

**ZONAS PROBABLES DE ACUMULACION DEL PETROLEO,
EN EL SUBSUELO DE LAS MEJORES REGIONES
PETROLIFERAS DE MEXICO,**

por el Ingeniero de minas Juan D. Villarelo.

La acumulación del petróleo en receptáculos subterráneos de valor comercial, ha sido motivo de minuciosos estudios, de observaciones detalladas y de multitud de experimentos, porque este es uno de los problemas más difíciles de la geología aplicada.

El petróleo es un combustible líquido que está casi siempre acompañado de hidrocarburos gaseosos, y debido á la presión de estos gases, á la presión hidrostática, y también á la presión de la roca en la cual se contiene el petróleo, este último tiende á emigrar del lugar en que se forma para acumularse después en receptáculos subterráneos de origen secundario. La emigración anterior se repite cada vez que se rompe el equilibrio entre las fuerzas antes mencionadas, y la impermeabilidad relativa de las rocas en que están contenidos los receptáculos petrolíferos subterráneos. Cuando por cualquier motivo se fracturan las rocas que contienen á estos receptáculos, la fuerza latente debida á los gases disueltos en el petróleo, la presión hidrostática, y la presión de la roca, hacen emigrar al petróleo hasta la superficie del terreno, ó hasta un lugar en el cual se establezca de nuevo el equilibrio entre las fuerzas mencionadas y la impermeabilidad de las rocas que se encuentren en ese camino de emigración.

La tendencia del petróleo á dejar el lugar en que se forma, explica por qué se halla este líquido actualmente en receptáculos subterráneos más bien secundarios que primarios, y explica también por qué el petróleo está hoy en una parte, mañana en otra, ahora concentrándose en determinadas regiones, y después apareciendo en otros países, lugares estos que antes no figuraban como productores de tan interesante combustible líquido.

Según la observación mundial, el petróleo emigra, esto es indudable, camina en el subsuelo desde el lugar de su formación, desde los receptáculos primarios, hasta encontrar lugares apropiados para acumularse en receptáculos secundarios; pero, ¿cuáles son las leyes que rigen á este movimiento de emigración? ¿Cuáles son los lugares apropiados para que el petróleo se acumule formando depósitos subterráneos de valor comercial? Cuestiones son estas que han sido objeto de estudio para multitud de sabios, porque de la resolución local de ellas depende el éxito de las explotaciones petrolíferas en cada lugar.

Para llegar á resolver industrialmente las cuestiones mencionadas, no hay necesidad de hacer intervenir la génesis del petróleo, pues cualquiera que haya sido su origen, este líquido emigra para acumularse después, y al industrial sólo interesa saber dónde, ó cerca de dónde, debe perforar para alcanzar esos depósitos petrolíferos subterráneos de valor comercial.

La estructura anticlinal, según la teoría que más se ha generalizado, favorece la acumulación del petróleo en receptáculos subterráneos de valor comercial. (1) Esta teoría fué sostenida primero, en 1861, por T. Sterry-Hunt, (2) y más tarde por I. C. White, (3) ha sido comprobada en multitud de localidades, (4) es ahora generalmente aceptada, (5) y puede decirse que: *los mejores receptáculos*

(1) A. S. Copper. The genesis of petroleum and asphaltum in California. California State Mining Bureau. Bol. 16. 1899, pág. 19.

(2) T. Sterry-Hunt. Sur les pétroles de l'Amérique du Nord. Véase también Louis Lartet. Sur les Gites bitumineux de la Judée et de la Coelé-Syrie, et Sur le mode d'arrivée de l'asphalte au milieu des eaux de la mer Morte. Bull. Soc. Géol. de France. 2ª Serie. Tomo XXIV. 1866-67, pág. 572.

(3) I. C. White. Petroleum and natural gas. West Virginia Geol. Surv. Tomo I. 1899, pág. 372.

(4) S. Meunier. Mém. Soc. Belg. Géol. Paléont. d'Hydrol. Tomo III. 1898. pág. 94.—W. L. Wats. The gas and petroleum yielding formations of the Central Valley of California. California State Mining Bureau. Boletín 3. 1891. págs. 5, 19, 27 y 59.—E. Fuchs et L. De Launay. Traité des gites minéraux et metallifères. Paris. 1893. Tomo I. pág. 123.—Edward Orton. The Trenton limestone as a source of petroleum and natural gas in Ohio and Indiana. 8th Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1886-87. Part. II. pág. 515.—George H. Eldridge. The Asphalt and bituminous rock deposits of the United States. 22th. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv. 1900-01. Part. I. pág. 219.—C. W. Hayes and William Kennedy. Oil Field of the Texas-Louisiana Gulf Coastal Plain. U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geology. Boletín 212. 1903, pág. 144.

