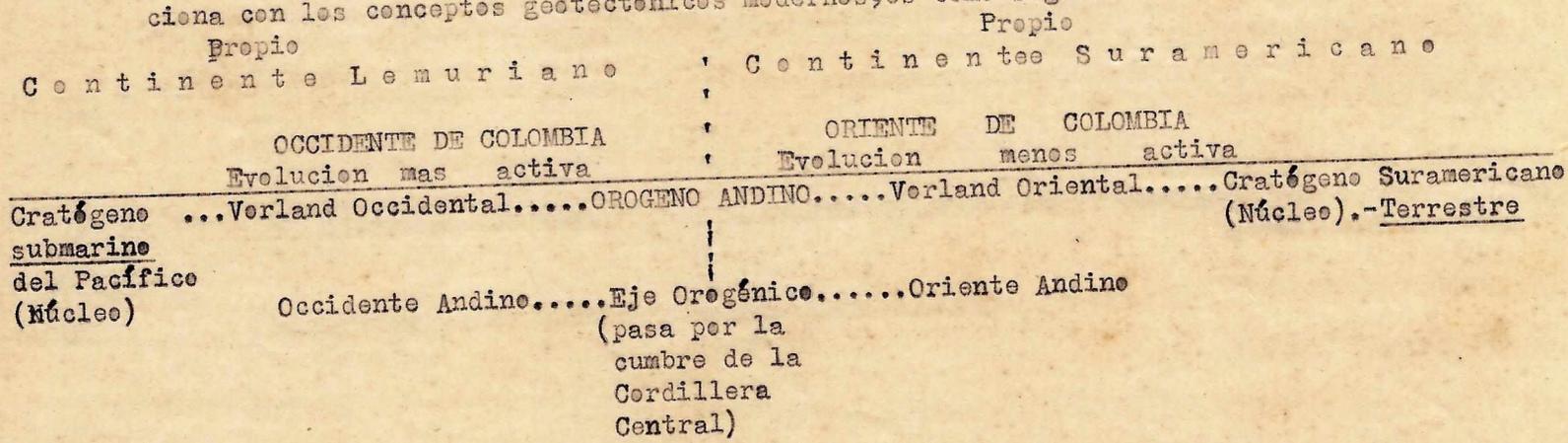
Su determinación parte de la subdivisión longitudinal de los Andes en Colombia la cual se reconoce desde la escala geotectónica hasta la escala común. ^{Esta} subdivisión longitudinal que especificaremos más adelante, ^{consiste} se funda en plegamientos de dimensiones ^{que} igualmente geotectónicas hasta comunes y se manifiesta imperfecta tan solo en la apariencia. Ella está vedada en parte por la intersección de los sistemas de plegamientos que ofrecen orientaciones muy típicas. En lo demás aparece imperfecta tan solo porque no existen plegamientos ^{que} tengan ejes de nivel sostenido (anticlinales y sinclinales en el sentido estricto), sino ^{ellos} que siempre son ondulados. En consecuencia presentan cúpulas, artesas, depresiones y dinteles cuyas dimensiones también son geotectónicas hasta comunes. La formación de estas ondulaciones parece hallarse en conexión fundamental con movimientos axiales isostáticos que se perciben en los sistemas de plegamientos longitudinales, constituidos comúnmente de tres anticlinales y de dos sinclinales. En los casos ideales, estos

ZONAS PETROLIFERAS

movimientos se efectúan de tal manera que, por ejemplo, si asciende el anticlinal central y llega a culminar, se forma una cúpula en cuyos flancos se confunden los sinclinales y los anticlinales laterales, o al menos muestran la tendencia de confundirse. Al descender el anticlinal central, puede llegar a formar el fondo de una artesa, cuyos flancos interiores equivalen a los sinclinales y los bordes a los anticlinales laterales. Las observaciones hechas en Colombia demuestran que en ciertos casos que dependen de un grado medio de la intensidad tectónica, se manifiesta un orden alternativo en la sucesión de cúpulas y artesas de este origen, complementado por las virgaciones que se presentan entre las artesas y las cúpulas. Este orden de sucesión es el siguiente: cúpula-virgación-artesa-virgación-cúpula-artesa-virgación, etc. De este orden dependen los puntos de vista de la simetría y de la semejanza geológicas que, con respecto a la simetría también valen con respecto a los plegamientos longitudinales. Estos rasgos geométricos que ofrece la construcción de la corteza terrestre sufren modificaciones individuales por la razón de que entre dos regiones simétricas y entre dos regiones semejantes existen diferencias más o menos grandes de intensidad de la evolución tectónica. Por lo mismo, nunca sucederá el caso de que dos estructuras simétricas o semejantes lo sean en el sentido exacto geométrico. - Para citar un caso en que este orden se aprovechó con resultados satisfactorios, se refiere a la apreciación teórica de la geología de la zona petrolífera del Norte de Santander (Boletín de Minas y Petróleos, No. 2.-1929), hecha desde Bogotá antes de emprender el estudio del terreno que no se conocía geológicamente sino en la zona de Cúcuta. Esta aplicación redujo considerablemente el tiempo necesario para el estudio del terreno.

Para la ilustración del lector sobre los rasgos sistemáticos de la tectónica, se citan enseguida y de mayor a menor escala los casos de la subdivisión longitudinal y luego los de la sucesión de ondulaciones en los sistemas de plegamientos.

La subdivisión longitudinal general que se determina en el país y que se relaciona con los conceptos geotectónicos modernos, es como sigue:



ZONAS PETROLIFERAS

Esta subdivision longitudinal refleja la simetria entre el cratógeno Suramericano y el del Pacífico ^{cuyo eje} que se deduce de los relieves suaves del fondo del Pacífico, ademas entre los Vorlands Occidental y Oriental y, en cuanto al orógeno, entre el Occidente Andino y el Oriente Andino. Como eje de la simetria longitudinal figura el eje orogénico. La simetria se individualiza porque la parte correspondiente al continente Lemuriano ofrece una evolucion mas activa que la que corresponde al propio continente Suramericano. Así, el Vorland Occidental, aparte de que una faja es submarina, ofrece subdivision longitudinal, caracterizada por la Cordillera ondulosa de la Costa y por la hoyandina del Pacífico; en cambio el Vorland Oriental no ofrece esa subdivision y su tectónica evidentemente se reduce a ondulaciones. El Occidente Andino es menos ancho, notablemente mas contraído y mas magnético que el Oriente Andino. - Para la apreciacion geológica del pais es fundamental el hecho de que la intensidad tectónica disminuye en término medio desde el eje orogénico hacia los respectivos cratógenos. Conforme a la evolucion mas activa en la parte lemuriana, dicha disminucion es mas lenta hacia ese lado. En la misma forma disminuyen tambien las intensidades magnética y metamórfica desde el eje hacia los cratógenos. En la tercera parte de este trabajo se verá la importancia que tiene esta disminucion sistemática de la intensidad tectónica sobre la extension y la bondad de las zonas petrolíferas.

