



INSTITUTO DE
FORMACIÓN
SUPERIOR

APUNTES DE CATEDRA

(GEOLOGÍA)

PROGRAMA DE LA MATERIA

Tema 1. La Ciencia Geológica. Discutiremos su definición y la relación con otras ciencias. Nos plantearemos cuál es el objeto de estudio de la Geología y nos informaremos de cuáles son las grandes divisiones de la Tierra, su estructura interna, composición, condiciones y relación entre zonas. Descubriremos la importancia del concepto de densidad y nos cuestionaremos el origen del calor interno de la Tierra, para poder deducir su relación con la Tectónica de Placas.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación de muestras del material extraído de la corteza terrestre.

TRABAJO PRÁCTICO: redacción de preguntas que surgen de la observación del material en el aula.

Tema 2. Placas tectónicas. Habiendo descubierto en el encuentro anterior el origen del vulcanismo y actividad sísmica, trataremos de avanzar en el conocimiento del proceso de construcción de corteza oceánica y continental. Para ello indagaremos respecto a los tipos de márgenes y la actividad entre placas. Usaremos imágenes que explican los conceptos de deriva continental, placa tectónica y las relaciones entre éstas que pueden encontrarse en la bibliografía.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación de muestras de rocas correspondientes a corteza continental y corteza oceánica. Determinación de sus diferencias y deducción de los orígenes de cada muestra en base a su textura y color de los minerales.

Actividad lúdica: dominó tectónico. Consiste en ubicar unos bloques que hacen las veces de fichas de dominó, en los cuales se hallan representados los distintos casos de bordes de placa y/o procesos que ocurren en esos bordes.

Control de lectura: cuestionario de no más de tres preguntas básicas relacionadas con los temas anteriores. El objetivo del mismo es hacer un control de los conocimientos adquiridos por los estudiantes y detectar temas que pudieran no haberse entendido a nivel general.

Tema 3. Cuencas petroleras. Estas depresiones regionales son zonas de formación y acumulación de hidrocarburos. Observando las características conocidas de la *Cuenca Neuquina* que nos provee la industria, analizaremos los elementos y procesos que nos permitan definir una cuenca en general.

ACTIVIDADES EN EL AULA: presentación de un video y maqueta que representan la historia de la cuenca. Discusión acerca de qué elementos son definitorios al hablar de cuencas petroleras.

Tema 4. Procesos endógenos. Intentaremos analizar aquellos fenómenos conocidos que involucren al magma, la cristalización de minerales y los tipos de rocas ígneas. Recurriremos a la información cotidiana de los medios de comunicación acerca de actividad sísmica y volcánica en la región y en el planeta en general.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación y descripción de rocas ígneas utilizando muestras de mano y lupa.

TRABAJO PRÁCTICO: Informe petrográfico de las muestras observadas en el aula.

Tema 5. Mineralogía. Partiremos de la definición de mineral para entender la importancia de conocer el proceso a la hora de entender su influencia en la calidad de las rocas. Observaremos el proceso de cristalización en videos que lo muestran. Consideraremos la noción de ordenamiento y la disposición de los átomos en motivos como explicación de las propiedades físicas y químicas: Exfoliación, partición y fractura. Dureza y tenacidad. Peso específico. Propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas. Deduiremos a partir de estas observaciones la clasificación de los grandes grupos de minerales y su ocurrencia más frecuente como formadores de rocas.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación de muestras de minerales y cristales. Observación de videos donde se muestra el proceso de cristalización.

Tema 6. Procesos exógenos. Sabiendo que existe un ciclo de las rocas, cuestionaremos los procesos naturales que originan el material sedimentario. Dado que este es un fenómeno observable a simple vista y en lo cotidiano, nos movilizaremos hasta una zona cercana en la cual podamos experimentar cómo se produce el inicio de lo que sabemos que es el relleno de la cuenca. Posteriormente plantearemos el interrogante de los procesos que ocurren dentro de la cuenca. Compactación, cementación y presencia de materia orgánica. Abordaremos el proceso de fosilización y su relación con la Escala de Tiempo Geológico.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación de muestras de roca que presentan diferentes grados de compactación y texturas, prestando especial interés a la porosidad y/o permeabilidad.

Tema 7. Rocas sedimentarias. Una vez que los depósitos se encuentran en la depresión regional que constituye la cuenca tienen lugar los procesos que llevan a su litificación. Estudiaremos la teoría de esos procesos y analizaremos las diferencias básicas entre rocas clásticas y de origen químico. Observaremos imágenes tomadas con microscopio electrónico para entender los procesos diagenéticos que ocurren en la cuenca.

TRABAJO PRÁCTICO: Informe petrográfico de rocas sedimentarias.

Tema 8. Sistema petrolero. El estudio de las rocas, su ciclo y los procesos corticales que involucran a ambos, es el prólogo necesario para entender un sistema petrolero. En el presente tema consideraremos las funciones de las rocas ya conocidas y la transformación de la materia orgánica así como también los procesos de expulsión, migración y acumulación de los hidrocarburos.

ACTIVIDADES EN EL AULA: Observación de muestras de roca correspondientes a cada elemento del sistema.

Tema 9. Roca reservorio. Nos enfocaremos particularmente en las cualidades petrofísicas que caracterizan a la roca reservorio. Observaremos fotos tomadas con el microscopio electrónico que nos muestran la relación entre fluidos y espacio poral.

ACTIVIDADES EN EL AULA: repaso de conceptos a través del juego, resolviendo un crucigrama en grupo.

Tema 10. Deformación de la corteza terrestre. Sistemas de esfuerzos que actúan sobre los estratos y las estructuras resultantes: pliegues, fallas y diaclasas. Trampas estructurales y estratigráficas. Trampas y rocas sello.

ACTIVIDADES EN EL AULA: experimentación con la caja simuladora de pliegues. Trabajo con materiales deformables (plastilina) para reconocimiento de los distintos aspectos que presentan los afloramientos de pliegues y fallas.

TRABAJO PRÁCTICO: Informe acerca de la experiencia observada en el aula.

Tema 11. Métodos prospectivos. Habiendo alcanzado el conocimiento de los procesos y productos que dan origen y tienen lugar en una cuenca, nos interiorizaremos de los distintos métodos que utiliza la industria petrolera para obtener información del subsuelo. Herramientas geológicas de gabinete. Mapas y perfiles. Métodos de exploración geofísica: magnetometría, gravimetría y sísmica. Geología de superficie. Geoquímica de superficie. Pozo exploratorio.

ACTIVIDADES EN EL AULA: presentación de los distintos métodos prospectivos a cargo de los alumnos.

DESARROLLO DEL PROGRAMA

TEMA 1

La Ciencia Geológica, su definición y la relación con otras ciencias. Grandes divisiones de la Tierra. Estructura interna de la Tierra: composición y condiciones. Relación entre zonas. Concepto de densidad. Calor interno de la Tierra. Corrientes de convección. Materiales de la corteza terrestre.

La Geología se ocupa de estudiar el origen, composición, estructura y evolución de la Tierra. Analiza los procesos internos y externos que actúan sobre la corteza terrestre y que la modifican a través del tiempo. Con los datos obtenidos desarrolla un conocimiento global sobre los materiales terrestres y su respuesta a las leyes físicas a través del tiempo. Finalmente, pasando al aspecto técnico, construye modelos locales y regionales de la historia geológica de la Tierra.

Se trata de una ciencia que abarcan muchas disciplinas todas ellas vinculadas al estudio de las características de la Tierra. Si bien el principal interés se centra en el estudio de la corteza terrestre, este análisis vuelca al geólogo a investigar en otras áreas y a utilizar los conocimientos de otras ciencias específicas.

El tiempo geológico, el concepto de secuencia y la escala son tres elementos propios de la Ciencia Geológica que están siempre presentes y no deben ser olvidados a la hora de analizar los procesos que se estudian.

El tiempo geológico es una variable que se diferencia claramente de lo que cotidianamente vivimos como percepción del devenir de los acontecimientos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años.

El concepto de secuencia hace referencia a que los procesos en geología se dan ordenadamente en el transcurso del tiempo; este concepto implica que ha de darse un registro en la roca donde los sucesos más modernos están por encima de los más antiguos.

La escala es otro elemento que diferencia a la geología de varias otras ciencias puesto que las dimensiones espaciales de los procesos, en la mayoría de los casos, superan ampliamente las de cualquier laboratorio.

El espacio interno del planeta Tierra ha sido dividido en tres grandes zonas: corteza, manto y núcleo. A su vez pueden determinarse subdivisiones en estas zonas a medida que se afinan los instrumentos de investigación y la pericia de los investigadores.

El estudio de los volcanes y el desarrollo de la sismica han aportado la mayoría de los conocimientos que se tienen hoy en día acerca de la composición interna de nuestro planeta.