(5) W. F. Griswold. The Berea oils and in the Cadiz Quadrangle. Bull. U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geology. 1902. Núm. 198, pág. 71.

petrolíferos subterráneos se han encontrado en relación con anticlinales, ya sea en la proximidad de sus ejes, ó bien á lo largo de sus flancos, ó en las cercanías de la base de los referidos pliegues anticlinales. (1)

Por ser el petróleo de menor densidad que el agua, cuando se encuentran juntos estos dos líquidos en una capa porosa el primero tiende á subir hacia la superficie del terreno, separándose del agua que permanece en la parte inferior. Este movimiento continúa hasta que el petróleo encuentra una capa impermeable que lo detenga, y lo obligue á permanecer debajo de ella. Si esta capa impermeable está muy inclinada, el petróleo continúa en su movimiento ascendente abajo de la referida capa hasta llegar á la cresta del pliegue, lugar en el cual se acumula, y se forman así receptáculos petrolíferos secundarios en las cercanías del eje del anticlinal. Si las crestas de los pliegues son planas ó poco inclinadas, la acumulación del petróleo será considerable, y los receptáculos petrolíferos subterráneos son en ese caso de gran valor comercial, como por ejemplo, los de Spindle Top, Beaumont (Texas). En cambio, cuando los anticlinales están descabezados por efecto de la erosión, como sucede en el Istmo de Tehuantepec, por Chapo y San Cristóbal, el petróleo llega hasta la superficie del terreno, y sale al exterior por manantiales, que llamamos en México "chapopoteras." (2)

Para que las acumulaciones del petróleo tengan lugar de acuerdo con la teoría anterior, para que el gas, el petróleo y el agua, se separen por orden de densidades, acumulándose los dos primeros en las cercanías de los anticlinales, y el agua en los sinclinales, es preciso que la capa permeable situada debajo de la impermeable sea uniformemente porosa y homogénea, hasta llegar á la cresta del anticlinal, y que los flancos de este último tengan bastante pendiente, pues sólo así podrá subir el petróleo hasta la referida cresta, y se acumulará allí en receptáculos largos y angostos. En cambio, si la capa permeable no es homogénea y está poco inclinada, el petróleo quedará muy diseminado en una gran extensión de terreno, formándose lentes petrolíferas á diferentes profundidades.

La teoría anterior, llamada teoría del anticlinal, generalmente aceptada, como he dicho, y comprobada en multitud de localidades,

(1) G. H. Eldridge. The Petroleum Fields of California. U. S. Geol. Surv. Serie A. Economic Geology. 1902. Núm. 213, pág. 321.

(2) La palabra correcta «chapapotera» no es usada por lo general en las regiones petrolíferas del país.

no tiene aplicación en las regiones petrolíferas de México, y no puede servir de guía al industrial para la perforación de pozos de petróleo en este país. En efecto, esa teoría supone la existencia de un terreno muy plegado, capas sedimentarias que por movimientos orogénicos han sido arrugadas, formándose pliegues más bien estrechos que amplios, y de flancos bastante inclinados, estructura muy distinta de la que se encuentra en las principales regiones petrolíferas de México, que son las de la costa del Golfo. En todas estas regiones las capas sedimentarias están ligeramente onduladas, formando pliegues escasos, sumamente abiertos y de muy pequeña altura, son capas que más bien puede decirse tienen una pendiente casi uniforme hacia el Este, de 5 á 20° solamente. Esta estructura general del terreno es poco favorable, según la teoría anterior, para motivar las grandes acumulaciones de petróleo en el subsuelo.

En la imposibilidad de aplicar la teoría del anticlinal para trazar las perforaciones exploradoras en las regiones petrolíferas de México, y estando demostrado por la práctica que es inadecuado situar perforaciones en las cercanías de los manantiales de petróleo, ó sean en las chapopoterías, porque estos manantiales no tienen por lo general conexión inmediata con los grandes receptáculos petrolíferos subterráneos, (1) parecería que las exploraciones del petróleo en México se habrían hecho hasta hoy al acaso, sin guía, y con la esperanza solamente de que casualidades felices condujeran al éxito comercial. Esto no es exacto por fortuna, sino que existe ya una teoría local, que puede servir de guía para encontrar las mejores acumulaciones de ese combustible líquido en el subsuelo de las regiones petrolíferas de México.

El estudio atento, la observación detallada, y el conocimiento de la geología de las regiones petrolíferas de los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, me permitió llegar á encontrar una relación, no en el tiempo sino en el espacio, no genética sino de posición, entre los principales receptáculos petrolíferos subterráneos, y la parte intrusiva de los basaltos que se hallan en todas esas regiones.