La subdivision longitudinal general sigue en menor escala dentro del orógeno que representa la faja de mayor actividad intercontinental. Dicha subdivision, exceptuando el Vorland Occidental cuya evolucion es bastante activa, no se presenta en las demas fajas ya que su evolucion es lenta hasta (cratógenos) prácticamente nula. - La subdivision longitudinal del Orógeno Andino en Colombia es la siguiente:

	O R O G E N O		A N D I N O	
Occidente	Andine		Oriente	Andine
Cordillera Occidental ...	Hoyandina del... Cauca	Cordillera Central... (en su cumbre está el eje orogénico)	Hoyandina del... Magdalena	Cordillera Oriental

Segun se vé, la simetria longitudinal sigue presentándose tambien a esta escala porque se corresponden las hoyandinas del Cauca y del Magdalena y las Cordilleras Occidental y Oriental. La mayor actividad tectónica del Occidente Andino implica la individualidad geológica de sus miembros en comparacion con los correspondientes del Oriente Andino. - Para mejor entendimiento se advierte que la expresion hoyandina, bastante defectuosa, se ha aplicado a las

ZONAS PETROLIFERAS

grandes hoyas que se intercalan entre las cordilleras y que en realidad son tan continuas como estas, es decir no se restringen a trayectos fluviales, como el Magdalena y el Cauca.

Si bien con menor claridad, la subdivision longitudinal sigue presentándose en las cordilleras y en las hoyandinas. En estas últimas la subdivision no resalta porque su grado de intensidad tectónica es relativamente suave, es decir las endulaciones predominan sobre los plegamientos. En las Cordilleras el tectonismo puede llegar a ser demasiado intenso, lo cual tambien hace confundirse la subdivision longitudinal, como sucede en los trayectos altos, montañosos de las Cordilleras Central y Occidental. En la Cordillera Oriental en que la intensidad tectónica es favorable, se observa tanto en Boyacá como en el Norte de Santander, la siguiente subdivision longitudinal:

CORDILLERA

ORIENTAL

Serrania Occidental....Valandino Occidental...Serrania Central...Valandino Oriental..Serrania Oriental
 (p.p.rio Suarez) (pp.rio Chica- mecha)

Como serranias se designan las partes altas de las cordilleras que, a igual como las las Cordilleras son anticlinales complejos. Los valandinos equivalen a hoyandinas menores y tienen como estas caracter sinclinal complejo. A base de la cumbre de la serrania central como eje de la Cordillera Oriental (ya no como eje orogénico) se reconoce la simetria de los miembros que guardan entre sí los valandinos y las serranias laterales.

La misma subdivision en 5 miembros (3 anticlinales y 2 sinclinales) que ofrecen los Andes en Colombia y la Cordillera Oriental, tambien la muestra la Cordillera Occidental en la virgacion de Urabá-Belivar, aunque en forma relativamente imperfecta:

CORDILLERA

OCCIDENTAL (Virgacion de Urabá-Belivar)

Serrania Occidental...Valandino Occidental...Serrania Central...Valandino Oriental..Serrania Oriental,
 • Checeana • del Leon • de Abibe • del Sinú tal, • de Sincerleje (• Cauca)

En vista de que los valandinos tambien ofrecen un tectonismo relativamente suave, no se manifiesta en ellos la subdivision longitudinal; en las serranias ella se presenta en donde estas descienden hacia las cuencas interiores de las cordilleras, por ejemplo en el descenso de la serrania central de la Cordillera Oriental hacia las cuencas de Bogotá y de Maracaibo. En ambos casos se distinguen tres anticlinales (cordones) y dos sinclinales, advirtiendole que el anticlinal central desciende muy pronto y no alcanza a resaltar bien.

ZONAS PETROLIFERAS

Finalmente suele observarse tambien la subdivision longitudinal en los cordones, es decir en anticlinales de amplitud comun y sencillos. Este es el caso por ejemplo en el corden de Bogotá, sobre el paso de Serrezuelita (carretera del Guavio). Tambien en este caso, la subdivision consta de 3 anticlinales y de dos sinclinales.

El orden de la sucesion de las ondulaciones y virgaciones en los sistemas de los plegamientos, o sea el orden de la construccion orgánica, se percibe dentro del Orógeno Andino, desde el Caribe hasta el altiplano de Bolivia, en la siguiente forma:

- 1) Cuenca (artesa grande y compleja) del Caribe; la Cordillera Central forma el fondo de la cuenca. Sus berdes van formados por los flancos de la Cordillera Oriental (Antillas en la parte correspondiente) y de la Cordillera Occidental (trayecto panameño-costarricense de la serrania Choceana, llamada tambien Cordillera Centreamericana). - La cuenca es una parte ancha del orógeno.
- 2) Virgacion Colombiana, comprendida como zona de transicion entre la cuenca del Caribe y el nudo Ecuatoriano; en esta como en las demas virgaciones es típica la subdivision longitudinal. El orógeno se estrecha hacia el nudo Ecuatoriano y en término medio la Cordillera Central comienza a levantarse por sobre el nivel de las cordilleras laterales.
- 3) Nudo (cúmbula grande y compleja) Ecuatoriano. La Cordillera Central culmina; y las hoyandinas del Magdalena y del Cauca asimismo que las Cordilleras Oriental y Occidental tienden a confundirse en los flancos del nudo, la hoyandina del Magdalena y la Cordillera Oriental mas perfectamente que la hoyandina del Cauca y la Cordillera Occidental por ofrecer un tectenismo menos intenso.
- 4) Virgacion Peruana; muestra la misma subdivision longitudinal como la virgación Colombiana, pero en forma notablemente mas rudimentaria, debido a que la intensidad tectónica es menor.
- 5) Cuenca Boliviana; la Cordillera Central forma el fondo de esta cuenca que va representada por el altiplano de Bolivia; las Cordilleras Occidental y sobre todo la Oriental forman sus flancos.

Desde la cuenca de Bolivia al Sur, el Oriente Andino, incluso toda la Cordillera Central, va presentando una evolucion tectónica siempre mas suave que llega hasta mas o menos el atectenismo. Por esta razon no resaltan ahí las Cordilleras Central y Oriental y la hoyandina del Magdalena, ni se determina el límite entre el Orógeno Andino y el Vorland Oriental.

