

Grados de intensidad del tectonismo.

Segun los conocimientos actuales, el tectonismo no comienza con pliegamientos que podemos llamar de ondas (anticlinales y sinclinales) sino con undulaciones suaves y vastas, tendidos de la misma índole y terrazas tectónicas. Estas estructuras iniciales no parecen tener orden especial. Ellas caracterizan el tafeland y cuando este es plano se le puede considerar como punto de partida para determinar el grado de intensidad del tectonismo. -Tenemos pues como punto de partida el tafeland plano, o sea la mesa tectónica. El primer grado de intensidad tectónica lo caracterizaremos como terreno de undulaciones suaves, apenas o poco perceptible a la apreciación ocular. Este tipo caracteriza probablemente los Llanos, además el interior de la cuenca de Maracaibo.

El segundo grado de intensidad tectónica se caracteriza por ondas geológicas, es decir por anticlinales y sinclinales, suaves, que muestran undulaciones axiales regulares, es decir ~~antitipos~~ cúpulas y artesas. Este tipo de estructuras se halla bien expuesto en el descenso del terreno interior de la Cordillera Oriental hacia las cuencas de Maracaibo y hacia la cuenca de Bogotá. En esta última cuenca el grado tectónico de las undulaciones suaves no se presenta porque se trata de una cuenca considerablemente más contraída que la cuenca de Maracaibo.

En el tercer grado de intensidad tectónica, los anticlinales y sinclinales se comprimen y se levantan al tiempo de perder las undulaciones axiales regulares (no se distinguen cúpulas y artesas). Al comprimir y levantarse, los sinclinales y anticlinales se congregan en forma de cordones y ~~max~~ subhoyas andinas, ~~formándose~~ (subramales andinos que constituyen una cordillera o una hoya andina), formándose cúpulas complejas o núcleos menores en los cordones y artesas ~~grandes~~ complejas o cuencas menores en las subhoyas. Este grado de intensidad tectónica se puede perseguir en la parte alta del terreno de transición desde las cuencas de Bogotá y de Maracaibo hacia el núcleo Santandereano. Tipos de esta clase de ~~cúpulas~~ en el Norte de Santander son la de Santiago y la de Tierra Negra; en la sabana de Bogotá los representantes son la cúpula de Zipaquirá y la cúpula de Terreros. ~~Grandes~~ Artesas complejas del tercer grado de intensidad tectónica son por ejemplo la del Tachira y de Labateca en el Norte de Santander, la del bajo Servitá, la de ~~max~~ Tunja, la de Ramiriquí-Tibaná y la de Guatavita.

En el cuarto grado de intensidad tectónica, los cordones (anticlinales complejos) y las subhoyas (sinclinales complejos) se congregan a formar cordilleras y hoyas, o sean los ramales andinos. Las cúpulas adquieren tamaño de núcleos y se extienden sobre toda la Cordillera (cuando esta es opistotectónica), alternando ahí con cuencas que también abarcan todo el ancho de la cordillera. En las hoyas solo hemos observado en Colombia la formación de cuencas que no van separados por núcleos sino por dinteles o angosturas. Es natural que también habrá casos en que las cuencas muestren núcleos altos, viéndose esta tendencia en el dintel alto del divorcio de aguas Magdalena-Caqueta (hoya del Magdalena). Las observaciones al respecto se pueden hacer de manera excelente en el desarrollo de la Cordillera Oriental desde ~~el~~ la cuenca de Bogotá hasta la cuenca de Maracaibo.

Como grado cuarto a) se puede considerar aquel en que la intensidad tectónica en una cordillera aumenta hasta el punto que las grandes undulaciones axiales se suprimen. En este caso se presentan las cordilleras y hoyas eutectónicas, como la Cordillera Occidental en su desarrollo sur y norteamericano y como en ciertos trayectos la hoya del Cauca y la hoya del Pacífico. Las Cordilleras y hoyas eutectónicas son importantes porque, debido a la ausencia de undulaciones axiales acentuadas, se dejan perseguir sobre grandes trayectos y sirven de guía para la determinación de los ramales opistotectónicos que de trayecto en trayecto se deforman (se asemejan a los efectos de isostasia) de tal manera que se vuelven irreconocibles.

En el quinto grado de la intensidad tectónica, los ramales andinos se congregan y forman la faja de los Andes. Las grandes ondulaciones tectónicas se traducen a estos y constituyen los geonúcleos y las geocuenas (geonúcleos suramericano y norteamericano y geocuenas de la Argentina, del Caribe y de Bering). Los geonúcleos y las geocuenas se hallan centrados en el interior de la faja de los Andes. Las geocuenas también se presentan en la faja de los Llanos, por ejemplo en la cuenca de Méjico, pero debido a que esta faja representa una faja geosinclinal ~~para~~ de escasa contracción no se forman geonúcleos en ella, al menos en comparación con los que se forman en la faja de los Andes, de contracción fuerte.

En general se hace la observación de que, la intensidad aumenta desde el interior de ~~de~~ las cuencas y geocuenas hacia los núcleos y hacia los flancos. Desde los núcleos, la intensidad tectónica aumenta hacia el interior de las cuencas y hacia los flancos. En los cordones y en las cordilleras la intensidad tectónica es término medio más fuerte que en las subhoyas y hoyas.

(Estas explicaciones deben agregarse en seguida del gráfico entitulado: Compendio General).

LA REPARTICION DE LAS AREAS PETROLIFERAS EN AMERICA SEGUN PUNTOS DE VISTA DE LA CONSTRUCCION ANDINA.

En lo siguiente se tratará de demostrar que, mediante la aplicación de los conocimientos rudimentarios sobre la construcción andina, se llega sin demora a obtener un concepto fundamental con respecto a la repartición de las áreas petrolíferas de América y con respecto al valor relativo de estas.

