

Las expectativas petrolíferas de la Sabana de Bogotá.

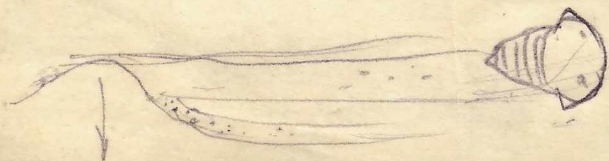
La Sabana de Bogotá es un altiplano, situado a 2600 m de altura en la parte interior de la Cordillera Oriental, y bordeado irregularmente por cordones que en parte también penetran a el (region de Tabio) o lo atraviesan como el cordón de Bogotá-Nemocon y el cordón de La Calera-Sesquillé, subdividiéndolo en el plano principal y sus anexos orientales, de Sopó y Guatavita. Su construcción geológica corresponde a un fondo (artesa) andino relleno y emparejado por sedimentos pleistocenos que reposan sobre los sedimentos del terciario en su mayor parte y sobre el cretáceo regionalmente (El Corso-Facatativá). Estos sedimentos del terciario y del cretáceo, ante todo los del cretáceo constituyen también los contornos del fondo y los cerros que penetran a el o lo atraviesan.

Sabido es que en los bajos del país, tanto los sedimentos del terciario como los del cretáceo ofrecen expectativas petrolíferas y que lo propio sucede en el vecindario de la Sabana, o sea en la zona del alto Magdalena y en los Llanos Orientales sobre la region de Villavicencio, donde las manifestaciones petrolíferas provienen del cretáceo. Pero también se conocen las expectativas de petróleo cretáceo en una faja alta de la Cordillera Oriental cual es la de Chocontá a Sogomoso y Chita.

En estas condiciones y siendo la constitución geológica de la Sabana de Bogotá igual a la de los terrenos mencionados, ~~se sorprende que,~~ a primera vista, ~~que~~ el cretáceo de la Sabana no presente ~~expectativas~~ síntomas de petróleo, ofreciendo ella por lo demás condiciones petrolíferas superiores a las que corresponden ~~al~~ alto Magdalena y a la zona cordillerana de Boyacá, tanto en sentido genético como en el tectónico. Para aclarar esta paradoja, se ha aprovechado el tiempo disponible para investigar más detenidamente la geología petrolífera de la Sabana.

Como era de prever, los estudios que se extendieron sobre 6½ años, con las intermitencias del caso, demostraron que el terreno de la Sabana y de su zona de atracción de aguas no ~~está~~ es exento de manifestaciones de petróleo, oriundas del cretáceo (~~xxxxxx~~ el terciario está demasiado erosionado para considerarlo petrolífero). Dichas manifestaciones no se pudieron determinar mediante el estudio de la superficie porque en la Sabana se trata de manifestaciones de petróleo parafínico claro, muy liviano y de gas gasolina, sustancias que no dejan huella a flor de tierra, debido a su alta volatilidad.

La primera manifestación de petróleo se encontró en la cantera de cal denominada ~~del~~ Salitre, situada en la parte oriental de la Sabana, al SSE de Sopó, donde la Carretera del Guavio atraviesa del plano de Sopó al plano de Guatavita. Los bancos de cal que se hallan en dicho lugar, se presentan sobre el frente septentrional de la cúpula de La Calera, elemento potente y subondulado hasta fracturado en el lado oriental. El nivel estratigráfico corresponde a la parte alta del piso de Villeta, en su límite con el piso de Guadalupe, o sea aproximadamente al final del albiense. La cal que ~~representa~~ aflora en ese lugar, lo mismo que sus equivalentes en otros puntos de la Sabana de Bogotá, es altamente bituminosa, compacta y está agrietada. En algunos orificios de conchas que se hallan dentro de la masa semicristalina, se han encontrado y se encuentran restos de un petróleo claro, apenas turbio y mezclado con agua. Esta sustancia la utilizan los mineros