En la Cordillera Oriental se determina una sucesion correspondiente:

- 1) Cuenca de Maracaibo; la serrania central forma el fondo de dicha cuenca; las serranias occidental y oriental forman sus flancos.
- 2) Virgacion Nortessantandereana; resalta la subdivision longitudinal de la Cordillera Oriental.
- 3) Nudo Santandereano; culmina la serrania central, mientras los valandinos occidental y oriental y las serranias occidental y oriental tienden a transformarse en los flancos del nudo.
- 4) Virgacion Boyacense, menos acentuada que la Nortessantandereana, pero todavia alcanza a resaltar bastante bien la subdivision longitudinal de la Cordillera Oriental.
- 5) Cuenca de Bogotá; la serrania central forma el fondo de esta cuenca;

las serranias occidental y la oriental forman sus bordes geológicamente altos, sobre todo la serrania oriental.

Mientras la Cordillera Oriental con su caracter hemitectónico (de mediana intensidad tectónica) ofrece la sucesion enumerada, semejante a la de la seccion bolivariana de los Andes - Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia septentrional -, la Cordillera Central que ofrece un tectonismo intenso, sea una evolucion eutectónica, no presenta cuencas interiores. La sucesion se reduce a cúpulas y a depresiones que tienen caracter de virgacion y se manifiesta de la siguiente manera:

- 1) Nudo de Santa Marta
- 2) Depresion del Banco, muy acentuada (baja); probablemente deja reconocer la subdivision longitudinal de la Cordillera Central hacia la zona de la confluencia del Cauca con el Magdalena.
- 3) Nudo Antioqueño, definido geológicamente por las rocas antiguas que forman su cumbre y su flanco oriental.
- 4) Depresion de Nariño-Caldas, geológicamente concebible porque en ella se extiende el cretáceo, en estado metamórfico.
- 5) Nudo Ecuatoriano, comprendiéndolo como culminacion especial de la Cordillera Central.

En la Cordillera Occidental que tambien es eutectónica y que se distingue por un desarrollo ^{barbante} rectilinear, solo se reconoce en el Norte el nudo de Frontino y la virgacion de Urabá-Bolivar, la cual debe conducir a la cuenca submarina del Darien, atreñada porque su borde oriental se confunde ~~con~~ en el interior de la cuenca general del Caribe.

Dentro de las hoyandinas, cuya intensidad tectónica es inferior a la de las cordilleras, los nudos generalmente no alcanzan a resaltar. Un excepcion lo es la hoyandina del Cauca, cuyos nudos tienen la particularidad de estar ligados a la Cordillera Central, motivo por el cual se les ha llamado promonterios. La sucesion que se presenta en esta hoyanadina es excepcionalmente regular y consta, con prescindencia de las virgaciones que muchas veces son imperfectas, de los siguientes promonterios y cuencas:

- 1) Cuenca de Sopetran
- 2) Promonterio de Titiribi
- 3) Cuenca de Fredonia-Supia
- 4) Promonterio de Manizales, poco destacado
- 5) Cuenca del Quindío, bajo el altiplano del mismo nombre
- 6) Promonterio de Buga, muy pronunciado
- 7) Cuenca de Cali
- 8) Promonterio de Popayan, bajo el altiplano del mismo nombre
- 9) Cuenca del Patía

ZONAS PETROLIFERAS

La hoyandina del Magdalena que es tectónicamente menos intensa que la del Cauca, no ofrece promenteries bien pronunciados; mas bien se caracteriza por la intercalacion de dinteles y angosturas entre las cuencas. La sucesion es la siguiente:

- 1) Dintel de Valledupar, situado en las cabeceras del Cesar, advirtiéndose que la hoyandina del Magdalena, al contrario del valle del Magdalena, se dirige en El Banco hacia el NE, siguiendo por el valle del Cesar.
- 2) Cuenca del Cesar, limitada al W por la depresion del Banco de la Cordillera Central
- 3) Dintel y angostura de Simití
- 4) Cuenca del Carare
- 5) Dintel y angostura de Honda
- 6) Cuenca del Guamo
- 7) Angostura de Gelendrinás
- 8) Cuenca de Neiva; se extiende en forma compleja hasta el dintel de San Agustín
- 9) Dintel de San Agustín que forma un puente geológico entre las Cordilleras Central y Oriental

En el Verland Oriental donde la intensidad tectónica es suave, se reconocen tan solo las grandes cuencas que van separadas por dinteles. Para hacer resaltar la sucesion se abarca el Verland Oriental desde Venezuela hasta el Oriente del Perú:

- 1) Dintel del bajo Orinoco, significado por el avance de las rocas antiguas guyanenses contra el borde del orógeno (pie E de la Cord. Oriental)
- 2) Cuenca del Meta-Arauca que implica una ampliacion considerable del Verland Oriental.
- 3) Dintel del Putumayo, significado por la mesa del Caquetá y por el avance de las rocas antiguas guyanenses contra el orógeno.
- 4) Cuenca del Oriente Peruano (segun la descripcion de Singewald, referida por Steinmann)

En el Verland Occidental cuya evolucion relativamente activa implica la subdivision longitudinal (hoyandina del Pacífico y Cordillera de la Costa), se observa en la Cordillera de la Costa la siguiente sucesion de nudos y depresiones:

- 1) Depresion del Golfo de Panamá
- 2) Nudo de Cupica, geográfica y geológicamente bastante alto
- 3) Depresion de Buenaventura, con el pequeño nudo de la Gorgona
- 4) Nudo costanero del Ecuador, geográfica y geológicamente bastante bajo.

Debido al encubrimiento vasto con sedimentos neoterciarios y cuaternarios, la hoyandina del Pacífico no muestra claramente el desarrollo de las cuencas y de los dinteles, excepto el dintel del Darien que parece ser esencialmente eruptivo. Un estudio detenido de la hoyandina del Pacífico debe aclarar si al NW de Quibdó y al Este de la Gorgona existen dinteles y entre estos y el dintel del Darien las cuencas correspondientes.

ZONAS PETROLIFERAS

De la enumeracion hecha resalta el orden sistemático de la tectónica de Colombia. Para comprender que se trata de un orden perfecto no es necesario sino tener en cuenta el grado regional de la intensidad tectónica que tambien es ordenado. Al darse cuenta de este orden, no es difícil ni aventurado el apreciar aun las regiones geológicamente desconocidas de Colombia.

3) Formas tectónicas en relacion con el grado de la intensidad tectónica.

Los grados de intensidad tectónica producen las siguientes formas tectónicas:

- 1) Tectonismo suave, u epistotectonismo, caracterizado por ondulaciones (no por plegamientos). Tipo: Verland Oriental.
- 2) Tectonismo mediano, u hemitectonismo, caracterizado por plegamientos y sistemas de plegamientos ondulados. Tipo: Cordillera Oriental.
- 3) Tectonismo intenso, u eutectonismo (segun las condiciones de Colombia), caracterizado por plegamientos relativamente sostenidos y poco ondulados. Tipo: Cordillera Occidental que es un anticlinal general relativamente sostenido en la seccion suramericana de los Andes y que representa ahí la guia de la subdivision longitudinal.

4) Reparticion de la intensidad tectónica en las formas tectónicas.