Para los fines de la demostración se hará primeramente la apreciación de las áreas petrolíferas según puntos de vista de la subdivisión longitudinal de los Andes y luego se concretará con las deducciones que se obtienen de la subdivisión transversal.

Apreciación longitudinal:

Norte y Suramérica se dividen en dos zonas principales: las masas continentales de Laurentia y Brasilia que quedan al Oriente y la zona Andina (comprendida según puntos de vista de la génesis en el tiempo geosinclinal) que ocupa la parte occidental.

En las masas continentales, prototipos de las masas terrestres antiguas de mayor y menor escala, diseminadas en la zona andina, no ha habido propiamente sedimentación durante el tiempo andino, comprendido entre el mesozóico y la actualidad. Los sedimentos que se hallan en los bordes de estas masas antiguas, son incompletos e impetrolíferos. En cambio, las masas continentales han sido vastamente áreas sedimentarias del paleozóico y dentro de estos sedimentos se encuentran los yacimientos petrolíferos del Sur de Laurentia. En Brasilia no se conocen yacimientos equivalentes, particularidad que puede tener razones genéticas, pero que seguramente se relaciona con el hecho de que Brasilia, como Suramérica - el continente situado bajo el ecuador - han tenido una evolución tectónica más activa en comparación con Laurentia y Norteamérica y que por lo mismo los depósitos petrolíferos de Brasilia han sido destruidos. En esta suposición nos afirma el hecho de que ~~Norteamérica~~ Norteamérica, como continente de evolución tectónica relativamente más tranquila, es en suma más rico en petróleo que Suramérica, continente de evolución tectónica más intranquila.

La zona Andina se divide simétricamente (en principio) en tres fajas. La faja interior equivale a la faja de los Andes, comprendida entre las Cordilleras Occidental y Oriental; el eje de simetría de esta faja y en general el eje de simetría de la zona Andina es la Cordillera Central. Al Occidente de la faja de los Andes se extiende la faja del Pacífico, mayormente hundida en el mar, como compensación del sollevamiento de los Andes a partir del terciario. Simétrica a ella en el lado oriental de la faja de los Andes es la faja de los Llanos, como hemos llamado el terreno del antiguo geosinclinal andino que se extiende entre la faja de los Andes y las masas continentales de Laurentia y Brasilia. Debido a que la faja del Pacífico se halla en el lado eutectónico de la zona andina, ella se halla arrugada y muestra como ramales perceptibles la hoya del Pacífico y la Cordillera de la Costa. La faja de los Llanos, situada en el lado opistotectónica de la faja Andina en cambio no muestra subdivisión longitudinal notable. Es importante tener en cuenta esta particularidad porque a primera vista podría parecer la hoya del Pacífico y la Cordillera de la Costa fueren ramales de la faja de los Andes. Ni la hoya ~~del~~ del Pacífico ni la Cordillera de la Costa participan en el juego isostático general de la faja de los Andes.

Con respecto al eje de la simetría de la zona Andina y de la faja de los Andes, es ~~importante~~ importante decir con respecto a la Cordillera Central, se debe tener presente que ella, en el tiempo andino, es en general la faja divisoria entre el área oriental de sedimentación del geosinclinal y el área occidental del mismo. Con las particularidades del caso que imponen las condiciones de la subdivisión transversal, la magnitud y continuidad de la sedimentación aumentan desde el borde de la Cordillera Central hacia el límite actual de la faja de los Andes con las afijas del Pacífico y de los Llanos.

En la zona andina, la intensidad tectónica disminuye rápidamente desde el eje general de simetría, o sea desde la Cordillera Central hacia el Oriente, de manera que la faja de los Llanos se puede considerar como tafeland (Tafelland) suavemente arrugado. Por este motivo el lado oriental de la zona Andina se ha ~~llamado~~ calificado de opistotectónico, generalizando un término que Steinmann ha empleado para el Perú. Hacia el Occidente de la Cordillera Central, el decrecimiento de la intensidad tectónica es lento, de tal manera que la faja del Pacífico, simétrica a la faja de los Llanos, se halla ~~mucho~~ regularmente contraída, en algunos trayectos aun fuertemente. Esto implica que los yacimientos petrolíferos que se hallan en la faja del Pacífico ofrezcan el tipo de estructuras contraídas, y complicadas y de superficie reducida, mientras las estructuras de la faja de los Llanos (alejadas del límite con la faja de los Andes) se distinguen por estructuras onduloso aterrazadas, siempre suaves, en veces imperceptibles, y vastas. ~~Como Otra deducción~~ importante que se obtiene de la diferenciación tectónica con respecto al valor de las áreas petrolíferas es la siguiente. El eutectonismo es una particularidad que distingue el lado occidental de la zona andina durante todo el tiempo andino, lo mismo que en este tiempo el opistotectonismo distingue el lado oriental. Si se tiene en cuenta que además ~~de~~ la intensidad tectónica disminuye desde la Cordillera Central ~~hacia~~ hacia el Oriente y hacia el Occidente y que, de acuerdo con esta disminución ~~decrecen~~ aumentan las expectativas petrolíferas, vemos que estas expectativas son una función estrecha de la intensidad tectónica. ~~Por~~ Por lo tanto, como la faja de los Llanos ha sufrido una evolución tectónica ~~mucho~~ más tranquila que la faja del Pacífico, no sorprende que ella sea petrolíferamente muy superior a la faja del Pacífico, como que en general la faja de los Llanos es el área petrolífera más valiosa de América.