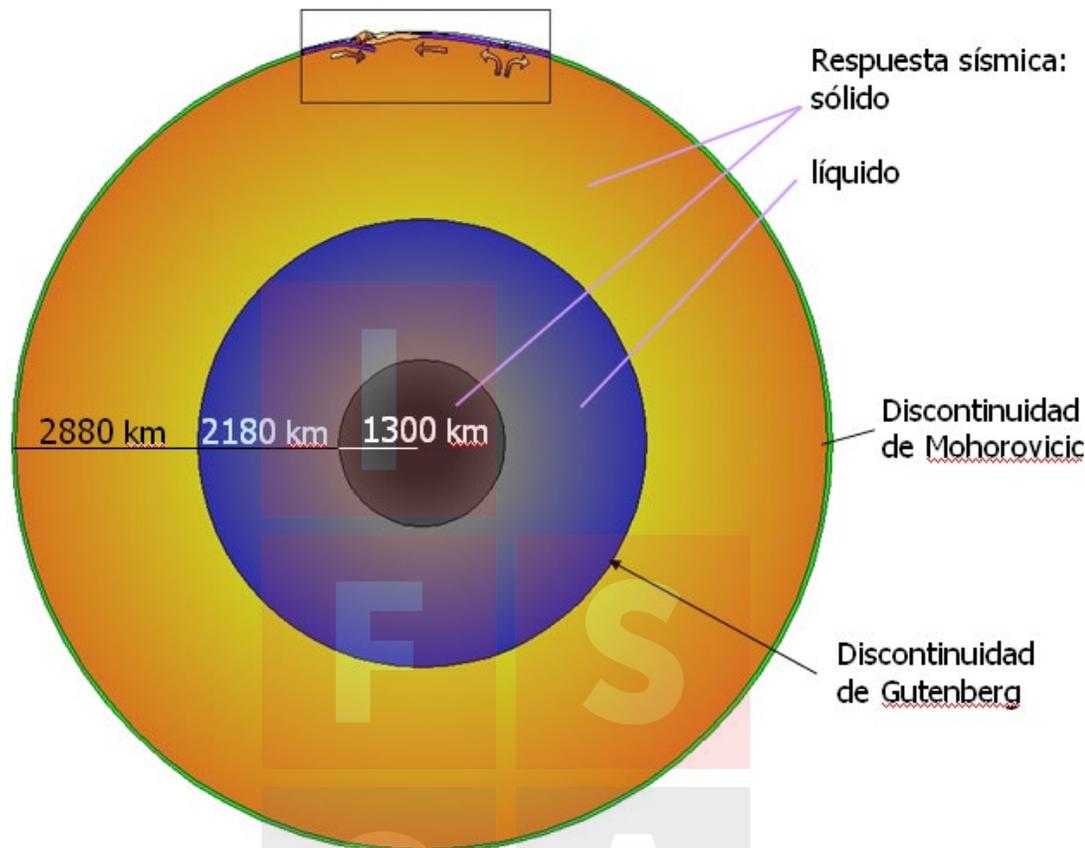
La corteza terrestre es una delgada capa rocosa que varía entre 5 y 60 km según se mida en las cuencas oceánicas o en las zonas de los cordones montañosos. A su vez la corteza se divide en corteza oceánica y corteza continental cada una de las cuales posee diferencias en composición y densidad.

El manto, constituye la zona que se extiende entre la corteza terrestre y el núcleo, en un total de 2880 km de espesor de roca muy densa.

El núcleo tiene un radio aproximado de 3400 km y consta de dos partes, una exterior –cuya respuesta sísmica corresponde a las características de los líquidos- y una interna, de naturaleza sólida.

La actividad sísmica permitió localizar las discontinuidades que separan estas distintas zonas dentro de la Tierra (la discontinuidad más exterior se denomina Discontinuidad de Mohorovicic y separa la corteza del manto). Las discontinuidades representan un cambio en las velocidades de las ondas P y S transmitidas, correspondientes a un cambio de densidad indicando un cambio en el estado de los materiales constituyentes.

Hablar de estado sólido o estado fluido en el marco de las grandes presiones que existen en el interior de la Tierra puede ser inapropiado; lo que en geofísica se entiende por “sólido” hace referencia a que el comportamiento elástico del material en cuestión obedece a lo que en condiciones normales de laboratorio se caracteriza como un sólido.



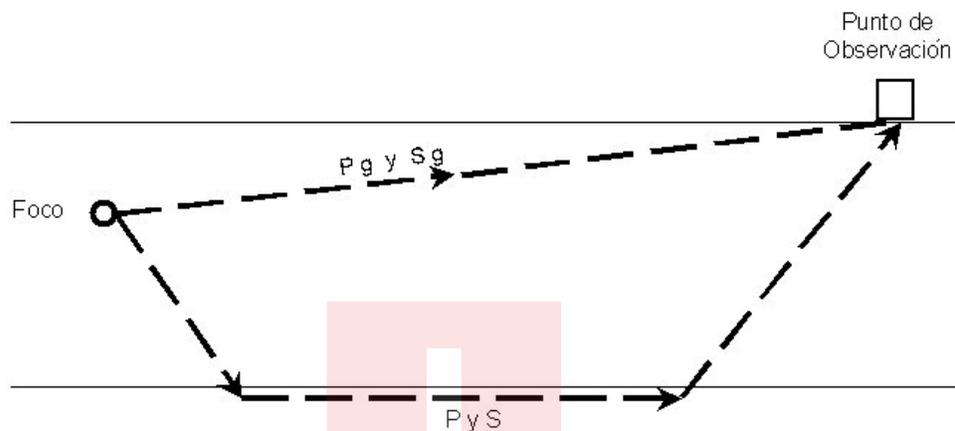
Existen ondas que viajan a través de la Tierra y otras que lo hacen por la superficie. Las que atraviesan las distintas capas terrestres son:

P (primarias o de compresión) vibran longitudinalmente y originan movimientos de oscilación en la misma dirección de propagación.

S (secundarias o de cizalla) vibran transversalmente con un movimiento de oscilación perpendicular a su trayectoria.

Por otra parte, las ondas que viajan por la superficie de la Tierra se denominan ondas L. Las L (ondas de período largo) son ondas lentas, de corta frecuencia, larga duración y máxima amplitud. Son semejantes a las ondas de la superficie del mar, pero en la superficie de la Tierra. Son las que causan los mayores daños en un temblor.

El recorrido diferenciado de las ondas a través de las distintas capas de la Tierra fue lo que permitió con mayor certeza determinar la existencia de éstas evidenciada en una diferencia en la trayectoria de las ondas. En la figura siguiente se esquematiza la diferencia de comportamiento de las ondas al variar el medio.



Al producirse un sismo, las ondas pasan con diferente velocidad a través de las distintas capas de la Tierra. En los receptores ubicados en diferentes puntos de la superficie se registran valores que indican que las ondas han recorrido caminos con distintas características en lo que respecta a su consistencia. En algunas de las estaciones de control se ha perdido el registro de las ondas S, por lo tanto, se puede pensar que el núcleo se encontraría en estado fluido ya que los fluidos no transmiten las ondas transversales (cizalla). También se nota que las ondas P que atraviesan el núcleo por el centro, muestran un incremento de la velocidad con respecto a aquellas que lo hacen por la parte más externa del mismo; esta observación permite suponer que el núcleo tiene a su vez un centro interior sólido.

Los fluidos no transmiten las ondas transversales (cizalla) por lo tanto se puede pensar que el núcleo se encontraría en estado fluido.

Sin embargo, también se nota que las ondas P que atraviesan el núcleo por el centro, muestran un incremento de la velocidad con respecto a aquellas que lo hacen por la parte más externa del mismo; esta observación permite suponer que el núcleo tiene a su vez un centro interior sólido.

El calor interno de la Tierra se da debido al propio origen del planeta. Formada por el agregado de material relíctico proveniente de la explosión de una supernova, la Tierra conserva la temperatura de su formación al igual que un pan recién sacado del horno. Así también, lentamente se va enfriando. La temperatura original va descendiendo gradualmente porque se disipa el calor hacia la superficie del planeta. Se llama gradiente geotérmico a la variación de temperatura de las rocas de la corteza terrestre (CT) con la profundidad. Este aumento de temperatura depende de varios factores: temperatura ambiente en la superficie, conductividad térmica de las rocas de la CT, calor generado por radioactividad de estas rocas.

En promedio este valor es de 10C cada 33 m, o 300C por km, pero varía localmente.

Si el aumento del gradiente geotérmico fuera constante hacia el interior de la Tierra, los materiales pronto alcanzarían el punto de fusión de todas las rocas. Sin embargo, sabemos que el manto es sólido debido a la sísmica. El gradiente geotérmico decrece por dos razones: a) los elementos radioactivos están concentrados en la corteza terrestre, y b) mientras que en la CT la transferencia de calor se produce por conducción, en el manto se produce por convección. A pesar de su solidez aparente, el manto se comporta como un fluido y por ello el Gradiente Geotérmico dentro del manto es del orden de 0.30K por km.

El valor del gradiente geotérmico se expresa en "grados/km", es decir unidades de temperatura por unidad de longitud. Y para su cálculo se considera la relación entre la temperatura existente en un punto (T1) y la temperatura propia de otro punto de mayor profundidad (T2).