En los pliegues de dimensiones mayores hasta de dimensiones comunes se observa que los anticlinales son tectónicamente mas intensos que los sinclinales y las cúpulas que las artesas. La mayor intensidad tectónica sin embargo se halla en los flancos que median entre los anticlinales y los sinclinales y entre las cúpulas y las artesas. Generalmente uno de los flancos de determinada estructura ofrece un tectonismo mas intenso que el otro.

En general se puede decir que la intensidad tectónica aumenta desde el interior de los sinclinales y sobre todo de las artesas hacia la parte alta de los flancos que conducen a los anticlinales y sobre todo hacia las cúpulas y vuelve a declinar aunque poco hacia los ejes de los anticlinales y hacia las culminaciones de las cúpulas.

Como las ondulaciones indican un tectonismo mas suave y como las artesas y los sinclinales ofrecen una intensidad tectónica menor que las cúpulas y los anticlinales, no puede sorprender que los anticlinales carezcan casi siempre de artesas y que sus ondulaciones se reduzcan a cúpulas y depresiones. Asimismo es natural que en los sinclinales comunmente no se formen cúpulas sino que la sucesion se restrinja a artesas y dinteles (véase las observaciones ^{antecias} sobre ondulaciones en las cordilleras

ZONAS PETROLIFERAS

que representan anticlinales complejos y en las hoyandinas que son sinclinales complejos).

Al darse cuenta de la subdivision del país en plegamientos y en ondulaciones de mayor hasta menor escala, la aplicacion de los puntos de vista descritos facilita extraordinariamente la investigacion geológica.

4) La evolucion del ciclo andino en Colombia.

El ciclo andino ofrece en Colombia un desarrollo que se puede calificar de clásico. Sus fases son las siguientes:

IV.- Fase Geoanticlinal. Terciario superior hasta la actualidad. Durante el terciario superior tiene lugar la contraccion fuerte, producida por un orogenismo intenso. En el cuaternario y probablemente desde el plioceno se presentan los movimientos epirogénicos (pliegues de gran amplitud) que producen el sollevamiento general de la montaña. Esta fase se puede caracterizar de eutectónica.

III.- Fase Emersiva. Paleoceno hasta mas o menos la mitad del mioceno. Actuacion erogénica y epirogénica combinada, sin signos de sollevamiento fuerte del orógeno. Separacion de este de los Vorlands. Estado de orógeno insular. Sedimentacion límnica en el interior y marina hacia las actuales costas. Fase epistectónica hasta hemitectónica.

II.- Fase Geosinclinal. Ella comienza en el Occidente de Colombia probablemente alrededor del jurásico y finaliza hacia el cretáceo superior; en el Oriente de Colombia comienza en el hauteriviano superior o en el barrémiano inferior y termina hacia el final del senoniano. Estado general marino de Colombia. Fase general epirotectónica, de actuacion lenta.

I.- Fase Imersiva. En el Occidente de Colombia posiblemente alrededor del triásico; en el Oriente de Colombia desde el jurásico superior hasta el hauteriviano. Estado del orógeno insular que se hunde, con facies limno-marina hasta límnica. El caracter tectónico aun no se ha definido bien; parece ser epirogénico-erogénico, segun observaciones entre la cuenca de Bogotá y el nudo Santandereano (véase pg.)

(Las determinaciones cronológicas se han hecho solo en parte sobre la base de fósiles, en lo demas segun horizontes petrográficos de guia, segun la facies de estos y segun relaciones estratigráficas con los países vecinos, especialmente con Venezuela y con el Perú, y con los Estados Unidos. La posibilidad de penetrar la evolucion de Colombia y de relacionarla con la de los Andes en general, ha permitido asegurar mejor las determinaciones cronológicas. Se juzga que los errores existentes no sean importantes.)

El desarrollo del ciclo se efectúa en Colombia de tal manera que la evolucion activa del Occidente de Colombia marcha un paso adelante de la evolucion tranquila del Oriente del país. La sedimentacion en el Occidente de Colombia comienza

ZONAS PETROLIFERAS

temprano en el jurásico o ya en el triásico (la falta de fósiles en los sedimentos correspondientes dificulta la determinación). En el Oriente de Colombia no se inicia la sedimentación sino alrededor del jurásico superior. La regresión parcial se inicia en el Occidente de Colombia alrededor del cretáceo medio, en el Oriente alrededor del senoniano superior, es decir al final del cretáceo. En el terciario inferior y medio, la prefermación orgánica del Occidente Andino es más avanzada que en el Oriente Andino de Colombia, donde subsisten grandes zonas de sedimentación. Solo en el terciario superior el organismo general y fuerte se extiende más o menos parejamente sobre el Occidente y el Oriente Andinos del país, pero es significativo que en el Occidente Andino va acompañado de un volcanismo intenso, sintomático para la evolución más intensa de aquella zona del país, lo mismo que el volcanismo cretáceo.

El movimiento del espacio sedimentario en Colombia está conectado con el del distrito bolivariano de los Andes y de sus Verlands. Este movimiento general se realiza de tal manera que el espacio sedimentario avanza en el mesozoico desde las zonas de permanencia marina del Pacífico y probablemente del Caribe hacia el cratógeno terrestre Suramericano y hacia la parte septentrional de la masa terrestre interandina de Suramérica que se extiende con algunas depresiones (p.e. Río Negro en la Argentina) desde el actual altiplano de Bolivia hacia la Patagonia argentina. En el terciario y ya en parte desde el cretáceo superior se efectúa la regresión hacia las zonas de partida, motivada por el sollevamiento de los Andes desde el borde septentrional de la masa interandina de Suramérica hacia el Perú y luego hacia Colombia. - Se entiende que estos movimientos generales de avance y de receso ofrecen múltiples variaciones en los períodos.

Dentro del espacio sedimentario de Colombia, los nudos del Oriente de Colombia y de la Cordillera Central que ya se hallan prefermados desde antes del cretáceo, y los nudos del Occidente de Colombia que se preferman alrededor del cretáceo, representan zonas de hundimiento lento (envelopment domes de Mushketov; en Gregory: Structure of Asia), que ingresan al área sedimentaria tan solo en el cretáceo posthaueteriviano y que en este tiempo se caracterizan por sedimentos que en término medio son de poca magnitud y tienen carácter de sedimentos de barras o bajos marinos. Desde estos centros de quietud epiregénica, el hundimiento aumenta hacia las cuencas que existen prefermadas desde el cretáceo o que se van formando en este tiempo o en el terciario. Proporcionalmente a este hundimiento aumenta también la magnitud de los sedimentos, excepto hacia el interior de