Con la menor intensidad tectónica que reina en el lado oriental de la zona Andina también concuerda el hecho de que las expectativas en el lado oriental de la faja de los Andes son mejores que en el lado occidental, observación que se pone magníficamente de manifiesto en la zona petrolífera colombo-venezolana de la faja de los Andes (virgación de los Andes hacia el Caribe), siendo que ~~la~~ el área de Maracaibo de la Cordillera Oriental y la cuenca del Carare del Carare, situadas sobre el lado oriental de la faja de los Andes, son, sin lugar a duda, petrolíferamente muy superiores a la faja de Bolívar-Urabá que equivale a la virgación Caribe de la Cordillera Occidental, es decir de un ramal situado en el lado occidental de la faja de los Andes.

~~Así vemos que el concepto de Steinmann sobre la particularidad de la variabilidad de la intensidad tectónica, aplicado a la subdivisión longitudinal de los Andes, despeja el ambiente nublado que reina alrededor de la apreciación de las áreas petrolíferas y de su origen.~~

En relación con la procedencia del petróleo en la zona andina debemos agregar que dicho combustible, en la faja del Pacífico (eutectónica) y en la faja de los Andes se ha formado en el cretáceo y en el terciario (inferior y medio). En los Llanos, en cambio, donde el opistotectonismo ha sido protector de los sedimentos, el petróleo no solo se relaciona con sedimentos del cretáceo y del terciario sino también con sedimentos que abarcan hasta el carbonífero.

Así vemos que el concepto de Steinmann, relativo a la variabilidad de la intensidad tectónica y aplicado a la subdivisión longitudinal de los Andes, por sí despeja el ambiente nublado que reina alrededor de la apreciación de las áreas petrolíferas. Para llegar a conceptos más concretos, hemos de relacionar las áreas petrolíferas de la zona Andina con la subdivisión transversal y con las particularidades del tectonismo a este respecto.

No queremos menos de repetir en esta ocasión que Steinmann también ha establecido la relación entre la intensidad tectónica y la intensidad magmática y que por lo tanto se tiene un criterio valioso con respecto a la determinación de los minerales metálicos. Se puede decir que lo que el lado oriental de la zona andina tiene de más en petróleo con respecto al lado occidental (eutectónico) lo tiene de menos al mismo respecto en minerales metálicos (relacionados con el tiempo andino).

Apreciación transversal:

La subdivisión transversal se funda en los núcleos y en las cuencas que subdividen los Andes y sus ramales y que modifican el desarrollo de los elementos longitudinales y por lo tanto también las expectativas petrolíferas de estos.

De manera general y para ahorrarnos explicaciones en lo que sigue, podemos decir que la intensidad tectónica disminuye, en el tiempo andino, desde los núcleos hacia ~~xxxxxxxxxx~~ el interior de las cuencas.

Al observar el desarrollo de la zona Andina y en especial el desarrollo de la faja de los Andes, observamos una subdivisión mayor en trayectos terrestres y trayectos marinos. Los trayectos terrestres se hallan frente a las masas continentales y ahí los Andes muestran carácter geosinclinal, o mejor dicho carácter de geonúcleos. En los trayectos que quedan hacia los extremos del ártico y antártico y en la zona Caribe, no respaldados por masas continentales, la zona andina y en especial la faja de los Andes, muestran carácter geosinclinal o mejor dicho de geocuenca. Estos trayectos de geocuenca revelan el carácter de ~~xxxxxxx~~ la zona Andina en el cretáceo y hasta cierto grado también en el terciario inferior y medio, cuando ella sí parece haber representado a rasgos generales un ~~xxxxxxx~~ geosinclinal. Tenemos pues a grandes rasgos una subdivisión, análoga a la que observamos a rasgos menores en los ramales andinos, en especial en el trayecto colombiano-venezolano de la Cordillera Oriental, donde se suceden longitudinalmente las cuencas y los núcleos (véase esquema de la Cordillera Oriental). También estas cuencas menores son hasta hoy día áreas de sedimentación (en principio) mientras los núcleos son área de erosión, como también ellas son las propias áreas petrolíferas, mientras los núcleos son impetrolíferos.

1) Faja de los Andes: La faja de los Andes, de acuerdo con las observaciones hechas, se puede dividir pues en los geonúcleos suramericano y norteamericano. Entre ambos se halla la geocuenca del Caribe. En el extremo ártico se halla la geocuenca de Bering, cuyo contorno ártico no se distingue y en el extremo antártico se halla la geocuenca Argentina cuyos contornos submarinos se definen más o menos bien. Tomando como eje de simetría la geocuenca del Caribe (1), tenemos que el geonúcleo norteamericano es simétrico al geonúcleo suramericano y que la geocuenca de Bering es simétrica a la geocuenca Argentina.

Desde luego vemos que las áreas petrolíferas se hallan en la parte baja de la transición de los geonúcleos hacia las geocuenca, tanto en Colombia-Venezuela, como en la Argentina y en Bering Alaska. Debido a que la transición desde la geocuenca Caribe hacia el geonúcleo (parte occidental del mar Caribe) es marina, las expectativas petrolíferas no se pueden controlar ahí, lo mismo que en el interior de las citadas geocuenca. En la transición colombo-venezolana se distingue que, de acuerdo con los puntos de vista de la repartición longitudinal de las áreas petrolíferas, el lado oriental es petrolíferamente superior que al lado occidental. En la Argentina y en Alaska, estas condiciones no se pueden controlar, ~~xxxx~~ debido a que las áreas correspondientes se hallan sumergidas bajo el mar. Solo el yacimiento de Comodoro Rivadavia (situado probablemente sobre la línea de la hoya del Magdalena), comparado con los yacimientos de Neuquen (línea de la hoya del Cauca) puede evidenciar que lo que vale para la transición colombo-venezolana hacia el Caribe también vale para la transición argentina hacia la geocuenca Argentina.