Observando con atención y detenimiento en las regiones petrolíferas de Tamaulipas y Veracruz, encontré, en 1902, manantiales de chapopote cerca de basaltos, en parte intrusivos, en los signien-

(1) S. H. Stowell. Petroleum. Mineral Resources of the United States. 1883, pág. 214.

tes lugares. En Tamaulipas: arroyo de los Cuates, Chapotito, San José de las Rusias, Palo Alto, Divisadero, Espinazo, Gorrión, etc. En Veracruz: Cerro de la Pez, San Diego de la Mar, Tepezintla, Cerro Azul, Juan Felipe, Tierras Amarillas, Cerro Viejo, Chapopote, Furbero, Sabaneta, etc. Conocidos estos datos, había que estudiarlos con criterio científico para llegar á resolver, si eran sólo casualidades, los hechos observados, ó si, por el contrario, se encontraba el fundamento científico de estos hechos, el cual podría servir también para indicar de qué manera se acumula el petróleo en el subsuelo de México, formando receptáculos de valor comercial. El estudio científico del hecho observado que acabo de indicar, será el objeto de los siguientes párrafos.

El petróleo al emigrar por grietas hacia la superficie del terreno, impulsado principalmente por la presión de la roca, y por la de los gases que lo acompañan, tiende á llenar todos los espacios vacíos que encuentra en su trayecto. Por este motivo, pasa el petróleo de las grietas á los tramos porosos de las rocas cortadas por las referidas grietas; y entonces llena los espacios vacíos, los poros, de esos tramos de roca, y constituye receptáculos de origen secundario. También puede pasar el petróleo de las grietas para alguno de los planos de estratificación de las rocas sedimentarias cortadas, y luego continúa su trayecto lateral-ascendente por los espacios vacíos irregulares que existen entre esas caras de separación de los referidos estratos. Después de seguir este camino, más bien lateral que ascendente, el petróleo puede encontrar á otras grietas, y entonces continuará su ascenso por ellas hasta llegar: á otros tramos porosos de las rocas cortadas, á otros planos de estratificación, ó á la superficie del terreno.

El movimiento general de emigración del petróleo, indicado en el párrafo anterior, se modifica sin duda, notablemente, cuando las rocas sedimentarias están cortadas por intrusiones ígneas. En efecto, estas intrusiones, que son basálticas en las comarcas petrolíferas de México, constituyen una especie de barreras subterráneas, casi impermeables, que impiden pase el petróleo de uno á otro lado de las rocas cortadas, y lo obligan á seguir su camino ascendente por las zonas de contacto entre las rocas ígneas y las sedimentarias. Estos contactos constituyen una zona permeable en la cual pueden circular fácilmente los hidrocarburos que emigran de la profundidad para la superficie del terreno, y deben ser por lo mismo esas zonas de contacto trayectos preferentes para la emigración del petróleo. Por

otra parte, las intrusiones ígneas, al cortar á las rocas sedimentarias, establecen una comunicación fácil entre las capas inferiores y las superiores; y como entre las caras de separación de estas capas tiene lugar la emigración del petróleo, los cortes hechos por las intrusiones facilitan el ascenso del petróleo contenido en las capas profundas, y motivan la circulación activa de este líquido en las zonas de contacto que acabo de mencionar.

Cuando las intrusiones ígneas corten grietas por las cuales emigra el petróleo, este líquido tendrá que continuar su ascenso por la zona de contacto entre las rocas ígneas y las sedimentarias. Este mismo trayecto tendrá que seguir el petróleo que emigra por los espacios vacíos contenidos entre las caras de separación de los estratos cortados por la parte intrusiva de las rocas ígneas.

En los lugares en que las intrusiones ígneas sean más bien verticales que horizontales, el petróleo ascenderá por las zonas de contacto ya mencionadas; y en los lugares en que las intrusiones sean más bien horizontales que verticales, el petróleo se acumulará debajo de esa barrera impermeable, constituyendo allí un receptáculo petrolífero subterráneo de origen secundario, ó circulará debajo de la roca intrusiva hasta encontrar una grieta, que le permita continuar su circulación ascendente.

Las partes intrusivas de las rocas ígneas, al cortar á las sedimentarias, permiten que el petróleo diseminado á distintas profundidades emigre por la zona de contacto entre las rocas mencionadas, y que se acumule arriba formando receptáculos secundarios. Estos últimos se encontrarán en los tramos porosos de las rocas cortadas por las intrusiones ígneas, ó debajo de las partes casi horizontales de estas intrusiones, ó bien en los lugares más agrietados de las referidas zonas de contacto.