ZONAS PETROLIFERAS

la cuenca Caribe que es demasiado espaciosa para que pueda llenarse de sedimentos. Para dar un ejemplo de como se desarrollan estos movimientos epirogénicos del mesozóico, servirá el desarrollo de la zona comprendida entre el nudo Santandereano y la cuenca de Bogotá. El nudo Santandereano no se encubre sino alrededor del Barremiano y en las partes altas, los sedimentos posthatterivianos del cretáceo no adquieren sino una magnitud de pocos cientos de metros y son esencialmente arenosos hasta calcosos (conchíferos) entre el barremiano y el albiano. Desde el principio del terciario, el nudo vuelve a tener caracter terrestre isleño. En la cuenca de Bogotá, según los afloramientos del borde oriental, la sedimentación ya comienza alrededor del jurásico superior y adquiere hasta el final del cretáceo una magnitud de unos 5000 m, lo cual contrasta con la escasa magnitud del cretáceo en la parte alta del nudo Santandereano. Pero con esto no termina la sedimentación en la cuenca de Bogotá. En el terciario inferior y medio se depositan otros 2000 m de sedimentos, a los cuales hay que agregar hasta 300 m de sedimentos del terciario superior y del cuaternario. En total el hundimiento de la cuenca de Bogotá, casi continuo a través del ciclo andino, adquiere un monto de 7000 m en contraposición al nudo Santandereano y en general también en contraposición a la Cordillera Central que muestra características análogas de evolución como el nudo Santandereano. - Muy instructivas también son las condiciones en el nudo de Quetame que se halla a continuación este de la cuenca de Bogotá. En su pie occidental (Quetame) se halla la sedimentación potente del jurásico superior hasta el senoniano que tiene 5000 m. En la cumbre del nudo, según investigaciones entre Quetame y Gutierrez, la transgresión comienza alrededor del barremiano con facies arenosa y deposita sedimentos de poca magnitud que no pasan de unos 200 m. En dirección hacia Gutierrez se observa el aumento de estos sedimentos cretáceos y su traspaso a la facies normal del cretáceo bogotano. Se trata ahí del borde Sureccidental del nudo de Quetame.

Según observaciones hechas en la parte alta del nudo Santandereano y además en el lado occidental de la Cordillera Central, los movimientos tectónicos del cretáceo, no son solo epirogénicos sino también orogénicos. En el nudo Santandereano, situado en la faja de evolución tranquila de los Andes, el orogenismo probablemente se efectúa bajo la superficie sedimentaria y se expresa por el aumento y la disminución hasta la extinción de los sedimentos del cretáceo inferior. Estos se encuentran en las partes bajas actuales de dicho nudo e indican así la preformación de las estructuras modernas desde el cretáceo inferior. En el terciario, el orogenismo comienza a extenderse

Apreciación de las áreas petrolíferas de Colombia,
 hecha según puntos de vista de la geología sistemática
 y de su evolución.

El presente trabajo, complemento de la "Apreciación de las Áreas petrolíferas de Colombia" hecha por el suscrito a principios de 1929 (Boletín de Minas y Petróleos No. 1), se basa en el conocimiento práctico y teórico relativamente detenido de la geología del país, adquirido en diez años al servicio del gobierno nacional. Este servicio se ha comprendido en la forma de reunir los recursos ordinarios y extraordinarios que permiten una apreciación pronta y al mismo tiempo lo mas segura posible de los valores que ofrece el subsuelo del país.

Los trabajos prácticos hechos al respecto se refieren a la provincia de Urabá en el Noroeste de Colombia, al departamento del Norte de Santander y a los departamentos del Valle y del Cauca. Ellos se han desarrollado sobre la base de levantamientos detallados del terreno, fijados por levantamientos de ruta a pié con indicación de los perfiles estratigráficos y ampliados con las observaciones de las vecindades de las rutas y del conjunto de las regiones estudiadas. Estos estudios se complementaron con la exploración en forma mas general de los departamentos de Boyacá, del Huila y del Tolima y de la costa del Pacífico entre la isla Gorgona y la bahía de Cupica. Los resultados así obtenidos se conectaron con las investigaciones del suscrito en Cundinamarca, principalmente en la Sabana de Bogotá que representa un excelente derrotero para apreciar la geología del país. Además los resultados de las investigaciones del terreno se enlazaron con las determinaciones de los geólogos que investigaron en parte las mismas y además otras regiones del país, y con los conocimientos geológicos obtenidos en los países vecinos y en los Andes en general. De esta manera se ha formado un cuadro geológico general de la república que, dentro de las variaciones regionales ofrece la característica fundamental uniforme. Esta uniformidad es uno de los recursos valiosos para acelerar la investigación geológica del país.

Sobre todo si se tiene en cuenta que el cuadro es en el fondo uniforme.

- A) *La uniformidad geológica fundamental*
 1) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 2) *Repetición del tipo de Epihercínico y orogénico*
- B) *Repetición del tipo de Epihercínico y orogénico*
 1) *Repetición en el tiempo del tipo de Epihercínico y orogénico*
 2) *Interrupción del tipo de Epihercínico y orogénico*
 3) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 4) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
- C) *Repetición en el espacio del tipo de Epihercínico y orogénico*
 1) *Diferencias de tipo de Epihercínico y orogénico*
 2) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 3) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 4) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
- D) *Manifestaciones del tipo de Epihercínico y orogénico*
 1) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 2) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
- E) *Funciones del tipo de Epihercínico y orogénico*
 1) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*
 2) *Algunos de los tipos de Epihercínico y orogénico*

desde los bordes de los nudos en direccion hacia las cuencas de Bogotá y Maracaibo, manifestándose ya por discordancias que al parecer son leves. A la cuenca de Bogotá, el orogenismo no llega sino en el terciario superior, cuando se forma una discordancia notable entre el piso de Tilatá (terciario sup.) y las formaciones precedentes. - En el lado occidental de la Cordillera Central, situado en una zona de evolucion muy intranquila, los movimientos orogénicos probablemente ya se presentan regionalmente en el cretáceo (paroxismos intercretáceos) y se destacan por discordancias. A esta suposición da lugar la escasa magnitud del cretáceo volcánico en ciertas partes del citado flanco, por ejemplo al Este de la línea Popayan-Pasto, la cual contrasta con la gran magnitud del cretáceo volcánico en la Cordillera Occidental que entonces fué la parte interior del subgeosinclinal occidental. Además el cretáceo volcánico del lado de la Cordillera Central ofrece una notable participacion de conglomerados, lo que evidencia mas de cerca la presencia de discordancia. Mejor se reconocen los paroxismos de este tiempo en otra parte del flanco occidental de la Cordillera Central y es en la Patagonia, donde segun se dijo la Cordillera Central se manifiesta mas o menos atectónica y por lo mismo no se destaca. Existen ahí los paroxismos intercretáceos que ha determinado Keidel y que han formado los Patagonidos.

