

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Petróleo

**Estudio de los Detritus en la Perforación
de Pozos Petrolíferos**

TESIS DE BACHILLER

RAPHAEL ROBOAN BERTONCINI

Promoción 1961

**Lima - Perú
1961**

A la memoria de mi venerado padre
MANOEL BERTONCINI

A mi querida madre

OTHILIA PIZZOLATTI BERTONCINI

S U M A R I O

- I.- P R O L O G O
- II.- I N T R O D U C C I O N
- III.- G E N E R A L I D A D E S
 - 1.- Ocurrencia del Petróleo.
 - 2.- Indicaciones superficiales.
 - 3.- Relación de la existencia del Petróleo con el carácter litológico.
 - 4.- Migración del Petróleo.
 - 5.- Perforación de pozos petrolíferos.
- IV.- P A R T E E S P E C I F I C A
 - 1.- Recolección, Preparación y Descripción de los detritus.
 - 2.- Descripción litológica.
 - 3.- Determinación de cantidades.
 - 4.- Anotación de la descripción.
 - 5.- Fluorescencia.
 - 6.- Cantidad de fluorescencia.
 - 7.- Nucleos.
 - 8.- Detritus y su relación con los otros métodos de geología de subsuelo.
 - a) Método micropaleontológico.
 - b) Método de los minerales pesados.
 - c) Método del análisis de las aguas.
 - d) Método de la prospección eléctrica.
 - e) Método de la radioactividad.
- V.- C O N C L U S I O N E S

P R O L O G O

Elegí el presente tema como tesis optar el título de BACHILLER EN INGENIERIA DE PETROLEO, después de considerar su importancia en la industria del mismo.

Además, otros motivos, unos de caracter personal,pués en la vida profesional, esta es la rama a la cual deseo dedicar me, y otros en agradecimiento para con aquellos que nos han precedido legandonos conocimientos que ahora solo nos cuesta aprenderlos, motivaron la elección del presente tema.

Este agradecimiento puede ser hecho ampliando lo recibido con nuevas investigaciones, ó utilizando estos conocimientos para el bienestar de la Nación, y en un sentido más amplio, para el bienestar de la Humanidad.

I N T R O D U C C I O N

Es decisiva e insustituible la intervención de la Geología en la búsqueda del petróleo, porque solamente ella puede dar criterios científicos sobre la posibilidad de encontrarsele.

El primer paso para este fin, es la exploración geológica superficial con la observación de los afloramientos del subsuelo, después los métodos geofísicos estableciendo la conveniencia de realizar perforaciones con posibilidades de éxito.

A través de la perforación de un pozo, la geología puede determinar la realidad del subsuelo. Los estudios geológicos son la base para los trabajos posteriores que conducirán al abandono ó a la explotación del pozo. El Ingeniero de Petróleo que se dedica a la geología de pozo, acompaña toda perforación con un estudio y control geológico. Esto abarca trabajos de campo y trabajos de gabinete.

El trabajo del Ingeniero dedicado a esta función, es completado por la Micropaleontología, la cual se utiliza para por medio de los fósiles determinar la columna estratigráfica atravesada en la perforación.

Con los estudios de la Geología de Campo de Geofísica y principalmente por la columna estratigráfica, se trazan mapas del subsuelo, que se perfeccionan con las nuevas columnas de los nuevos pozos que se perforan.

Resumiendo, la Geología del Petróleo está integrada por las siguientes ramas:

- 1.- Geología de Campo ó Superficial.
- 2.- Geofísica.
- 3.- Geología de Pozo.
- 4.- Micropaleontología.
- 5.- Geología de Producción.
- 6.- Geología Estructural.

En esta tesis me dedico principalmente al estudio de

los detritus en la perforación de pozos petrolíferos, es decir, a la rama de la Geología de Pozo.

Pero antes, debo tejer algunas consideraciones de carácter general para mejor comprensión del tema que abordaré.

OCURRENCIA DEL PETROLEO

Antiguamente, el lugar para la perforación de un pozo petrolífero era escogido al azar. En nuestros días, un pozo es perforado en un área seleccionada después de un estudio prolijo, pues los altos costos de perforación (más ó menos U\$1,000 dólares diarios), exigen que se corra el mínimo riesgo de que resulte improductivo. El petróleo, solamente puede producirse en rocas sedimentarias pues, es el resultado de una lenta y secular transformación de restos orgánicos que fueron depositados con los sedimentos.

Entretanto, el petróleo puede migrar, motivado por razones tectónicas, concentrándose en materiales más apropiados. Como ejemplo, podemos citar el petróleo producido en una arcilla que por presión se dirige a una arenisca.

El lugar donde el petróleo se acumula se le llama Reservorio. Solamente donde hayan estructuras favorables a un reservorio, se puede encontrar petróleo en cantidad que justifique su explotación. Es posible, naturalmente que también a movimientos terrestres, mucho gas y petróleo hallaron salida en la superficie en eras pasadas y escaparon, perdiéndose irremisiblemente.

Sea porque encuentre con rocas impermeables ó por cualquiera otra de las diversas causas que se dan en la práctica, el petróleo puede quedarse prisionero en trampas naturales.

Un tipo común de trampa es el "Anticlinal", nombre que se confiere a un levantamiento de la corteza terrestre en forma de arco. En un anticlinal, agua, petróleo y gas se encuentran confinados entre capas de terreno impermeable.

Las fracturas ó dislocaciones que se denominan "Fallas" sufridas por la corteza terrestre, ocasionan también la formación de trampas propicias para la acumulación de petróleo.

El petróleo se acumula asimismo en arenas encerradas dentro de una formación impermeable, constituyendo así las llamadas "Trampas Estratigráficas".

Como se ha visto, el petróleo no se encuentra en cualquier parte del subsuelo. Se encuentra solo aquí y allá, en las trampas que hemos descrito. Buscar y localizar esas formaciones constituye la labor del geólogo. El, entretanto, no puede decir con exactitud donde se halla el petróleo; solo puede señalar a aquellas áreas donde hay posibilidad de que exista. Es decir, el geólogo orienta inicialmente las operaciones destinadas a comprobar la presencia del petróleo, permitiendo que ellas se realicen allí donde hay mayores posibilidades.

La geología de Campo adelanta algunos conocimientos geológicos de una área determinada. Se puede conocer por medio de ella, la naturaleza de las rocas superficiales, y por un examen más detenido de los estratos, construir secciones estructurales que nos dan una pauta de los perfiles geológicos del subsuelo.

Los métodos de prospección (sísmicos, gravimétricos y magnetométricos), nos ayudan para la investigación geológica previa. Con ellos se puede tener cierta orientación con relación a las estructuras del subsuelo. El proceso sísmico demostró ser el más valioso.

Las condiciones esenciales para la formación de un reservorio de petróleo, son las siguientes:

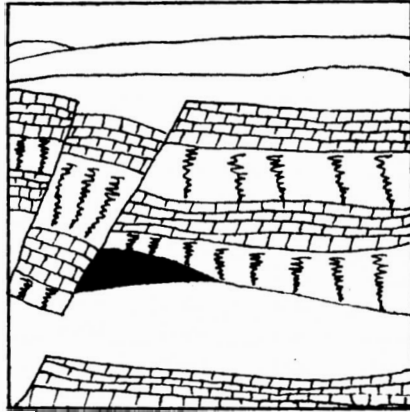
- 1.- Una roca porosa para contener el petróleo.
- 2.- Una cobertura impermeable para evitar que el se escape.
- 3.- Una estructura geológica favorable para la acumulación del petróleo.
- 4.- Una fuente donde se ha originado el petróleo.

La roca porosa debe ser de origen sedimentaria y debe haber ausencia de metamorfismo intenso.

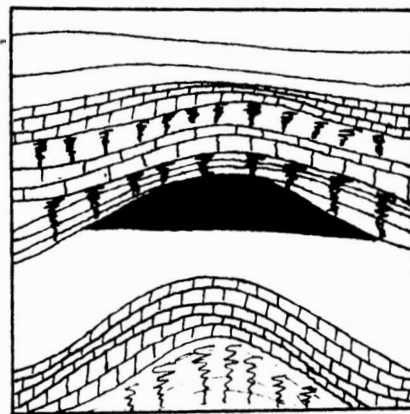
La acurrencia del petróleo puede ser estudiada en relación a los siguientes factores:

- 1.- Indicaciones Superficiales.
- 2.- Metamorfismo

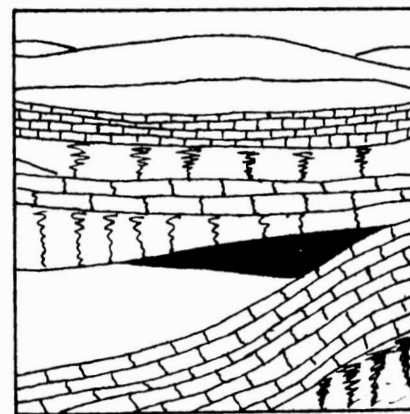
PRINCIPALES TIPOS DE RESERVORIOS



FALLA



ANTICLINAL



TRAMPA

- 3.- Estratigrafia
- 4.- Carácter litológico de los estratos.
- 5.- Estructura ó disposición del estrato.
- 6.- Agua

INDICACIONES SUPERFICIALES:-

Las determinaciones de la existencia de petróleo son en general, hechas por geólogos ó ingenieros de petróleo especializados, que interpretan las indicaciones superficiales y que en general son las siguientes:

- 1.- Infiltraciones ó fuentes de petróleo.
- 2.- Desprendimientos de gases naturales.
- 3.- Afloramientos de grietas ó calcáreos impregnados con petróleo.
- 4.- Lagos bituminosos u otras infiltraciones bituminosas.
- 5.- Fosas bituminosas.
- 6.- Existencia de sal.
- 7.- Existencia de azufre.

Las infiltraciones de petróleo pueden salir a la superficie bajo dos condiciones:

primero, si alguna extremidad de una formación petrolífera sale a la superficie;

y segundo, si existe una brecha, una rotura, a través de la cual el petróleo venga a la superficie, de alguna profundidad. Las infiltraciones son comunmente encontradas en terrenos bajos, pantanos, ó a lo largo de pequeñas corrientes; a veces aparecen como iridiscencia sobre el agua.

Existen infiltraciones como una leve película de aceite en la superficie de los lagos y rios; esto sucedió en ciertos campos de Pensilvania, Ohio y West Virginia en el tiempo de su descubrimiento. En otros casos como en México un alquitranado sale de la tierra en grandes cantidades. Son relatados rios de aceite, como habiendo salido del Mar Caspio, y ocasionado explosiones naturales de aceite quemado arrojando barro y piedras en el aire, levantando porciones del fondo del mar y dando origen

a pequeñas islas.

En infiltraciones de considerable tamaño, el aceite ocurre en gotas ó partículas en vez de películas.

Estas son frecuentemente acompañadas de substancias de alquitran ó asfálticas, y muchas veces el gas borbujea a través del agua en el mismo punto.

En 1951, una clasificación de infiltraciones fué propuesta por De Golyer, como sigue:

1.- Infiltraciones asociadas con intrusiones ígneas.

- a) Al contacto de zonas volcánicas y rocas sedimentarias.
- b) Al contacto de fosas y rocas sedimentarias.
- c) A través de roturas en la propia roca ígnea.
- d) Como intrusiones en la roca ígnea.
- e) De roca metamórfica arriba de una intrusión que no llegó a la extremidad.

