

INVESTIGACION GEOFISICA DEL SUBSUELO

Desde los tiempos más remotos ha aprendido el hombre a extraer de la corteza minerales que utiliza en su vida y en sus luchas, y en parte no desdeñable la historia de las civilizaciones y las guerras se encuentra vinculada a la extracción de las riquezas del subsuelo, y a su elaboración y aprovechamiento ulteriores.

El aumento rapidísimo de la población del globo y la elevación de su nivel de vida, han producido en los dos últimos siglos una demanda prodigiosamente incrementada de los mismos elementos que ya antes se extraían, y de otros nuevos, de interés escaso para nuestros antepasados, o, inclusive, totalmente desconocidos para ellos, y que el progreso técnico y científico nos ha hecho utilizables, incorporándolos a nuestra existencia con carácter de necesidades esenciales. El carbón de piedra, descubierto no hace tanto tiempo por la civilización occidental, más ávida cada vez de fuentes de energía y de calor; el agua subterránea, imprescindible para cultivos en zonas sin riego superficial, que una población creciente reclama con imperio; el petróleo y sus derivados, conocidos desde siempre en aplicaciones rudimentarias de medicina y calafateo de buques, pero que una humanidad progresista comenzó a requerir para iluminarse hace poco más de una centuria, y que se ha convertido en elemento insustituible de nuestra forma actual de vida, en sus aspectos más variados; y, finalmente, los metales raros de importantes aleaciones, y los minerales radioactivos que la medicina y acontecimientos recientes han puesto tan dramáticamente de actualidad, son típicos ejemplos de la demanda angustiosa que a ritmo febril crece día a día.

Pero los yacimientos y depósitos visibles o ubicados a profundidades reducidas han ido agotándose con velocidad vertiginosa, y el carbón, la sal y el agua, que nuestros abuelos encontraban a flor de tierra, búscanse hoy a profundidades en exceso de mil metros, y el petróleo, que Drake alumbrara, hace un siglo, en Pensylvania, a 60 escasos metros, extráese actualmente de mil.

Buscar estos tesoros del subsuelo, tan caros a la industria contemporánea como antaño los de piratas a nuestros antepasados, y mucho más necesarios, por cierto, no es empresa inferior en dificultades a la de éstos, pero le sonríe el éxito con frecuencia incomparablemente mayor, no por la causa única de que la naturaleza los haya creado de verdad, sin engañarnos con mitos y espejismos, sino también, y sobre todo, porque se la ha afrontado con seriedad y decisión.

Al sustraerse acumulaciones y yacimientos sepultados a la observación inmediata, comenzó la batalla azarosa y larga, pero también apasionante e

ingeniosa de la exploración minera, con sus altibajos espectaculares, sus dogmas abstrusos, sus atisbos felices, sus ideas geniales. Las dificultades crecen en progresión geométrica con las profundidades a alcanzar, y es posible que no haya actividad humana en la que, tanto como en ésta, se experimente la sensación punzante de que mañana será inadecuado para resolver los problemas aquello que hoy, por su eficacia, nos llena de satisfacción, y de que por tanto es forzoso buscar algo mejor y nuevo, y buscarlo pronto, porque hace pocos años nuestra técnica era buena para encontrar petróleo a mil quinientos metros, la actual sirve para seis mil, pero los yacimientos se empobrecen, y hay que encontrarlos más hondos, o en situaciones más difíciles, y nada tenemos todavía para ello, y la producción acumulada en veinte años del yacimiento más rico del mundo no alcanzaría a satisfacer durante un año las necesidades de una gran nación, y esto, y mucho más, engendra un clima nervioso y tenso, cargado de expectativa, por la necesidad de satisfacer las exigencias de una civilización, que sin petróleo, minerales y agua subterránea no podría subsistir.

La historia de los medios para descubrir los preciosos minerales, el agua y el petróleo, está llena de las vacilaciones, errores, aciertos y contingencias de la lucha perenne del hombre por la verdad. Comenzó a buscarse lo que era más simple, es decir los depósitos ocultos que se manifiestan en la superficie por indicios directos, pero no siempre inequívocos, como los afloramientos o vertientes secas de petróleo, que muchas veces orientan con certeza, pero que otras tantas son más bien testimonio de que el líquido anhelado existió allí alguna vez, pero que llegamos tarde, porque ya se fué.

Y los indicios directos fueron haciéndose de más en más equívocos y oscuros, pero el ingenio humano comenzó a suplirlos con asociaciones indirectas, vinculadas por razonamientos teóricos, generalizaciones e inferencias, con las substancias codiciadas. La simple geología minera evolucionó paso a paso hasta convertirse en el edificio majestuoso de la geología actual, de métodos predominantemente indirectos, fundada sólidamente en experiencia, pero extrayendo de ésta, para aplicar en nuevos casos, leyes y teorías, prolíficas en aciertos, pues se fué aprendiendo que era casi tan eficaz tener a la vista tal acumulación de mineral, como tal otro cuerpo magnético, habitualmente asociado con aquél; o que para buscar petróleo había que encontrar abovedamientos anticlinales; o que el agua subterránea se encontraba donde las rocas del subsuelo presentaban determinadas conformaciones favorables; y así hasta el infinito.

El camino hacia la abstracción y la síntesis, que debió realizar la geología para pasar de directa y concreta a imaginativa e indirecta, fué, y es todavía, tortuoso y prolongado, y lo jalonan éxitos brillantes y fracasos descorazonadores. No estuvieron, ciertamente ausentes, las deducciones precipitadas, que en algún momento se enaltecieron a la categoría de dogmas, y que trabaron considerablemente el avance, hasta que un razonamiento más ajustado demostró su futilidad, o hasta que, nuevo ejemplo irónico tan común en los albores de casi toda ciencia, algún osado lego, ignorante de prejuicios

académicamente sustentados, intentó empresa reputada imposible, y, al culminarla felizmente, echó por tierra la endeble construcción. Entre muchos casos, es curioso mencionar el nacimiento y boga de la teoría que podríamos denominar de la "arroyología", por "creekology", en los EE. UU. a mediados del siglo anterior, que afirmaba con pedantesco empaque la necesidad de buscar petróleo perforando en el fondo de arroyos, nada más que porque el pozo Drake, y algunos otros que le siguieron, habían sido por azar así ubicados. Necesario fué que un hombre emprendedor de espíritu independiente, o quizás un alucinado que ignoraba esa teoría, perforase en una loma y encontrase petróleo, para invalidar el prejuicio absurdo. Como siempre, no hay ignorancia peor que la sabiduría a medias, y como en el desentrañamiento de los secretos de la naturaleza nuestra sabiduría es muy a medias, conviene siempre ser cautos y modestos, sin pecar de pusilánimes por ello.