Para aclarar estos conceptos sobre la repartición transversal del petróleo, agregamos las siguientes explicaciones sobre el carácter de los geonúcleos y de las geocuenca. El geonúcleo Suramericano se halla centrado en una masa terrestre antigua que se extiende en general desde el altiplano de Bolivia hacia el centro y aun

1) La expresión geocuenca y geonúcleo solo la empleamos en estas explicaciones. En el texto hablamos únicamente de cuencas y núcleos.

intermitentemente hasta el sur de la Argentina (masa Patagónica). Esta masa terrestre tiene su eje en lo que andinamente es la Cordillera Central y se extiende de ahí hacia el Oriente (sedimentos permianos y prepermianos), enlazándose con alguna imperfectamente (sedimentos cretáceos del SW del Brasil) con Brasilia. En la parte que mira hacia el Ecuador, o sea en la parte Boliviana, la masa terrestre ha sido contraída y se ha levantado a alturas considerables que constituyen la Cordillera Real y la cuenca de Bolivia. Se comprende que esta masa, salvo quizá en lo que respecta a los sedimentos permianos y carboníferos del subsuelo de la pampa, no es petrolífera. Durante el cretáceo, esta gran masa terrestre de la faja de los Andes estaba rodeada del área sedimentaria, en general marina. A medida que ella se levantaba y se contraía en el transcurso del terciario, el área sedimentaria, ante todo en el interior de los Andes, ha retrocedido hacia las actuales zonas máximas (hacia el interior de la faja de los Andes) geocuenas del Caribe y Argentina y hacia el Pacífico. En la faja de los Llanos el área sedimentaria se ha retirado lentamente, pero posiblemente no en definitiva. De acuerdo con estas circunstancias, de la evolución de la masa terrestre, las expectativas petrolíferas que en principio se pueden considerar generales, reducidas en el transcurso del terciario inferior y medio hacia las geocuenas y hacia el Pacífico. Es probable que, en el terciario la faja de los llanos, ellas también retrocedido regularmente de la proximidad de la masa terrestre mayor.

En general podemos decir que, a raíz del levantamiento de la gran masa terrestre que forma el núcleo corazón del geonúcleo suramericano y a raíz de la contracción de la faja de los Andes en el sector del geonúcleo suramericano, las expectativas petrolíferas, en parte a causa de la erosión, han quedado reducidas a los terrenos bajos de la transición del geonúcleo hacia las geocuenas que se desarrollan en sus extremos. Según veremos en adelante, las áreas petrolíferas de los Llanos y del Pacífico han corrido mejor suerte.

En el geonúcleo norteamericano, la masa terrestre, simétrica a la de la Argentina boliviana-argentina, se extiende desde el Interior Plateau hacia el Canadá. En simetría a lo que ocurre con la masa boliviano-argentina, la norteamericana se contrae y se levanta en el extremo que mira hacia el Ecuador mundial, donde se constituye la cuenca Interior (Interior Basin), simétrica a la cuenca Boliviana. Además, debido al levantamiento fuerte de los trayectos correspondientes a la Cordillera Oriental, parte de la faja de los Llanos ha sido arrugada y agregada al pie exterior del borde de la cuenca. Las particularidades tectónicas de la masa terrestre que se extiende del Interior Basin hacia el Canadá no resaltan tan bien como en la parte cuenca de la masa boliviano-argentina, debido a que ella no ha sufrido una contracción tan notable. A esto se debe evidentemente que las zonas petrolíferas de los Llanos y del Pacífico continúan en sus contornos, mientras que en América se suspenden al Occidente y al Oriente de la masa boliviano-argentina.

A estos rasgos generales de la subdivisión transversal de los Andes, que deciden la repartición de las áreas petrolíferas en la faja de los Andes, pero que también influyen decisivamente sobre la repartición en la faja de los Llanos y en la faja del Pacífico, se pueden agregar los de la subdivisión menor que hemos expuesto en la carta geográfica de América. Ellos no tienen mayor influencia sobre la repartición del petróleo. Lo único notable a este respecto es la presencia de expectativas petrolíferas en la cuenca de Bolivia cuya preformación data del terciario inferior o del cretáceo (piso de Puca del Altiplano).

2) Fajas de los LLANOS y del PACÍFICO.

Como la faja de los Andes, también las fajas de los Llanos y del Pacífico consisten de trayectos terrestres que quedan frente a las masas de Brasilia y de Laurentia, y de trayectos marinos que quedan en los bordes de las geocuenas. Debido a que la erección de los geonúcleos se ha compensado en parte con el hundimiento de la faja del Pacífico, solo la parte oriental de esta (Cordillera de la Costa y hoya del Pacífico), muestra carácter terrestre.

En cuanto a la faja de los Llanos se sabe que ella es petrolífera hasta en Suramérica desde el delta del Orinoco, a lo largo de los Llanos de Colombia-Venezuela, del Oriente del Ecuador - Perú y hasta el ~~Sur~~ Oriente de Bolivia y también hasta el Nororiente de la Argentina. De ahí hacia el Sur y Sureste la faja de los Llanos solo está rudimentariamente indicada por sedimentos cretáceos y, según los conocimientos actuales, no contiene petróleo. Este trayecto impetrolífero es el que se extiende en el borde oriental de la masa terrestre de Bolivia-Argentina.

La faja del Pacífico, hasta donde se puede apreciar, muestra la misma extensión petrolífera como la faja de los Llanos. Esta petrolífera al menos desde el Golfo de Panamá (allende el Golfo se halla por lo común totalmente hundida), vía del Chocó, de la costa de ~~Caribe~~, del Ecuador hasta el Norte del Perú. Hacia el sur del Perú ella se levanta y sus sedimentos ya no son petrolíferos. En toda la extensión que queda frente a la masa terrestre de Bolivia-Argentina, ella es impetrolífera. En el terreno de transición hacia la geocuenca Argentina, ella vuelve a tener manifestaciones de petróleo. La faja de los Llanos, a estas latitudes, se halla sumergida bajo el mar.