2.- Infiltraciones no asociadas con intrusiones.

- a) En la cresta de anticlinales.
- b) Entre superficies agrietadas.
- c) Ocurrencias aisladas de relaciones inciertas.

El desprendimiento de gases naturales es característico en algunos lugares como en Ohio y West Virginia, donde burbujas de gas suben en cantidades diminutas a través del agua a la superficie de las corrientes.

El asfalto, bitume y semejantes encuentranse bajo forma de vetas en la roca, ó aparecen en la superficie bajo la forma de lagos ó ríos, en México, California, Venezuela, Trinidad, África Occidental, Borneo, Unión Soviética, etc... El bitume aparece en forma de cuencas ó lagos pero algunas veces, según Bosworth, forma conos hasta de 15 metros de altura. El ejemplo más conocido de un lago de asfalto es el de Trinidad.

La sal es frecuentemente asociada con petróleo bajo la forma de masas cristalinas en estratos, ó bajo la forma de agua salada. El agua que acompaña el petróleo es generalmente más asalina que la normalmente encontrada en las rocas sedimentarias.

En muchas localidades de Rumanía y de los Estados Unidos, (Luisiana y Ohio), el aceite encuentrase asociado a la sal.

Hasta pocos años atrás, los geólogos eran incapaces de explicar la ausencia del aceite de las regiones adyacentes a algunos de los principales sistemas de montañas del mundo; y todavía no se ha descubierto ningún medio por el cual se podrá delimitar las regiones donde el petróleo puede ser esperado, de aquellas donde el no existe,

En 1915, entretanto, White publicó una monografía ai ciendo que en regiones donde existen minas de carbón, el porcentaje de carbono fijo decrece de manera regular de las regiones de antracita ó de regiones de carbón altamente bituminosos y que pasando de las regiones de carbón débil al más duro, esta razón puede ser delineada marcando los lugares en los cuales no pueden existir campos petrolíferos comerciales.

RELACION DE LA EXISTENCIA DEL PETROLEO CON EL CARACTER LITOLÓGICO

La relación entre la estructura geológica y la existencia de petróleo fué siempre tomada en consideración por largo tiempo por los exponentes de la teoría "Anticlinal" que fué la primera sugerida por Hunt y más tarde investigada y abogada por Andrews, Winchell, Stevenson, Minshall, Newberry, Hofer y otros. La teoría no fué definitivamente formulada, pero hasta 1885, cuando White trabajó en sus detalles e hizo la primera experiencia práctica con la localización de algunas cuencas en los Estados Unidos (West Virginia y Pensilvania), la teoría del Dr. White era estrictamente aplicable a rocas saturadas con agua.

Las varias teorías sobre acumulación de petróleo anteriores a 1911 fueron historiadas por Campbell.

Una contribución notable para el valor de la geología en el desenvolvimiento de la industria petrolífera fué el adven- to de la teoría "Estructural" para la existencia de petróleo, propuesta en 1910 y revisada en 1916, como un punto final sobre la teoría "Anticlinal".

La teoría "Estructural" es la siguiente: por agentes orgánicos, el petróleo y el gas fueron generados en las formaciones porosas en las cuales son encontrados. Los depósitos originaríanse de la decomposición de los restos vegetales ó animales según la teoría orgánica; ó son el producto de la acción química que ha tenido lugar en el fondo de la tierra, según la teoría inorgánica, siendo por lo tanto, unos, depósitos de petróleo de origen orgánica y otros de origen inorgánica.

La teoría del origen del petróleo y del gas no es entre tanto, parte de la teoría estructural.

Cualquiera que sea su verdadera origen, el petróleo, el gas y el agua penetraron en las formaciones porosas horizontalmente dispuestas. Se quedaron así, hasta la actualidad, en mu-

chas partes del mundo donde solo pequeñas cantidades de petróleo y gas fueron encontradas y donde la inclinación de la roca es muy pequeña. Debido a la diferencia existente, el petróleo, el gas y el agua tenderan a separarse y se han localizado según sus densidades respectivas, siendo esta separación ayudada por otros factores como sean, presión hidraulica y de roca, infiltración, capilaridad, atracción molecular, calor intenso y otros.

La hipótesis estructural está de acuerdo con la teoría anticlinal admitiendo que, sobre una dada estructura anticlinal ó monoclinal, el gas está más proximo a la superficie y el petróleo más abajo, mientras que el agua salada cuando existe, está todavía más abajo sobre los flancos de la elevación.

MIGRACION DEL PETROLEO :

Como sabemos, el petróleo se forma en las llamadas rocas madres, migrando de allí a través de rocas permeables hasta las "Rocas Reservorios" donde se acumulan en estructuras favorables. Las presiones hidrostáticas (presión ejercida por el agua), presiones de gases (arrastramiento de partículas de aceite por el contenido gaseoso del petróleo), capilaridad etc... son todos elementos responsables por la migración del petróleo.

La migración cuya velocidad es extremadamente baja, se efectúa en dos etapas:

- 1.- Migración primaria, de la roca madre a la roca reservorio, en virtud de los fenómenos de capilaridad, presiones hidrostáticas u orogénesis, calor intenso y circulaciones subterránea de agua.
- 2.- Migración secundaria, en el curso de la cual los gases, el aceite y el agua se separan por acción de la gravedad, de la capilaridad y de la absorción.

Tales fenómenos, que a veces puede ser entrecortados por fases estáticas, prosiguen hasta el establecimiento de un equilibrio entre las fuerzas de migración y la resistencia opuesta a esas fuerzas por las rocas.

Las rocas reservorio son de naturaleza porosa y permeables. La más común es la arenisca. La gréda cuando friable, es un excelente reservorio. El petróleo concentrase igualmente en el calcareo ó dolomita, pero solamente por migración lateral en virtud de fallas ó discordancias. La roca reservorio contiene cierta cantidad de agua intersticial, retenida por capilaridad. La fase gaseosa muchas veces no existe estando la totalidad de los cuerpos normalmente gaseosos disueltos en el aceite, sin todavía saturarlo. De cuando en cuando solo se encuentran reservorios en los cuales el único fluido es gas.

La asociación del petróleo ó de la roca reservorio puede ser de naturaleza pelicular ó de naturaleza supersaturada.

En el primer caso, el reservorio no es explotable. Las superficies de separación entre agua y petróleo y entre petróleo y gases no son definidas; hay una especie de emulsión entre ellas.

La migración puede concentrar el petróleo en varios horizontes, siendo la presión cada vez más débil a la proporción que se aproxima del suelo. Esa presión es debida al peso de los estratos suprayacentes y a los esfuerzos provenientes del movimiento del suelo, a la temperatura y a las modificaciones de la naturaleza del terreno.

Las condiciones de concentración del petróleo son las siguientes:

- 1.- Un horizonte que permita el movimiento de los gases y del petróleo.
- 2.- Un horizonte poroso que permita la acumulación.
- 3.- Una estructura capaz de permitir la acumulación en una zona.
- 4.- Un cierre impermeable que impida cualquier migración posterior.

PERFORACION DE POZOS PETROLIFEROS:

Perforar un pozo petrolífero es una operación muy costosa. La finalidad de las tareas de exploración es disminuir las posibilidades de que resulte infructuosa. Pero aún con el auxilio de la técnica moderna, perforar en un campo nuevo es una aventura.

Cuando se perfora para comprobar si existe ó no petróleo en una zona señalada como propicia por las investigaciones geológicas previas, la operación se denomina "Perforación de Exploración". Y llamase " Perforación de Explotación" cuando su finalidad es ya propiamente la de desarrollar la producción de un reservorio comprobado.

Hay dos sistemas de perforación: el de percusión y el de rotación. El primero, considerado ya primitivo, aún cuando se emplea todavía en trabajos de menor amplitud, fué el primero en ser usado. Con este sistema se va abriendo el pozo mediante golpes sucesivos que se aplican a las capas terrestres con un instrumenyo perforante.

Pero hoy dia más del 90% de los pozos se perforan por el sistema rotativo, que permite trabajar con mayor rapidez y alcanzar mayores profundidades. Ideado alrededor de 1900, este sistema concluye en una broca a la que se imprime un movimiento de rotación. Esta broca, que presenta en su extremo inferior poderosos dientes, es la que va cortando la tierra y penetrando cada vez más, bajo la presión de la tubería manipulada desde la torre de perforación.

A medida que va penetrando en la tierra la tubería de perforación, por su interior se inyecta en el pozo un lodo especialmente preparado, de determinada fluidez y densidad. Este lodo que se hace circular por medio de potentes bombas especiales ubicadas en lugar contiguo a la torre, llega hasta el fondo del pozo por el interior de la tubería de perforación y regresa por el espacio anular que existé entre la tubería y las paredes del

pozo abierto. Durante su circulación este lodo cumple diversos servicios como sean el de lubricar y enfriar la broca, evitar posibles derrumbes de las paredes y, lo que para nuestro estudio es más importante, arrastra consigo a la superficie las partículas que la broca va desmenuzando.

El constante estudio de estas partículas por los geopermite obtener la información necesaria acerca de la formación que se está atravesando.

Al salir, el lodo pasa por unos cedazos que retienen los pequeños trozos de roca que lleva. Estos trozos cortados que llegan a la superficie, son muestras reales de la roca que existe a la profundidad que ha llegado la broca, porque el error causado por el avance mientras la muestra viaja hacia arriba, es prácticamente despreciable.

RECOLECCION, PREPARACION Y DESCRIPCION DE LOS DETRITUS

Para conocer pués, la roca que se está perforando, basta tomar del cedazo la muestra que acaba de depositar el lodo. Para el estudio geológica, basta sacar una muestra cada 10' de avance. Pero, cuando el sector es bién conocido se saca muestra cada 20'; solamente cuando se desea hacer un estudio muy minucioso se reduce esta distancia hasta 5'. Así, cada vez que la columna de perforación baja la cantidad fijada, el perforador debe ordenar que se saque una muestra de los detritus y la lave poniendoseles a secar en casilleros separados.

El geólogo de pozo es quién va a los pozos a su cargo para recolectar los detritus previamente recogidos. Este recorrido normalmente se realiza dos veces al dia , exepcto cuando es iminente la llegada a un horizonte de interes, en cuyo caso se tiene que ir más seguido.

Los trabajos de perforación de un pozo son ininterrumpibles, desde que comienza hasta que terminan, trabajandose las 24 horas del dia y los 7 dias de la semana. Los trabajadores del pozo se turnan en tres guardias diarias de 8 horas seguidas.

Para el recorrido, se lleva sobres impermeables para guardar los detritus sacados y que estan colocados en sus casilleros. Es necesario esta precaución porque suele suceder que cuando se olvidan los poceros de sacar muestras, en cuando llegue el geólogo, ponen varias para que esten completas. Esto es grave porque así resulta erronea la columna litológica del pozo de la cual es responsable el geólogo del pozo.

Luego se pide una muestra extraordinaria, ó sea, una que todavia no tocaba sacar, para poder comocer lo que se está perforando en ese mismo momento.

Para conocer la última profundidad, se pregunta al perforador cuanto ha avanzado y se suma esta cantidad a la anotada en el diario de perforación al cambio de guardia.