Para el cálculo del valor del gradiente geotérmico en un punto determinado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$GG = (T2 - T1) / (P2 - P1)$$

Para el cálculo de la temperatura en profundidad, dentro de un pozo, necesitamos el dato del gradiente geotérmico en ese lugar, que podemos encontrarlo en planillas ad hoc, y luego utilizaremos esta otra fórmula:

$$T_{prof} = T_{amb} + (prof * GG)/1000$$

Habitualmente la profundidad se expresa en metros y el gradiente en grados por kilómetro, por esa razón en la práctica de la industria petrolera se incluye el valor 1000 en la fórmula.

En el manto, más precisamente en la zona que por sus cualidades mecánicas se denomina *astenósfera*, se produce un fenómeno conocido como convección. Las corrientes de convección generan las *celdas convectivas*, responsables del movimiento de las placas tectónicas.



ACTIVIDADES EN EL AULA

Observación de muestras de rocas que son los materiales de los cuales está constituida la corteza terrestre.

TRABAJO PRÁCTICO N° 1

Indagando acerca de las rocas. Redacción de preguntas que surgen de la observación del material en el aula.

Tema 2

Placas tectónicas. Vulcanismo y actividad sísmica. Proceso de construcción de corteza oceánica y continental. Tipos de márgenes y actividad entre placas.

Los conceptos de *deriva continental*, *placa tectónica* y las relaciones entre éstas se explican en el aula y pueden encontrarse en la bibliografía: Tarbuck & Lutgens, Ciencias de la Tierra. Capítulos 2 (dos), 13 y 14



ACTIVIDADES EN EL AULA:

Observación de muestras de rocas correspondientes a corteza continental y corteza oceánica. Determinación de sus diferencias y deducción de los orígenes de cada muestra en base a su textura y color de los minerales.

Actividad lúdica: dominó tectónico. Consiste en ubicar unos bloques que hacen las veces de fichas de dominó, en los cuales se hallan representados los distintos casos de bordes de placa y/o procesos que ocurren en esos bordes.

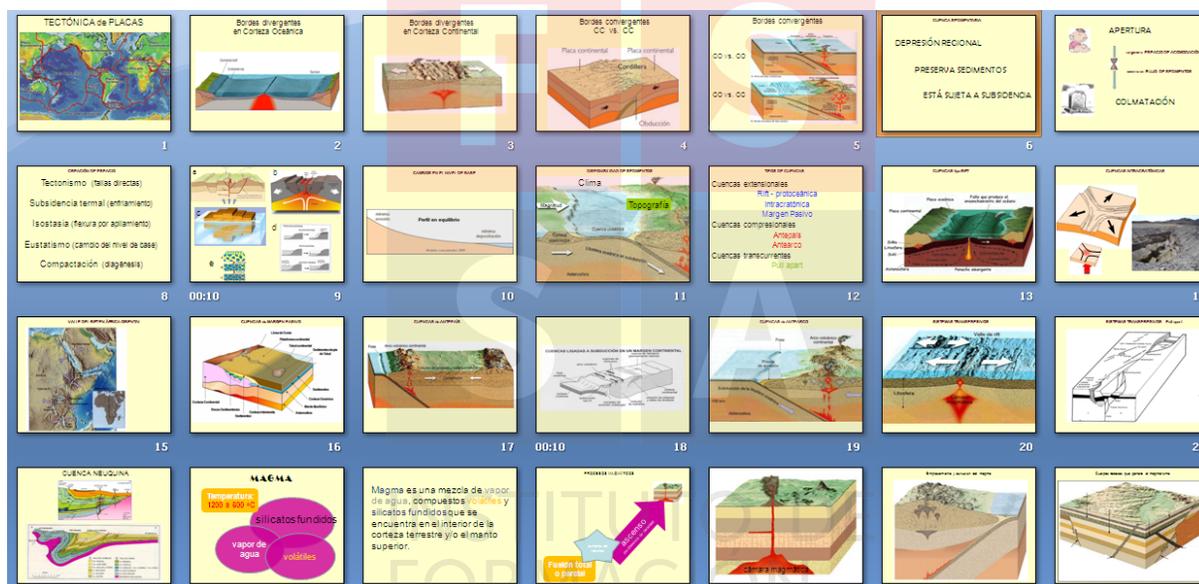


Control de lectura: cuestionario de no más de tres preguntas básicas relacionadas con los temas anteriores. El objetivo de este es hacer un control de los conocimientos adquiridos por los estudiantes y detectar temas que pudieran no haberse entendido a nivel general.

Tema 3

Cuencas. Concepto de subsidencia. Aporte sedimentario. Tipos de cuencas. Cuenca Neuquina.

Los conceptos de cuenca, los elementos que componen la misma y las relaciones entre ambos se han discutido en el aula y pueden encontrarse en la bibliografía: “Geología imprescindible” José Pablo López editor. Asociación Geológica Argentina, o bien en numerosos sitios de Internet.



Tema 4

Ciclo de las rocas. Procesos endógenos: magma, cristalización magmática y tipos de rocas ígneas. Rocas metamórficas. Interés petrolero de estas rocas.

El magma es una solución viscosa compuesta por silicatos fundidos, vapor de agua y otros componentes volátiles. Se genera por fusión local del material silicático, en las zonas inferiores de la corteza terrestre y superiores del manto.

Una primera clasificación de los distintos tipos de magmas hace referencia a su contenido en sílice. Los magmas con más de un 60% de sílice son los llamados ácidos, cuando este porcentaje varía entre 55% y 42%

se denominan básicos. Los magmas ácidos son ligeros y viscosos, ascienden con facilidad y originan grandes depósitos. Los magmas básicos, de mayor densidad, son menos viscosos y ascienden con mayor dificultad que los anteriores.

Cuando el magma se proyecta al exterior por los puntos más débiles de la corteza terrestre, las masas de magma dan origen, por enfriamiento, a las rocas ígneas, también llamadas eruptivas, y entre las que se encuentran el granito, el basalto o los pórfidos.

El proceso de ascenso de los magmas depende de varios factores. Algunos son intrínsecos del magma y otros son externos a él. Las variables generales son: las condiciones físicoquímicas del magma (viscosidad, densidad, contenido en elementos volátiles, etc.), las particularidades tectónicas de la región donde se encuentran y de las rocas que han de atravesar. Al ser mezclas de diversas sustancias, los magmas no tienen un punto de fusión definido, sino un intervalo de fusión. De igual manera, no se puede hablar de temperatura de cristalización, sino que conviene hablar de intervalo de cristalización.

El magma se origina en los lugares de la corteza o del manto superior donde la temperatura alcanza ciertas condiciones de temperatura y presión, que mantienen los componentes químicos formando una solución más o menos viscosa. En el proceso de formación del magma, un componente importante es el agua. El incremento de presión en condiciones de ausencia de agua dificulta la fusión, por lo que, con la profundidad, tiende a aumentar la temperatura de fusión de las rocas. Por el contrario, la presencia de agua disminuye el punto de fusión.

El magma comienza a ascender cuando su densidad es menor a la de las rocas que lo rodean. Durante el ascenso se enfría paulatinamente y empieza a cristalizar, formándose entonces minerales de cada vez más baja temperatura, según una secuencia fija y ordenada conocida como serie de cristalización de Bowen. Algunas veces, a medida que se produce la cristalización de un magma, si la diferencia de densidad entre los minerales ya formados y el líquido residual es alta y si la viscosidad de éste es baja, los cristales recién formados pueden quedar aislados del resto del magma, que por tanto se verá enriquecido progresivamente en sílice. De continuar el proceso, se obtendrá, a partir de un solo magma, una serie de rocas ígneas de distinta composición, por cristalización fraccionada. Este proceso es denominado diferenciación magmática, y puede originar la formación de rocas ácidas a partir de magmas básicos o intermedios.

Las rocas ígneas son el resultado del proceso de consolidación del magma. Se las llama también rocas endógenas, rocas magmáticas o rocas eruptivas. De acuerdo a la profundidad en que se forman tenemos dos grandes grupos: las plutónicas y las volcánicas. Desde el punto de vista mineralógico, las rocas ígneas están compuestas fundamentalmente por silicatos, los cuales están constituidos mayoritariamente por silicio (Si) y oxígeno (O). Estos dos elementos, junto con el aluminio (Al), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg) y hierro (Fe), constituyen más del 98% en peso de la mayoría de los magmas que al solidificarse forman las rocas ígneas. Además, los magmas contienen pequeñas cantidades de muchos otros elementos como azufre (S), oro (Au), plata (Ag) uranio (U), tierras raras muchos de éstos se encuentran como compuestos en los gases disueltos.

La composición de una roca ígnea dependerá, por tanto, de la composición inicial del magma a partir del cual se ha formado. Las rocas ígneas pueden presentar un diferente grado de cristalización: son holocristalinas, cuando se encuentran totalmente cristalizadas; hipocristalinas, cuando se encuentran parcialmente cristalizadas, y vítreas o hialinas, cuando toda la masa es amorfa. Asimismo, el tamaño de los cristales puede presentar grandes diferencias: se denominan fenocristales a aquéllos que poseen tamaño relativamente grande, siendo fácilmente apreciables a simple vista; se denominan microcristales a los de pequeño tamaño

que sólo pueden ser apreciados con la ayuda de un microscopio. La nomenclatura de las rocas ígneas hace referencia al tamaño, la forma, los modos de agrupación de los cristales.