Simétricamente a la repartición de los trayectos petrolíferos de las fajas de los Llanos y del Pacífico en Suramérica es la repartición en las fajas de Norteamérica. En efecto vemos que el principal trayecto petrolífero de los Llanos en Norteamérica se extiende desde el Golfo de Méjico hasta frente al ~~est~~ Interior Basin, desde donde al Norte la facies petrolífera parece flaquear considerablemente. Hacia Alaska, o sea hacia la transición a la geocuenca de Bering, la faja de los Llanos se sumerge. Es notable que, frente al Interior Basin, las expectativas petrolíferas se refieren al carbonífero y que también en el Oriente de Bolivia, las expectativas petrolíferas se relacionan con sedimentos carboníferos o permianos, en parte.

La faja del Pacífico se puede considerar en principio petrolífera desde la ~~costa~~ costado occidental de Méjico hasta California, pero en el continente ~~norteamericano~~ norteamericano, de evolución lenta, gran parte de la faja del Pacífico que en Suramérica es terrestre, se halla sumergida. Además, los yacimientos petrolíferos de California indican que, probablemente también a causa de la evolución lenta, el trayecto petrolífero penetra más hacia la masa terrestre que en Suramérica. Como en Suramérica las expectativas petrolíferas de la faja del Pacífico vuelven a aparecer hacia la transición a la geocuenca Argentina, así también es probable que ellas aparezcan en la costa meridional de Alaska, o sea en la transición hacia la geocuenca de Bering.

En relación con el desarrollo individual de la faja de los Llanos en Norteamérica, conviene poner de presente que ella es marina en el trayecto del Golfo de Méjico, es decir que refleje el estado geosinclinal aunque más acentuadamente que en el cretáceo. Como el golfo de Méjico representa una cuenca en la faja de los Llanos, situada al NE del núcleo Centroamericano, simétrica al núcleo Ecuatoriano, suponemos que al SE del núcleo Ecuatoriano se halle, en la faja de los Llanos, una cuenca ~~simétrica~~ terrestre, simétrica a la cuenca del Golfo de Méjico. Recordamos que, también la transición desde la geocuenca Caribe hacia el núcleo Centramericano reposa en estado marino, mientras que la transición simétrica a ella, la colombiana, es terrestre.

Las áreas petrolíferas en Colombia, apreciadas según su relación con áreas petrolíferas en otras partes de los Andes.

Para hacer esta apreciación compararemos los trayectos petrolíferos de los ramales andinos en Colombia con trayectos petrolíferos análogos en otras partes de los Andes; además nos valdremos de las condiciones de simetría.

Según las determinaciones que hemos hecho, la faja petrolífera occidental de Colombia está representada por el trayecto correspondiente de la faja del Pacífico, terrestre en lo que respecta a la Cordillera de la Costa y a la hoya del Pacífico (véase mapa de la subdivisión andina del NW de Suramérica). La Cordillera de la Costa solo es petrolífera en las depresiones, la hoya del Pacífico en más o menos toda su extensión.

El trayecto petrolífero colombiano de la faja del Pacífico, se prolonga en un extremo hacia el Golfo de Panamá. Las perforaciones hechas ahí no han dado resultado. En el otro extremo, ~~hacia~~ el trayecto petrolífero se prolonga hacia las costas del Ecuador y hacia la costa del Norte del Perú. Tanto en el Ecuador como en el Perú, las expectativas se han probado con regular éxito práctico. Hay numerosos niveles petrolíferos en el terciario que es de gran magnitud, pero los niveles, en parte probablemente al descuartizamiento que han sufrido las estructuras, son de rendimiento escaso. En la costa de Colombia, las observaciones que hemos hecho en la región del Cauca demuestran plegamientos regulares del terciario que hacia la bahía de Málaga (al Norte de la bocana de Buenaventura) sin embargo muestran fracturas que más al Sur no se pueden controlar debido al encubrimiento del terreno con sedimentos pleistocenos y recientes. En la costa de Maricao no tuvimos oportunidad de hacer estudios, pero también ahí, según referencias existen dislocaciones. Según estas observaciones la faja del Pacífico parece caracterizarse por el aumento del fracturamiento desde la división Atrato-San Juan hacia la costa septentrional del Perú, de manera que, tectónicamente, la parte colombiana podría estar favorecida en comparación con las partes ecuatoriana y norperuana. También queremos llamar la atención hacia el hecho de que en la región de la división del Atrato-San Juan la Cordillera Occidental muestra un codo y que lo mismo hace suponer que se forme una cuenca rudimentaria en la parte correspondiente de la hoya del Pacífico, interesante para las investigaciones petrolíferas. E. White Uribe ha constatado que en esta parte, el flanco poniente de la Cordillera Occidental se halla muy deprimido. Además dicho investigador ha determinado manifestaciones importantes en la parte septentrional de la supuesta cuenca, o sea en el río Tagachi. Los niveles petrolíferos en esta parte se pueden relacionar con los de la Costa del Perú (Iddings y Olsson), siendo que los rasgos estratigráficos son afines. Suponemos que en la parte colombiana de la faja del Pacífico, el ~~terciario~~ sedimento del terciario sea más fino que en el Perú, en vista de que la parte colombiana se halla en una parte baja ~~de la transición del núcleo~~ geocóncavo Suramericano hacia la geocuenca Caribe que se ha levantado más tarde (en el terciario) que la parte peruana. Esta circunstancia puede influir desfavorablemente en la calidad de los niveles de almacenamiento.