En la hoja de informe de recorrido se anota junto con la fecha, la hora, número del pozo, profundidad actual, velocidad de avance de la perforación y observaciones sobre la broca. Esta hoja es distinta para cada recorrido, según los pozos que se visitan, y se devuelven como informe de lo que se ha hecho. No forma parte, pues, de la historia del pozo sino tiene un valor solo administrativo. La velocidad de perforación se da en piés por hora, y se obtiene dividiendo el avance desde que se está perforando sin interrupción entre el tiempo transcurrido. No se toma en cuenta el tiempo que la perforación esté detenida por cualquier razón.

Un informe de recorrido tendria la siguiente forma:

INFORME DE RECORRIDO		26-XI-60 A.M.	
POZOS	PROFUNDIDAD	VELOCIDAD	OBSERVACIONES
AM-23	450'	19	Se cambiará broca
JD-11	971'	20	Broca nueva
SB-26	544'	20	Broca nueva

En lo que respeta a la tarjeta del pozo, en ella se a nota como para el informe de recorrido, la fecha y hora, la profundidad de la primera muestra, ó sea la más alta, y la de la muestra extraordinaria, ó sea, de la última profundidad. Luego de un rápido examen de la última muestra se anota también la litología de lo que se está perforando. La profundidad de la primera muestra es el múltiplo de 5, 10 ó 20 piés (según sea el espacio entre muestra y muestra) inmediato superior a la profundidad de la muestra especial del recorrido anterior.

Como precaución, debe sacarse muestras siempre inmediatamente antes de izar la columna, aún que todavia no corresponda porque a veces es considerable el avance entre la última muestra y la última profundidad, y quedaria una sección ignorada hasta que se vuelva a perforar y recién sacar la muestra correspondiente, situación esta que puede ser de un largo lapso, más aún cuan

do hay derrumbes.

Supongamos el pozo SB-26; su tarjeta, como indica el gráfico que sigue, sería la siguiente: (graf. nº2)

Con esta tarjeta se ha hecho el correspondiente gráfico de avance que está dado en la figura nº3.

En cada recorrido después de haber hecho las anotaciones respectivas en la hoja de informe de recorrido y en la tarjeta del pozo, se escribe en los sobres el número del pozo y la profundidad de cada muestra, la que se guarda en su sobre correspondiente.

Esta operación debe ser hecha con el máximo cuidado, pues, es muy importante no confundir las distintas muestras, ya que de nada serviría tenerlas si no corresponden a la profundidad anotada, ó no se sabe a que profundidad pertenecen.

Una vez guardada la muestra en el sobre que le toca, hay que dejar completamente limpio el casillero donde se puso a secar para que no queden partículas que se mezclan con otra muestra cuando posteriormente vuelvase a usar ese mismo casillero. En todos estos detalles de precaución es necesario insistir por la importancia que tienen para que el trabajo sea correcto.

El pocero, al sacar la muestra del lodo, la lava antes de ponerlas en su casillero, en agua ó en gasolina si el lodo es a base de aceite. La muestra así lavada, todavía no está en condiciones de poder ser estudiada por lo que al llegar al laboratorio, requiere un nuevo y cuidadoso lavado hasta que los trozos de la roca esten limpios del lodo. Esto se consigue sometiendo a un simple chorro de agua la muestra dentro de recipientes apropiados que puede ser por ejemplo, una simple lata corriente de sección circular y presionando suavemente el material contra el fondo, hasta que el agua ya no se ponga turbia,

De la cantidad de muestra traída del pozo, solamente una tercera parte se destina al estudio del geólogo de pozo, pues, las otras dos son para el estudio de Micropaleontología y para archivar en el depósito.

La parte que estudia el geólogo de pozo se coloca en un plato que se colocará bajo el campo de un microscópio.

Indudablemente que el estudio se realizaria en mejores

condiciones si la muestra estuviera seca, pero con suficiente experiencia se puede estudiarla con bastante eficiencia estando aún mojada, ya que el avance rápido de la perforación no permite esperar que se seque.

Dado que algunas características varían según que la muestra esté mojada ó seca (el color, por ejemplo), se suele poner una cierta cantidad de agua en el plato suficiente como para que moje completamente la muestra, pero sin desmerecer la visión de ella en el microscópio.

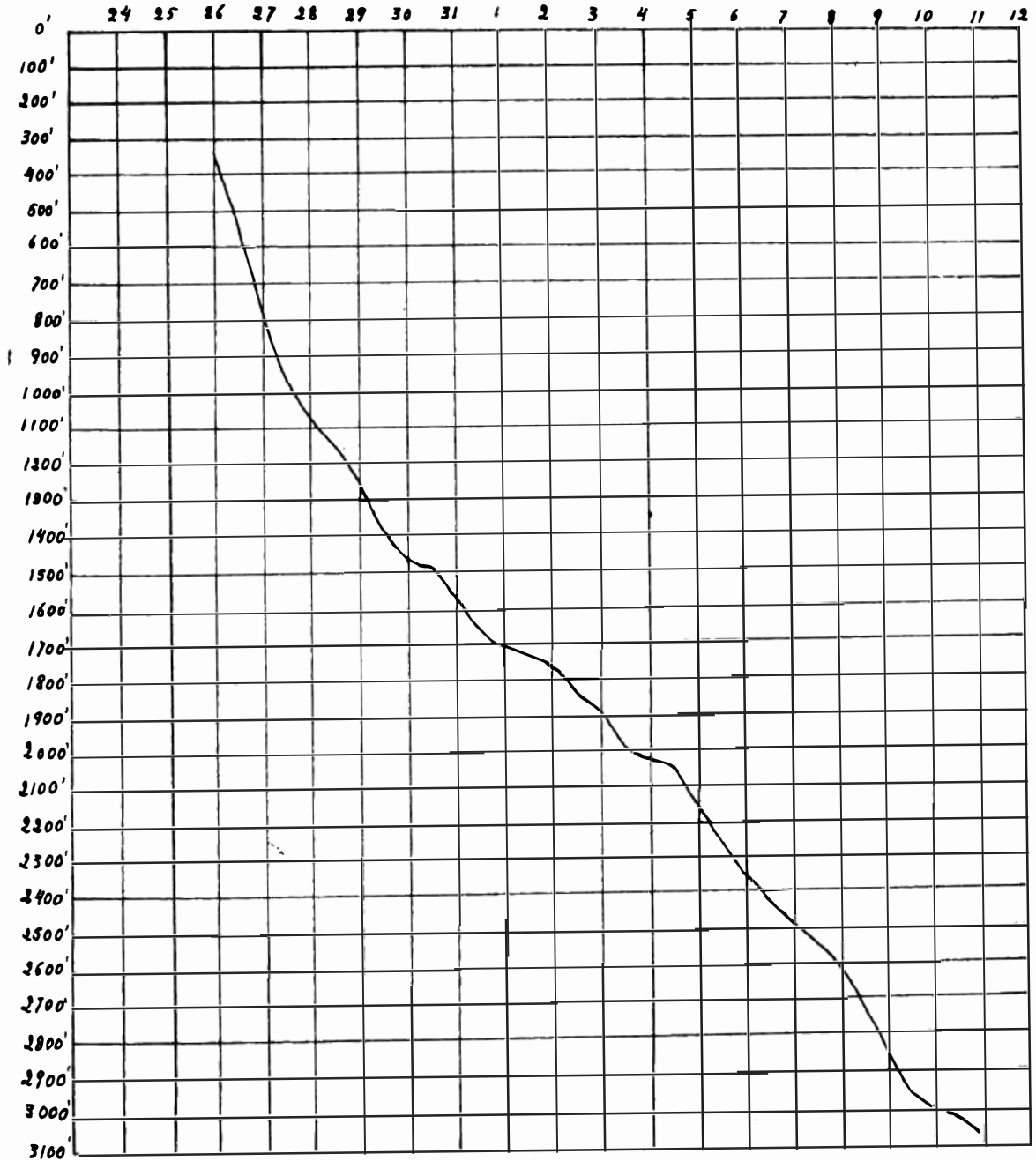
Además, conviene aclarar que algunas ventajas tiene también las observaciones de la muestra cuando está mojada, como por ejemplo, tener la evidencia, por el agua que no la enturbia, de que está limpia y no están sus características alteradas por el lodo de perforación.

TARJETA

POZO SB-26

26-XI-60	P.M.	340' - 544'	lut. 7 pc ar.
27-XI	A.M.	560' - 786'	lut. 7 ar.
	P.M.	800' - 971'	ar 7 pc lut.
28-XI	A.M.	980' - 1078'	ar 7 pc lut.
	P.M.	1080' - 1140'	ar 7 lut.
29-XI	A.M.	1150' - 1266'	lut.
	P.M.	1270' - 1385'	lut.
30-XI	A.M.	1390' - 1470'	lut.
	P.M.	1480' - 1485'	lut.
31-XI	A.M.	1490' - 1568'	lut. 7 pc ar.
	P.M.	1570' - 1643'	lut. 7 pc ar.
1-XII	A.M.	1650' - 1715'	lut. 7 pc ar.
	P.M.	1720' - 1734'	lut.
2-XII	A.M.	1740' - 1750'	lut.
	P.M.	1760' - 1838'	lut.
3-XII	A.M.	1840' - 1894'	lut. 7 pc ar.
	P.M.	1900' - 1977'	lut. 7 pc ar.
4-XII	A.M.	1980' - 2036'	lut.
	P.M.	2040'	lut.
5-XII	A.M.	2050' - 2163'	lut. 7 pc ar.
	P.M.	2170' - 2269'	lut. 7 pc ar.
6-XII	A.M.	2270' - 2352'	lut. 7 pc ar.
	P.M.	2360' - 2425'	lut. 7 pc ar.
7-XII	P.M.	2430' - 2490'	lut. 7 pc ar.
8-XII	A.M.	2500' - 2604'	lut.
	P.M.	2610' - 2747'	ar 7 lut.
9-XII	A.M.	2750' - 2857'	ar 7 lut.
	P.M.	2860' - 2977'	ar 7 lut.
	ExTr.	2980' - 2997'	ar ;
10-XII	P.M.	3000' - 3015'	ar 7 tr lut.
	ExTr.	3020' - 3034'	ar 7 pc lut.
11-XII	A.M.	3040' - 3055'	ar 7 pc lut.
	P.M.	3060' - 3073'	ar 7 pc lut.

GRAFICO DE AVANCE



DESCRIPCION LITOLÓGICA:

El estudio de los detritus se hace al microscópio para que sea el más eficiente posible. En los microscópios que se usan, la lente ocular suele tener 10 aumentos, cambiándosela con objetivos de 2, 4 y 6 aumentos, dando consecuentemente aumentos de 20, 40 y 60 aumentos. La combinación más frecuente es de 40 aumentos, salvo si se desea mayor aumento pasándose entonces para 60 aumentos. Hay que considerar que los cortes que hace la broca son irregulares, según la dureza de la roca, y no se obtiene una pulverización de ella sino una trituración irregular. Por esto si se pusiera aumentos muy grandes seria necesario variar constantemente la distancia focal para observar con nitidez en un mismo campo, cuerpos que se hallan en distintos planos en relieve, por no ser todos del igual tamaño.

La observación microscópica de la muestra tiene por objeto la descripción litológica de la misma. Este estudio consiste en determinar los elementos constitutivos de la roca, las cantidades en que se presentan y las demás características.