La segunda manifestación de petróleo se halló al NE de la Sabana, en la mina de carbon de la region de Guachetá, denominada El Diamante, y se determinó al avanzar un socavon de explotacion en la parte alta del terreno. La manifestacion es abundante en gas que tiene dos escurrideros principales y en una galeria que parte de dicho socavon se encuentra tambien petróleo parafínico cuya característica es el color claro, análogo al color del petróleo de la cal del Salitre. Estructuralmente, el petróleo emana en el flanco suroriental de un anticlinal NE que va de la estacion La Isla (FC del Norte) hacia Guachetá. El sedimento en que brota el petróleo es eoceno y equivale al horizonte carbonífero principal del piso de Guaduas, pero este de seguro no contiene la roca matriz del líquido sino esta debe hallarse en el cretáceo, posiblemente en el mismo horizonte superior de cal del piso de Villeta o, tambien probablemente en el horizonte inferior de cal del mismo piso. El hecho de que el eoceno no sea petrolífero en aquella parte se desprende de su erosion ~~en~~ ^{de} avanzada, ~~y de su sustrato~~ ^{ya la} ~~la cual~~ ^{de la cual} lo ha destruido hasta el flanco bajo. El horizonte superior de cal, difícilmente podrá ser el horizonte petrolífero en esta parte porque igualmente asoma en la superficie, aunque solo sea a lo largo del eje anticlinal. El horizonte inferior de cal en cambio es muy potente ~~en~~ ^{en} al Norte de Guachetá y sece en Guachetá a una profundidad de mas de 1000 m, ~~repartiendo~~ ^{repartiendo} ~~el~~ ^{en la superficie del} ~~veje~~ ^{el} del anticlinal. -El ascenso del petróleo se verifica a lo largo de grietas transversales que se perciben ~~en~~ desde el eje anticlinal (parte alta del piso de Villeta) hasta el traspaso al sinclinal de Lenguaque (piso de Honda, oligoceno-mioceno).

A raíz de la determinación de las anteriores manifestaciones, fué posible descubrir en la ~~tercera~~ ^{segunda} ~~tercera~~ mediante trabajos mineros en un punto ~~opuesto~~ ^{enteramente opuesto} al de Guachetá, o sea en la hacienda de La Arabia, inmediata ~~al paradero de Sebastopol del~~ ^{al paradero de Sebastopol del} FC de Girardot y ubicada entre Zipaçon y Anolaima. En la referida hacienda se encontraron sobre un eje anticlinal y en el conjunto inferior del piso de Guadalupe, aproximadamente en el cenomaniense, algunos pantanitos cuya existencia en un eje anticlinal llamaba la atención. La razón de ser de estos pantanitos debía ser la presión del gas petrolífero porque, según declaraciones hechas por el dueño de la hacienda, en las épocas de sequía se percibía un olor acentuado de petróleo en estos lugares. Para obtener la seguridad de que realmente se trataba de una manifestación de petróleo, se hizo un socavón a poca distancia del eje anticlinal y en efecto se obtuvieron varios brotaderos de gas. Gasolina en el frente del socavón que coincidió casualmente con el propio eje. Antes de llegar a este punto se halló además, sobre un plano de escurrimiento al parecer, una franja de esquisto molido impregnada con un petróleo de carácter parafínico.

Estas tres manifestaciones, entre las cuales la de Guachetá sorprende por su alto producido en gas gasolina, provienen todas del cretáceo y las tres ~~son~~ se relacionan con un petróleo parafínico liviano. Esto evidencia con claridad que los horizontes petrolíferos de la Sabana están en el cretáceo y que ellos constituyen una facies petrolífera específica de la Sabana, distinta del petróleo mayormente asfáltico que se encuentra en sus alrededores (alto Magdalena, Llanos, zona boyacense).