	Plutónicas	Hipabisales (filonianas)	Volcánicas	
<p>Disminuye el contenido de cuarzo ↓</p> <p>↑ Aumentan los ferromagnesianos</p>	GRANITO	Pórfido Cuarcífero	RIOLITA	<p>K ↑</p> <p>Feldespatos</p> <p>Na ↓</p> <p>Ca ↓</p>
	GRANODIORITA		DACITA	
	SIENITA	Pórfido Granodiorítico	TRAQUITA	
	TONALITA		ANDESITA	
	GABRO	Pórfido Gábrico	BASALTO	
	PERIDOTITA			
	Disminuye el tamaño de grano →			

Los procesos volcánicos son aquellos procesos magmáticos que terminan su curso en la superficie de la corteza terrestre. Comprenden los aparatos volcánicos y sus productos.

Un volcán en su forma más elemental es una abertura en la superficie terrestre por donde escapa el magma. Los productos resultantes de la erupción volcánica son muy variables y dependen básicamente de la viscosidad, temperatura y densidad del magma de origen.

Un proceso importante a considerar es la desgasificación que el magma experimenta en las zonas superiores de la corteza terrestre (por encima de los 600 m de profundidad aprox.). Por este proceso se libera el gas que se encuentra en solución en las áreas de mayor profundidad, debido a que en su camino ascendente la solución disminuye su presión de confinamiento.

Los magmas básicos poseen una baja viscosidad y por lo tanto su fluencia es tranquila, lo cual les permite desgasificarse normalmente y no producen la violencia eruptiva de los magmas más ácidos.

Las rocas piroclásticas son un producto mixto puesto que el origen del material es volcánico pero el proceso de formación de la roca responde a lo sedimentario. Estas rocas básicamente consisten en fragmentos de rocas volcánicas preexistentes (parte del aparato volcánico expulsado en las erupciones) o bien material que, habiendo sido expelido en estado fundido, solidifica en su camino al exterior. Los fragmentos se denominan de acuerdo a su tamaño: bombas, lápilli, ceniza o polvo.

Algunas de las rocas que se forman de este modo se denominan brechas volcánicas, tobas, ignimbritas y escoria, cada cual respondiendo a distintas características del material y el modo de depositación que presentan.

Los constituyentes volátiles expelidos de un magma pueden comportarse de diversas maneras en su marcha hacia la superficie. Los volátiles desprendidos en zonas profundas pueden reaccionar con la roca de caja o pueden depositar las sustancias llevadas en solución formando menas minerales en el interior de la corteza terrestre. Los volátiles desprendidos cerca de la superficie pueden escapar a la atmósfera durante las erupciones o bien durante la etapa de actividad solfatárica. Las temperaturas de estos gases varían de 100 °C a 500 °C. Si el enfriamiento de estos gases se produce en las paredes frías del conducto, se formarán los minerales típicos de sublimación.

La composición de las fumarolas varía pero siempre está presente el vapor de agua. Son frecuentes SO₂, Cl₂, HCL, HF, H₂S, H₂ y CH₄.



ACTIVIDADES EN EL AULA

Observación y descripción de rocas ígneas utilizando muestras de mano y lupa.

Tema 5

Mineralogía. Definición de mineral. Sólidos cristalinos. Propiedades físicas de los minerales reconocibles a simple vista. Exfoliación, partición y fractura. Dureza y tenacidad. Peso específico. Propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas. Relación entre proceso de cristalización y textura.

La información acerca de estos tópicos puede encontrarse en la bibliografía: Tarbuck & Lutgens, Ciencias de la Tierra. Capítulos 3.



ACTIVIDAD EN EL AULA

Elaboración de un informe petrográfico.

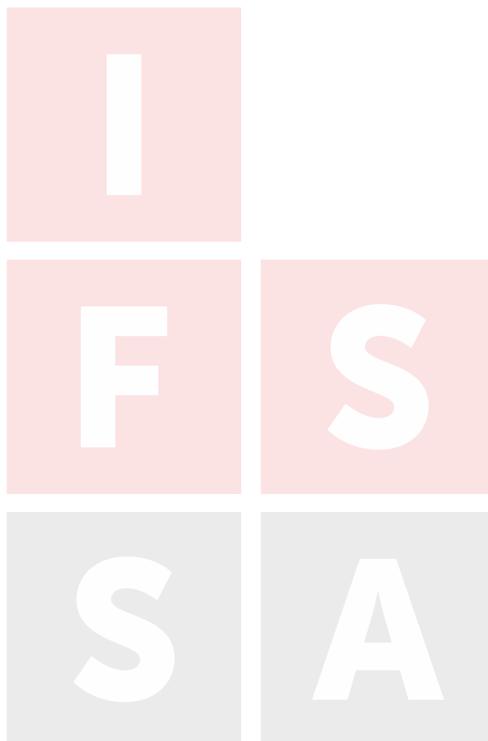
Un informe petrográfico consiste en una descripción de las muestras observadas, ya sean éstas ígneas, sedimentarias o metamórficas. Lo que se estudia es la textura, y la composición mineralógica, y de estos datos se deducen las condiciones físico-químicas de formación y los procesos evolutivos durante su génesis.

En laboratorio se hacen estas observaciones mediante la microscopía de luz polarizada (esencialmente con luz transmitida, aunque también reflejada, y en algunos casos microscopía electrónica). Estos estudios ofrecen una valiosa información relativa a la *naturaleza de sus componentes (esencialmente minerales), sus abundancias, formas, tamaños y relaciones espaciales*, lo cual permite clasificar la roca y establecer ciertas condiciones cualitativas o semicuantitativas de formación, así como posibles procesos evolutivos.

Los componentes petrográficos son aquellos componentes de la roca que tienen entidad física, tales como granos minerales, asociaciones particulares de determinados minerales, otros fragmentos de rocas relacionados o no genéticamente con la roca que los engloba, componentes de la matriz y cemento, material

amorfo o criptocristalino (vidrio volcánico, geles de sílice...), espacios vacíos (poros, vacuolas...), fracturas discretas o selladas, etc.

Algunos componentes petrográficos se presentan en todos los tipos de rocas, tales como los granos minerales o poros, que son muy abundantes en las rocas sedimentarias e ígneas volcánicas, pero son muy pequeños y escasos en rocas metamórficas e ígneas plutónicas; otros se presentan sólo en algunos tipos, como el vidrio volcánico en las rocas magmáticas volcánicas; otros se presentan en cualquiera de los tipos rocosos pero sólo ocasionalmente, como las fracturas.



INSTITUTO DE
FORMACIÓN
SUPERIOR

Modelo de Descripción de muestras petrográficas



https://www.ugr.es/~agcasco/msecgeol/secciones/petro/pet_petrograf.htm

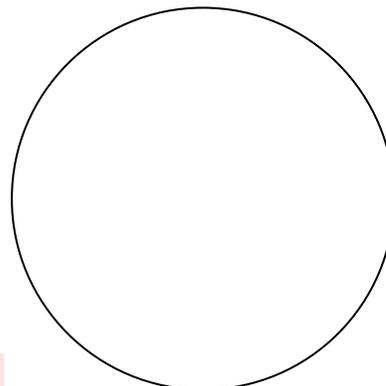
Muestra #:

Color general de la muestra:

Observaciones de tamaño de grano y grado de cristalinidad:

Clasificación de textura:

Clasificación composicional:



Es importante destacar que, a la hora de hacer el informe, la clasificación de la roca debe surgir de las observaciones hechas en el aula. No se trata de observar la muestra con la idea de una pertenencia a priori a alguno de los grupos que se encuentran en la Naturaleza. Se trata de analizar cada uno de los elementos que la definen para poder, a partir de ellos, ubicar la muestra en la clasificación convencional.

En síntesis, el “nombre” de la roca aparecerá al final de la descripción, denotando que es resultado del estudio.

Tema 6

Procesos exógenos: origen del material sedimentario. Procesos dentro de la cuenca. Compactación y cementación. Presencia de materia orgánica. Granulometría, redondez, esfericidad, porosidad, permeabilidad.

Los conceptos correspondientes a este tema se explican en el aula y pueden encontrarse en la bibliografía: Tarbuck & Lutgens, Ciencias de la Tierra. Capítulo 6.



ACTIVIDADES EN EL AULA

Observación de muestras de roca que presentan texturas de distinta porosidad y/o permeabilidad.

Tema 7

Rocas sedimentarias. Diferencias básicas entre rocas clásticas y de origen químico. Procesos de fosilización. Estructuras sedimentarias. Interés petrolero de estas rocas.

Los conceptos correspondientes a este tema se explican en el aula y pueden encontrarse en la bibliografía: Tarbuck & Lutgens, Ciencias de la Tierra. Capítulo 7.



ACTIVIDADES EN EL AULA

Observación de muestras de rocas sedimentarias clásticas y químicas. Análisis de sus texturas, de su composición física y/o química. Observación de cementos en rocas clásticas y observación de reacciones químicas para determinar carbonatos.

Como tema de particular interés se destaca en el trabajo grupal de observación del grado de resistencia a la erosión de los minerales originados en el interior de la corteza terrestre. Éste sigue la llamada serie de Goldich, la cual invierte el orden de la serie de Bowen. El grado creciente de resistencia es: Olivina - Plagioclasas cálcicas - Piroxenos - Anfíboles - Micas - Plagioclasas sódicas - Feldespatos - Cuarzo

Los primeros minerales en formarse lo hacen en condiciones de temperatura y presión tales que presentan mayor desequilibrio respecto a las condiciones de superficie.