No se trata de un estudio académico exhaustivo de cada muestra sino por el contrario solamente se pretende reconocer lo estrictamente necesario para saber que horizonte se está perforando, y esto hay que hacerlo con la mayor brevedad posible, por que la perforación sigue avanzando. En una investigación estratigráfica, para la cual se usaria las muestras que se guardan.

Desde el punto de vista del petróleo, nos interesa saber en las formaciones atravesadas, posibles rocas madres, ó reservorios ó trampas. Se anota por lo tanto, si lo que constituye la muestra es caliza (slate), lutita ó greda (shale), arenisca (sandstone) ó arena (sand), y que porcentaje se presenta.

Practicamente es imposible (aún que teoricamente no) que en una muestra se encuentre solamente lutita, arenisca ó arena. Lo frecuente es que se encuentre los tres materiales, y en

algunos casos solo dos.

Es conveniente aclarar que a la arena que no es roca como si lo es la lutita y la arenisca, se le considera para el caso de descripción litológica en igualdad de condiciones con las otras rocas, por la abundancia con que se presenta y por la importancia que tiene para indicar ciertas características estratigráficas. Si encontramos arena en una muestra, eso no quiere decir que a la profundidad de donde ha sido sacada existe arena suelta. A cierta profundidad la arena depositada sea el depósito acuático ó eolítico, se transforma necesariamente en roca, en una arenisca. Esto se debe fundamentalmente a la presión de los estratos suprayacentes a lo que se agrega además el agua filtrada por los espacios inter-granulares que lleva materiales en disolución ó en suspensión y que así rellena dichos espacios actuando como matriz de la roca que se forma.

La arena de la muestra procede pues, de la desintegración de las areniscas a esta profundidad, disgregación producida por la trituración de la broca ó también por el efecto del lavado de la muestra que disuelve la matriz de la arenisca.

La importancia de la arena estriba en que ella nos indica con su cantidad, la mayor ó menor dureza de la arenisca, porque logicamente, si la arenisca es muy dura, será difícil desintegrarla y se tendrá poca arena. En caso contrario, la arena será abundante. Además el tamaño de los granos, su angulosidad, los minerales que se hallan en muy poca cantidad, etc... no pueden ser apreciados exactamente en la arenisca pero si en la arena.

DETERMINACION DE CANTIDADES:

Para describir cada material que se está estudiando en la muestra, hay que anotar primero la cantidad en que se presenta. La apreciación del porcentaje, de la muestra que representa se puede hacer comparando la frecuencia de este material dado con una muestra patrón, como las que se encuentran en el gráfico que sigue.

La exactitud en la apreciación de la cantidad es de mucha importancia y solamente se consigue con la práctica.

Dado que la arena y la arenisca es el mismo material, bajo distintos aspectos, se acostumbra describir primero la lutita y luego la arenisca seguida de la arena.

Solamente se indica la cantidad de los materiales que se hallan en minoría, dejando sin indicación de cantidad pero subrayando el material dominante.

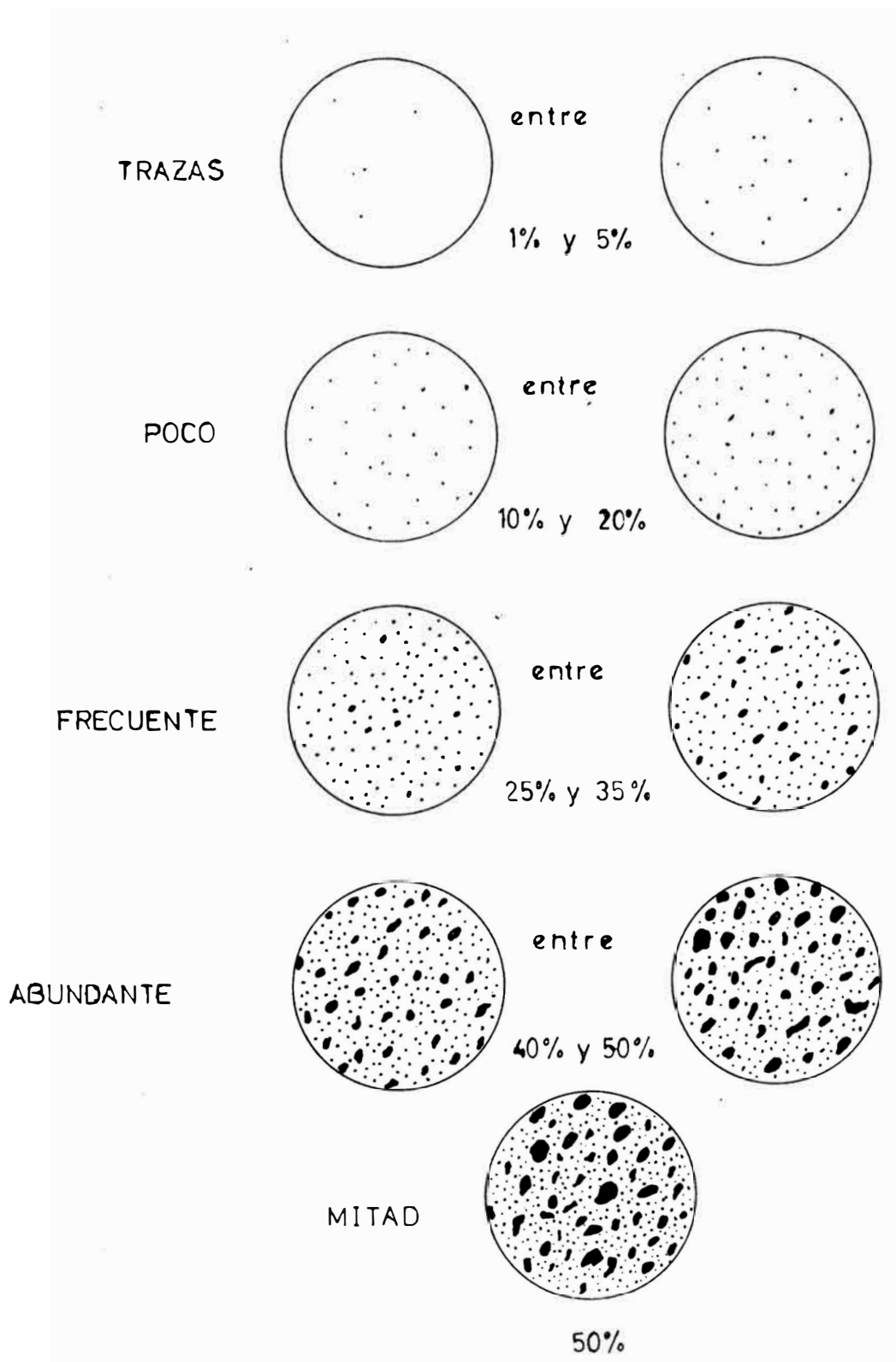
Como regla general, habiendo tres materiales, los dos minoritarios no pueden ser abundantes, ni abundante y frecuente. Cuando hay dos materiales solamente, y sucede que estos se presentan en igual cantidad, es el único caso en que se usa para determinar la cantidad el término "Mitad".

Como en este trabajo la rapidez tiene gran importancia la descripción se suele anotar abreviadamente, utilizando las siguientes abreviaturas:

LUTITA.....	lut
ARENISCA.....	ars
ARENA	ar
TRAZAS.....	tr
POCO.....	pc
FRECUENTE.....	frec
ABUNDANTE.....	ab

Después de determinar la cantidad, se pasa a describir las características de cada material presente en la muestra.

GRAFICO DE CANTIDAD DE MATERIALES EN PORCENTAGE



La lutita es una arcilla consolidada, silicato de aluminio hidratada y se reconoce por la extraordinaria finura de sus granos que no se logran distinguir.

Al describirla hay que anotar en primer lugar el color que aún que se crea que es algo empírico, sin embargo tiene cierta importancia porque la presencia de ciertos cuerpos al momento del depósito ó después de el, imprime una coloración determinada que a veces hasta llega a ser característica fundamental para la identificación de un horizonte. No siempre toda lutita tiene el mismo color, y en estos casos se debe anotar los varios colores que presenta.

En segundo lugar se examina la dureza, haciendo presión con un punzón sobre varios trozos, anotandose si la lutita es blanda, medianamente blanda, medianamente dura ó dura.

Finalmente se observan las impurezas que contienen, por ejemplo, si es calcarea (lo cual con ácido clorhídrico diluido se reconoce facilmente), si tiene mica, si tiene inclusiones carbonosas (que se identifican por su color negor y fractura en prisma), si es arenosa, etc...

Luego se examina la arenisca, comenzando por el color. Como una arenisca es un conjunto heterogeneo de granos de distinta naturaleza, se anota el color más ó menos general y no el de cada grano.

Con un procedimiento similar al usado con la lutita se determina la dureza de la arenisca, si es friable, medianamente friable, medianamente compacta ó compacta.

Observamos también el tamaño de los granos, comparandolos con tamaños tipos. Para hacer esto se toma una muestra cualquiera bien lavada y seca, a la que se hace pasar por tamices calibrados sucesivamente del más grande al más pequeño. Los granos más pequeños atravesarán los primeros tamices y se quedarán en los siguientes de acuerdo a su tamaño, obteniendose así en cada malla los granos de dimensiones menores que la de la trama del último tamiz atravesado, y mayores que la del que los retienen. Para asegurarse que no quedan sobre cada malla, granos más pequeños que las dimensiones de la trama de ella, y que todavía puedan pasar al tamiz siguiente, es necesario seguir

moviendo los tamices hasta que ya no hayan granos que lo atraviesen.

Utilizando cedazos de dimensiones standard $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{60}$ y $\frac{1}{100}$ podemos separar granos de distintos tamaños tipos, de acuerdo al siguiente cuadro de clasificación:

TAMAÑOS TIPOS DE GRANOS

Grueso (coarse) gr-	no atraviesa el tamiz standrã de $\frac{1}{20}$
Medio (medium) md-	no atraviesa el tamiz standar de $\frac{1}{60}$
Fino (fine) fn-	no atraviesa el tamiz standard de $\frac{1}{100}$
Silt	- atraviesa el tamiz standard de $\frac{1}{100}$

Tomando de cada tipo de grano asi separados una muestra que se guarda en su cavidad correspondiente con la anotación de su tamaño se tendrá un slide para cualquier comparación de tamaños.

Examinando la arena hay que anotar si el color de los granos de cuarzo, su principal constituyente, es cristalino ó blanquecino, si el tamaño de ellos es silt, fino, medio, grueso ó más grande aún, en cuyo caso se trata de una arena conglomerática. No siempre es del mismo tamaño la arena que los granos que se han observado en la arenisca. Tambien se examina la forma de los granos que no podrá ser una esfera perfecta, pero si sub-redondeada, sub-angular ó aun angular.

Aunque la arena está compuesta, como ya se ha dicho, principalmente a base de cuarzo, tambien tiene otros cuerpos parecidos a esas dimensiones, como la calcita, reconocible solo por efervecer con ácido clorhidrico, pués su fractura es casi indeterminable. Se encuentra tambien en la arena, pirita, glauconita, dolomita, yeso, limonita, bentonita, etc...

ANOTACION DE LA DESCRIPCION:

Todo lo que se ha observado en la muestra, se anota en el registro litológico, poniendo antes la profundidad a la que se sacó dicha muestra. En las siguientes muestras se anotan solamente las cantidades de los materiales que se observan y si las características siguen siendo las mismas no se la repiten.