Aparte de las manifestaciones registradas existen seguramente otras que no se han podido comprobar en el terreno porque no fué posible hacer los trabajos mineros del caso. Una de ellas se halla en la hacienda Casa Blanca, a unos tres kilómetros al SE de Sopó y sobre la propia ~~culminación~~ culminación de la cúpula de Sopó, estructura la cual tiene una

Manifest. de Tochuncipa.
Edj. de la capitale de Ouzires.

longitud de 23 kilómetros. Algunos análisis hechos de una tierra grasosa ~~xxxxxxxx~~ procedente de esta tierra han demostrado la presencia de parafina sólida y de una pequeña proporción de asfalto. La revisión que se hizo ~~xxxxxxxx~~ no dió resultado positivo, pero apenas cabe duda que los análisis hechos por los Hermanos Cristianos coinciden con la realidad primeramente porque las muestras se han tomado de una culminación de cúpula y en segundo lugar porque esta culminación no dista más de 8kms ~~xxxxx~~ del Salitre donde se encontró el petróleo parafínico en el horizonte ~~descubierto~~ ^{subterráneo} de cal del piso de Villeta. Se agrega que en la culminación de la cúpula de Sopó, dicho horizonte está encubierto por el conjunto inferior esquistoso del piso de Guadalupe.

Otra de las manifestaciones probables se halla sobre el pie ^{nor}oriental de la pequeña cúpula de Tibitó, ubicada al E de Zipaquirá, ~~Segun~~ ^{según} formada por las areniscas ~~xxxxx~~ del conjunto superior del piso de Guadalupe, excepto en su flanco suroriental donde se conserva el piso de Guadalupe. Según las declaraciones del dueño de las minas de carbon, al hacer un socavon inclinado en el pie nororiental y dirigido hacia el piso de Guadalupe, se sintió en la base del socavon un "fuerte olor a gasolina". Como el dueño no entiende de estructura geológica y como por lo demás no existia experto que pudiera informarlo, el dato debe ser verídico. En la actualidad, el socavon se ha llenado de agua, de manera que habria que hacer otro en la proximidad para tener la certeza.

La ~~inclusion~~ conservación de residuos de petróleo en la cal superior del piso de Villeta se ~~expone~~ ^{refiere} también de las caleras de Zipaquirá y de La Primavera, punto este que se halla sobre el camino de Los Manzanos que conduce de Facatativá a Aholaima. Pero en ambos casos no fué posible determinar con pruebas la ~~existencia~~ ^{veracidad} de la informacion.

FUENTES DE
AGUA TERMAL
COMO INDIC-
CIOS PETRO-
LIFEROS, IN-
DIRECTOS.

Segun estudios que han abarcado la zona petrolífera de la Cordillera Oriental y la parte alta de la hoya del Magdalena, el petróleo cretáceo yace sobre fuentes termales sulfurosas. Estas, hasta donde ha sido posible extender los estudios, siempre surgen en el pie de cúpulas y nunca en la falda o en las parte alta de ellas, donde se encuentran las manifestaciones de petróleo.

La Sabana de Bogotá es rica en esta clase de manifestaciones indirectas de petróleo. Para citar algunos casos:

Las fuentes de agua termal de Guatavita surgen al pie de la hermosa cúpula de Guatavita, cuya forma cónica aguda es una verdadera hazaña de la naturaleza constructora. Igualmente surge una fuente termal en la depresion del Salitre que separa las cúpulas de Sopó y de La Calera. A ellas se agrega otra que está en el área de la depresion de Sesquilé (hacienda Agua Caliente) que se intercala entre la cúpula de Sopó y la cúpula de Sesquilé. Al Sur de La Calera, existe una fuente termal, relacionada con una falla, que marca el pie meridional de la cúpula de La Calera. Otra fuente de agua termal surge en la cúpula de La Diana, situada al Sur al Sur de la de Tibitó y caracterizada por un declive cónico regular hacia el Sur. La fuente termal de Nemocon está en la depresion que separa la amplia cúpula del Arenal de la cúpula ~~xxxxx~~ irregular de Nemocon. La termal de Zipaquirá está en el pie de un anticlinal cupuloso de eje curvo y asciende, como la de Nemocon, por las grietas del excema de sal. Igual origen tiene la fuente termal de Tabio, ubicada en el pie oriental de la cúpula del mismo nombre. -Otras fuentes termales se han visitado en el lado occidental ~~xxxxx~~ ^{Saban} y meridional de la Sabana (La Honda) sobre el camino de Facatativá - Cuatro Esquinas a San Francisco, Soacha, asimismo que en su interior (Suba) pie de la cupulita de Suba). Pero de

seguro, esta enumeracion solo es parcial y un estudio detallado las aumentará.