Y siguió aumentando la profundidad a que se buscaba las riquezas, y espesándose el manto opaco que las cubre, y los indicios superficiales se hicieron cada vez más escasos e indirectos, y más aleatoria su vinculación con aquellos. Y la geología encontró que ni aún sus métodos más refinados, ni sus más ingeniosas líneas de pensamiento le permitían develar el misterio de enormes regiones en que los afloramientos faltan por completo, y en las que su único recurso consistía en eliminar mecánicamente la cubierta de sedimentos, con excavaciones o perforaciones, cuyo empleo indiscriminado también hubo de abandonar, por su costo prohibitivo, cuando las profundidades se hicieron excesivas.

La presión de la demanda fué obligando entonces, paulatina pero urgentemente, a buscar medios distintos para afrontar el problema imperioso. Y se desempolvaron viejos procedimientos, y se arrancó de la quietud de los observatorios instrumentos y conceptos, y se les dió nueva forma, y se aumentó en cien veces su exactitud, y surgieron los métodos geofísicos de exploración.

Que hay rocas magnetizadas y otros que no lo son; que hay rocas más pesadas y livianas; que unas tienen menor y otras mayor conductibilidad eléctrica; y, por fin, que las propiedades elásticas varían mucho de roca a roca, y, por ende, también la velocidad con que en ellas se propagan las ondas elásticas, eran cosas conocidas desde mucho tiempo atrás, pero casi no se había hecho uso alguno de ellas hasta hace apenas cincuenta años.

Hubo, como siempre, precursores, y ellos fueron los que en Suecia buscaban depósitos del óxido de hierro llamado magnetita, ya en el siglo XVII, con instrumental tan crudo que sólo permitía detectar los más conspicuos; o el barón de Humbolt, que barruntó el aprovechamiento más generalizado de las propiedades magnéticas; o el inglés Mallet, que no se limitó a crear la sismología general, sino que produjo incluso sismos artificiales, con explosivos, para estudiar los cuerpos rocosos del subsuelo; o, quizás también, remontándonos aún más lejos, aquel anónimo "pioneer", que durante el sitio de Exeter, bajo el reinado de Eduardo VI, en agosto de 1549, se dedicó a la original y eficaz tarea de descubrir los túneles que bajo las murallas excavaban los sitiadores, mediante la oscilación de la superficie del agua de un

recipiente, para ahogarlos despiadadamente o abrasarlos con alquitrán hirviente.

Pero recién los últimos años del pasado siglo vieron surgir el primer instrumento geofísico suficientemente sensible como para la explotación minera y petrolífera: fué la ingeniosa balanza de torsión del barón de Eotvös, creada con finalidad primordialmente científica, pero de aplicación utilitaria casi obvia, y que prestó servicios muy valiosos entre 1915 y 1936, en que se la abandonó por otros instrumentos que, igualmente precisos, son en cambio de uso más expeditivo. Y con sus primeras aplicaciones, en 1915, en Checoslovaquia, y en los EE. UU., en 1924, inicióse la era deslumbrante en que el casi milagro se hizo regla, de poder inferir la existencia de yacimientos de petróleo a varios kilómetros de profundidad.

En rápida sucesión fueron luego apareciendo y perfeccionándose otros varios procedimientos, de eficacia creciente, con técnicas ingeniosas e instrumental refinado, como los magnetómetros, los péndulos de longitud mínima, los sismógrafos de reflexión y refracción, los gravímetros, los magnetómetros aéreos, que en la actualidad proveen otras tantas líneas de ataque al problema multiforme de la exploración.

Aunque estos procedimientos han llegado a ser de gran complejidad, se asientan en muy simples principios fundamentales, que es dable explicar con brevedad.

Las rocas del subsuelo poseen algunas propiedades físicas en grados muy variable, y, en cierto modo, típicos, que permiten distinguirlas. Las principales de esas propiedades son la densidad, la susceptibilidad magnética, la elasticidad, la resistividad eléctrica y la radioactividad, y, según que aprovechen una u otra, se distinguen cinco grupos principales de métodos geofísicos, los gravimétricos, los magnetométricos, los sismográficos, los geoelectríficos y los radioactivos.

Algunas veces las substancias buscadas poseen, conspicuamente alguna de las propiedades físicas que se acaba de enumerar, y es, por tanto, posible descubrirlas. En otros muchos casos, en cambio, no se reconoce directamente el material codiciado, por carecer de características destacadas, pero sí se sabe que está asociado con otros, o con cuerpos geológicos, que poseen aquellas propiedades, puede lograrse su descubrimiento por vía indirecta. En ambas formas trabajan los métodos geofísicos, y no puede casi nunca desligárselos del conocimiento de esas asociaciones de lo buscado con lo descubrible.

Como las masas se atraen en relación inversa al cuadrado de sus distancias, es posible inferir la existencia de cuerpos pesados, en el subsuelo, con instrumentos suficientemente sensibles. Este es el principio de los métodos gravimétricos, y de ellos, el más usado al presente, es el de gravímetros.

La gravedad es la fuerza originada por la atracción de la Tierra y puede calcularse el valor que tendría en cada lugar, si las rocas que componen la tierra fuesen homogéneas, o si estuviesen dispuestas en mantos paralelos y concéntricos. Cuando existen heterogeneidades en el subsuelo, es decir cuerpos geológicos más o menos pesados, su atracción se suma a la de la

Tierra homogénea, y la gravedad varía en intensidad, produciendo lo que se llama una anomalía.

Para medir la gravedad, o mejor dicho, las diferencias de gravedad de lugar a lugar, se usan los gravímetros, que en esencia son resortes de los que cuelgan masas. El peso de éstas aumenta al aumentar la gravedad, o sea al intervenir la atracción de cuerpos pesados, y el resorte se estira un poco más. Midiendo los alargamientos del resorte se mide también la gravedad, y se pueden descubrir los cuerpos que en el subsuelo tienen densidad mayor. Lo inverso ocurre, naturalmente, con los cuerpos más ligeros.

Sencilla como parece así enunciada, la tarea de medir la gravedad por el alargamiento de un resorte es en extremo dificultosa, pues alcanzar la necesaria exactitud implica la apreciación de estiramiento 100 veces menores que la longitud de onda de la luz amarilla, en resortes de longitud práctica como para que sean transportables. Se la ha podido, sin embargo, realizar, valiéndose de diversos e ingeniosos expedientes, y se dispone ahora de gravímetros que pueden establecer diferencias de gravedad con precisión de 1/100.000.000 del valor total de ésta.