Cuando hay un cambio en la litología, se le indica con una nueva descripción.

Este trabajo de descripción litológica de los detritus es ciertamente el más importante y delicado, más aun si se considera que se den hacer con gran rapidez y precisión.

De este trabajo depende, por ejemplo, el momento en que se toman pruebas de formación, se saquen núcleos, se detenga la perforación, etc...

Por último para determinar los topes y que horizontes deben ser abiertos a la producción, la descripción litológica tiene una gran importancia que es a veces decisiva.

Finalmente, conviene anotar que con alguna frecuencia se encuentran en los detritus materiales equivocados, como por ejemplo, trozos de la broca que se va desgastando, ó bien materiales de derrumbe que ya no se deberían presentar. Todos estos problemas pueden ser resueltos con relativa facilidad cuando se tiene experiencia en el examen de los detritus ya que de los conocimientos, es fundamental la práctica que se tenga.

Para ilustrar con un ejemplo de como se hace la anotación de la descripción litológica de un pozo, tomo como ejemplo la descripción litológica del pozo SB-26, y como es solamente para ejemplificar, empiezo ya a anotar desde los 2610' en adelante, pues en este trecho aparecen las formaciones más importantes, incluso la formación petrolífera.

El ejemplo seria el siguiente:

8 - XI - 60 P.M.

2610'	<u>lut</u> mr obs dr;tr ars mr/gris obs comp;silt/fn	NF
2620'	<u>lut</u> ;tr ars;pc ar	NF
2630'	<u>lut</u> ;pc ars;tr ar	NF
2640'	id	NF
2650'	id	NF
2660'	<u>lut</u> ;tr ars mr obs;tr ar silt	NF
2670'	<u>lut</u> mr obs dr;tr ars;tr ar fn/silt	NF
2680'	<u>lut</u> mrñtr ar	NF
2690'	<u>lut</u> ;tr ars;tr ar fn	NF
2700'	<u>lut</u> mr;tr ar fn/silt	NF
2710'	id	NF
2720'	id	NF
2730'	<u>lut</u> mr/gris md dr;tr ars gris comp	NF
2741'	ab lut mr bl; <u>ars</u> gris/vd md fr;pc ar gr/md subang congl.	TF

8 - XI - 60 A.M.

2750'	pc lut mr/gris bl mic; <u>ars</u> gris md fr;frec ar cz	TF
2760'	ab lut bl mic; <u>ars</u> gris; pc ar cz congl calcita	RF
2770'	<u>lut</u> ;bl mic;frec ars gris fr;pc ar md;congl.cz calcita	BF
2780'	pc lut bl gris mic carb; <u>ars</u> gris fr calc;frec ar md cz	RF
2790'	frec lut gris obs bl mic; <u>ars</u> gris fr;frec ar cz calc	TF
2800'	pc lut bl gris/mr obs mic; <u>ars</u> gris/vd fr;frec ar;cz	PF
2810'	tr lut gris bl mic; <u>ars</u> gris fr calc;ab ar gr;cz calc	TF
2820'	tr lut md bl; <u>ars</u> md fr calc;pc ar gr/md;cz congl	TF
2830'	<u>lut</u> md dr mic;frec ars md comp calc;tr ar md;cz congl	TF
2840'	frec lut md bl mic; <u>ars</u> md fr;frec ar md;cz congl	MF
2850'	frec lut; <u>ars</u> gris fr;frec ar md;cz congl	TF
2857'	pc lut gris obs carb; <u>ars</u> gris/mr fr;frec ar cz congl	TF

9 - XI - 60 P.M.

2860'	pc lut gris bl; <u>ars</u> gris fr;frec ar cz congl calc	TF
2870'	ab lut; <u>ars</u> gris fr carb;fr carb;tr ar md/fn;cz calc	TF
2880'	ab lut; <u>ars</u> fr;pc ar md;congl cz calcita	TF
2890'	id	TF
2900'	<u>lut</u> mr obs md dr calc;trars mr/gris comp;tr ar subang	NF
2910'	<u>lut</u> mr calc;tr ars tr ar	NF

2920'	<u>lut</u> ;tr ars	NF
2930'	lut;tr ars;tr ar	NF
2940'	<u>lut</u> ;tr ars	NF
2950'	id	NF
2960'	<u>lut</u> ; tr ars;tr ar	NF
2970'	tr lut gris obs bl mic; ab ars/gris fr mic carb ; <u>ar</u> fn/md cz congl	MF
2977'	pc lut; <u>ars</u> md;frec ar;cz congl calcita	MF

EXTRAORDINARIA

2980'	pc lut gris bl mic; <u>ars</u> md calc;pc ar md;cz congl	MF
2990'	tr lut; <u>ars</u> fr;ab ar congl	BF
2997'	tr lut; <u>ars</u> fr;frec ar subang md/gr; congl cz	MF

10 - XI - 60 P.M.

3000'	tr lut gris bl mic; <u>ars</u> vd fr;frec ar gr;cz congl	BF
3010'	pc lut; <u>ars</u> ;frec ar;cz congl	RF
3015'	tr lut; <u>ars</u> vd/gris;frec ar;cz congl	BF

EXTRAORDINARIA

3020'	tr lut gris obs bl;ab ars vd fr carb mic; <u>ar</u> gr subang	MF
3030'	frec lut; <u>ars</u> md fr;cz congl	RF
3034'	pc lut; <u>ars</u> fr;ab ar;cz congl	BF

11 - XI - 60 A.M.

3040'	pc lut gris bl; <u>ars</u> vd/gris fr carb;frec ar subang;cz	RF
3050'	frec lut; <u>ars</u> vd;pc ar;cz congl	BF
3053'	pc lut; <u>ars</u> ;ab ar cz congl	RF

11 - XI - 60 P.M.

3060'	tr lut gris bl;ab ars vd fr carb; <u>ar</u> subang	MF
3070'	pc lut mic; <u>ars</u> fr carb;ab ar; cz congl	TF
3073'	<u>lut</u> gris bl carb; tr ars gris;pcar md	NF

Este registro de las descripciones de los detritus estudiados constituye la base de la carpeta del pozo.

Como se ha podido apreciar, la anotación de las descripciones es hecha totalmente en abreviaturas convencionales.

Según para que han sido empleadas las abreviaturas en la anotación, son los siguientes sus significados:

CANTIDADES

tr.....trazas
pc.....poca
frec.....frecuente
ab.....abundante

MATERIALES

lut.....lutita
ars.....arenisca
ar.....arena

COLORES

obs.....obscura
clclara
gris.....gris
vd.....verde
mr.....marron
az.....azulada
rj.....roja
am.....amarilla

DUREZAS

bl.....blanda
md bl.....medianamente blanda
md dr.....medianamente dura
dr.....dura
fr.....friable
md fr.....medianamente friable
md comp.....medianamente compacta
comp.....compacta

TAMAÑO DE LOS GRANOS

silt.....silt
fn.....fino
md.....mediano
gr.....grueso
guij.....guijarroso

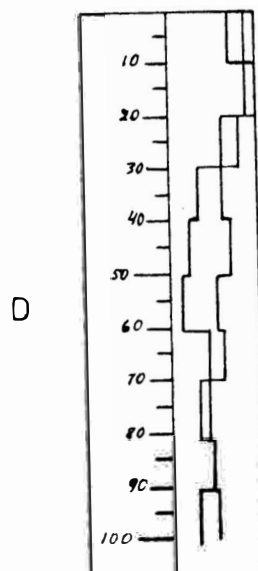
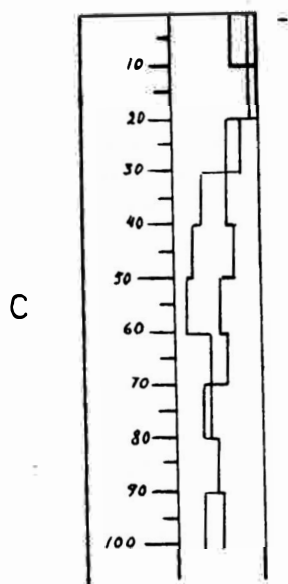
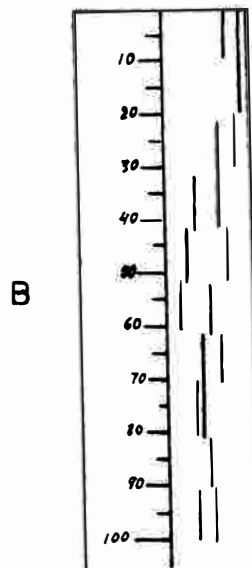
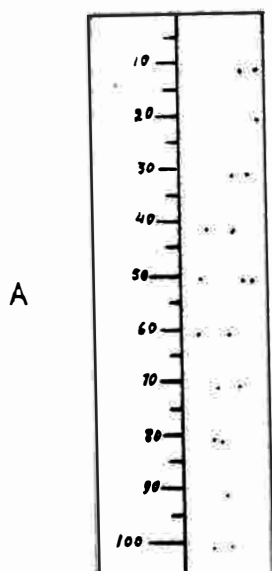
OTRAS INCLUSIONES

calc.....calcarea
yes.....yesosa
mic.....micaceo
carb.....carbonosa
dol.....dolomita
cz.....cuarzo

FORMA DE LOS GRANOS

ang.....angular
sub-ang.....sub-angular
sub-red.....sub-redonda

MÉTODO DE TRABAJO PARA HACER LA COLUMNA ESTRATIGRAFICA



FLUORESCENCIA:

El estudio de la fluorescencia es de extraordinaria importancia para determinar los horizontes con manifestaciones petrolíferas.

Este estudio consiste en someter la muestra, en la obscuridad, a la acción de los rayos ultra-violeta producidos por un aparato llamado "Mineral Light".

Denominamos rayos ultra-violeta a las radiaciones de longitud de onda comprendida entre 136 μ y 4,000 μ ó sea entre los rayos luminosos y los rayos X. Su nombre es debido a que están más allá del color violeta, que es la radiación de menor longitud de onda que puede ser observada por el ojo humano (y por tanto colocada al extrema del espectro de los colores que constituyen la radiación luminosa vísible).

La fuente natural de los rayos ultra-violeta es la radiación solar, pero como la fluorescencia solamente se puede apreciar en la obscuridad, para el estudio de la fluorescencia en los detritus se utiliza el ya citado aparato. Esta lámpara filtra las radiaciones que produce, permitiendo el paso de los rayos ultra-violeta solamente.

La energía de los rayos ultra-violeta causan un transtorno a las partículas que constituyen los átomos sobre los que inciden, produciendo una pérdida de energía en ellos, pérdida esta, ó radiación de una longitud de onda comprendida entre la de los rayos luminosos.

Por lo tanto, la energía en forma de rayos ultra-violeta que se emplea con la muestra fluorescente, regresa al ojo del observador convertido en forma de rayos luminosos.

Según la naturaleza de los átomos sometidos a estos rayos, será la longitud de onda de la radiación que producen ellos, y por consiguiente, el color de la luz que se observará. Este color característico para algunos elementos es lo que se llama fluorescencia.

No todos los minerales tienen fluorescencia, pero el petróleo, tiene una fluorescencia característica que lo iden-

tífica y que en el caso de los detritus areniscas, puede indicar con toda seguridad su presencia en el.