Por lo visto, las manifestaciones de petróleo de la Sabana, en especial las indirectas, no son tan escasas como ~~xxxxxxx~~ a primera vista parece y la exploracion en los puntos indicados como de manifestaciones probables aumentará tambien el número de manifestaciones directas. En consecuencia, la Sabana debe incluirse dentro de las áreas petrolíferas de Colombia y, a raiz de la calidad de las manifestaciones directas, como un campo de petróleo cualitativamente de primer orden. Pero debe advertirse que estas manifestaciones por sí nada dicen con respecto al valor comercial de los yacimientos, el cual ~~geológicamente se puede probabilizar~~ mediante el estudio estratigráfico y tectónico, pero que, en el caso de la Sabana ante todo, no se puede comprobar en sentido desfavorable o favorable sino mediante perforaciones de ~~xxxxxxx~~ exploracion.

Enseguida entraremos en la discusion de las condiciones estratigráficas y luego en la de las condiciones tectónicas.

Condiciones estratigráficas.

Desde luego dejaremos constancia ^{de} que el terciario de la Sabana que abarca desde el eoceno hasta el mioceno superior o aun hasta el plioceno, no puede considerarse como petrolífero, debido a que está completamente erodado en las cúpulas y sus estratos rotos solo se conservan en el pié de ellas y en una que otra depresion que separa las cúpulas.

En cambio ^{de} el cretáceo se halla petrolíferamente en excelentes condiciones de ^{conservacion} erosion, gracias a que la Sabana, por su forma tectónica de fondo o artesa de dimensiones mayores, es una represa natural para los efectos de la erosion en terreno cordillerano. La mayor parte ^{mejor} dicho, casi la totalidad de los cerros que rodean la Sabana y penetran a ella, estan formados del piso ^{superior} de Guadalupe, en especial del conjunto superior (areniscas tierhas sobre plaeners silicosos y estos sobre arenisca dura inferior). El conjunto inferior esquistoso solo asoma en las culminaciones erodadas de las cúpulas y de algunos anticlinales: cúpula de Bogotá, cúpula de La Calera, de Sopó, de Nemocon, etc. Del piso de Villeta apenas asoma el horizonte superior de cal en los mismos puntos tectónicos, pero sobre menor número de localidades. Los puntos muy contados en que asoma la cal superior de Villeta, muy requerida por su valor comercial y por lo tanto bien conocida en sus ~~xxxxx~~ afloramientos, son la cúpula de La Calera, lado septentrional y meridional, ^{la} cúpula de Mena que es un elemento secundario en el declive Sur de la cúpula general de Sopó, ^{la} cúpula de Zipaquirá y ^{la} cúpula de Tabio. ~~xxxxxxx~~

Afloramientos mas bajos del cretáceo no existen dentro del área de atraccion de aguas de la Sabana y para conocerlos hay que dirigirse hacia la region de Anolaima a Apulo y Villeta y hacia la region de Cáquezá-Quetame-Gachalá, situadas sobre el flanco ~~oriental xxxxxxx~~ occidental y oriental de la Cordillera Oriental, respectivamente. Ahí la erosion ha podido trabajar a su gusto y ha logrado descubrir ~~en~~ el cretáceo en el lado ~~occidental~~ hasta ~~xxxxxxx~~ Villeta la superficie del piso de Giron y en el lado oriental que es mas alto, hasta el piso de Quetame, cuya edad probablemente corresponde al devoniano. En consecuencia para apreciar la estratigrafia del cretáceo, ~~xxxxxxx~~ desde la parte alta del piso de Giron hacia abajo, es necesario dirigirse a los flancos cordilleranos y como estos se diferencian por un marcado ~~cambio~~ ^{cambio} variacion del desarrollo litológico y biológico, es ~~xxxxxxx~~ importante de tener en cuenta este ~~dato~~ ^{dato} para la apreciación ^{de} ^{un} ^{fundamental} ^{petrolífera} de la Sabana.