La figura 1 muestra, de modo esquemático, la variación de la gravedad por causa de un anticlinal, un sinclinal, una falla y un cuerpo pesado, tal como, por ejemplo, un depósito de mineral o una instrusión de magma.

Los métodos magnéticos miden las anomalías del campo magnético terrestre, es decir la diferencia entre los valores reales y los correspondientes a una Tierra homogénea. Se usan para ello agujas imantadas que giran alre-

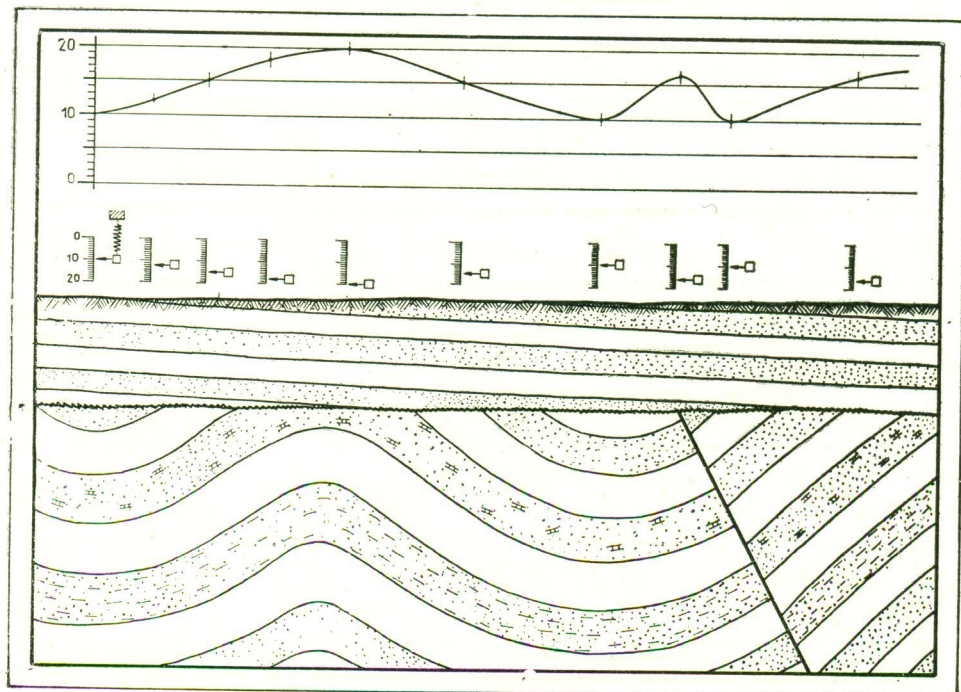


Fig. 1

dedor de un eje horizontal, y en las cuales se equilibra la rotación que produce el campo magnético, con la cupla debida al peso, aplicado en el centro de gravedad, que no coincide con el de rotación.

También se ha desarrollado, durante la última guerra, un magnetómetro móvil, que por un dispositivo muy ingenioso se orienta automáticamente en la dirección del campo magnético, y mide su intensidad con gran precisión. Este instrumento había comenzado a construirse por una compañía petrolera, para la exploración, pero al entrar los EE. UU. en la guerra se vieron de inmediato sus posibilidades para la detección de submarinos, y, consecuentemente se aceleró su desarrollo, con éxito tan señalado, que constituyó el elemento esencial para el triunfo de las fuerzas aliadas en la encarnizada y larga batalla del Atlántico. Recuerdo todavía el rostro exagüe, y los ojos congestionado del Dr. Wycoff, principal diseñador del magnetómetro, cuando lo visité en Enero de 1942 y me dijo que hacía ya tres días no dormía, trabajando frenéticamente en un importantísimo proyecto secreto de guerra, que, según supe tres años más tarde, era aquel instrumento precioso.

Las rocas del subsuelo suelen tener, difundidas, cantidades muy variables de magnetita, que es un óxido de hierro de elevada susceptibilidad, y, en consecuencia, se imantan o polarizan, de acuerdo con el contenido de aquella. De ese modo pueden diferenciarse unos estratos de otros, o del basamento, y distinguirse cuerpos geológicos de destacada susceptibilidad. La figura 2 muestra en forma esquemática lo que pasa con un anticlinal,

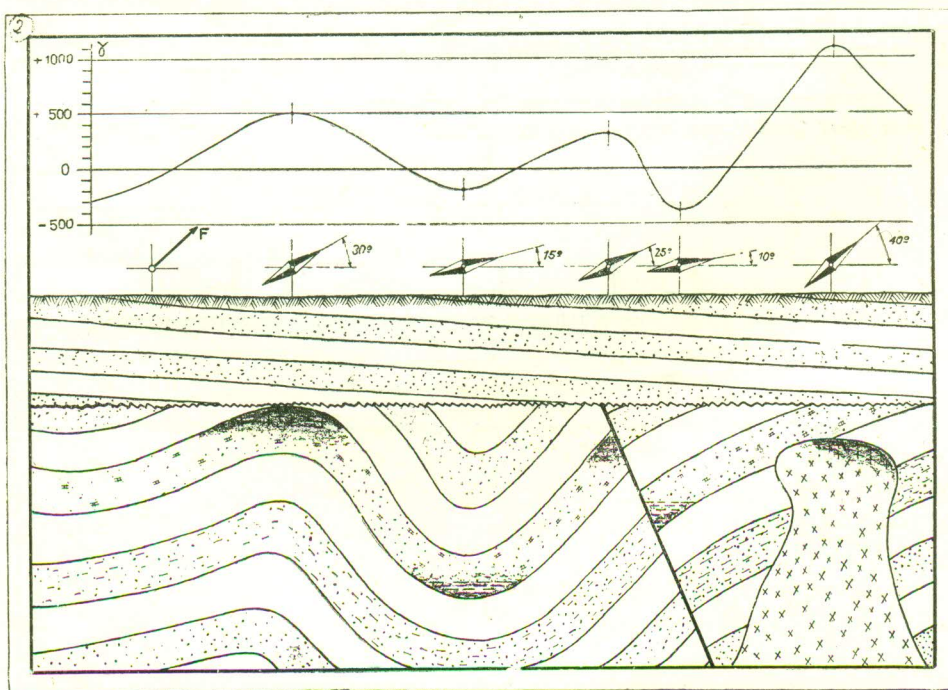


Fig. 2

del que participa un estrato polarizado por el campo magnético terrestre. Se produce una separación de elementos, y la parte superior queda con magnetismo positivo, y la inferior, negativo. Como el efecto de cualquier carga magnética es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, y como cargas de igual signo se repelen y de signo contrario se atraen, se observa en la superficie, con el magnetómetro, la anomalía respectiva.

