



**MANUAL DE GUIAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE  
INGENIERIA DE PETROLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**ULDARICO LOZANO DIAZ  
CARLOS ARTURO SIERRA CALDERON**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE PETRÓLEOS  
NEIVA - HUILA**

**2015**



**Universidad Surcolombiana**

**MANUAL DE GUIAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE  
INGENIERIA DE PETROLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**ULDARICO LOZANO DIAZ  
CARLOS ARTURO SIERRA CALDERON**

**Director.  
ROBERTO VARGAS CUERVO  
Msc. Geólogo**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE PETRÓLEOS  
NEIVA - HUILA**

**2015**

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS .....</b>	<b>5</b>
<b>RECONOCIMIENTO DE LOS PRINCIPALES MINERALES Y ORGANISMOS PETROGENICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>CLASIFICACION GRANULOMETRICA DE ARENITAS .....</b>	<b>17</b>
<b>CLASIFICACION TEXTURAL DE ROCAS PELITICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS MECÁNICO .....</b>	<b>26</b>
<b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION TEXTURAL DE LAS ROCAS CLÀSTICAS O TERRIGENAS .....</b>	<b>34</b>
<b>DESCRIPCION Y CLASIFICACION COMPOSICIONAL DE LAS ROCAS CLASTICAS O TERRIGENAS.....</b>	<b>47</b>
<b>DESCRIPCION TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE LAS ROCAS CALCAREAS. .....</b>	<b>56</b>
<b>DESCRIPCION PETROGRAFICA DE RIPIOS DE PERFORACION .....</b>	<b>64</b>
<b>PRUEBA DE IRIDISCENCIA .....</b>	<b>67</b>
<b>PRUEBA DE FLUORESCENCIA.....</b>	<b>72</b>
<b>PRUEBA DE ACETONA – AGUA .....</b>	<b>84</b>
<b>PRUEBA DE AGUA CALIENTE .....</b>	<b>88</b>
<b>SALIDA DE CAMPO .....</b>	<b>94</b>

## INTRODUCCION

A través de los años el área de Geología ha mostrado gran interés en implementar prácticas de laboratorio en las asignaturas Geología General, geología estructural “sedimentología y geología de petróleo”, en la facultad de ingeniería de petróleos teniendo actualmente unas dos mil (2000) muestras Geológicas que son utilizadas para el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

Actualmente la asignatura sedimentología y geología del petróleo tiene una orientación teórico – práctica y por su contenido curricular permite implementar las prácticas de laboratorio para así fortalecer el contenido programático de la asignaturas anteriormente mencionadas, quedando así plasmada la aplicación práctica de estas pruebas en la Industria del Petróleo como campo de conocimiento para el ingeniero de petróleos.

El presente manual de guías prácticas del laboratorio es la a base fundamental para el desarrollo del curso, fomentando una enseñanza más activa, participativa y especializada, en busca de potenciar un pensamiento crítico de la teoría y las pruebas de laboratorio.



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS

N° 1 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

El hallazgo de hidrocarburos que no fuera lugar en roca sedimentaria se consideraba no apto para la explotación, por lo tanto las rocas ígneas no se han tenido en cuenta e incluso han sido rechazadas por la industria petrolera debido a que son consideradas poco atractivas. No obstante, las rocas ígneas pueden desarrollar porosidad y permeabilidad de distintas maneras, una de ellas es mediante la alteración hidrotermal que es la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en términos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. Dicha alteración produce cambios en las propiedades de las rocas alterando su densidad (aumento o disminución), porosidad, permeabilidad (aumento o disminución), susceptibilidad magnética y resistividad. Simultáneamente con esos cambios físicos pueden ocurrir eventos relacionados o sin relación como fallamiento y formación de diaclasas/fracturas que afecten el proceso de alteración.

Además la actividad ígnea puede incurrir en algunos de los aspectos de un sistema petrolero, proveyendo la roca generadora (roca madre), afectando la maduración de los fluidos; y formando trayectos o condiciones aptas para la migración, trampas, yacimientos y sellos.

Por lo tanto, debido a muchas investigaciones alrededor del mundo se conoce actualmente que las rocas volcánicas o de origen ígneo formadas a partir de la solidificación del magma alojan yacimientos de petróleo en muchas de las grandes estructuras petrolíferas y se están explotando yacimientos de hidrocarburos en rocas del basamento siendo estas de origen ígneo



## 2. OJETIVOS

- Estudiar la textura y composición mineralógica de las rocas ígneas y con base a ellas estudiar los diferentes tipos.
- Reconocer en muestras de mano indicios para la acumulación de hidrocarburos a partir de las rocas ígneas intrusivas afectadas por la Alteración Hidrotermal
- Identificar Alteración Hidrotermal que permiten el desarrollo de la porosidad y permeabilidad aptas para el almacenamiento de hidrocarburos en las rocas ígneas.

## 3. MATERIALES Y EQUIPOS

Microscopio

Lupa

Vidrio

Navaja de acero

Lima

Porcelana sin esmaltar

Imán

Ácido clorhídrico (HCl – 10%)

## 4. BASES TEORICAS

Las rocas ígneas se estudian con base en la **textura y composición mineralógica**. La clasificación es un intento por mostrar las relaciones entre los diferentes tipos de rocas y dar una idea del origen de las rocas.