Como faja simétrica de comparación en Norteamérica solo tenemos la zona californiana ya que las partes que quedan hacia el Sur, están sumergidas en cuanto pueden ser petrolíferas. Por este motivo nos falta la medida para saber si las expectativas petrolíferas disminuyen de California hacia el Sur, circunstancia que nos permitiría juzgar la facies petrolífera en su desarrollo de la costa del Perú hacia la costa (occidental) de Colombia. Se entiende que la bondad de los campos petrolíferos de California no vale para la parte suramericana (Perú), en vista de que en California la evolución tectónica tranquila ha favorecido la génesis del petróleo. Agregamos que las determinaciones del terciario y del cretáceo de California serán de gran provecho para la determinación en la costa occidental de Colombia, del Ecuador y del Perú. Nosotros nos hemos restringido, en la parte estratigráfica del trabajo, a hacer apreciaciones entre Colombia y la Costa del Perú y nos hemos dado cuenta que la facies del terciario entre la costa occidental de Colombia y la costa del Perú tienen afinidades importantes.

2) La Cordillera Occidental es el tipo de la Cordillera eutéctica eumagnética, más o menos uniforme desde Alaska hasta la Patagonia. Por lo mismo las expectativas petrolíferas que debemos esperar de esta cordillera metalífera son nulas, salvo en las transiciones hacia las geocuenas. El único ejemplo nítido de transición lo tenemos en Colombia. A partir del núcleo de Frontino, la Cordillera Occidental se abre y su terreno interior desciende fuertemente hacia Bolívar-Urabá y luego hacia el Caribe. El terreno de transición está constituido por sedimentos terciarios (véase Beck y Anderson) y los sedimentos cretáceos o faltan o se hallan solo rudimentariamente conservados. Las manifestaciones petrolíferas del terciario son abundantes, pero las perforaciones no han dado resultados positivos hasta la fecha. La facies de los niveles de almacenamiento parece ser deficiente. En vista de que el área de Bolívar-Urabá forma parte de la intranquila Cordillera Occidental y como

las investigaciones geológicas y a taladro no arrojan resultados apetecibles, consideramos ~~maxximaxinvestigacionmaxxkika~~ preliminarmente que ella es petroliferamente desfavorable. Dejamos constancia que un estudio geológico detenido en las cabeceras del San Jorge donde se puede esperar una facies favorable al almacenamiento del petróleo y donde las estructuras se hallan sobre el borde del terreno de transición, podría acilizar mejor las expectativas petrolíferas ~~maxximax~~ del área de Bolívar.

3) La hoya del Cauca puede ser petrolífera en Colombia, primeramente en la zona ^{valdense} de donde se refieren manifestaciones y donde probablemente se forma una cuenca, en segundo lugar en el trayecto bajo que se dirige desde el bajo Cauca hacia la ciénega de Santa Marta. Este último trayecto se halla sobre el borde occidental de la depresión del Banco, es decir de aquella depresión profunda que separa la Cordillera Central de su prolongación al núcleo de Santa Marta. Las expectativas petrolíferas en esta parte no las podemos juzgar debido a que se trata de un caso especial en que la hoya del Cauca se halla en un trayecto deprimido de la Cordillera Central. En la zona ^{valdense}, las expectativas se pueden respaldar con la presencia de un nivel marino en la base del terciario medio, determinado por Stutzer en el departamento del Valle. Además parece que en la parte occidental (hacia la Cordillera Occidental) se conserva el cretáceo con facies poco o no eruptiva. Como la hoya del Cauca en toda su extensión suramericana es la faja costanera hacia la Cordillera Central del área occidental de sedimentación de la zona andina (jurásico en parte, cretáceo, terciario inferior y medio) y como ella es la faja costanera del lado eutectónico de los Andes, las expectativas petrolíferas de la parte caldense deben juzgarse con sumo cuidado. En esta suposición nos afirma el hecho de que las investigaciones hechas en otros trayectos de la hoya del Cauca, así en el lado occidental del altiplano de Bolivia, en la región de Mendoza y de Chuquibambilla, no han dado resultado apetecible. En Norteamérica no hemos encontrado referencias con respecto a expectativas petrolíferas en ~~maxx~~ la zona que corresponde a la hoya del Cauca.

4) La Cordillera Central ha sido el eje andino desde el cretáceo cuando probablemente se extendía más o menos paralelamente por ~~maxx~~ la zona geosinclinal. Las diferencias de niveles, ante todo el hundimiento hacia las geocuenas, debe haber tenido lugar en el terciario como compensación del sollevamiento de los trayectos situados en los geonúcleos. Ella podría ser petrolífera en su descenso desde Colombia hacia el Caribe, pero este es tan Brusco (núcleo de Santa Marta) que la parte interesante se hundió bajo el mar. La depresión del Banco, como lo dijimos no la podemos apreciar, pero ponemos de presente que ella puede ser atrayente porque se trata de la depresión de un ramal central, semejante al cordón central de la Cordillera Oriental. Además, el lado oriental ya se halla en una zona petrolífera importante que es la hoya del Magdalena.

5) La hoya del Magdalena se puede considerar petrolífera en Colombia desde las cabeceras del río Magdalena hasta el curso medio del Cesar. En ~~maxx~~ la parte meridional, desde las cabeceras del Magdalena hasta La Dorada aproximadamente, las expectativas se restringen al cretáceo. De ahí hasta el curso medio del Cesar ella es ~~maxx~~ petrolífera también en el terciario. En el trayecto de referencia, la hoya se divide en las cuencas del Huila (probablemente subdividida, en general comprimida y fracturada; poco atrayente en sentido petrolífero), del Tolima (medianamente amplia, con estructuras favorables en el lado occidental del Magdalena, petroliferamente atrayente), del Carare (amplia, favorable en el lado oriental donde se halla el campo productivo de la Tropical Oil Co), y la del Cesar (probablemente reducida y centrada hacia la laguna de Zapatoza probablemente comprimida). Estas cuencas van separadas por angosturas que en parte tienen forma de dinteles. Estas angosturas-dinteles son partes contraídas y por lo tanto no despiertan mucho interés petrolífero. El ~~maxx~~ dintel de Girardot-Honda ha sido probado con perforaciones sin resultados apetecibles.