Los métodos sismográficos tienen por base una muy simple idea, que es la misma del eco, a todos familiar. Tal como puede calcularse la distancia a una pared por el tiempo que tarda en volver un ruido en ella reflejado, así puede también calcularse la profundidad a que yace un estrato que refleja ondas elásticas, similares a las de sonido en el aire, provocadas por explosiones. Midiendo cuidadosamente, con precisión de 1/1000 de segundo, el tiempo que las ondas tardan en descender y ascender, y conociendo la velocidad con que se propagan en la tierra, puede calcularse la profundidad del estrato con mucha exactitud. Haciendo lo mismo en varios puntos, es dable averiguar la conformación del estrato, y si está plegado en anticlinal o sinclinal, fracturado, etc., tal como lo enseña la fig. 3.

Este es el método sismográfico de reflexión, el más perfecto de los desarrollados hasta ahora para investigaciones estructurales a gran profundidad. En su aplicación práctica se presentan, ciertamente, complicaciones de muy diversa índole, que lo tornan complejo pero sin invalidar sus resultados.

El método sismográfico de refracción difiere del de reflexión en va-

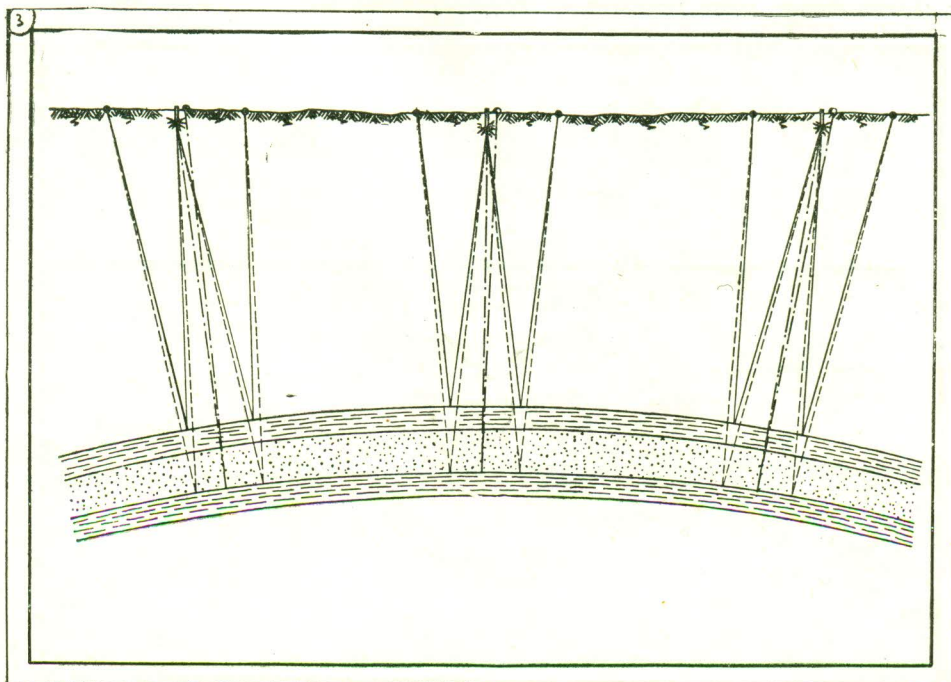


Fig. 3

rios aspectos, y permite, como aquel, calcular profundidades e inclinaciones de estratos. Además, proporciona este método una idea sobre la índole de las rocas del subsuelo, cosa que no hace el de reflexión. En efecto, el de reflexión requiere que se determinen de modo independiente las velocidades de las ondas sísmicas en el subsuelo, mientras que el de refracción las establece directamente. Sin embargo, el método de refracción no es tan exacto como el de reflexión para dar profundidades e inclinaciones.

Otros procedimientos geofísicos de interesante aplicación se reúnen bajo el nombre de métodos eléctricos, y de ellos, el de la resistividad es el más usado. Su idea central es la de que las rocas, cuando secas, son de elevada resistividad eléctrica, pero que cuando contienen flúidos conductores, la resistividad disminuye drásticamente. Entre estos flúidos conductores se halla el agua, que, aunque potable, contiene sales en solución, y es, por tanto de baja resistividad electrolítica. Se usa una gran variedad de dispositivos, pero con mayor frecuencia el de la figura 4, consistente en cuatro electrodos, dos de los cuales se conectan a una fuente de tensión, produciendo una corriente en el subsuelo, cuya penetración es tanto mayor cuando más grande la separación de los electrodos. Los otros dos electrodos miden la caída de tensión provocada por la resistividad del subsuelo, pudiéndose deducir, dentro de ciertas limitaciones, la profundidad de las napas acuíferas. Una variante de este mismo método se usa en el interior de pozos, y permite detectar capas porosas e impermeables, su contenido en flúidos, y facilitar la correlación de las formaciones que se atraviezan en varios pozos. Esta variante se llama perfilaje eléctrico, y se aplica sis-