Los minerales más frecuentes en rocas sedimentarias son:

Cuarzo, feldespatos y micas provenientes de rocas de origen ígneo.

Arcillas, provenientes de alteración de minerales ferromagnesianos.

Calcita y aragonita de origen químico.

Hematita, por oxidación de minerales ferromagnesianos.

Yeso y halita, formados por evaporación química en ambientes tipo salina.

Ópalo y calcedonia, producto de recristalización de sílice.

Es importante considerar también la presencia de agua intersticial singenética que tendrá un rol fundamental en la construcción de rocas sedimentarias químicas.

Las denominadas *sedimentarias químicas*, son sedimentitas formadas por un proceso de precipitación, ya sea orgánico o inorgánico, o por materiales de origen prominentemente orgánico. Entre ellas encontramos varios tipos que a su vez se pueden dividir por su composición o por su origen.

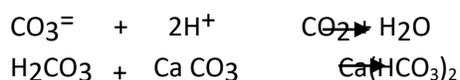
Rocas sedimentarias disponibles en el aula:

Clásticas:

Conglomerados, areniscas, limolitas, arcilitas.

Químicas:

Carbonáticas. (Recordar que en el proceso de formación de este tipo de rocas interviene siempre la siguiente reacción química que permite identificarlas por su reacción al ácido -vinagre/limón-)



Travertino: se forma en regiones de aguas freáticas que contienen ácido carbónico disuelto. Cuando las soluciones llegan cerca de la superficie se produce la precipitación de los carbonatos cálcicos, originando de esta manera los depósitos típicos de este material tan utilizado en la industria de la construcción.

Caliza coralina: resultan de la actividad colonial de los corales. Usualmente, junto con el material coralino aparecen mezclados otros materiales orgánicos. Estas calizas frecuentemente muestran montículos de rocas sin estratificar, que presentan cavernas rodeadas por caliza bien estratificada. Tales montículos llamados *biohermas* pueden constituir depósitos de petróleo.

Caliza oolítica: está formada por concreciones esféricas pequeñas.

Coquina: es una roca de origen orgánico pero a la vez podría considerarse dentro de las de origen detrítico. Sus constituyentes son mayormente restos de conchillas de organismos con esqueletos calcáreos.

Evaporitas de yeso: provienen de depósitos que han sido afectados por evaporación de un agua madre o bien depósitos intraformacionales que superan el nivel de concentración de la sal.

Evaporitas de halita: génesis similar a la anterior.

Rocas silíceas (formadas principalmente por sílice de origen sedimentario, es decir, no ígneo). Entre las de origen orgánico tenemos las radiolaritas y las diatomitas y entre las de origen exclusivamente químico los pedernales y ópalos.

Otras rocas de las que **no se dispone** de muestras:

Creta: es una variedad de caliza porosa de grano fino formada por caparazones de foraminíferos.

Marga: es una caliza con abundante material arcilloso

Dolomías: son rocas muy similares a las calizas, tanto, que es casi imposible distinguirlas sin un análisis químico. Se originan por modificación de la caliza pura en la cual parte del calcio fue reemplazado por sales de magnesio contenido en el agua de mar. Este proceso, llamado "dolomitización" genera una reducción de volumen de alrededor del 12% y por esta razón las dolomías potenciales depósitos de petróleo.

Fosforitas: se las encuentra en ambientes de características litorales.

Las diatomitas están constituidas por la acumulación de los caparazones silíceos de algas microscópicas llamadas diatomeas. Se forman en lagos u océanos. Son conocidas porque se usan como abrasivos en la industria, como absorbentes o microfiltros.

Entre las de origen químico silíceo tenemos el pedernal, constituido por sílice criptocristalina de color negruzco o en gradaciones de gris. El material muestra fractura concoide característica. Este tipo de rocas conforman depósitos silíceos en medios calcáreos. El ópalo, es otra variedad de roca de origen sedimentario químico que generalmente presenta bandas de colores rojizos, castaños, verdosos o amarillentos.

Tema 8

Sistema petrolero. Roca generadora. Transformación de la materia orgánica. Expulsión, migración y acumulación de los hidrocarburos.

Se denomina “sistema petrolero” a aquel que incluye a todos los elementos y procesos geológicos que son esenciales para la existencia de una acumulación de hidrocarburo. El modelo convencional incluye roca madre, reservorio y sello en lo que respecta a las formaciones litológicas, mientras que los otros elementos son: formación del HC, expulsión, migración, acumulación y preservación. Todo esto regido por la sincronidad.

Por roca madre o generadora entendemos una unidad sedimentaria que ha generado y expulsado suficiente petróleo o gas como para que sea acumulable y explotable de forma económicamente rentable. Las localizaciones donde se produce el petróleo son aquellas donde hay aporte orgánico suficiente y un ambiente reductor. Estas zonas pueden ser lagos, deltas, cuencas marinas semicerradas o abiertas y plataformas o cuencas profundas.

Lagos. Las rocas madre en este ambiente se dan normalmente en un contexto tectónico activo y en zonas ecuatoriales, donde la estratificación de las aguas (por salinidad o densidad) impida la mezcla de las aguas superficiales y profundas.

Deltas. En estos ambientes la roca madre son las lutitas del prodelta, con materia orgánica procedente de vegetales transportados por los ríos y materia orgánica de fito- y zooplancton.

Cuencas marinas semicerradas con un balance positivo (mayor entrada de agua dulce que de agua salada), y con un modelo de circulación estuarino.

Cuencas marinas abiertas, en zonas de upwelling, donde se produce una zona de mínimo oxígeno.

Plataformas y cuencas profundas en períodos de máxima trasgresión.

En estos ambientes se produce la acumulación de materia orgánica y se genera lo que se denomina *querógeno*. El querógeno es la fracción orgánica contenida en las rocas sedimentarias que es insoluble en disolventes orgánicos. Bajo condiciones de presión y temperatura, el querógeno empieza a ser inestable y se produce reagrupamiento en su estructura con objeto de mantener el equilibrio termodinámico. La generación de petróleo es pues una consecuencia natural del ajuste del querógeno a condiciones de incremento de temperatura y presión.

El querógeno Tipo I tiende a producir crudos ricos en hidrocarburos saturados, es derivado de materia orgánica algal lacustre o marina. Contiene 10 % a 70 % lípidos y es el más productor de petróleo. El querógeno tipo II tiende a producir petróleos nafténicos y aromáticos y más gas que el tipo I. Es derivado de ambientes marinos y está constituido por partículas amorfas derivadas de la descomposición de fitoplancton y zooplancton. El querógeno de tipo III tiende a producir principalmente gas y algunos petróleos parafínicos, es derivado de restos de vegetación continental (madera, esporas, hojas, tejido de plantas) y se forma principalmente por vitrinita y algunas exinitas. Finalmente, el querógeno de tipo IV, muy raro, casi no tiene capacidad para generar petróleo/gas. Principalmente está constituido por inertita y algunos amorfos de descomposición de materia vegetal.

Profundidad	Tª máxima		
1km	90°C	Diagénesis (etapa submadura)	KERÓGENO + GAS BIOGÉNICO (SIN GENERACIÓN DE HCS)
			Inicio de la generación de petróleo
4km	175°C	Catagénesis (etapa madura)	PETRÓLEO
			Límite de la preservación del petróleo
5km	220°C	Metagénesis (etapa supermadura)	GAS HÚMEDO
			Límite de la preservación del gas húmedo
6km	315°C		Límite de la preservación del gas seco



ACTIVIDADES EN EL AULA

Observación de muestras de roca que constituyen rocas generadoras. Discusión de sus características y función dentro del sistema petrolero.

Tema 9

Roca reservorio. Fluidos y espacio poral. Trampas y rocas sello.

Los reservorios tienen tres propiedades cuyo conocimiento resultan fundamentales para conseguir el máximo rendimiento en la exploración y producción de hidrocarburos. Estos son, porosidad, permeabilidad y saturación de hidrocarburos.

La porosidad es la característica física más conocida de un yacimiento de petróleo. Determina los volúmenes de petróleo o gas que pueden estar presentes, y todas las operaciones de recuperación se basan en la determinación de su valor. La porosidad de un material se define como la fracción del volumen total de la roca no ocupada por el esqueleto mineral de la misma. En los yacimientos de petróleo, la porosidad representa el porcentaje del espacio total que puede ser ocupado por líquidos o gases. Dicha propiedad determina la capacidad de acumulación y generalmente se expresa como porcentaje, fracción o decimal.

Existen dos clases de porosidad: Absoluta y efectiva: Porosidad absoluta es el porcentaje de espacio total con respecto al volumen total de roca, sin tener en cuenta si los poros están interconectados entre sí o no. Una roca puede tener una porosidad absoluta considerable y no tener conductividad de fluidos por la falta de

comunicación entre ellos. Ejemplo: La arcilla (40-50%), la lava y otras rocas ígneas con porosidad vesicular. La porosidad efectiva es el porcentaje de espacio poroso intercomunicado con respecto al volumen total de la roca. Por consiguiente, es una indicación de la conductividad de los fluidos, aunque no es una medida de ellos necesariamente. La porosidad efectiva es una función de muchos factores litológicos. Los más importantes son: Tamaño de los granos, empaque (distribución) de los granos, cementación, meteorización y lixiviación, cantidad y clase de arcillas y estado de hidratación de las mismas.