La hoya del Magdalena vuelve a ser petrolífera en el trayecto que pasa por el lado oriental de la cuenca (altiplano) de Bolivia, en la región del Lago Titicaca. La producción es de poca consideración. En la hoya del Magdalena también debe hallarse el yacimiento de Comodoro Rivadavia de regular producción.

La hoya del Magdalena corresponde a la faja costanera ~~maxx~~ del

área sedimentaria oriental de la zona geosinclinal andina y muestra menos agitación tectónica en el transcurso del tiempo que la faja costanera del área occidental, o sea la hoya del Cauca. Con esto coincide el que la hoya del Magdalena sea ofrezca mejores expectativas petrolíferas en su desarrollo suramericano que la hoya del Cauca.

6) La Cordillera Oriental es el tipo de la Cordillera opistotectónica, es decir se halla relativamente poco contraída y su desarrollo longitudinal se caracteriza por trayectos ascendentes y descendentes en mayor y menor escala. A estas ondulaciones se debe el que se forman núcleos y cuencas de mayor y menor escala, circunstancia que implica que el carácter estratigráfico varíe fuertemente. En relación con la evolución lenta, el magnetismo no la ha podido afectar notablemente y las rocas eruptivas del tiempo andino, correspondientes al trayecto colombo-venezolano, sólo abundan en el núcleo de Caracas (Liddle) y en el extremo meridional, situado hacia las cabeceras del Magdalena (Grosse). Estas particularidades tectónicas de la Cordillera Oriental son tanto más notables cuanto que hacen un contraste fuerte con la Cordillera Occidental, más simétrica y tectónicamente más o menos uniforme, además cumagmática en más o menos toda su extensión, particularidades estas que se relacionan con el carácter eutectónico.

Es lógico que una cordillera de evolución lenta, en que las grandes ondulaciones axiales crean una morfología variada, ante todo cuencas, y en que el magnetismo sólo regionalmente se hace sentir, tiene que favorecer la acumulación, y la conservación de sustancias orgánicas susceptibles de transformarse en petróleo. Esto sucede en los trayectos bajos de la Cordillera Oriental, como aquel que se halla entre la cuenca de Bogotá y la cuenca de Maracaibo, pero también puede suceder en el trayecto bajo que se halla en la región del Fongo de Manserique en el Arauca. De acuerdo con las particularidades de la evolución del trayecto colombo-venezolano, las expectativas petrolíferas se reducen ahí a la cuenca de Bogotá y sus vectores hacia el NE, donde las expectativas se reducen al cretáceo, y a la cuenca de Maracaibo, más sus vectores hacia el Oriente. El gran valor petrolífero que tiene esta cordillera se destaca ante todo en esta última cuenca que seguramente reúne condiciones excepcionalmente favorables para la génesis de ricos yacimientos de petróleo.

Es de advertir que el trayecto de la Cordillera Oriental, simétrico al colombo-venezolano en la parte septentrional de la geocuenca Caribe, es decir el trayecto entre Puerto Rico y Honduras se halla en estado geosinclinal y que por lo mismo no sea posible obtener datos comparativos. En la Argentina, la transición de la Cordillera Oriental hacia la geocuenca Argentina también se halla sumergida bajo el mar, como en general se puede decir que la transición argentina no es tan petrolífera como la transición colombo-venezolana porque su parte baja, de especial valor petrolífero se halla sumergida bajo el mar.

7) La faja más favorecida de evolución tectónica más lenta, por lo común apenas ondulada, es la faja de los Llanos, la cual por lo tanto también es la faja petrolífera más rica de América. En el trayecto colombiano ella contiene manifestaciones de petróleo en toda su longitud desde la frontera venezolana hasta la frontera ecuatoriana. El ancho también debe ser considerable, pero no se puede determinar satisfactoriamente hasta ahora. Se sabe que hay manifestaciones de petróleo en el bajo Meta, y que estas también ocurren en Vichada. En Venezuela, esta faja ha sido ensayada con buen éxito en la región de Guanoco y Quirquire, o sea en el límite de la faja de los Llanos con la Cordillera Oriental. En los trayectos peruano y ecuatoriano, la faja de los Llanos no ha sido ensayada a taladro, pero ha merecido un estudio cuidadoso. En el trayecto Boliviano, donde la faja de los Llanos ha sido arrugada y agregada como anexo a la faja de los Andes, la exploración a taladro ha dado resultados satisfactorios. En general se puede considerar que la faja de los Llanos, en el trayecto petrolífero, sólo ha sido ensayada a rasgos generales.

En cambio, ella ha sido el campo petrolífero preferido en el trayecto petrolífero de Norteamérica, donde los resultados han sido en sumo grado favorables. Las experiencias geológicas obtenidas en estas partes deben ser de especial valor para acelerar la determinación en el trayecto simétrico suramericano (desde Venezuela hasta el Norte

de la Argentina. Así consideramos que las condiciones geológicas en esas se podrán aplicar satisfactoriamente a la zona petrolífera del Oriente del Perú, pero que también contribuirán de manera importante a aclarar las condiciones en la región llanera de Colombia. Asimismo consideramos que las ~~condiciones~~ condiciones geológicas en la sección de Wyoming-^{akota} de los ~~Estados~~ Llanos de Norteamérica sean bases valiosas para el estudio de la zona petrolífera del Oriente de Bolivia.