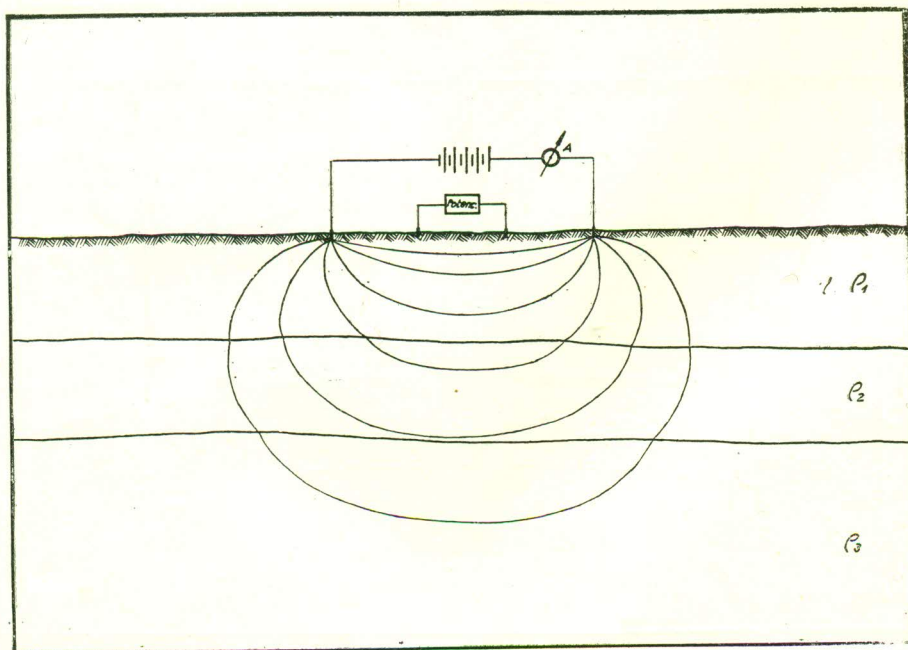
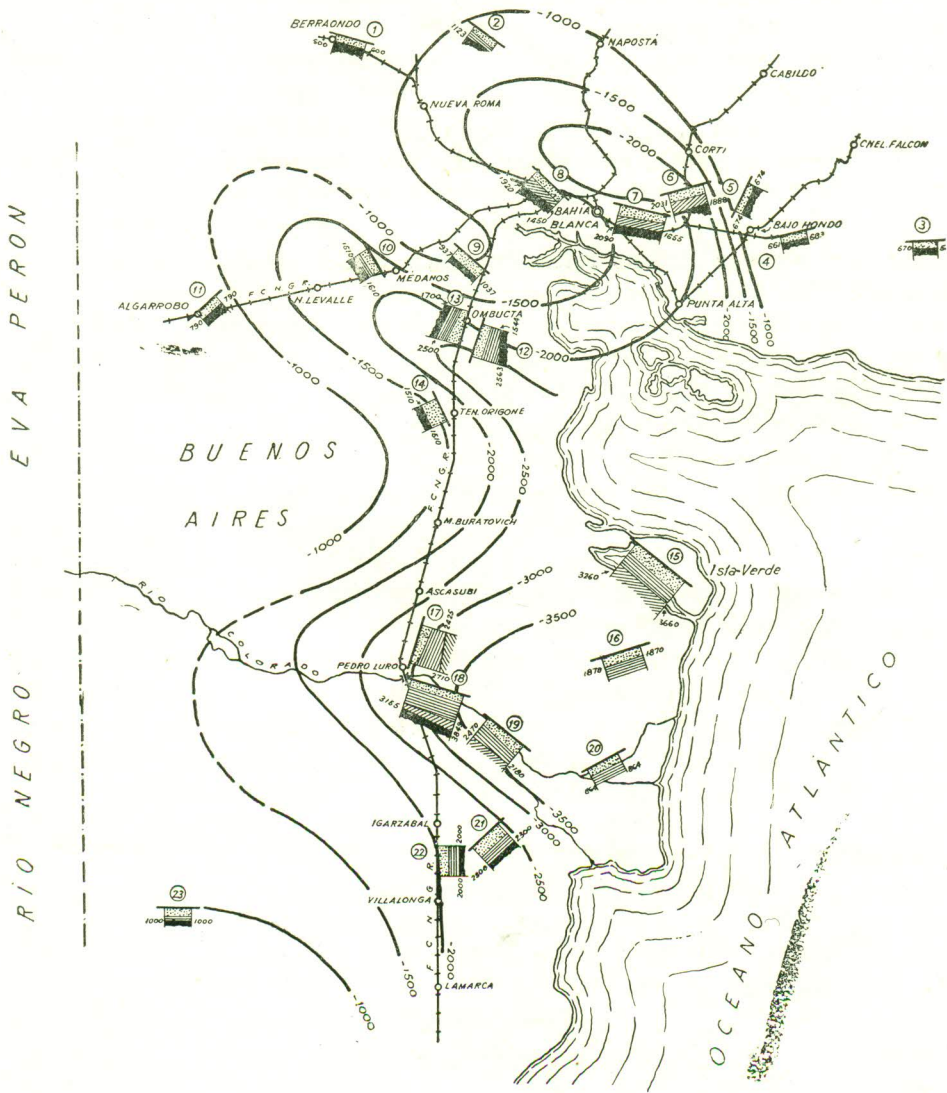


Fig. 4

temáticamente, y con gran éxito, en pozos de petróleo, y en muchos para agua.

Finalmente, los métodos radioactivos consisten en la detección de minerales en los que es activa la emisión de radiaciones o partícuo por medio de la ionización que producen en el aire con electrómetros, o, direc-



REFERENCIAS

	VELOCIDAD MEDIA (PROMEDIO)	2140 m/s
	"	3200 "
	"	4700 "
	"	5370 "

ESCALA



tamente, valiéndose de contadores del tipo Geiger-Müller. También se ha desarrollado un método radioactivo para aplicar en pozos, aprovechando las diferencias en esa propiedad de las distintas rocas y de las diversas clases de petróleo y agua.

Varios otros métodos han sido propuestos y aún usados limitadamente, sin que se demostrara su eficacia, por lo cual omitiré referirme aquí a ellos.

Expuestos así, de modo muy sucinto, los principios fundamentales de los métodos geofísicos de prospección, veremos un ejemplo de cómo se aplican para resolver un problema particular, y tomaremos, como de interés mayor, el de la parte sur de la provincia de Buenos Aires.

Interesado en establecer las posibilidades petrolíferas de la extensa región al sud de Sierra de la Ventana, dispuso Y.P.F., hace algunos años, la realización de estudios con los métodos sismográfico de refracción, gravimétrico y sismográfico de reflexión, con miras a descubrir el espesor de los sedimentos, la conformación y dimensiones de las cuencas que pudiera haber, y la existencia de anticlinales aptos para almacenar petróleo.

El primero que se usó fué el sistema de refracción, con resultados muy satisfactorios, como que permitió ubicar dos cuencas sedimentarias de importancia: la de Bahía Blanca y la del río Colorado, y establecer su profundidad, dimensiones y conformación. En el mapa pueden observarse, con curvas que representan las profundidades a que se halla el basamento cristalino, las dos cuencas, separadas entre sí por la dorsal de Argerich. Ambas cuencas se hunden hacia el mar, y hacia el oeste se extienden, la de Bahía Blanca hasta Villa Iris, donde tiene sólo unos 360 m., y la del Río Colorado hasta cerca de Choele-Choel.

En la parte central estas cuencas son muy hondas, alcanzando la de Bahía Blanca unos 2000 m., y la del Río Colorado, más de 2500 m. El mapa no es exacto, sino generalizado, pues por la índole del propósito perseguido, no era menester la realización de mediciones más detalladas y excesivamente costosas, por lo cual es muy posible que localmente existan errores apreciables, que no invalidan, sin embargo, la justeza general de la representación.

Si bien lo que puede establecerse con seguridad y aceptable exactitud es la profundidad del basamento, es posible también, pero de manera bastante conjetural, distinguir la transición entre estratos de diversa velocidad y calcular su posición.

La velocidad con que las ondas elásticas se transmiten a lo largo de un estrato tienen relación con el grado de consolidación de éste, y es, por consiguiente, tanto mayor, en general, cuanto más antiguo y más profundo es el estrato.