La porosidad en los sedimentos se forma y se reduce o elimina por procesos geológicos naturales. La existencia de la porosidad primaria y secundaria se debe a condiciones geológicas. La porosidad primaria resulta de los vacíos que quedan entre los granos y los fragmentos minerales después que se acumulan como sedimentos. La porosidad secundaria resulta por la acción geológica tales como lixiviación, fracturación después de la litificación de los sedimentos. La roca en su proceso de diagénesis sufre diaclasamiento causado por consolidación, contracción, esfuerzos tectónicos o cambios mineralógicos. En las crestas de los anticlinales hay gran fracturación. También por acción de lixiviación por aguas subterráneas se llega a la porosidad secundaria. La porosidad en la mayoría de los yacimientos de calizas se debe a este tipo. Un proceso muy importante es la dolomitización, lo cual es la sustitución de calcio por magnesio que aumenta la porosidad.

La mejor forma de estudiar una roca reservorio es por medio de testigos-corona obtenidos durante la perforación. Éstos permiten obtener datos cuantitativos respecto a la porosidad, permeabilidad y saturación de petróleo (porcentaje de espacios vacíos ocupados por el petróleo). El procedimiento es cortar pequeños cubitos. Estos cubitos se cortan paralela y normalmente a los planos de estratificación. La porosidad y restantes datos se determinan a partir de ellos.

La permeabilidad de una roca se define como la capacidad que tiene de dejar pasar los fluidos a través de la red de poros o fracturas interconectados. Es función del tamaño y forma de los poros y a su vez éstos dependen de las propiedades geométricas de los granos minerales y de su distribución. Por lo tanto, la permeabilidad también es función del empaque de los granos, de la textura y de la cementación. La presencia y el tipo de arcilla influyen en la permeabilidad.

Debido a ciertas propiedades de los fluidos y de las rocas almacén o reservorios, es común que al menos una parte del espacio poral esté ocupado por agua. La saturación de hidrocarburos expresa el porcentaje del espacio poral que está ocupado por petróleo o gas natural.

Tema 10

La geología estructural es la rama de la geología que estudia las estructuras de la corteza terrestre producidas por fuerzas tectónicas. Las deformaciones tectónicas se observan principalmente por la modificación de las estructuras primarias de las rocas sedimentarias: los estratos.

Se llama discordancia a una superficie de erosión o de no-depositación de sedimentos. La discordancia refleja un cambio temporario o permanente en las condiciones de depositación como es el caso de transgresiones o regresiones marinas, cambios climáticos o períodos orogénicos. Pueden darse discordancias angulares, paralelas, no deposicionales (detectables por estructuras menores de las rocas).

Esfuerzos

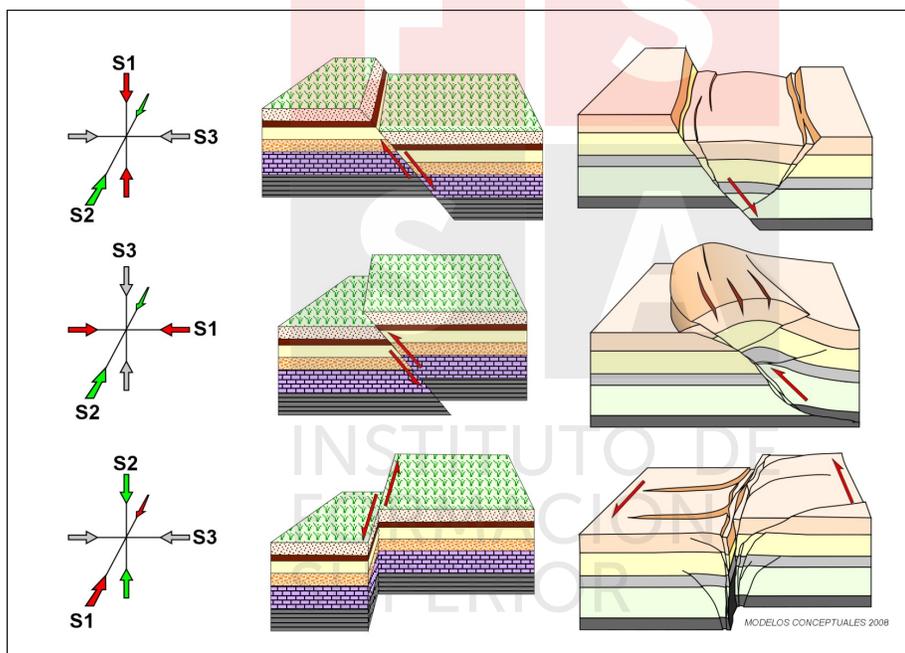
Todo material al ser sometido a esfuerzos responde de distintas maneras de acuerdo a sus características propias y a la intensidad de los esfuerzos.

Una vez sometido un cuerpo a un esfuerzo puede sufrir inicialmente una deformación elástica, la cual le permite -eliminado dicho esfuerzo- recuperar su estado inicial. Sin embargo, si el esfuerzo continúa, pasada la deformación elástica sobreviene una deformación plástica lo cual determina una forma del material diferente a la original.

Si la roca deformada plásticamente sigue sufriendo el efecto del esfuerzo finalmente se fracturará.

Los cuerpos rocosos que forman la corteza terrestre se encuentran sometidos a sistemas de fuerzas que pueden simplificarse como vectores definidos en tres direcciones principales ortogonales entre sí. De acuerdo a la resultante de este sistema tendremos tres situaciones: un sistema compresivo, un sistema distensivo o bien un sistema de esfuerzos de cizalla.

Cuando un grupo de estratos horizontales se encuentra dentro de un sistema de esfuerzos, de acuerdo a su plasticidad reaccionará plegándose o fracturándose.



Diaclasamiento

Debido a las fuerzas a que se ven sometidas las rocas es posible observar ciertas fracturas que no muestran un movimiento significativo. Son las llamadas *diaclasas*. En general las diaclasas debidas a esfuerzos tectónicos se observan en rocas sedimentarias pero además existen en las rocas ígneas las diaclasas producidas por enfriamiento (disyunción columnar de los basaltos) y las producidas por deshidratación de sedimentos expuestos a la superficie luego de haber permanecido sumergidos.

Una carta geológica es la proyección en un plano horizontal de los distintos afloramientos, con la indicación de la orientación de las masas rocosas de formas relativamente regulares (estratos y cuerpos de rocas ígneas).



ACTIVIDADES EN EL AULA

- 1.- Observar el proceso de compresión y de distensión en el simulador construido *ad hoc*.
- 2.- Elaborar un informe acerca de la experiencia observada.

Tema 11

Métodos de exploración en una cuenca. Geofísica: magnetometría, gravimetría y sísmica. Geología de superficie. Geoquímica de superficie. Pozo exploratorio.

En la industria petrolera cuando se habla del término exploración se refiere a la búsqueda de nuevos yacimientos de hidrocarburos. El petróleo puede estar en el mismo lugar donde se formó (en la "roca madre") o haberse filtrado hacia otros lugares (reservorios) por entre los poros y/o fracturas de las capas subterráneas.

Por eso, para que se den las condiciones de un depósito o yacimiento de petróleo, es necesario que los mantos de roca sedimentaria estén sellados por rocas impermeables (generalmente arcillosas) que impidan su paso. Esto es lo que se llama una "trampa", porque el petróleo queda ahí atrapado.

En términos geológicos, las capas subterráneas se llaman "formaciones" y están debidamente identificadas por edad y tipo del material rocoso del cual se formaron. Esto ayuda a identificar los niveles que contienen rocas sedimentarias. La exploración consiste básicamente en localizar estos niveles.

Uno de los primeros pasos en la búsqueda del petróleo es la obtención de fotografías o imágenes satelitales de una superficie determinada. Esto permite elaborar mapas geológicos en los que se identifican características de un área determinada, tales como vegetación, topografía, corrientes de agua, tipo de roca, fallas geológicas, anomalías térmicas, etc. Esta información da una idea de aquellas zonas que tienen condiciones propicias para la presencia de rocas sedimentarios en el subsuelo.

También se utilizan sistemas magnéticos y gravimétricos desde aviones provistos de magnetómetros y gravímetros, con lo cual se recoge información que permite diferenciar los tipos de roca del subsuelo.

Asimismo los geólogos inspeccionan personalmente el área seleccionada y toman muestras de las rocas de la superficie (afloramientos) para su análisis.

Con estos estudios se tiene una primera aproximación de la capacidad de generación de hidrocarburos y de la calidad de rocas almacenadoras que pueda haber en un lugar.