Los razonamientos científicos expuestos en los párrafos anteriores, explican por qué se encuentran chapopoterías en los afloramientos de las zonas de contacto entre las rocas sedimentarias y los basaltos intrusivos de las regiones petrolíferas de México.

En vista de todo lo anterior, fué fundado emitir una teoría local, que puede llamarse de las barreras subterráneas impermeables, según la cual, las zonas de contacto entre las intrusiones ígneas y las rocas sedimentarias, son, en las regiones petrolíferas de México, los lugares en que hay mayor probabilidad de encontrar grandes cantidades de chapopote acumuladas en receptáculos subterráneos de origen secundario.

Como dije ya, la relación entre los basaltos intrusivos y el petróleo, en las principales regiones petrolíferas de México, es solamente de posición y no genética, como algunos lo han creído. En efecto, no hay ningún hecho que sirva de fundamento á la opinión de que el petróleo de México es de origen volcánico, pues ni en el caso del muy conocido pozo Dos Bocas, hubo necesidad de hacer intervenir al volcanismo (1) para explicar los muchos fenómenos allí observados, y entre los cuales debo mencionar las emisiones intermitentes de gases, petróleo y agua termal.

Fundada la teoría local anterior, en los hechos de observación y en los razonamientos científicos ya expuestos, encontró su completa comprobación en el Istmo de Tehuantepec; pues en esta localidad, los mejores receptáculos petrolíferos subterráneos, los de mayor valor comercial, han sido los de Chapo y San Cristóbal, que se hallan en las cercanías de unos arrecifes calizos preterciarios. Estos últimos desempeñaron el mismo papel que la parte intrusiva de los basaltos en las regiones petrolíferas de Tamaulipas y del Norte del Estado de Veracruz. En efecto, esos arrecifes calizos, más antiguos que las capas mioceno-pliocénicas del Istmo que contienen al petróleo, son unas barreras subterráneas casi impermeables, y contra las cuales se interrumpen los estratos terciarios petrolíferos; y por ser barreras impermeables subterráneas, cerca de ellas debían encontrarse las mayores acumulaciones de petróleo, según la teoría indicada, lo cual sucede en realidad, pues allí se encuentran las chapopoteras y también los pozos que más han producido en esa región. Además, como en la zona petrolífera del Istmo no hay rocas eruptivas, no puede decirse que el petróleo mexicano es de origen volcánico. Todo lo anterior es la mejor y más completa comprobación de la teoría local que indiqué y expliqué en los párrafos anteriores.

Indicada la teoría local referida, comenzó á tomarse como guía en las exploraciones petrolíferas, se comenzaron á trazar y á ejecutar perforaciones en las zonas de contacto entre los basaltos y las rocas sedimentarias, y los resultados no se hicieron esperar mucho, sino que poco tiempo después y en muchos lugares, brotó el chapopote por varias perforaciones. Entre los pozos brotantes así ubicados mencionaré: los de la importante Negociación del Ebano, en las cercanías del cerro basáltico de la Pez, el pozo Dos Bocas en San Diego de la Mar, los pozos abiertos en Llano Grande, Tangüi-

(1) Parergones del Instituto Geológico Nacional. Tomo III, pág. 91.

jo, Tierras Amarillas, Cerro Viejo, y los de Furbero en el Cantón de Papantla del Estado de Veracruz. Esta misma teoría está sirviendo ahora para guiar las exploraciones petrolíferas que se hacen en la parte Norte del Cantón de Ozuluama, en el Estado de Veracruz, y en la parte central del Estado de Tamaulipas, por la hacienda San José de las Rusias.

La forma probable de los receptáculos petrolíferos **subterráneos** en México, es la de lentes muy diseminadas en una **gran extensión** de terreno y también á la profundidad; y como **nadie sabe hasta** ahora la manera de fijar desde la superficie del terreno, **la posición** de esas lentes en el subsuelo; y como en México no es **aplicable la** teoría del anticlinal por las razones que indiqué antes, **sin la nueva** teoría local, sólo una feliz casualidad habría motivado el **éxito co-**mercial de alguna ó algunas perforaciones en las zonas petrolíferas del país.

Como se ve, debido á los estudios geológicos locales, ha **podido** nacer y desarrollarse la industria petrolífera en México, **industria** que está dando vida comercial á extensas regiones de nuestras **costas** del Golfo, y que continuando con la ayuda científica, llegará á **hacer** la explotación completa y razonada de tan interesante recurso **na-**tural.

México, Agosto de 1910.