En el mapa se han mostrado, en correspondencia con cada determinación sismográfica, los espesores con que se presentan las diversas velocidades distinguiéndolas con rayados. Puede apreciarse así el desarrollo de las cuencas y la transgresión de las formaciones más nuevas sobre las antiguas, hacia los bordes de las cuencas. Las formaciones del Terciario in-

ferior y el Cretácico ocupan las partes centrales de las cuencas, mientras que las del Terciario medio, superior y Cuaternario, las rebasan, extendiéndose hasta los bordes.

Es obvia la importancia que este hecho tiene para la búsqueda de agua subterránea, que no es probable se encuentre fuera del área de distribución de los estratos respectivos. El mapa que represento puede dar a ese objeto una orientación general, pero por la índole del trabajo que le dió origen, cuya finalidad era ajena al agua subterránea, no es todo lo detallado que sería de desear. Nuevas determinaciones con sismografía de refracción, y su enlace con los perfiles de los pozos que vayan perforándose, en los que sería conveniente hacer perfilajes eléctricos que permitirían correlaciones exactas, irán afinando y complementando este mapa, haciéndolo de valor más discriminativo.

Cuanto al origen de las aguas de la cuenca Bahiense, poco puede hasta ahora deducirse con certitud. La limitación de la cuenca hacia el oeste obliga, sin embargo, a rechazar algunas de las ideas sobre su remota fuente en la cordillera de los Andes; su conformación general, y su gran profundidad, hacen pensar más bien en que su origen se halle en las sierras australes, en infiltraciones, por sobre el basamento, o a lo largo de fracturas, hasta el fondo de la cuenca, desde donde podría ascender hasta la profundidad en que se la halla, por grietas, o atravesando las capas si estas son algo permeables. Se generaría así una circulación de agua por diferencia de temperatura, y, en consecuencia, de densidad, y se explicaría el elevado gradiente geotérmico, característico de la zona. Esta explicación no es otra que una teoría más, que, como las otras, deberá aguardar la prueba experimental que en el futuro han de suministrar seguramente perforaciones más profundas, análisis cuidadosos e investigaciones geofísicas detalladas.

En una etapa posterior hizo Y.P.F. el relevamiento gravimétrico de la zona, para ubicar, con ese método relativamente económico, las áreas de mejores perspectivas, y usar allí, y sólo allí, el costoso procedimiento sismográfico de reflexión.

Aquellos trabajos gravimétricos previos produjeron algunos resultados desconcertantes, de considerable importancia científica, pues, a mi juicio, ponen de manifiesto un efecto curioso de compensación isostática deficiente.

La idea de la compensación isostática surgió a raíz de la experiencia de Bouguer, quien en 1740 intentó calcular la densidad media de la Tierra por la desviación que en la plomada produce la atracción de una montaña próxima, obteniendo un valor excesivo que él no supo a qué atribuir, y que parecía indicar que una montaña no atrae con toda la intensidad que corresponde a su masa visible. La observación de Bouguer y muchas otras posteriores, condujeron independientemente a dos geodestas ingleses, Airy y Pratt, en 1855, a pensar que el efecto se debía a una compensación, de índole tal que la masa visible de una montaña, está contrarrestada por un déficit de masa bajo ella, sea por una densidad menor (Pratt), o por la

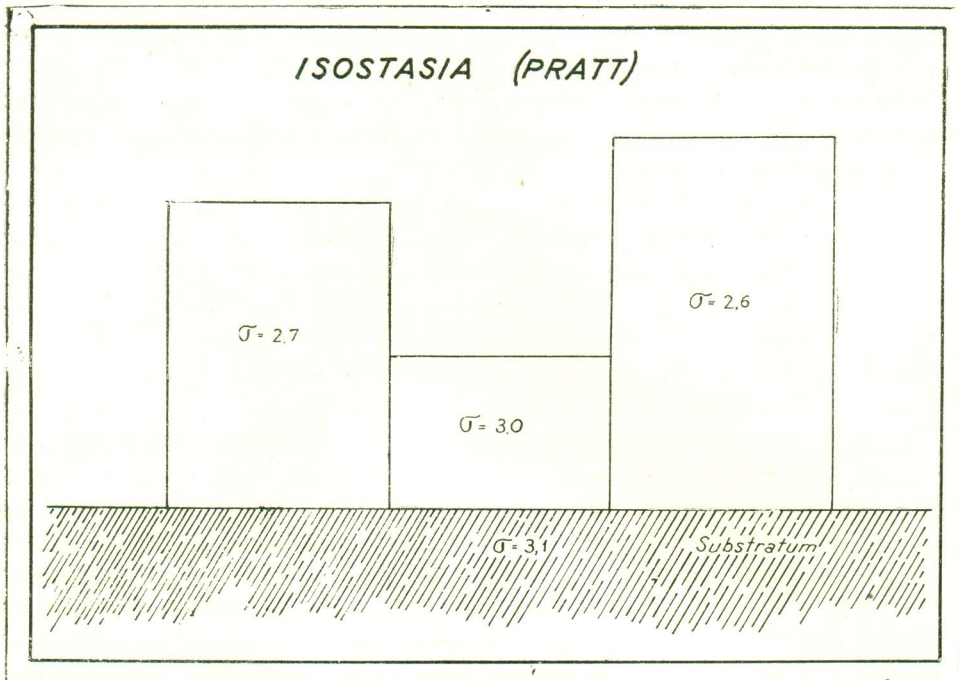


Fig. 5

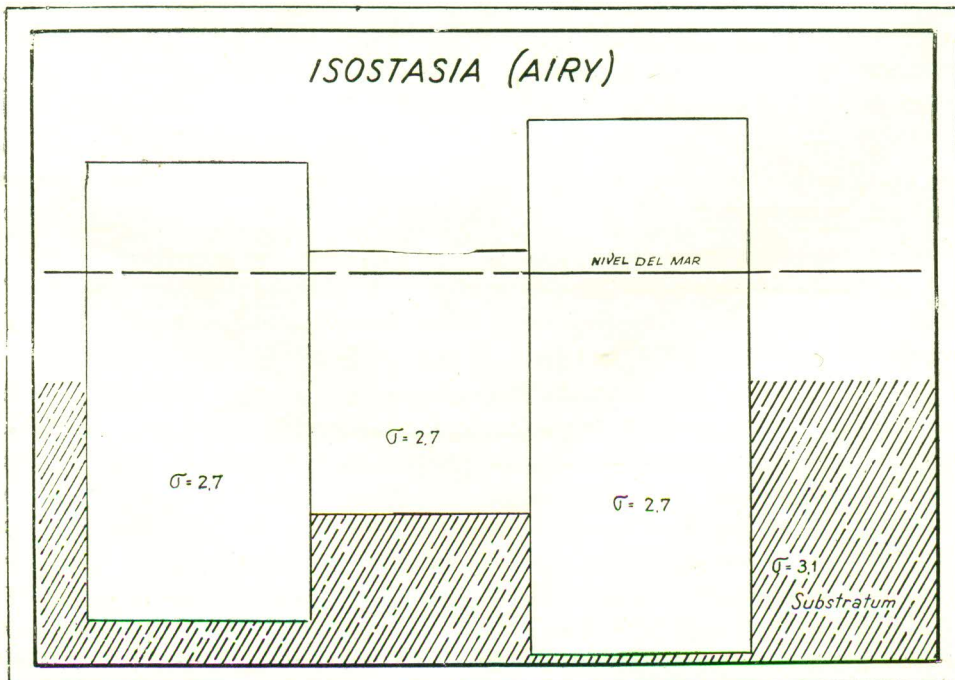


Fig. 6

inmersión más profunda del bloque respectivo en el magma pesado del substratum (Airy). Las figuras 5 y 6 ilustran ambas hipótesis.