Datos especiales sobre la evolucion del ciclo en Colombia:

A raíz de los pliegues epiregénicos del mesozoico se forman en Colombia

- 1) el subgeosinclinal occidental
- 2) el subgeoanticlinal central
- 3) el subgeosinclinal oriental.

El subgeosinclinal occidental abarca lo que hoy dia es el Occidente de Colombia; en especial la parte occidental del subgeosinclinal corresponde al actual Verland Occidental y la parte oriental al Oriente Andino. La parte oriental del subgeosinclinal oriental equivale al actual Verland Oriental y la occidental al Oriente Andino. El subgeoanticlinal central corresponde a la Cordillera Central que es la primera en presentarse claramente preformada y que al mismo sirve de divorcio de la evolucion geológica entre el Occidente y el Oriente de Colombia. - En el subgeosinclinal occidental el área sedimentaria es mas o menos pareja y de facies sostenida porque los nudos solo comienzan a presentarse desde el cretáceo. Además, conforme a la evolucion activa que reina en el lado occidental de los Andes, el cretáceo es volcánico en su mayor parte y de manera muy intensa. En el subgeosinclinal oriental, los numerosos nudos que se presentan en forma de islas, implican una variacion no

Zonas Petrolíferas

una variación notable de la facies que se rige por la distancia a que fueren depositados los sedimentos con respecto a las zonas isleñas.-En término medio, la magnitud de las formaciones aumenta desde los flancos del subgeosinclinal central y de los cratógenos (teóricamente desde el cratógeno del Pacífico) hacia el interior de los subgeosinclinales y en el mismo sentido disminuye el volcanismo cretáceo del subgeosinclinal occidental. En el subgeosinclinal oriental, el volcanismo se restringe al flanco que conduce al subgeosinclinal central. La magnitud de las formaciones además aumenta desde los nudos hacia las cuencas que se presentan en el mesozóico o que se van formando en este tiempo.

El subgeosinclinal occidental que se forma antes que el oriental, ofrece en el primer período de hundimiento sedimentos arcillosos de gran potencia y de facies monótona. En la parte alta, ellos ceden a sedimentos siliceo-arcillosos y lidíticos que se vuelven volcánicos en la región del nudo de Frontino, y en el lado occidental de los nudos Antioqueño y Ecuatoriano. A causa de la falta de fósiles, la edad de este potente grupo de sedimentos que alcanza varios miles de metros, no se puede determinar directamente. Sin embargo yace más o menos en concordancia debajo del cretáceo volcánico que contiene fósiles aptiano-barremianos (véase Grosse: Terciario Carbonífero de Antioquia. Reimers, Berlín 1926). La formación lidítica-volcánica de la parte alta del grupo tiene una gran afinidad con el Franciscan de California el cual se coloca entre el jurásico superior y el cretáceo inferior, siendo entendido que el Franciscan es una formación del lado occidental de los Andes. Según estos datos, la formación lidítico-volcánica puede corresponder al cretáceo inferior y llegar hasta posiblemente al jurásico superior. Por lo tanto los sedimentos arcillosos que yacen debajo pueden abarcar gran parte del jurásico y quizá del triásico. Estos sedimentos engranan con los lidítico-volcánicos y el metamorfismo que ofrecen hoy día (esquistes lustresos hasta filíticos) aumenta gradualmente de arriba hacia abajo, refiriéndose a la sucesión estratigráfica de determinado lugar. Grosse considera que esta formación puede ser prepaleozóica (Antioquia) hasta prepaleozóica y paleozóica (Nariño), mientras que T. Ospina y R. Scheibe (Compilación de los trabajos geológicos oficiales en Colombia. Bogotá 1934) la incluyen al sistema juratriásico.-El cretáceo volcánico que también alcanza en la mayoría de los casos una magnitud de varios miles de metros, se extiende hoy día por casi todo el Occidente Andino de Colombia, excepto la virgación de Urabá-Bolívar cuya preformación desde entonces se manifiesta por la facies sedimentaria que tiene ahí el probable cretáceo. Hacia el Sur

ZONAS PETROLÍFERAS

la facies volcánica se extiende hasta el Occidente Andino del Ecuador, donde comienza a ceder para volverse secundaria en el Occidente del Perú y extinguirse hacia el Sur de este país. De igual modo, pero más súbitamente, la facies volcánica cede y se sustituye por la volcánica hacia el interior occidental del subgeosinclinal occidental, sea hacia la actual hoyandina del Pacífico, notable por este concepto, pero vuelve a presentarse en la zona del nudo de Cupica que se halla más próximo al cratógeno submarino del Pacífico. - Ya en el cretáceo mismo, los movimientos orogénicos que se presentan hacia el lado de la Cordillera Central, entonces subgeosinclinal central, provocan la regresión inicial que se acentúa a raíz del paroxismo fuerte que actúa alrededor del traspase del cretáceo al terciario y que se extiende sobre más o menos toda la zona montañosa actual del Occidente Andino de Colombia. En el terciario inferior, el área sedimentaria continúa se reduce al actual Verland Occidental y a la zona Caribe del Occidente Andino, mientras que el resto del Occidente Andino se convierte en una faja isleña, caracterizada en el Norte por un probable dintel terrestre que une las zonas terrestres de los nudos de Frontino y de Antioquia, y en el Sur por una larga y angosta cuenca sedimentaria que se extiende desde la región al Norte de Cartago hasta más o menos la región de Pasto y que ocupa una sección importante de la hoyandina del Cauca. Los sedimentos de esta cuenca sedimentaria cuya preferencia en el terciario inferior es importante con respecto a las expectativas petrolíferas que puede ofrecer hoy día, ofrecen facies principalmente limnítica, caracterizada por los yacimientos de carbón, pero también muestran intercalaciones marinas que demuestran que debe haber habido comunicación con la zona marina del Verland Occidental a través de esa zona de la Cordillera Occidental. En el terciario medio, el área de la cuenca sedimentaria se extiende hacia la sección antioqueña de la hoyandina del Cauca, siendo importante que hacia ahí también se traslada el centro de hundimiento que en el terciario inferior se hallaba más al Sur. Tal como sucede en el terciario inferior, también hay parcelas sedimentarias en la actual parte montañosa de la Cordillera Occidental, pero su mayor extensión parece haber estado en el lado Norte del nudo de Frontino. Como áreas de subsidencia del terciario medio siguen figurando el actual Verland Occidental y la zona Caribe del Occidente Andino. Como isla del Verland Occidental continúa el nudo de Cupica. - Las zonas de subsidencia del terciario inferior y medio también se mantienen en el terciario superior, aunque sufren mengua en la parte Sur de la virgación de Urbá-Bolívar. En la parte montañosa