Si sometemos un detritu de arenisca impregnado con petróleo, se podrá observar una fluorescencia clara, azul-amari-
lla. Esta fluorescencia es bastante distinta de la fluorescencia de la calcita que es de un color amarillo intenso y brillante. Se puede observar algo de fluorescencia en las areniscas y gredas calcareas.

Para el examen fluoroscópico de los detritus solo se considera la fluorescencia del petróleo, dejando de lado las otras que por acaso aparecen. Una muestra que no presenta fluorescencia de petróleo, se le considera no fluorescente, pudiendo presentar fluorescencia de calcita por ejemplo.

Se puede diferenciar la fluorescencia del petróleo de las otras, por ser esta casi granular lo que no sucede con la de la calcita que es continua. En todo caso, echando ácido clorhídrico diluido sobre la muestra que presenta fluorescencia dudosa, es posible certificarse según efervezca ó no.

Pero la interpretación de la fluorescencia se complica si reparamos que siempre y en todas partes el petróleo no es de una misma calidad. Esto determina que según su calidad, según su composición, varia algo su fluorescencia. Por esto, en reservorios nuevos, este examen debe hacerse con mayor cuidado y prudencia. Hay variaciones no solo en el color de la fluorescencia como también en la intensidad de la misma.

Puede suceder que los detritus tengan fluorescencia de intensidad anómala por no estar conforme con la realidad.

Algunas veces ocurre que una arenisca petrolífera no presenta fluorescencia y por consiguiente no se obtenga datos sobre su contenido de petróleo. Esto puede explicarse como debido a que el lavado de la muestra ha sido exagerado y ha quitado todo vestigio de petróleo, como también que la hayan dejado expuesta al sol intenso. El lodo también puede haber quitado la película aceitosa dejando así el detritu desprotegido.

Por el olor en los detritus también se puede determinar la presencia de petróleo.

De una manera similar a la determinación de cantidades

de granos de los detritus se aprecia la cantidad de fluorescencia, como indica el cuadro siguiente:

CANTIDAD DE FLUORESCENCIA

NF Nada.....0%	RF Regular..... 20% - 30%
TF Trazas.....hasta 5%	BF Buena..... 35% - 50%
PF Poca.....5% - 20%	M ^t Mucha.....más de 50%

El registro de la fluorescencia se lleva haciendo la anotación respectiva después de la descripción litológica.

El registro donde se anota gráficamente la descripción litológica, la fluorescencia y demás datos del pozo, se le llama "Strip Log". Se le hace en tal forma que por ser una faja larga, semeja a escala, la columna del pozo perforado.

Los datos de la parte superior se obtienen de la hoja de recomendación de perforación. Algunas de estos datos se anotan en forma definitiva y otros en forma provisional, pues están sujetos a rectificaciones.

En forma definitiva son anotados el número del pozo, el Sector, reservorio, milla cuadrada y finalmente la última profundidad recomendada. Las anotaciones sujetas a modificaciones son las coordenadas y la sección estratigráfica esperada.

Se deja en blanco para ser llenada en su debida oportunidad las fechas del comienzo y fin de la perforación, el total perforado, el resultado y el horizonte productivo.

Estas anotaciones están compuestas de izquierda hacia la derecha de una columna graduada a modo de escala de profundidad. Otra columna para llenar gráficamente con los signos convencionales que indican la litología que se va encontrando, y finalmente un espacio designado para describir brevemente los caracteres litológicos.

Tomemos como ejemplo el registro de descripción, en el que solo figuran cantidades:

10' lut; pc ars; tr ar
 20' lut; tr ars
 30' lut; pc ars; ab ar
 40' lut; frec ars; ab ar

- 50' frec lut; ars; frec ar
 60' pc lut; ars; frec ar
 70' lut; pc ars; ar
 80' ab lut; tr ars; ar
 90' lut y ar
 100' ab lut; pc ars; ar

Las proporciones se hacen gráficas dándoles el grosor vertical que les corresponden de acuerdo a la siguiente tabla:

tr.....trazas.....	1 mm
pc.....poca.....	2 mm
frec.....frecuente.....	3 mm
ab.....abundante.....	4 mm

Como en la descripción no se indica la cantidad del material dominante, para graficar cada muestra se anota los grosores de los materiales en minoría, y lo que resta, representa el porcentaje del material dominante. (gráfico "A").

En segundo término se trazan las verticales a lo largo de la profundidad que representa la muestra, para separar los distintos minerales. (gráfico "B").

Después se trazan las transversales que limitan las muestras de diferentes profundidades. (gráfico "C").

Finalmente se pintan los colores respectivos convencionales. Se utiliza para identificar la lutita, el color azul, para la arenisca el color anaranjado y para la arena el amarillo.

Para representar un conglomerado se le dibuja en la columna litológica, anillos irregulares que varían en tamaño y cantidad según la descripción.

Estas anotaciones resultan ser la representación gráfica a escala de la real columna atravesada por el pozo en la perforación.

Además de las anotaciones precedentes, se anota también la fluorescencia petrolífera de la muestra. Para esto se dibuja al costado del gráfico litológico u en las profundidades que representan las muestras, la intensidad de la fluorescencia que tienen, con líneas características de acuerdo a la siguiente tabla:

TF Trazas de fluorescencia
 PF Poca fluorescencia
 RF Regular fluorescencia
 BF Buena fluorescencia
 MF MUcha fluorescencia

El color para representar la fluorescencia es el verde. Dado que con el gráfico se conocen solo los materiales de las muestras y sus proporciones, los demás datos relativos a color dureza, etc... se completan anotándolos en la columna de la derecha del strip log, sin que llegue a ser una descripción completa de cada muestra, sino solo las características más salta-ntes.

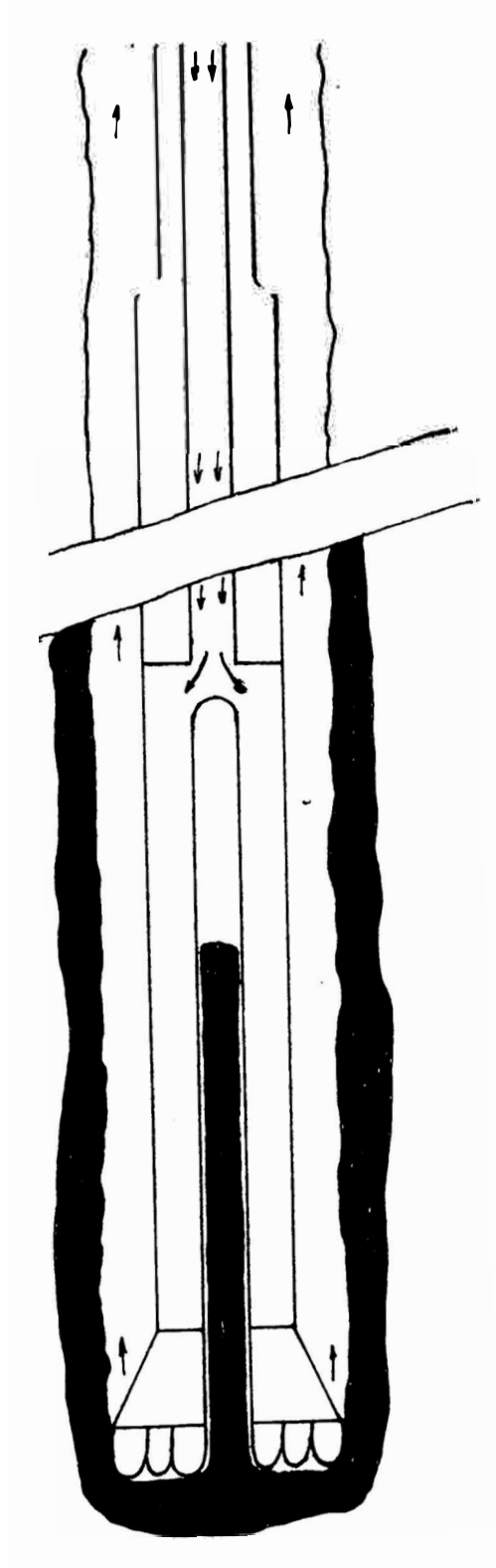
Finalmente conviene ir anotando las fechas de las últimas profundidades conforme avanza la perforación. Asimismo, se anotan algunos datos concernientes a los núcleos, pruebas de formación y completación del pozo.

Con el registro litológico de los núcleos se hace un strip log similar al que se hace con los detritus.

Para obtener esta clase de muestras, el sistema de perforación varia, ya que en lugar de una broca corriente se utiliza en la parte más inferior de la columna de perforación, el "Core Barrel", y la broca especial para corear. Esta broca no tritura todo el fondo del pozo, sino deja intacta una columna central de roca que se va introduciendo hacia arriba por el centro de ella, conforme la columna de perforación avanza hacia abajo. Además, la broca posee unas uñas que permiten la ascensión del trozo pero no su caída cuando la columna de perforación es izada. La muestra atraviesa el centro de la broca y se va alojando en el "Core Barrel" el cual tiene una longitud suficiente para alojar hasta 20' de roca.

El "Core Barrel" consiste en dos tubos concentricos. El fluido de perforación que ingresa al pozo a través del centro de la columna, al llegar al "Core Barrel" es obligado a bajar por el espacio anular comprendido entre los dos tubos, gracias a una válvula que en la parte superior tiene el tubo interior y que no permite el ingreso del lodo a este.

CORTE TRANSVERSAL DE LA TUBERIA PARA
PERFORACION DE CORES



Como se comprende, es importante que el lodo no baje a través del tubo interior del "Core Barrel" porqué impediría el ingreso de la roca en él. La salida del lodo al exterior se realiza normalmente por el espacio anular entre el exterior del core barrel y las paredes del pozo.

La perforación de núcleos es más lenta por diversos motivos: en primero lugar se tiene que disminuir la velocidad de la mesa rotatoria; además, después de cada 20' perforados hay que sacar toda la columna afin de extraer el núcleo.

La recepción del núcleo requiere la presencia de un geólogo, pues implica problema de orden práctico de mucho esmero. Basta un pequeño descuido en la ordenación de los trozos en que se haya fraccionado el núcleo para que esta no tenga mayormente valor científico.

El núcleo nunca sale de una sola pieza de 20', sino dividido en varias partes que es necesario conservarlas en el mismo orden que han estado. Para esto una vez sacado el Core Barrel se le mantiene algo inclinado y se desenrosca la broca con lo que el núcleo puede ya caer. Se le recibe trozo por trozo para colocarlo en cajas de metal que suelen tener 3' de longitud y que deben tener anotado no solo el número, sino el extremo que corresponde al fondo y al tope. Así, pues, el primer trozo se coloca en la última caja, ó sea en la de numeración más alta, poniendo la parte más inferior del núcleo en el lado de la caja que tiene la anotación de "fondo", quedando así la parte superior hacia el lado anotado como "tope".

De esta manera se llena la longitud de la caja con los trozos de núcleos que sean necesarios para completarla. Luego se siguen colocando en la misma forma los siguientes trozos de núcleo en la caja de numeración inmediatamente inferior y así sucesivamente.

Además de los trozos de núcleo que se ponen en las cajas, se guardan algún otro trozo en latas especiales para que se conserve recubierta por el mismo lodo. Estas últimas muestras se guardan así para que no pierdan el fluido que pueden contener. Con ellas se hacen estudios de reservorios. Para su identificación, estas latas suelen estar marcadas con letras.