El cuadro ~~comparati~~ estratigráfico comparativo No 1 que contiene las columnas correspondientes del Alto Magdalena, de la Sabana de Bogotá, del Norte de Santander y de Venezuela-esta última extractada del libro de R.A. Liddle: Geology of Venezuela y base cronológica para la apreciación del terciario de la ~~Guadalupe y la parte~~ parte colombiana de la Cordillera Oriental y del Alto Magdalena, asimismo que del cretáceo el cual sin embargo se ha fundado principalmente en el trabajo de G. Steinmann: Geologie von Perú-sirve para orientar al lector con respecto al estado actual de la determinación estratigráfica.

La elaboración se ha hecho mediante estudios detenidos en la Sabana de Bogotá, de ahí hasta Chiquinquirá, Tunja y Sogamoso, del Norte de Santander, del Alto Magdalena entre ~~Sal~~ el Saldaña y Útica. Un estudio de pase se ha dado a la zona intermedia de Sogamoso a Cúcuta que representa el trayecto de unión ~~Sabana-Tunja-Cúcuta~~ entre Bogotá-Sogamoso y el fondo de Maracaibo, cuya parte meridional es el Norte de Santander. Es de advertir que sobre las zonas de estudios no solo se extiende el cretáceo de manera continua, sino también, con ligeras interrupciones, el terciario. Hay pues ocasión de hacer un estudio continuo de ambas clases de sedimentos, circunstancia ^{que en otros casos no se da} sin la cual habría sido difícil de llevarla a cabo el estudio estratigráfico sin haber medido ~~por~~ basarlo en un estudio paleontológico detenido.

[illegible]

~~y determinando en cuenta que el desarrollo de la estratigrafía depende de la tectónica,~~
 la determinación de la estratigrafía se simplifica gracias a que la morfología actual del país concuerda a rasgos generales con la construcción geológica y gracias a que ambas faces revelan un plan fundamental, uniforme y racionalmente explicable, tanto más valioso porque tiene su origen en el ~~del~~ cretáceo. En otras palabras: el sector andino de Colombia, o mejor dicho de la Gran Colombia (Ecuador, Colombia, Venezuela), tal como lo tenemos ~~a la vista~~, estuvo presente embrionariamente al comenzar el cretáceo, se nutrió de sedimentos en este largo período dando al mismo tiempo los primeros y lentos signos de vida que luego en el terciario se vuelven más palpables para arreciar al final de este período cuando surge la mole cordillerana en lapsos geológicos relativamente cortos, ~~interpretando~~ ~~las cosas con la debida~~ sin que en todo el espacio de tiempo que media entre el cretáceo y la actualidad hubieren variado las líneas fundamentales del plan constructivo. Interpretando las cosas con el debido cuidado, la morfología de la Gran Colombia, como reflejo fiel de la Tectónica y de su historia, viene a ser la guía principal para la determinación de la estratigrafía, porque ella se ciñe al plan y a su ~~crecimiento~~.

En acuerdo con esta ~~determinación~~ revelación, procederemos a aclarar los rasgos estratigráficos que necesitamos para estudiar el petróleo de la Sabana de Bogotá. El camino para llegar a este fin en un país cuya geología se conoce poco, es algo dispendioso, pero indispensable para formar las bases de la definición del problema del petróleo de la Sabana.

Estas tres manifestaciones que se han reconocido de cerca, provienen todas del cretáceo y todas evidencian la existenciade petróleo parafínico liviano que es la sustancia petrolífera característica para este área de la Cordillera Oriental. Manifestaciones de petróleo asfáltico no existen en el área sabanera. Es importante anotar que las manifestaciones de Guachetá y de La Arabia se hallen en puntos opuestos de la Sabana y la del Salitre. Manifestaciones probables. en el área oriental.

Aparte de las manifestaciones registradas, se conocen otras que no ha sido posible estudiar de cerca, pero que inspiran confianza por la posición geológica. La principal de ellas se refiere a una mina de carbon que se halla a espaldas de Lenguaque, a prolongacion SW de la misma estructura que contiene las manifestaciones de El Diamante-Guachetá. Se trata ahí, segun las informaciones, de gas gasolina y de petróleo parafínico. Este punto convendria estudiarlo ante todo.