El paso más importante en la exploración es “la sísmica”. Es lo que permite conocer con mayor exactitud la presencia de trampas en el subsuelo. El estudio sísmico consiste en crear temblores artificiales mediante pequeñas explosiones subterráneas, para lo cual se colocan explosivos especiales en excavaciones de poca profundidad, normalmente entre 10 y 30 pies. En la superficie se cubre un área determinada con aparatos de alta sensibilidad llamados "geófonos", los cuales van unidos entre sí por cables y conectados a una estación receptora.

La explosión genera ondas sísmicas que atraviesan las distintas capas subterráneas y regresan a la superficie. Los geófonos las captan y las envían a la estación receptora, donde, mediante equipos especiales de cómputo, se va dibujando la disposición de las discontinuidades que se encuentran en el interior del subsuelo.

Toda la información obtenida a lo largo del proceso exploratorio es objeto de interpretación en los centros geológicos y geofísicos de las empresas petroleras. Allí es donde se establece qué áreas pueden contener depósitos de hidrocarburos, cuál es su contenido potencial y dónde se debería perforar.

PRINCIPALES MÉTODOS DE EXPLORACIÓN

La Geofísica es la disciplina principal que se utiliza durante la exploración petrolera. Aunque no siempre es fácil establecer una frontera significativa entre Geología y Geofísica, la diferencia radica principalmente en el tipo de datos con los cuales se inicia la investigación. La Geología engloba el estudio de las rocas mediante observaciones directas -ya sea en afloramientos o por material extraído desde los pozos-, así como la deducción de su estructura e historia a través del análisis de esas observaciones. La Geofísica, por su parte, involucra el estudio de aquellas zonas ocultas a la visión directa, mediante la medición de sus propiedades físicas, empleando los instrumentos adecuados.

En la geología del petróleo, se combinan diversos métodos o técnicas exploratorias para seleccionar las mejores oportunidades o los llamados “plays”. *Play* se define como un conjunto de prospecciones no perforadas y de yacimientos conocidos de petróleo, que en principio, comparten un reservorio, un sello regional y un sistema de carga de hidrocarburos (petróleo y gas). Además, se busca que las rocas almacenadoras tengan buena porosidad y permeabilidad para permitir la acumulación y flujo de los fluidos y gases. Las rocas sello que sirven de trampas tienen la particularidad de ser impermeables y sirven para evitar el paso de los hidrocarburos a otras formaciones. Las estructuras ideales para la acumulación del petróleo son los llamados anticlinales, aunque es común encontrar acumulaciones en otro tipo de estructuras como fallas geológicas y en zonas relativamente planas en depósitos estratigráficos con estructuras muy leves.

MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS

El geólogo trabaja directamente con su material de estudio mientras que el geofísico lo hace indirectamente. El geólogo para realizar su trabajo requiere la observación y de las rocas y sedimentos. Para ello toma muestras de roca en afloramientos en superficie o de perforaciones, mide la dirección e inclinación de los estratos en el campo, realiza cartografía de las fallas geológicas y otras estructuras que observa en la superficie terrestre, analiza los fósiles que contienen las rocas ya sea directamente o al microscopio, analiza el contenido de minerales y fluidos. En todas estas actividades el geólogo realiza observaciones y mediciones directas.

Cuando las rocas de interés se encuentran en el subsuelo, una alternativa consiste en realizar perforaciones o excavaciones para tomar muestras. Ésta es una actividad normal pero muy costosa. Las perforaciones y excavaciones, aunque proporcionan información directa del subsuelo, tienen algunos inconvenientes, como ser el alto costo, el proporcionar información puntual y las grandes dificultades para ser realizados en ciertos lugares como pantanos, laderas de montaña con mucha pendiente y bosque cerrado. Por ejemplo, localizar yacimientos de hidrocarburos sería casi imposible si sólo se dispusiera de los datos geológicos de superficie, porque estos yacimientos suelen encontrarse entre 1000 y 3000 metros de profundidad y las características geológicas de los estratos a esa profundidad no se manifiestan en la superficie a corta distancia del yacimiento. Es decir, en general, no hay ningún indicio en la superficie de la existencia de un yacimiento de hidrocarburos en el subsuelo. Por otra parte, realizar perforaciones al azar para encontrarlos sería económicamente irrealizable.

Para estudiar grandes volúmenes del subsuelo se utilizan mediciones geológicas de forma indirecta. Para ello se miden propiedades tales como los tiempos de viaje de las ondas sísmicas a través del subsuelo, las propiedades de conducción de electricidad, el campo magnético, el campo gravitatorio, la conducción térmica. Todas estas propiedades se miden en la superficie de la Tierra (o eventualmente en pozos) y proporcionan información de las rocas en el subsuelo. Para que esta información resulte de utilidad es necesario que exista una relación entre las propiedades geológicas del subsuelo y las propiedades físicas medidas en superficie. Eso significa que debe efectuarse un trabajo de acondicionamiento de los datos o "procesamiento" y luego un trabajo de traducción de propiedades físicas a propiedades geológicas o "interpretación".

SECUENCIA DE TRABAJO PARA INICIAR LA PROSPECCIÓN PETROLERA

La secuencia exploratoria se inicia con el estudio de la información disponible del área que comprende: información geológica de las formaciones y estructuras presentes, la paleontología, la paleoecología, el estudio de mapas geológicos y geomorfológicos, estudio de los métodos geofísicos que se hayan empleado en el área como métodos potenciales (gravimetría, magnetometría, sondeos eléctricos o magneto telúricos), sismografía y los resultados de las perforaciones exploratorias realizadas en el área.

En los análisis de la información geológica del área, se observa el potencial de las rocas presentes en la zona de estudio para producir, almacenar y servir de trampas a los hidrocarburos. Las rocas productoras son rocas que contienen material orgánico atrapado y que ha producido hidrocarburos por procesos de alta temperatura y presión dentro de la tierra.

Cuando hay probabilidades de que en el subsuelo existan acumulaciones de petróleo o gas natural, se sigue una serie de pasos con el objeto de ubicar el sitio con mayores posibilidades de comprobarlas y posteriormente de extraerlas. El principal trabajo del geólogo consiste en descubrir las condiciones bajo las cuales se acumulan el gas y el petróleo; para ello recurre a los Métodos Geológicos de Exploración, que le permiten estudiar las rocas superficiales buscando indicaciones directas como menes o manaderos de petróleo, asfalto y gas; y aplicar la geología de superficie a fin de verificar la existencia de rocas asociadas al origen y almacenamiento de hidrocarburos. De la misma manera, le facilitan la interpretación de la existencia de trampas en el suelo mediante la observación y medición de sus efectos en el terreno. Con este propósito también se utilizan las fotografías aéreas.

Los estudios de geología de superficie requieren un levantamiento topográfico previo con el cual se obtiene un mapa de relieve. Sobre este mapa, los geólogos grafican los datos adquiridos y a partir de éstos interpretan el subsuelo y sus posibilidades petrolíferas.

RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO - CUENCAS SEDIMENTARIAS

La primera tarea en la exploración petrolera es definir la existencia de una cuenca sedimentaria. Esta labor se realiza a través de trabajos de geología regional primordialmente con base en la recolección y el estudio de muestras y datos de campo. Su análisis e interpretación geológica es ejecutada con ayuda de fotografías aéreas y/o satelitales, permitiendo inferir la existencia o no de estas cuencas. El conjunto de esta información es procesada para determinar y delimitar áreas de interés, que en forma posterior serán reevaluadas para decidir cuáles deben ser sujetas a otros estudios de mayor detalle y profundidad.

GEOLOGÍA DE SUPERFICIE Y DE SUBSUELO

Definida la existencia de una cuenca, se realiza el estudio de superficie. Este estudio se enfoca especialmente en la litología de los afloramientos y en las estructuras. Los estudios de subsuelo, se implementan con la ayuda de datos recolectados en los trabajos de geofísica, sedimentología, paleontología, palinología, geoquímica y otros. Además de estos trabajos, la fase de estudio o prospección geológica se refuerza con estudios de gravimetría (anomalías de campo gravitatorio), magnetometría (anomalías magnéticas) y la sísmica (reflexión y refracción de ondas).

La mejor forma de reducir el riesgo de inversión en la exploración de petróleo y gas consiste en determinar la presencia, tipos y volúmenes de hidrocarburos en una estructura prospectiva antes de iniciar las operaciones de perforación. La interpretación sísmica permite delinear las estructuras cerradas e identificar trampas subterráneas potenciales, pero no pronostica el contenido de las trampas. El hecho de perforar en una estructura cerrada, incluso cerca de un campo productivo de petróleo y gas, no garantiza el hallazgo de fluidos similares.

MÉTODOS GEOFÍSICOS

Los métodos geofísicos de investigación del subsuelo son conjuntos de técnicas instrumentales de operación de campo y de interpretación de resultados. El objetivo que se persigue con su empleo es el de predecir la estructura geológica del subsuelo, ya sea para la exploración de sustancias de importancia económica (minerales sólidos y fluidos) o para la definición de situaciones que interesan a los proyectos de ingeniería.

Las propiedades físicas de las rocas que usualmente se miden en geofísica son: densidad, susceptibilidad magnética, eléctricas (conductividad, capacidad dieléctrica), elasticidad, radioactividad, temperatura. Para cada una de ellas han sido desarrolladas técnicas de medición, procesamiento de datos e interpretación. En exploración de petróleo los objetivos típicos regionales determinan que sean más utilizados los métodos de gran cobertura (aéreos) y aquellos que dependen de la estructura del subsuelo.