Como el mismo geólogo de pozo debe determinar la acción a tomarse, tiene que realizar un somero estudio del núcleo en el mismo pozo, acabado se saca, mediante un rápido examen litológico y fluoroscópico.

Estando esta clase de perforación superditada al factor económico, es necesario determinar cuando ya se ha concluido con la sección que se quería muestrear de esta manera, para continuar con la perforación corriente ó detener la perforación.

Los núcleos plantean algunos problemas como por ejemplo el de recuperación, Es rara la oportunidad en que se encuentre en el Core Barrel una cantidad de núcleo igual a la avanzada en la perforación.

Posteriormente a los informes de recuperación de los núcleos, se hace la descripción litológica de ellos.

Para esa descripción se tiene la ventaja de poseer la muestra continua y se puede apreciar por lo tanto la variación de diversas circunstancias sedimentológicas al momento del depósito, examinando el cambio en el tamaño de los granos y en la forma de ellos, la inter-estratificación, etc..., pero presenta el obstáculo del ajuste de las profundidades, ya que rara vez se logra recuperar el 100%.

Además, hay que aclarar que el estudio de los núcleos es de valor no tanto para el reconocimiento estratigráfico de orden práctico de la geología de pozo, sino más bien para estudios de reservorios (de Ingeniería de Petróleo), de Sedimentología y de Geología Estructural.

El strip log de los núcleos no lleva en consideración la arena, como en los detritus, porque se trata de describir una muestra compacta de la cual aún que se desmenuce la arenisca, se considera solo lo que queda.

A seguir tenemos un ejemplo de como se hace un informe de los núcleos que se sacan de un pozo.

Supongamos un pozo cualquiera, como por ejemplo, el pozo SB-26.

El informe sería el siguiente:

POZO SB - 26

NUCLEO N°1

Fecha 9-XII-60 Hora 11 P.M.Intervalo 2977' - 2997'Recuperado 19'6" (97.5%)Litología ars.vd/gris comp carb mic inter-estr congIndicaciones Petrolíferas: fondo 10' saturados.Muestras para reservorio: A, B, C.Acción a tomarse: Seguir adelante coreandoGeólogo de Pozo

Posteriormente a los informes de recuperación de los núcleos, se hace la descripción de ellos. Para esta descripción se tiene la ventaja de tener la muestra continua.

Después se hace el registro litológico de estos núcleos y un ejemplo de este registro a base de ellos sería el siguiente como sigue:

Supongamos los núcleos del pozo SB-26.

NUCLEO N°1: 8' ars vd/gris comp md/gr carb mic calc c₇; inter-estr congl; frec lut gris de calc.

9'6" ars vd/gris md comp; inter-estr yes; tr lut carb

2' ars vd fr gr/congl; carb

NUCLEO N°2: 5'4" ars vd fr/congl; carb; ir

7' ars gris md fr md/gr cz; pc lut inter-estr dr; ir

NUCLEO N°3: 8' ars vd md fr sub-ang mic carb congl cz; tr lut; ir

4' lut inter-estr gris/vd ar md bl; ars fr fn/silt

3' ars vd/gris fn/md sub-ang/sub-red mic carb cz ir
tr lut fn

NUCLEO N°4: 10' ars vd/gris fn/md sub-ang mic carb cz; tr lut

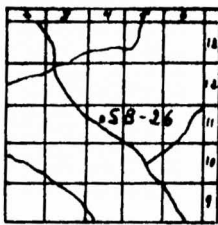
4'6" lut inter-estr ar gris carb; ars md fr vd

2'8" ars gris/vd md/gr sub-ang congl cz mic carb; tr
lut silt

NUCLEO Nº5: ^{15'}ars gris/vd fr gr congl carb mic ir cz sub-red
3' lut gris md bl/bl carb;tr ars

Con esta descripción se hace el strip log de los nucleos de manera similar al strip log hecho con los detritus.

POZO SB-26



SECTOR SANTA ROSA
 RESERV. SIMA
 MILL. CUAD. 11-N-4
 N 713'
 E 3519'
 ELEV. 535'

ULT. PERF. REC. 3300'

TOTAL PERF. 3090'

COMENZADO 22-XI-60

TERMINADO 12-XII-60

RESULTADO PRODUCE PETROLERO

HORIZ. PRODUC. RESTIN

SECCION ESTRATIGRAFICA:

327' - 1160' VERDUN

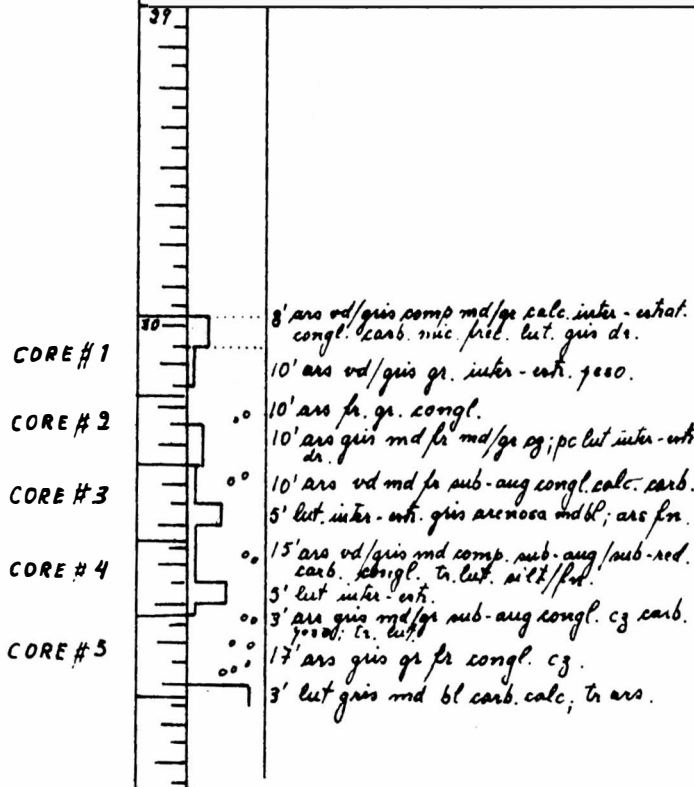
1160' - 2730' TALARA DE PRIETA - RICA

2730' - 2895' HELICOLEPIDINA

2895' - 2960' TALARA DE PRIETA - RICA

2960' - 3070' RESTIN

3070' - 3090' PALE GRED



DETRITUS Y SU RELACION CON LOS OTROS METODOS DE
GEOLOGIA DE SUBSUELO

Los siguientes métodos de geología de subsuelo pueden relacionarse con el método de los detritus estudiado en la presente tesis:

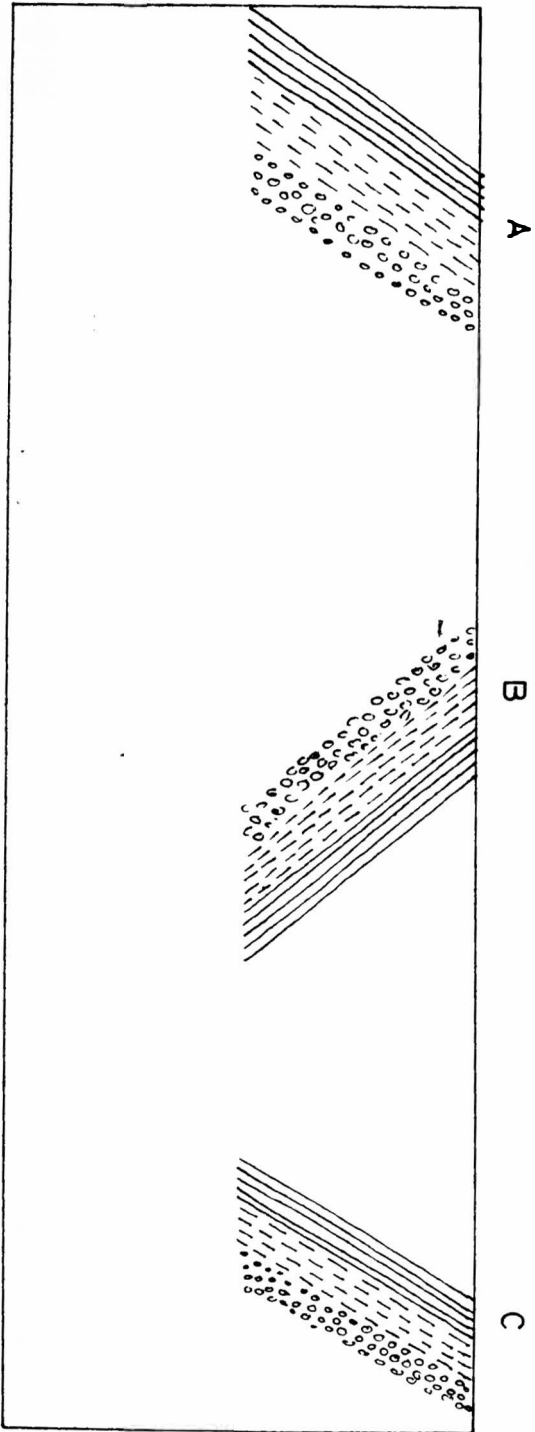
METODO MICROPALAEONTOLOGICO:- Algunas especies fósiles ó generos fósiles, se hallan a lo largo de una vasta serie estratigráfica, mientras que otras son mucho más limitadas en su distribución a través de la estratificación. Una especie que se encuentre en un horizonte determinado, y solo se presenta en capas de este horizonte, se llama "Fosil Caracteristico". Tales fósiles pueden ser de mucho valor en la correlación, no solamente de diferentes partes al descubierto de la capa en la cual se encuentran sino tambien de los estratos infra y suprayacentes que puede referirse a esta capa. Algunas veces ocurre que un grupo de fósiles en vez de un fósil, caracteriza un estrato ó serie de estratos.

Por ejemplo en la figura que sigue, los afloramientos de arenisca se pueden reconocer como pertenecientes a la misma capa debido a contener la misma especie de fósiles ó grupo en A, B, y C.

Lo mismo que ocurre con los demás criterios de correlación, los fósiles no siempre son seguros. El mismo estrato que puede ser rico en restos orgánicos en algunos lugares, puede tener muy pocos ó ningun en otros sitios.

No deja de ser frecuente que varias capas de una misma formación contengan las mismas especies fósiles. Esto no causa perturbación ninguna en la correlación, pero puede crear cierta confusión en la identificación de una capa particular que se haya elegido como horizonte de referencia para trazar un mapa.

CONTENIDO DE FOSILES



Otra fuente de error, aplicable más bien a la correlación regional que a la local, es el cambio lateral de faunas y floras. Este rasgo importante es olvidado con demasiada frecuencia. No hay más que comparar las condiciones y tipos de vida moderna, que varían de un sitio para otro, para apreciar el hecho de que las variaciones laterales sean de esperar en fósiles dentro de una capa ó formación dada de la misma edad geológica.

A causa de alguna barrera natural, se pueden encontrar grupos fósiles muy diferentes en capas de la misma edad en localidades no muy distantes entre si.