Por otra parte, cuando se presenta en el subsuelo una cuenca de rocas sedimentarias de densidad menor que el basamento, los valores de gravedad medidos en la superficie, indican un mínimo, por estar las masas más densas a distancia o profundidad mayor.

En dos cuencas de la provincia de Buenos Aires, sin embargo: la del río Salado y la de Bahía Blanca, y en las del Golfo San Jorge y de Neuquén, las mediciones revelaron una muy distinta cosa: en lugar de un mínimo gravimétrico sobre el fondo de las cuencas, se registra un máximo. Las figuras 7 y 8 muestran perfiles transversales de las cuencas del Río Salado y del Golfo de San Jorge, y los valores de gravedad respectivos. En la cuenca de Bahía Blanca ocurre algo parecido, pero no tan claramente.

La explicación que creo puede hallarse para este hecho insólito, que no he visto mencionado en la bibliografía internacional, es la de que anteriormente a la deposición de los sedimentos jóvenes, las cuencas, que ahora están niveladas en grandes llanuras o semillanuras, fueron áreas muy extensas y deprimidas, y que en ellas se operó, más o menos eficazmente, la compensación isostática. Posteriormente, sin embargo, las cuencas se llenaron de sedimentos, pero la compensación isostática no llegó a realizarse, sea porque el tiempo transcurrido fué aún insuficiente, sea porque se operó un proceso de enrigdecimiento en la corteza, que paralizó sus mo-

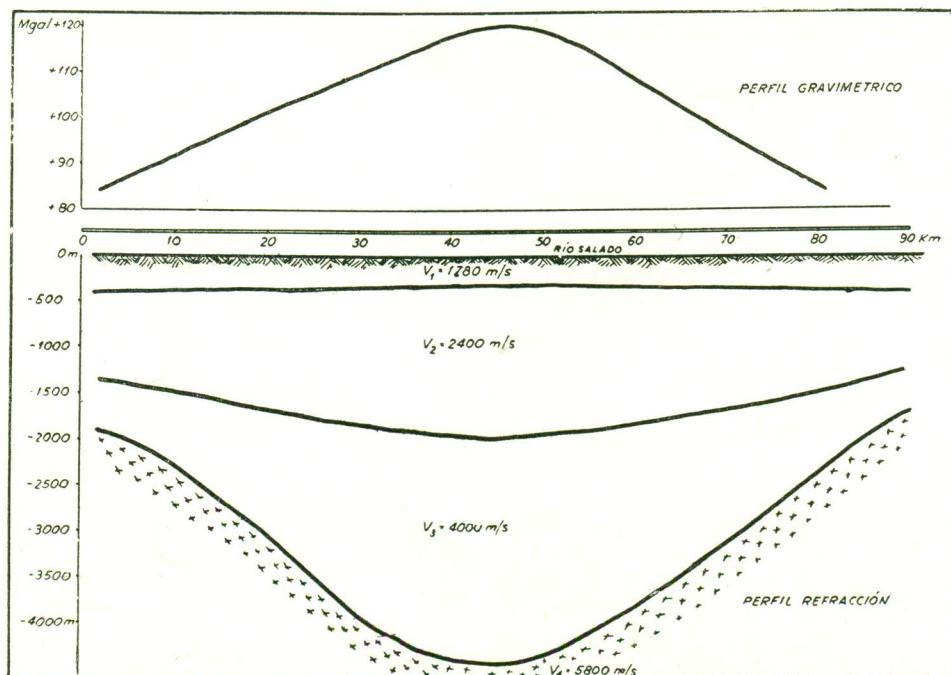


Fig. 7

vimientos. El relleno sedimentario de la cuenca es, por tanto, un exceso de masa, que, como se ve en la figura 9, se traduce por un máximo de gravedad.

En la cuenca del río Colorado la gravedad no se encuentra relacionada claramente con aquella, pero en cambio se presenta un hecho singular: cerca del mar los valores crecen de manera acentuada, como si existiera frente a la costa, sepultado bajo la plataforma epicontinental, un maciso antiguo, o una cresta del basamento, que quizás cierre la cuenca hacia el naciente, pero de cuya presencia no se tiene hasta ahora ningún otro indicio definido.

Los procedimientos geofísicos que se han descrito tan someramente, sean ellos gravimétricos, magnetométricos, sismográficos, geoelectrónicos o radio activos, se emplean en el mundo entero con éxito notable, frente al problema de la búsqueda de petróleo y gas, agua subterránea, minerales y rocas de aplicación, y, también, en forma cada vez más sistemática, para establecer la profundidad de las rocas adecuadas para la fundación de embalses y otras grandes estructuras ingenieriles, y para el diseño y verificación de edificios antisísmicos. Índice elocuente de eficacia es el descubrimiento, en nuestro país, en lo que va del año, de cuatro importantes yacimientos de petróleo y de gas.