Los estudios geofísicos no pueden prescindir de la necesidad de la perforación, pero, si se aplican correctamente, pueden optimizar los programas de exploración y minimizar el requerimiento de perforación. En términos de la cantidad de recursos de capital invertidos anualmente, los métodos sísmicos son las técnicas que revelan mayor importancia por su uso sistemático y generalizado en la exploración de hidrocarburos.

MÉTODOS POTENCIALES

Se llaman así a aquellos que no necesitan una fuente artificial sino que la Tierra misma proporciona la *potencia* necesaria para el estudio.

GRAVIMÉTRICO

Estudian las pequeñas alteraciones de la gravedad, producidas por la vecindad de grandes masas de rocas densas. El método gravimétrico fue aplicado inicialmente en la prospección petrolífera en los Estados Unidos y en el golfo de México con el objetivo de localizar domos de sales, que potencialmente albergan petróleo; luego se buscaron estructuras anticlinales.

Este método aprovecha las diferencias de la gravedad en distintos sectores. Por medio de un instrumento especial llamado gravímetro se pueden registrar las variaciones de la aceleración de la gravedad en distintos puntos de la corteza terrestre. Se determina la aceleración de la gravedad (g) en puntos del terreno explorando lugares distantes 1.000 ó 5.000 metros entre sí. Los valores obtenidos se ubican en un mapa y se unen los puntos donde los valores de gravedad son iguales, obteniéndose líneas isogravimétricas que revelan la posible estructura profunda. Así, la existencia de curvas isogravimétricas cerradas, señala la existencia de un anticlinal de extensión semejante al área que abarca esa curva. El valor de la gravedad varía de acuerdo al achatamiento terrestre, fuerza centrífuga, altitud y densidad de la corteza terrestre. Por eso el gravímetro señala la presencia de masas densas de la corteza constituidas por anticlinales que han sido levantados por plegamientos y se hallan más próximos a la superficie de la Tierra.

En la prospección geofísica, lo que realmente interesa es poder definir contrastes de heterogeneidad y densidades en la parte de la Tierra que se está investigando. La diferencia entre el valor de la gravedad corregida y el valor teórico de la gravedad en la estación, se denomina anomalía gravitatoria. El mapa de anomalías muestra la suma de todos los efectos debidos a todas las masas presentes tanto en profundidad como en superficie. Una vez separadas las distintas anomalías, se trata de definir las en términos de posibles anticlinales, sinclinales, domos, masas que presenten mayor o menor densidad que las rocas circundantes.

MAGNÉTICO

La magnetometría es, como la gravimetría, un método geofísico relativamente simple en su aplicación. El campo magnético de la tierra afecta también a yacimientos que contienen magnetita. Estos yacimientos producen un campo magnético inducido, es decir: su propio campo magnético. Para este método se usan magnetómetros muy sensibles, que a veces suelen transportarse en aviones, a fin de disminuir los efectos de masas férricas superficiales. Un magnetómetro mide las anomalías magnéticas en la superficie terrestre, las cuales podrían ser producto de un yacimiento.

En la prospección petrolífera el método magnético entrega información acerca de la profundidad de las rocas pertenecientes al basamento. A partir de estos conocimientos se puede localizar y definir la extensión de las cuencas sedimentarias ubicadas encima del basamento.

MÉTODOS ELÉCTRICOS

En la exploración petrolera, estos métodos tienen su principal uso en la corrida de registros de pozos. Una vez que el pozo está perforado, se procede a correr las herramientas de registro eléctrico dentro del pozo.

Estas herramientas producen un “registro eléctrico” el cual muestra una descripción general de muchos tipos de registros, incluyendo el SP (Potencial Espontáneo), Resistividad, Gamma-Ray, Caliper, Neutrón o Densidad, Porosidad. Los registros eléctricos nos proporcionan estimaciones indirectas de la calidad de roca, porosidad y saturación de fluidos (agua, petróleo o gas). En cuanto a las pruebas de formación, éstas son útiles para estimar parámetros tales como presión de la formación, permeabilidad, daño de la formación, y para definir la productividad de un pozo. Los registros eléctricos son realizados con electrodos que se bajan a distintas profundidades de un pozo de exploración, para determinar la conductibilidad eléctrica de las distintas capas y sus probabilidades de contener petróleo.

Registros de resistividad

Las herramientas de resistividad miden la resistividad de las formaciones a una corriente eléctrica aplicada. Las formaciones de arcilla y arena con mayor salinidad tendrán baja resistividad, mientras que las arenas con agua dulce tendrán mayores valores de resistividad. Las rocas muy compactadas y formaciones secas tienen los más altos valores de resistividad.

Registros de potencial espontáneo (sp)

Es un registro de la diferencia de potencial entre el potencial eléctrico de un electrodo móvil en el pozo y el potencial eléctrico de electrodo fijo en la superficie en función de la profundidad. Enfrente de lutitas, la curva de SP por lo general, define una línea más o menos recta en el registro, que se llama línea base de lutitas.

Enfrente de formaciones permeables, la línea muestra deflexiones con respecto a la línea base de lutitas; en las capas gruesas estas deflexiones tienden a alcanzar una deflexión esencialmente constante, definiendo así una línea de arenas. Ésta curva de potencial espontáneo es muy útil, ya que permite detectar capas permeables, correlación de capas, determinar la resistividad del agua de formación y una estimación aproximada del contenido de arcillas.

Registros de imágenes de pozos basados en mediciones de microrresistividad

Se miden cambios en la resistividad tan diminutos que puede generarse una imagen de las paredes del pozo.

Métodos sísmicos

Consisten en generar movimientos de poca profundidad, normalmente entre 10 y 30 pies, registrando las ondas reflejadas en las napas profundas por medio de sismógrafos combinados con máquinas fotográficas. En la superficie se cubre un área determinada con dichos aparatos de alta sensibilidad llamados también "geófonos", los cuales van unidos entre sí por cables y conectados a una estación receptora. Las ondas producidas por la explosión atraviesan las capas subterráneas y regresan a la superficie. Los geófonos las captan y las envían a la estación receptora, donde, mediante equipos especiales de cómputo, se va dibujando el interior del subsuelo. Se puede medir el tiempo transcurrido entre el momento de la explosión y la llegada de las ondas reflejadas, pudiéndose determinar así la posición de los estratos y su profundidad, describiendo la ubicación de las estructuras presentes. Toda la información obtenida a lo largo del proceso exploratorio es objeto de interpretación en los centros geológicos y geofísicos de las empresas petroleras. Allí es donde se establece qué áreas pueden contener mantos con depósitos de hidrocarburos, cuál es su contenido potencial de hidrocarburos y dónde se debe perforar.

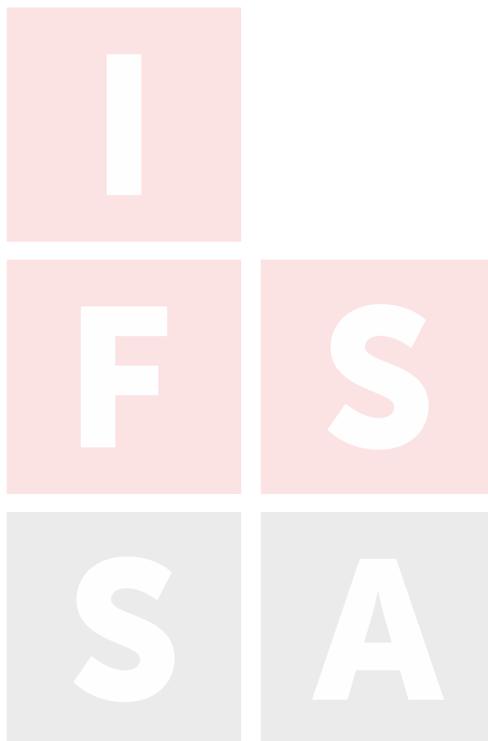
Sismología de reflexión

Ésta consiste en crear de manera artificial una onda sísmica mediante una explosión. La onda acústica es refractada (desviada) por determinado tipo de rocas, mientras que otras la reflejan. A través de los geófonos colocados en la superficie, se registran las señales emitidas por las ondas. Con estos datos los expertos interpretan la relación velocidad del sonido-tiempo-profundidad de las formaciones para, según las características y propiedades de las rocas, elaborar los mapas del subsuelo.

Interpretación estructural

La esencia del método es la implementación de área de las fuentes y los receptores en una red de 2-D, seguido por el procesamiento y la interpretación de la densidad de la muestra resultante en datos volumétricos. En condiciones favorables, los datos de sísmica 3-D proporcionarán al explorador una poderosa herramienta para la representación del volumen y la visualización del subsuelo. En las aplicaciones de petróleo y gas, la exploración sísmica 3-D es una tecnología que ha influido profundamente en todos los

aspectos de la exploración y el desarrollo La popularidad de los métodos de sísmica 3-D para la exploración de hidrocarburos se puede atribuir a la simple economía: su uso ha reducido significativamente los costos de exploración al reducir el número de pozos secos perforados.



INSTITUTO DE
FORMACIÓN
SUPERIOR