Por otra parte, con la transgresión ó regresión de depósitos sedimentarios, las floras y faunas pueden haber sido obligadas a migrar con el cambio de ambiente que este supone. El resultado es que puede existir una transgresión de una flora ó fauna fósiles que atraviese diagonalmente una formación ó grupo de formaciones, del mismo modo que una arenisca de base puede atravesar diagonalmente y de un modo sucesivo las formaciones más altas y más jóvenes. Por esta razón, en algunas ocasiones podemos encontrar los mismos fósiles en capas de edad diferentes en localidades más ó menos separadas entre si. Con el fin de que los datos de sondeos puedan utilizarse para la confección de mapas del subsuelo y la determinación de la estructura geológica subterránea, los estratos atravesados por la broca deberán ser relacionados entre si, es decir, ser reconocidos y seguidos de un pozo a otro.

Para este objeto, los caracteres litológicos suelen ser suficientes; pero si las capas son muy similares y fáciles de distinguir a simple vista, se puede recurrir al examen microscópico de las muestras. Con mucho, la rama más importante en este trabajo es la Micropaleontología.

Otros aspectos de las investigaciones microscópicas pueden ayudar al geólogo en la correlación; tales son el estudio de las formas, rasgos superficiales y proporciones de los granos clásticos, la proporción relativa y clasificación de granos de minerales pesados y la naturaleza y cantidad relativa de los residuos insolubles.

La Micropaleontología está muy ampliamente interesada en el estudio y clasificación de los foraminíferos, organismos microscópicos unicelulares que dejaron sus diminutos caparazones enterrados en las rocas, como recuerdo de su primitiva existencia. Estos caparazones se suelen encontrar en barros consolidados, arcillas y pizarras arcillosas; esto es, en los sedimentos más finos que se depositaron en el seno de las aguas no agitadas con demasiada violencia, ni tampoco de rápida velocidad de corriente.

Como todos los fósiles, algunas especies se hallan en diversas ó en muchas formaciones geológicas, mientras que otras están más estrictamente limitadas.

Las formaciones, a veces pueden reconocerse y distinguirse por una especie característica ó con mayor frecuencia por una asociación particular de especies diferentes de las asociadas en otras formaciones.

Para el estudio de estos foraminíferos y de otros fósiles microscópicos, las muestras de rocas (nucleos ó detritus) son primeramente desmenuzadas, pero no trituradas, y hervidas en agua conteniendo un poco de ceniza de sosa ó legía de sosa. Esta precipita la materia coloidal. A continuación, después que la muestra se haya enfriado, es cuidadosamente lavada bajo un chorro de la fuente, graduado de modo conveniente para que corra el agua poco a poco, con el fin de decantar los constituyentes más ligeros y que solo queden los residuos más pesados. El resto del agua se elimina por decantación, y el residuo se seca en la estufa. En este residuo se hallarán los caparazones de los foraminíferos, si es que existen en la muestra; serán montados en un portaobjetos y examinados al microscópio.

El micropaleontólogo deberá siempre cuidar que las muestras no se contaminen con los materiales más elevados del pozo.

METODO DE LOS MINERALES PESADOS: Cuando los foraminíferos estan ausentes, la correlación de las formaciones tal vez sea posible mediante un minucioso estudio de su contenido en minerales pesados, puesto que en muchas localidades la investigación ha permitido comprobar que

las proporciones en que se presentan estos granos minerales pueden diferir mucho en las distintas capas, y, sin embargo, son bastante constantes en una capa ó formación sobre una intención superficial considerada.

METODO DEL ANALISIS DE LAS AGUAS: Otra via de entrada al problema de correlación subterránea es por el analisis de las aguas. Dentro de distancias razonables, el agua procedente de un estrato dado puede tener propiedades químicas similares, las cuales pueden diferir categoricamente de las aguas procedentes de estratos situados encima ó abajo. Sin embargo, al utilizar estas propiedades como medio de correlación, se debe tener en cuenta que:

- 1.- Agua procedente de la misma arena puede revelar composición mineral muy diferente en la proximidad de fallas u otros pasos para la circulación de fluidos atravesando formaciones.
- 2.- De un punto a otro, el agua en un estrato dado es susceptible de mostrar un cambio progresivo en su composición mineralógica.

METODO DE LA PROSPECCION ELECTRICA: La posición exacta de la cual proceden las muestras puede estar más ó menos sujeta a discusión. Las muestras cilíndricas ó núcleos cortados con la broca especial pueden ser localizadas con más precisión que los detritus; pero con frecuencia se produce una considerable pérdida de material, de modo que es muy difícil averiguar la profundidad exacta del techo ó del fondo de un estrato representado por muestras del pozo.

Además, el componente fluido de detritus y núcleos que llegan a la superficie no es probable que sea igual al componente fluido de la roca de la cual proceden estas muestras.

La determinación, aunque sea cualitativa, de cual haya sido este fluido original es de desear con bastante frecuencia. Con el fin de conocer mas de cerca la litología y el contenido fluido de las rocas en las paredes del pozo, y, en conexión con esto, fijar con más exactitud los contactos

superior e inferior, tratandose de rocas de caracter variado, se ha desarrollado un procedimiento que se llama "Prospección Eléctrica", el cual se ha perfeccionado tanto que ha llegado a ser de uso en casi todos los pozos perforados para prospección de petróleo ó para información geológica.

En la prospección eléctrica se miden dos clases de potencial eléctrico. En primer lugar, las corrientes que llegan espontaneamente al ser generadas como resultado de las reacciones físicas y químicas entre las condiciones naturales de las rocas y ciertas condiciones en el lodo de perforación, mientras que las segundas corresponden a un campo eléctrico artificialmente creado. Los efectos observados se representan por curvas llamadas respectivamente, "Self-Potential", ó de Potencial Espontaneo (SP) en el primer caso, y curvas de resistividad en el segundo caso.

La curva de Potencial Espontaneo no tiene cero debido a que todas las formaciones tienen su propio potencial espontaneo.

Para realizar una curva SP se toma como referencia la linea de las lutitas.

Estos registros indican:

- 1.- La litología de los estratos que se estan pasando.
- 2.- El valor stratigráfico y petrográfico, pero no la presencia de fluidos.
- 3.- El grado de porosidad de los estratos, que cuando se extiende a la izquierda es índice de mayor porosidad.

Otras curvas en un registro convencional son la Normal Corta, Normal Larga, Normal Corta Amplificada y la Lateral. Al correrse un registro eléctrico deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Las condiciones del lodo de perforación.
- 2.- La presión y temperatura del pozo.

Mediante la curva de Resistividad, se determina la presencia de fluidos, lo que depende de la porosidad. Además, por medio de la curva de Self-Potential podemos determinar la Permeabilidad.

METODO DE LA RADIOACTIVIDAD:- Rocas de diversas especies son radioactivas en grado distintivo. Su radioactividad puede ser debida a minerales que se formaron en su origen, como las rocas igneas, ó a minerales transportados y vueltos a depositar en forma de rocas, En relación con esto, por lo que parece, el hecho importante es que la radioactividad de un estrato dado ó de un tipo de roca determinado puede ser notablemente constante y por lo tanto, característico en superficies muy extensas.

Entre las rocas sedimentarias, las pizarras arcillosas son de ordinario las de radioactividad más elevada, en particular las pizarras negras ó de colores oscuros; mientras que las areniscas, las calizas y las dolomitas son menos radioactivas. El carbón es una excepción porque siendo obscuro es un elemento de muy poca radioactividad. Entretanto, todas las formaciones son radioactivas y en orden crescente de radioactividad, tendríamos el cuadro siguiente:

- | | |
|--------------|-------------------------|
| 1.- Carbón | 6.- Calcita con Lutita |
| 2.- Sal | 7.- Arenisca con Lutita |
| 3.- Dolomita | 8.- Lutitas ó Pizarras |
| 4.- Calcita | 9.- Materias Orgánicas |
| 5.- Arenisca | |

Los registros radioactivos tienen gran ventaja porque se pueden tomarlos con el pozo en cualquier condición.

La medida y registro de las variaciones de radioactividad en los pozos se llama "Prospección Radioactiva".

Se estudian dos clases de radioactividad especialmente los rayos Gamma y los Neutrones, y aun que cada una de ellas se debe medir por separado, ambos registros se pueden proyectar sobre la misma hoja de papel como gráfico de sondeo radioactivo.

El estudio comparativo entre los rayos Gamma y los Neutrones seria lo siguiente:

- 1.- Los rayos Gamma miden la radioactividad natural que producen las formaciones.
Los Neutrones miden el efecto del bombardeo, es decir, los rayos Gamma secundarios.

- 2.- El rayo Gamma es similar a la curva SP.
El Neutron es similar a la curva de Resistividad.
- 3.- Las formaciones tienen una característica especial en los rayos Gamma, de acuerdo al tipo de la formación.
El Neutron no representa litología
- 4.- El rayo Gamma se puede interpretar por si solo.
El Neutron no
- 5.- Los rayos Gamma pueden servir para la correlación
Los Neutrones no pueden siempre servir para la correlación.
- 6.- En los rayos Gamma la lutita representa el valor máximo
En los Neutrones representa el valor mínimo
- 7.- En los rayos Gamma se puede usar el punto medio de arriba y de abajo de una formación.
En los Neutrones también se puede usar pero no para litología.
- 8.- En los rayos Gamma no hay línea base, es decir, no hay cero.
En los Neutrones la lutita se toma como línea base
- 9.- Los rayos Gamma son grandemente afectados por la radioactividad de la formación
- 10.- Los rayos Gamma no son afectados por el cambio de diámetro del pozo
Los Neutrones son sumamente afectados
- 11.- Los rayos Gamma no cambian con el número de casing
Los Neutrones no
- 12.- Los rayos Gamma no son afectados por la presencia de fluidos
En los Neutrones también no es afectado, pero se mueve todo el registro
- 13.- Los rayos Gamma no indican tipo de fluido
Los Neutrones indican la presencia de fluido pero no el tipo

14.- Los rayos Gamma no indican ni porosidad ni permeabilidad

Con los Neutrones se puede calcular la Porosidad

C O N C L U S I O N E S

- 1.- En la búsqueda de reservorios de petróleo, aun cuando se encuentra indicios primarios (filtraciones petrolíferas, depósitos de brea ó emanaciones de gases petrolíferas), ó secundarios (existencia de azufre, sulfuros secundarios ó también salinas), solo se puede tener certeza de las reservas de petróleo mediante el estudio de la Geología de Pozo.
- 2.- Previamente para la perforación de un pozo petrolífero, hay que determinar si existen condiciones geológicas:
 - a)- para que se haya podido generar petróleo (rocas sedimentarias de suficiente edad).
 - b)- Para que se haya podido acumular el petróleo, (estructuras favorables: anticlinales, fallas , domos, etc...).
- 3.- Realizandose la perforación, es la Geología de Pozo la que debe establecer el resultado: si debe ser puesto en producción el pozo ó debe ser abandonado.
- 4.- Para la decision sobre la sección que debe abrirse a la producción, hay que tener en cuenta los datos obtenidos por el estudio de la litología, fluorescencia, self-potential y resistividad, y pruebas de formación que se hayan hecho.
- 5.- Aún cuando los sondeos eléctricos sean empleados como la base principal de la correlación, esto no puede llevar a cabo la completa exclusión de datos litológicos y paleontológicos procedentes de cada pozo.

B I B L I O G R A F I A

- Field Geology..... FREDERIC H. LAHEE
Geología Física..... ARTHUR HOLMES
Reconocimiento con luz ultra-violeta de minerales
y petróleo..... GIL RIVERA PLAZA
La admirable Industria del Petróleo.....
..... V.A. KALICHEUSKI