Otra de ellas se refiere a la cúpula de Tibitó que queda al Oriente de Zipaquirá. Segun declaraciones del propietario de las minas de carbon de ese lugar, al hacer un socavon en areniscas, se percibió un olor muy fuerte a "kerosen". La veracidad de esta informacion se respalda con el hecho que el socavon bajó en el pie de una cúpula, entrando a las areniscas de la parte alta del piso de Guadalupe, en las cuales se percibió el olor a petróleo. Debido a que el socavon ~~xxxxx~~ (socavon-inclinado) se llenó de agua, no fue posible de controlar debidamente los hechos.

Segun el análisis que hicieron los Hermanos Cristianos, de una tierra bituminosa, encontrada en la hacienda de Casa Blanca, al SE de Sopó, esta contiene cera mineral (parafina) y una pequeña cantidad de asfalto, es decir ~~indica~~ representa un residuo cualitativamente muy semejante ~~al~~ al petróleo de las manifestaciones ~~arriba de~~ ~~numeradas~~ ~~sabana~~. Tambien esta manifestacion se halla sobre una cúpula que es la cúpula de Sopó que abarca una longitud de 23 km y que culmina precisamente en la region de Casa Blanca. Ademas esta manifestacion se halla a unos 8 kms. al N de la calera del Salitre. Segun estos datos se puede suponer que la informacion, recibida por los propietarios de la hacienda, coincide con la realidad.

Tambien ~~xxxxx~~ los obreros de la mina de cal de La Primavera, arriba de Anolaima, dicen que en la cal se hallan orificios con ~~xxxxxx~~ un líquido que gusta a petróleo. Durante la visita a este lugar, el hecho no se ha podido comprobar porque ahí ~~xxxxxx~~ como en El Salitre, los orificios petrolíferos solo se encuentran ocasionalmente.

Las fuentes de agua termal como indicios indirectos para el petróleo.

Los estudios verificados a lo largo de la Cordillera Oriental demuestran con bastante claridad, en algunos casos concretamente, que el agua termal es el líquido sobre el cual reposa el petróleo en los horizontes ~~xxxxxx~~ ~~xxxx~~ y estructuras respectivos. La no publicacion de un estudio oficial que se refiere a una region donde existe una sencilla relacion ~~entre~~ ~~estratigráfica~~ y estructural entre las manifestaciones de petróleo y las de agua termal, impide la ~~enumeración~~ ~~de los casos~~ ~~concretos~~. En la Sabana y hacia la region de Chocontá, Albarracin y Sogamoso es un hecho que las fuentes termales siempre surgen al pié de las cúpulas y, en la region de Paipa y de Firavitova, hay casos en que las fuentes termales ocupan el pié de las cúpulas en tanto que las manifestaciones de petróleo se restringen a la falda y a la culminacion de dichas estructuras. En la Sabana, por la dificultad que hay para determinar las manifestaciones de petróleo, solo se podria ~~añadir~~ ~~xxxxxx~~ mencionar el caso del Salitre, donde ~~xxxxxx~~ una fuente termal surge en la depresion geológica del Salitre, en tanto que la caliza con residuos de petróleo se halla hacia

depende tanto de la gradiente termal y que, como es sabido, es especialmente alta en los terrenos petrolíferos, sino ~~de la descomposicion~~ de la descomposicion de las piritas que se hallan diseminadas dentro de los esquistos del cretáceo. Estas, al contacto con oxígeno, transportado hacia la profundidad por las aguas u otros agentes, se descomponen en hidróxido de hierro, gas sulfhídrico y azufre, proceso que implíca el desarrollo de calor, y explica la alta temperatura que adquiere el agua.

Esta relacion clara entre las fuentes termal y las piritas de la profundidad sin embargo no contribuye mayormente a la aclaracion del problema porque dentro del cretáceo, a partir de la parte ~~media~~ media del piso de Guadalupe para abajo, hay tantos horizontes de esquistos piritosos que esto induce a suponer que las posibles fuentes originarias de agua termal son tan numerosos como los horizontes piritosos mismos. Pero en relacion con el petróleo se puede suponer que estas ~~fuentes~~ aguas se acumulen en estratos que admitan la circulacion (grietas de la cal y de las areniscas), y concentrando la materia petrolífera hacia las cúpulas, como lo indica el hecho que las manifestaciones de petróleo se acumulan (con excepcion del caso dudoso de Guachetá) hacia la falda y la parte alta de las cúpulas y las manifestaciones de agua termal hacia la parte baja.