Situado el trayecto petrolífero de los Llanos suramericanos bajo el trópico, es decir en una zona escasamente habitada y cubierta de selva, no ha merecido la atención como el trayecto correspondiente de los Llanos en Norteamérica. Por lo tanto se puede considerar que la mayor área petrolífera de ~~América~~ América se halla intacta y que ella representa uno de los centros petrolíferos más importantes del futuro.

INDICE DE GRAFICOS.

A. PLANOS GEOGRAFICOS Y GEOLOGICOS

- I A. Copia del plano, titulado: Probables caracteres geológicos de la zona petrolífera del Norte de Santander (Boletín de Minas y Petróleo; Febrero de 1929).
Este plano se confeccionó en Bogotá, antes de salir la Comisión a estudiar el Norte de Santander.
- II B) Mapa Geográfico del Norte de Santander. Esc. 1:500000.
C) Estudio geológico del Norte de Santander. Esc. 1:500000.
D) con perfiles geológicos y una columna estratigráfica del lado oriental del Norte de Santander.
- III E) Anexo Petrolífero al mapa del Norte de Santander, con la columna estratigráfica del lado occidental del Norte de Santander y con dos columnas estratigráficas de R. A. Liddle, para mostrar los niveles petrolíferos del terciario.
- IV F) Estudio geológico de Cundinamarca. Escala 1:500 000.

B. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

- I. Columna estratigráfica del lado oriental del Norte de Santander (incluida al plano: Estudio geológico del Norte de Santander)
- II. Columna estratigráfica del lado occidental del Norte de Santander (incluida al plano: Anexo Petrolífero).
- III. Columna estratigráfica del Cretáceo en el río Jordan (Norte de Santander).
- IV. Cuadro estratigráfico comparativo del Terciario Medio alrededor de la cuenca de Maracaibo. - Guía "estratigráfica general, relativa a la delimitación, subdivisión y paralelización general del Terciario Medio.
- V. Ensayo de paralelizar el terciario de Bolívar con el terciario de Venezuela, a base de los perfiles de Beck-Anderson y de Liddle.
- VI. Columnas estratigráficas de la Cordillera Oriental en Cundinamarca. I. Lado Oriental. II. Lado occidental.
- VII. Ensayo de paralelización de los sedimentos cretáceos y terciarios de la parte colombiana de la Cordillera Oriental, entre sí, y con otras regiones andinas.

C. CUADROS PALEOGEOGRAFICOS:

- I. Esquema de la preformación en el cretáceo de las diferencias de nivel entre el núcleo Santandereano y la zona Bogotana.
- II. Ensayo de demostrar la preformación de plegamientos medianos de la actualidad en el tiempo de Giron, según un perfil paleogeográfico trazado de Ocaña hacia la serranía de Mérida.
- III. Perfil paleogeográfico del final del Tiempo de Giron desde la Cordillera Central hacia ~~la~~ la (actual) Cordillera Oriental, (Altitud de Bogotá).
- IV. Ensayo de representar las facies del área sedimentaria y las masas terrestres en la parte central y septentrional de Colombia y Venezuela que existían alrededor del final del tiempo de Giron.
- V. Perfil esquemático transversal alrededor de la latitud de Bogotá para mostrar la repartición simétrica de los sedimentos desde el cretáceo hasta el terciario medio, con respecto a la Cordillera Central.

D. PERFILES GEOLOGICOS ~~de~~ ESPECIALES, con información estratigráfica detallada.

- I. Perfil transversal por la cúpula de La Petrolera, para demostrar la relación entre la tectónica y la repartición de las manifestaciones de petróleo (hidrocarburos y agua turbia).

- II. Perfil transversal por el cordón de Las Masas, a la latitud de Las Mercedes.
- III. Perfil del sinclinal del Zulia y de sus flancos.

E. PERFILES ~~GENERALES~~ GEOLOGICOS GENERALES DEL NORTE DE SANTANDER.

Estos perfiles se han introducido al plano: Estudio geológico del Norte de Santander.

- I. Perfil La Fátima-Las Mercedes-Pto. Villamizar
- II. Perfil a lo largo de la cúpula de Santiago
- III. Perfil Esparamillo-Sardinata-Campo Alicia-Tasajero-San Faustino
- IV. Perfil Rio Tibú-La Petrolera.
- V. Perfil San Pedro-Santiago-Cúcuta.

F. BASES DE LA ISOSTASIA

- I. Principio de la influencia isostática sobre el desarrollo de los elementos andinos longitudinales, esquemáticamente representados. Perfiles (Fig. I-III) y plano.
- II. Perfiles por la Cordillera Oriental desde la región de Honda por la Sabana de Bogotá hacia Villavicencio. Perfiles: geográfico, geológico, reducido y perfiles del esquema del principio isostático.

G. CUADROS DE LA CONSTRUCCION ANDINA.

- I. Cuadros tectónicos comparativos (cúpulas de Zipaquirá y de Santiago).
- II. Plano tectónico del anticlinal de Bogotá en la depresión de Perrezueta.
- III. Mapa de la Cordillera Oriental y de los ramales andinos adyacentes, entre Boyacá y Venezuela. Indicaciones generales de la subdivisión andina.
- IV. Esquema adaptado de la construcción andina de la Cordillera Oriental. Con texto explicativo.
- V. Mapa de la construcción andina en el NW de Suramérica.
- VI. Mapa geográfico de América y de los relieves submarinos. - Mapa Tectónico de los Andes.

D. COMPENDIO.

- I. Compendio de las particularidades de la construcción andina. Con un anexo: La repartición y determinación de las Áreas Petrolíferas en América, según puntos de vista de la construcción andina.