Quizás sea oportuna, para terminar, la mención de otros procedimientos que se propugnan con frecuencia para descubrir las riquezas del subsuelo. No se fundan ellos en la medición de parámetros físicos, sino en ciertas reacciones fisiológicas o psíquicas que el agua, los minerales o el

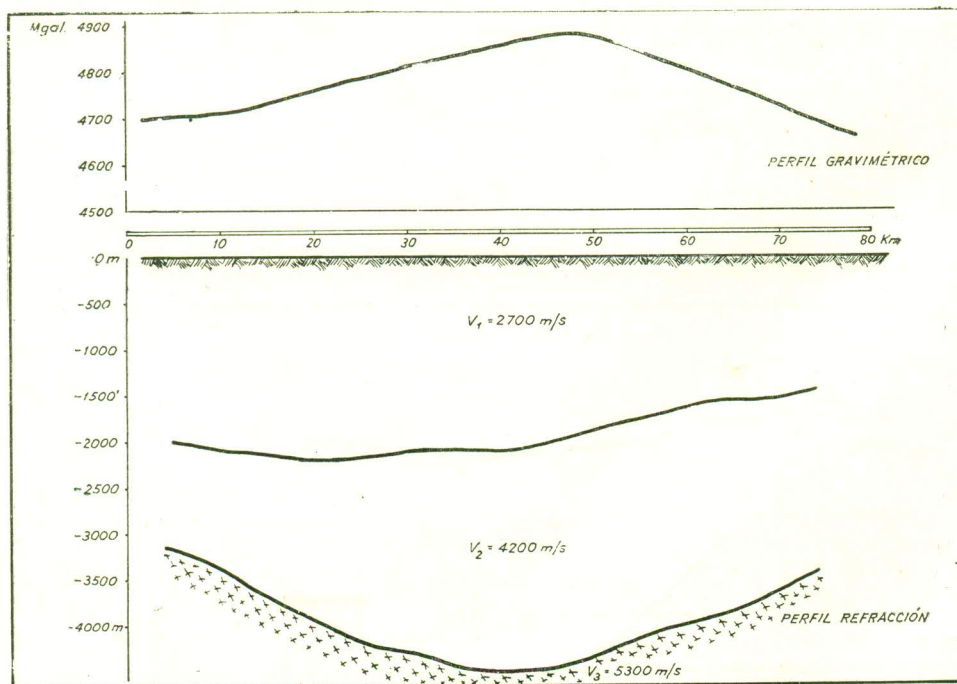


Fig. 8

petróleo, producen en ciertos observadores que dicen ser particularmente sensibles a las mismas. Una diferencia fundamental con los procedimientos geofísicos radica en que estos tienen por base fenómenos físicos conocidos y demostrables, que es posible repetir o producir a voluntad; además, pueden ser comprendidos por cualquiera que posea conocimientos de matemáticas y de física, y aún la parte de habilidad personal, o de arte, diríamos, que existen en todo procedimiento y que hace muchas veces la diferencia entre éxito y fracaso, aún ella, es demostrable y comprensible para todos. Estos otros métodos psico-fisiológicos, en cambio, que se denominan variadamente radioestéticos, rabadománticos, etcétera, se caracterizan siempre por ser eminentemente subjetivos, variando en forma radical de persona a persona, tanto por el modo en que se aplican, cuanto por los resultados que acusan. Se nos rodea, además, de una atmósfera de misterio, y coincidentemente se oponen sus cultores a someterlos a comprobaciones experimentales decisivas. No puede asegurarse siempre que se trate de mistificaciones burdas, del mismo modo que no puede la medicina científica asegurar que todo curandero sea embaucador. Quizás, por otra parte, no estén analizados suficientemente los procesos psíquicos llamados sobrenaturales, como la transmisión del pensamiento, los presentimientos, o los múltiples fenómenos que se manifiestan en el estado de éxtasis de los místicos. Pero aunque la posible existencia de procesos desconocidos deba movernos a juzgar cautelosamente las pretensiones de los

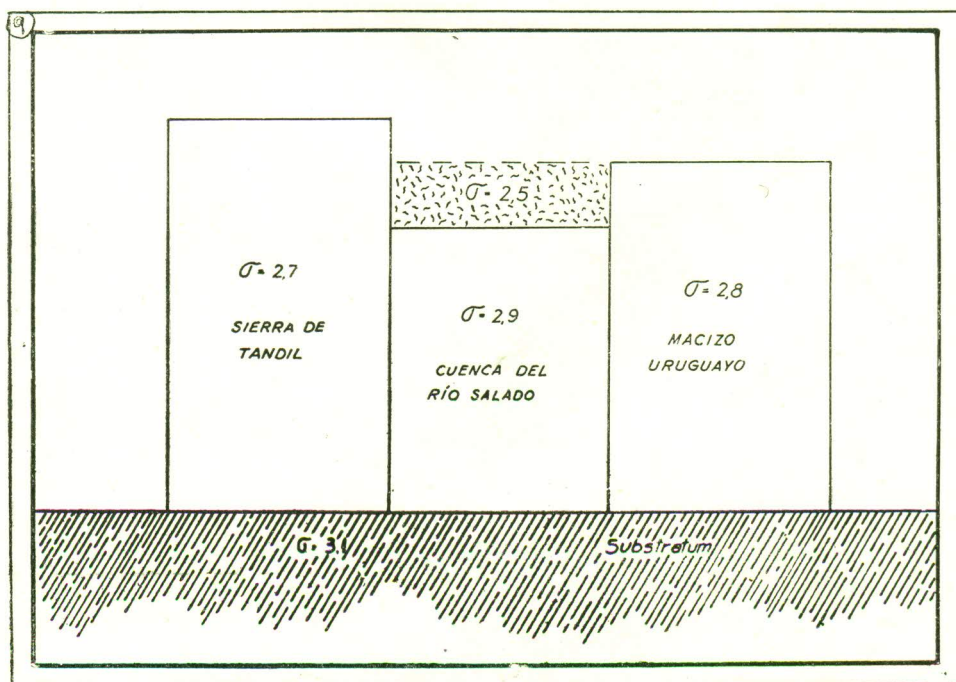


Fig. 9

rabdomantes, sin condenarlos inapelablemente, ni seguirlos, procediendo tal como lo hacemos con los milagrosos y los mano-santas, es imposible, sin embargo, alejar del ánimo un fuerte escepticismo frente a la hipersensibilidad del que con un péndulo nos marca sobre un mapa, sin salir de la oficina, el lugar de un yacimiento a cientos de kilómetros de allí, o el de quien entra en trance por la reacción que le produce el petróleo de un tanque que él no sabía se hallaba desagotado desde unos días atrás, o el de quien afirma reconocer características femeninas en el agua y masculinas en el petróleo, mediante un misterioso instrumento detector.

El tiempo irá poniendo seguramente en claro la verdad que se encuentre, si hay alguna, en procedimientos tan heterodoxos, pero en el momento actual las industrias petrolera y minera, realistas en materia de inversiones, han preferido no escuchar cantos de sirena, y atenerse al empleo de procedimientos geofísicos, mucho más costosos, de pretensiones comparativamente modestas en cuanto a sus posibilidades, sin afirmación alguna de infalibilidad, pero, con todo, fidedignos, y que el progreso en técnicas de aplicación, instrumental y experiencia de trabajo, hace de más en más eficientes, y permite continuar librando la lucha apasionante por la obtención de recursos cada vez mayores y más imperiosamente reclamados por una humanidad que crece y aumenta de continuo en nivel de vida.