En estas condiciones se podria suponer que el horizonte superior de cal, en donde está lo suficientemente encubierto por los esquistos de la parte baja del piso de Guadalupe, ~~fuere~~ fuere un vacimiento de agua caliente en las partes bajas de las estructuras y petrolífero en las partes altas. Pero, si bien los residuos de petróleo en la cal superior del piso de Villeta, demuestran un horizonte petrolífero, no hay ningun indicio seguro de que en este horizonte tambien se acumule el agua caliente, sencillamente porque este tiene que estar encubierto para ser fuente de aguas termal. Por este motivo, debemos considerar como teórica la suposicion de que el petróleo yace sobre agua termal hasta tanto las perforaciones aclaren el asunto. En vista de que los estudios verificados demuestran que el único líquido sobre el cual puede reposar el petróleo dentro del cretáceo, es el agua caliente, apenas cabrá duda de que la teoria se cumplirá.

El hecho de que existen numerosos horizontes capaces de producir agua termal y tambien el hecho de que se hallan intercalados varios estratos capaces de permitir la circulacion, ademas la calidad bituminosa de la mayoria de los esquistos, podrian indicar tambien un número considerable de horizontes petrolíferos descartando la calidad comercial de estos pero para los fines del trabajo solo se podrá contar con dos que conoceremos adelante.

En resumen: algunas de las fuentes relacionadas con horizontes petrolíferos, otras no. ~~-----~~

Apreciaciones Estratigráficas.

Subdivision del cretáceo y del terciario.

A juzgar por la constancia con que se presentan las citadas fuentes termiales de calidad azufrada-ferruginosa en el pié de las cúpulas y en vista del hecho que las manifestaciones de hidrocarburos se presentan en la falda y en la culminación de las cúpulas, el agua termal, única clase de agua sobre la cual puede reposar el petróleo cretáceo en el Oriente de Colombia, debe llenar los espacios de los horizontes petrolíferos en las partes bajas de las estructuras, en tanto que el petróleo y su gas llenan los espacios correspondientes en las cúpulas. De esta manera, las fuentes de agua termal se destacan como importantes manifestaciones indirectas de petróleo, como ellas también caracterizan los terrenos petrolíferos de otros países. De especial valor parece ser que ellas, según su ascenso en la parte baja de las cúpulas, precisan el límite entre la parte improductiva y la parte productiva de las estructuras:

Aun cuando las fuentes de agua azufrada, sean estas calientes o frías, juegan un rol importante como indicios de petróleo en los terrenos petrolíferos, no podemos menos que anotarles una deficiencia. Esta consiste en que dentro del cretáceo de la Sabana y en general, del Oriente de Colombia, existen numerosos horizontes generadores de agua azufrada-ferruginosa, es decir horizontes de esquistos piritosos que se hallan repartidos desde la parte media del piso de Guadalupe hasta la base del cretáceo. Entre estos horizontes se hallan otros que, mas por la agrietación que por su porosidad pueden ser almacenadores del agua azufrada-ferruginosa. Aunque ninguna fuente termal de las numerosas observadas en la Cordillera Oriental brota en la falda o en la parte alta de las cúpulas, no podemos suponer que todos los horizontes capaces de almacenar el agua, contengan fuentes de petróleo en su parte alta. En este concepto tampoco nos puede hacer vacilar que los esquistos bituminosos, indicios valiosos de petróleo, sean numerosos en el cretáceo.

Otro inconveniente que tienen las fuentes citadas es que ellas no son singenéticas con la deposición de las rocas sino que sus particularidades deben haber provenido de procesos químicos posteriores que perduran hasta la actualidad. Según hemos visto, ellas se pueden explicar como efecto de la infiltración de aguas oxigenadas hacia los horizontes profundos, de constituidos de esquistos piritosos. Esta suposición se comprueba si estudiamos

Si bien la dependencia estructural entre las fuentes termiales y los depósitos de petróleo es evidente, que las manifestaciones de agua termal en las estructuras son un indicio de petróleo, no podemos establecer una relación directa entre ellas.