ZONAS PETROLIFERAS

La facies volcánica se extiende hasta el Occidente Andino del Ecuador, donde comienza a ceder para volverse secundaria en el Occidente del Perú y extinguirse hacia el Sur de este país. De igual modo, pero más súbitamente, la facies volcánica cede y se sustituye por la ^{sedimentaria} volcánica hacia el interior occidental del subgeosinclinal occidental, o sea hacia la actual hoyadina del Pacífico, notable por este concepto, pero vuelve a presentarse en la zona del nudo de Cupica que se halla más próximo al cratógono submarino del Pacífico. Ya en el cretáceo mismo, los movimientos orogénicos que se presentan hacia el lado de ^{hacia el subgeosinclinal al central} la Cordillera Central, entonces subgeosinclinal central, provocan la regresión inicial que se acentúa a raíz del paroxismo fuerte que actúa alrededor del traspase del cretáceo al terciario y que se extiende sobre más o menos toda la ^{actual} zona montañosa actual del Occidente Andino de Colombia. En el terciario inferior, el área sedimentaria continua se reduce al actual Verland Occidental y a la zona Caribe ^{(porción de Verland) de Bolívar} del Occidente Andino, mientras que el resto del Occidente Andino se convierte en una faja aislada, caracterizada en el Norte por un probable dintel terrestre que une las zonas terrestres de los nudos de Frontino y de Antioquia, y en el Sur por una larga y angosta cuenca sedimentaria que se extiende desde la región al Norte de Cartago hasta más o menos la región de Pasto y que ocupa una sección importante de la hoyadina del Cauca. Los sedimentos de esta cuenca sedimentaria cuya proferación en el terciario inferior es importante con respecto a las expectativas petrolíferas ^{de} que puede ofrecer hoy día, ofrecen facies principalmente lítica, caracterizada por los yacimientos de carbon, pero también muestran intercalaciones marinas que demuestran que debe haber habido comunicación con la zona marina del Verland Occidental a través de esa zona de la Cordillera Occidental. En el terciario medio, el área de la cuenca sedimentaria se extiende hacia la sección antioqueña de la hoyadina del Cauca, siendo importante que hacia allí también se traslada el centro de hundimiento ^{de la parte carbonífera} que en el terciario inferior se hallaba más al Sur. Al caso sucede en el terciario inferior, también hay parcelas sedimentarias en la actual parte montañosa de la Cordillera Occidental, pero ^{esta parece hallarse de preferencia en} su mayor extensión parece haber estado en el lado Norte del nudo de Frontino. Como áreas de subsidencia del terciario medio siguen figurando el actual Verland Occidental y la zona Caribe del Occidente Andino. Como isla del Verland Occidental continúa el nudo de Cupica. Las zonas de subsidencia del terciario inferior y medio también se mantienen en el terciario superior, aunque sufren mengua en la parte Sur de la virgación de Urbá-Bolívar. En la parte montañosa

ZONAS PETROLIFERAS

la facies volcánica se extiende hasta el Occidente Andino del Ecuador, donde comienza a ceder para volverse secundaria en el Occidente del Perú y extinguirse hacia el Sur de este país. De igual modo, pero más súbitamente, la facies volcánica cede y se sustituye por la volcánica hacia el interior occidental del subgeosinclinal occidental, es sea hacia la actual hoyandina del Pacífico, notable por este concepto, pero vuelve a presentarse en la zona del nudo de Cupica que se halla más próximo al cratógeno submarino del Pacífico. - Ya en el cretáceo mismo, los movimientos orogénicos que se presentan hacia el lado de la Cordillera Central, entonces subgeosinclinal central, provocan la regresión inicial que se acentúa a raíz del parexismo fuerte que actúa alrededor del traspase del cretáceo al terciario y que se extiende sobre más o menos toda la zona montañosa actual del Occidente Andino de Colombia. En el terciario inferior, el área sedimentaria continua se reduce al actual Verland Occidental y a la zona Caribe del Occidente Andino, mientras que el resto del Occidente Andino se convierte en una faja isleña, caracterizada en el Norte por un probable dintel terrestre que une las zonas terrestres de los nudos de Frontino y de Antioquia, y en el Sur por una larga y angosta cuenca sedimentaria que se extiende desde la región al Norte de Cartago hasta más o menos la región de Pasto y que ocupa una sección importante de la hoyandina del Cauca. Los sedimentos de esta cuenca sedimentaria cuya proforma en el terciario inferior es importante con respecto a las expectativas petrolíferas que puede ofrecer hoy día, ofrecen facies principalmente limnica, caracterizada por los yacimientos de carbón, pero también muestran intercalaciones marinas que demuestran que debe haber habido comunicación con la zona marina del Verland Occidental a través de esa zona de la Cordillera Occidental. En el terciario medio, el área de la cuenca sedimentaria se extiende hacia la sección antioqueña de la hoyandina del Cauca, siendo importante que hacia allí también se traslada el centro de hundimiento que en el terciario inferior se hallaba más al Sur. Al como sucede en el terciario inferior, también hay parcelas sedimentarias en la actual parte montañosa de la Cordillera Occidental, pero su mayor extensión parece haber estado en el lado Norte del nudo de Frontino. Como áreas de subsidencia del terciario medio siguen figurando el actual Verland Occidental y la zona Caribe del Occidente Andino. Como isla del Verland Occidental continúa el nudo de Cupica. - Las zonas de subsidencia del terciario inferior y medio también se mantienen en el terciario superior, aunque sufren mengua en la parte Sur de la virgación de Urbá-Bolívar. En la parte montañosa

ZONAS PETROLIFERAS

bá-Bolivar. En la actual parte montañosa del Occidente Andino, la hoyandina del Cauca viene a convertirse en zona de depósitos esencialmente volcánicos, cuya magnitud y facies varia fuertemente de acuerdo con la intranquilidad tectónica notable. En comparación con el volcanismo cretáceo, el del neoterciario es poco extenso y se concentra a la parte alta de la Cordillera Central y a algunas otras regiones del Occidente Andino. De la observación de que en el terciario superior aun se conservan zonas de sedimentación bastante grandes dentro del Occidente Andino y de que ellos penetran bastante a la Cordillera Central, se deduce que el sollevamiento de los Andes ha tenido lugar mas tarde, en relación con plegamientos de amplitud epirogénica que tuvieron lugar después de la deposición del piso de Popayan que Stutzer considera cuaternarios, pero que en concepto del suscrito pueden ser pliocenos. Uno de estos grandes pliegues se observa por ejemplo entre la Cordillera Central y la Occidental, donde forma un sinclinal profundo que llega a tener en el altiplano de Popayan un nivel que está a mas de 1000 m mas bajo que en el borde alto que corresponde a la Cordillera Central. Según lo observa Grosse (Huila-Caqueta), el piso de Popayan presenta en esta zona plegamientos de corta amplitud que se hallan en la faja de la cumbre de la Cordillera Central.