Como una prueba subsidiaria de

Para aclarar la irregularidad que puede verse en estas reflexiones, no es suficiente que el petróleo cristice por sí mismo en un reposo. Estas dudas que ocurren al hacer estas reflexiones, nos pueden llevar a la conclusión de que posiblemente entre el agua termal y el petróleo exista una relación estructural, fuera la fuente sobre la cual se dirige la corriente de agua termal, que posiblemente en realidad no existe, sino que es una simple coincidencia. Esta suposición se comprueba si estudiamos una temperatura elevada. Para ello tenemos presente

Segun esta localizacion tectónica de las fuentes termale que son la única clase de agua sobre la cual puede reposar el petróleo dentro del terreno de la Sabana y del cretáceo en general, existe una relacion íntima entre las termas y el petróleo que indica que el agua termal ocupa las estructuras bajas y el petróleo, como elemento menos denso, las estructuras altas, en especial, las cúpulas. Esta reparticion de los líquidos dentro de las rocas es comun, pero merece ponerse de relieve porque en el ~~xxxxxxx~~ cretáceo de la parte oriental de Colombia se trata de fuentes termale de determinada calidad que, en el caso de la Sabana, son ~~bastante buenas~~ ^{bastante buenas} guías ~~mas adecuadas~~ ^{mas adecuadas} para ~~hacerse una~~ ^{hacerse una} delinea~~ción~~ ^{ción} de las estructuras petrolíferas, o mejor dicho de su probable área productiva.

Existe sin embargo un inconveniente desagradable con respecto al aprovechamiento de las fuentes de agua termal en el sentido enunciado. Este inconveniente consiste en que no se pueden determinar con pruebas directas el que el agua termal llene los espacios de los horizontes petrolíferos en las partes bajas. Segun la abundancia de esquistos piritosos, los niveles geológicos capaces para generar agua termal son numerosos y ~~serven~~ ^{serven} como incontrolables. Ellos por lo tanto pueden acumularse en los distintos estratos que se prestan para ello, mas por las condiciones de su agrietacion que por las condiciones de porosidad. Para citar un caso: la fuente de agua termal de Choachí asciende en el límite del piso de Giron con el piso de Villeta y tiene probablemente su origen en los esquistos negros, piritosos que reposan debajo de las areniscas superiores del piso de Giron. Las fuentes de la Sabana que surgen en el piso de Guadalupe, en cambio deben provenir de horizontes piritosos mas altos que se reparten de la mitad inferior del piso de Guadalupe hasta la base del piso de Villeta. En la parte baja del piso de Villeta, al Oriente del rio Bituima-Villeta, se observan fuentes azufradas con limonita que se forman de la descomposicion mas o menos superficial de los esquistos piritosos de esa zona y que por este motivo no son termale. Ellas serian termale seguramente, si el terreno estuviere encubierto todavía por sedimentos superiores del piso de Villeta. El estudio de esta region demuestra ademas que los niveles ~~que~~ ^{que} estratigráficos de los cuales brotan las aguas azufradas-ferruginosas son varios y que ellos se distribuyen en toda la parte inferior del piso de Villeta. - Algunas fuentes de esta índole aun se han observado en la parte alta del piso de Villeta, al Norte de Alban.

Teóricamente, el agua termal de los terrenos en que el cretáceo está bien conservada, puede acumularse pues en ~~muchos~~ ^{muchos} diversos horizontes ^{que seria} difícil de suponer que todos ellos fueran petrolíferos, aun cuando la bituminosidad de los esquistos del cretáceo no contradice esta teoria, y la ausencia de brotaderos de agua caliente en las faldas y culminaciones podria afirmarla. Hasta se podria pensar que el agua termal hiciere las veces de agente acumulador del petróleo diseminado, almacenándolo ~~hacia~~ ^{hacia} las cúpulas. Empero, la apreciacion de los horizontes petrolíferos es el problema mas aleatoria de la geologia petrolífera y esto mismo obliga a apreciarlos por indicios directos, como ~~xxxxxx~~ lo son los residuos de hidrocarburos en la caliza superior del piso de Villeta, afortunadamente.