En el subgeosinclinal oriental, la sedimentación comienza alrededor del jurásico superior, según observaciones al Oriente de Bogotá. Sin embargo como al Oeste de esta parte no alcanza a asemar la parte baja del cretáceo, puede considerarse posible que la sedimentación se haya iniciado mas temprano. El espacio sedimentario se extiende hacia el hauteriviano y en el barremiano ha encubierto los nudos que hasta entonces figuraban como islas. Al mismo tiempo parece encubrir gran parte o la totalidad de la Cordillera Central, de manera que los subgeosinclinales occidental y oriental presentan el aspecto de una zona marina mas o menos uniforme. Esta extensión la conserva el espacio sedimentario en el subgeosinclinal oriental hasta el senoniano, aunque es probable que haya habido algunas oscilaciones, indicadas por ejemplo por la intercalación regional de sedimentos límnicos (carbon y antracita) dentro de la facies marina. El volcanismo en el subgeosinclinal oriental, se reduce esencialmente al borde oriental de la Cordillera Central, o sea del subgeosinclinal central, donde se presenta mas o menos al final del hauteriviano, al principio del cenomaniano y entre el turoniano y el bajo senoniano. Estos mismos niveles volcánicos tambien se presentan en el Occidente Andino del Perú, de manera que pueden ser una guía importante para las determinaciones cronológicas. El caracter de este volcanismo es en lo general intermediario (porfirítico). - El movimiento

ZONAS PETROLIFERAS

Desde la parte del Occidente
bá-Belivar. En la actual parte montañosa del Occidente Andino, la heyandina del Cauca viene a convertirse en zona de depósitos *esta* esencialmente volcánicos, cuya magnitud y facies *volcanismo* varia fuertemente de acuerdo con la *parte* intranquilidad tectónica *de la fase grabenoidal* notable. En comparación con el volcanismo cretáceo, el del neoterciario es poco extenso y se concentra a la parte alta de la Cordillera Central y a algunas otras regiones del Occidente Andino. - De la observación de que en el terciario superior aun se conservan zonas de sedimentación bastante grandes dentro del Occidente Andino y de que ellas penetran bastante a la Cordillera Central, se deduce que el sollevamiento de los Andes ha tenido lugar mas tarde, en relación con plegamientos de amplitud epirogénica que tuvieron lugar después de la deposición del piso de Popayan que Stutzer considera cuaternario, pero que en concepto del suscriptor pueden ser pliocenos. Uno de estos grandes pliegues se observa por ejemplo entre la Cordillera Central y la Occidental, donde forma un sinclinal profundo que llega a tener en el altiplano de Popayan un nivel que está a mas de 1000 m mas bajo que en el borde alto que corresponde a la Cordillera Central. Según se observa Gresse (Huila-Caqueta), el piso de Popayan presenta en esta zona plegamientos de cierta amplitud que se hallan en la faja de la cumbre de la Cordillera Central.

En el subgeosinclinal oriental, la sedimentación comienza alrededor del jurásico superior, según observaciones al Oriente de Bogotá. Sin embargo como al Oeste de esta parte no alcanza a asemar la parte baja del cretáceo, puede considerarse posible que la sedimentación se haya iniciado mas temprano. El espacio sedimentario se extiende hacia el hauteriviano y en el barremiano ha encubierto los nudos que hasta entonces figuraban como islas. Al mismo tiempo parece encubrir gran parte o la totalidad de la Cordillera Central, de manera que los subgeosinclinales occidental y oriental presentan el aspecto de una zona marina mas o menos uniforme. Esta extensión la conserva el espacio sedimentario en el subgeosinclinal oriental hasta el senoniano, aunque es probable que haya habido algunas oscilaciones, indicadas por ejemplo por la intercalación regional de sedimentos límnicos (carbón y antracita) dentro de la facies marina. El volcanismo en el subgeosinclinal oriental, se reduce esencialmente al borde oriental de la Cordillera Central, o sea del subgeosinclinal central, donde se presenta mas o menos al final del hauteriviano, al principio del cenomaniense y entre el tureniano y el bajo senoniano. Estos mismos niveles volcánicos tambien se presentan en el Occidente Andino del Perú, de manera que pueden ser una guía importante para las determinaciones cronológicas. El caracter de este volcanismo es en lo general intermediario (perfirítico). - El movimiento

ZONAS PETROLIFERAS

orgénico del traspase del cretáceo al terciario, acentuado en el Occidente Andino, solo se manifiesta en el Oriente en las inmediaciones de la Cordillera Central y de los nudos de la Cordillera Central. En la cuenca de Bogotá, la sedimentación continúa concordantemente desde el senoniano hacia el terciario inferior. La facies es limnítica y más carbonífera que en el Occidente Andino, pero también se presenta marina hacia la parte septentrional (Caribe) del Oriente Andino. Las áreas sedimentarias de este tiempo son más extensas que en el Occidente Andino. La de mayor extensión se halla comprendida en la cuenca general de dicho tiempo, comprendida entre la Cordillera Central, el nudo Santandereano, el nudo de Quetame y la parte Sur de la Cordillera Oriental. Esta zona limnítica va probablemente separada por un largo dintel, extendido entre el Carare y Simití, de la zona más o menos marina de la región del Cesar que probablemente se une vía de la depresión del Banco con la zona Caribe del terciario inferior. Otra cuenca sedimentaria que perdura desde el cretáceo hasta la actualidad, es la cuenca de Maracaibo en donde los sedimentos son limníticos y marinos. Finalmente debe haber existido otra zona sedimentaria importante en la cuenca del Meta-Arauca, es decir en el Verland Oriental. En el traspase del terciario inferior al terciario medio tiene lugar un paroxismo notable en el lado oriental de la Cordillera Central que implica la superposición del terciario medio hasta sobre el cretáceo inferior (al Sur de Guataquí). Este movimiento probablemente también se hace sentir hacia los nudos Santandereano y de Quetame porque la base del terciario medio es ahí conglomerácea, en contraposición a la cuenca de Bogotá donde es arenosa y donde reina concordancia entre el terciario inferior y el terciario medio. En el terciario medio, la sedimentación del interior oriental sigue siendo limnítica y se vuelve marina hacia el Caribe, aunque también ahí (Venezuela) muestra intercalaciones limníticas. La facies carbonífera que domina principalmente durante el terciario inferior en el terreno situado al Sur del Nudo Santandereano, se traslada en el terciario medio hacia Venezuela. Un traslado semejante hacia el Norte, relacionado en principio con el solventamiento de los Andes desde el Perú, se observa en el terciario del Occidente Andino (carbon del terciario inferior en la zona de Cali-Patia; carbon del terciario medio en la sección antioqueña de la hoyandina del Cauca). Corre parejas con esta particularidad el traslado probable del centro sedimentario del terciario inferior que se hallaba en la región de la cuenca de Bogotá, hacia el dintel del Carare-Simití, donde se forma la cuenca del Carare en que los sedimentos del terciario medio parecen ser muy potentes.