La descripción e identificación de cualquier roca ígnea requiere primero identificar y definir su textura y minerales constituyentes.

### 4.1 La textura.

En las rocas ígneas se refiere a: 1) Grado de **crystalinidad** o cristalización,  
2) Tamaño y forma de los cristales y  
3) Relaciones mutuas de los cristales.

La textura es un parámetro muy importante en la clasificación porque indica el origen o forma de emplazamiento de las rocas ígneas (Plutónico, Volcánico o Hipoabisal).

#### 4.1.1 La crystalinidad

O grado de cristalización, es la cantidad de cristales vs vidrio y depende de la rata de enfriamiento, composición y viscosidad del magma. Las rocas ígneas pueden ser:

- Holocristalinas:

Si están constituidas solamente por cristales (Plutónicas)

- Hipocristalinas:

Si están constituidas por cristales y vidrio (Hipoabisaes).

- Holohialinas:

Cuando son constituidas solamente por vidrio (Extrusivas).

#### 4.1.2 Tamaño y forma de los cristales

El tamaño de los cristales de una roca está controlado también por la rata de enfriamiento, composición y viscosidad del magma. Rocas en las cuales los cristales no pueden ser reconocidos a simple vista se llaman **Afaníticas** Rocas de cristales grueso son **Faneríticas** y pueden ser subdivididas sobre la base de tamaño de cristales:

Cristales gruesos: mayor de 5 mm

Cristales medios: 1 a 5 mm

Cristales finos: Menor de 1 mm hasta Afaníticas

La forma de los cristales se refiere al desarrollo de caras cristalinas y dimensiones relativas de los cristales. Minerales con caras cristalinas bien desarrolladas son **Euhedrales** con caras parcialmente desarrolladas son **Subhedrales** y cristales que carecen de caras cristalinas son **Anhedrales**, minerales elongados en una dirección o en forma de agujas son **Prismáticos**; alargados en dos direcciones **Tabulares** y de iguales dimensiones **Equidimensionales**.

#### 4.1.3 Las relaciones mutuas de los cristales

Da lugar a los **Nombres texturales**, algunos de los cuales se usan como nombre de roca o como parte del nombre de la roca. Estas texturas son:

##### A. Equigranular

Cuando la roca tiene minerales esenciales más o menos de igual tamaño.

##### B. Porfiríticas o inequigranular

Si tienen cristales grandes (**Fenocristales** o **Megacristales**, rodeados por cristales más pequeños (**Matriz**). Esta matriz puede ser cristal fino o afanítica. Si la matriz es

de cristal grueso la roca es plutónica; por ej. Granito porfirítico. Si la matriz es afanítica la roca es volcánica. Por ej. riolita porfirítica.

Cuando en la roca predominan los fenocristales (mayor del 50% en volumen) el nombre será por ej. Pórfido granítico o Riolítico. Si predomina la matriz será un granito porfirítico o riolita porfirítica.

### C. Vitrofirica

Si los fenocristales están rodeados por vidrio, la roca se llama un vitrofiro. Algunas texturas se usan también como nombre de roca:

#### - Pegmatita

Roca de cristales extremadamente gruesos, comúnmente de composición granito a granodiorita.

#### - Aplita

Cristales finos; uniforme, apariencia granulada, carece comúnmente de minerales máficos y ocurre asociada con pegmatita; mineralogía granítica.

Son características de las rocas ígneas, especialmente volcánicas algunas texturas originadas por la presencia de cavidades:

#### - Vesicular

Rocas con huecos casi esféricos (vesículas), originadas por el escape de burbujas de gas.

#### - Pumita

Extremadamente vesicular, que llega a ser de muy bajo peso específico y flota en agua; generalmente de composición riolítica.

#### - Amigdalas

Si las vesículas se han rellenado posteriormente con otros minerales como calcedonia o zeolitas (Amigdalas).

Las rocas ígneas volcánicas con frecuencia se caracterizan por **texturas fragmentarias** que se designan con el nombre de **piroclásticas**. En estas rocas, fragmentos de cristales, rocas y vidrio, están agrupados unos al lado de los otros.

Estos materiales piroclásticos resultan de la actividad volcánica explosiva, por la liberación de gases. Hay un complejo rango de tamaños de fragmentos:



Bloques:	Mayor de 25 cm
Bombas:	3.2 - 25 cm
Lapilli:	1.5 - 3.2 cm
Arena volcánica:	0.4 mm - 1.5 cm
Ceniza:	0.0625 mm - 0.4 mm
Polvo volcánico	Menor de 0.0625 mm

Las tres categorías más finas forman la roca llamada **Toba** y las dos categorías más gruesas forman la roca **Aglomerado** si los fragmentos son redondeados y **Brecha** si son angulares.

#### 4.2 Composición mineralógica

La clasificación de las rocas ígneas se basa sobre los siguientes parámetros mineralógicos:

- A. Presencia o ausencia de **cuarzo**.
- B. Relación de abundancia de **feldespato potásico** versus **plagioclasas**.
- C. Porcentaje y tipo de minerales máficos.

Rocas con un contenido de minerales máficos mayor del 90 % (en general están constituidas solo de minerales máficos) son llamadas **Ultramáficas**.

#### 4.3 Alteración hidrotermal

La alteración hidrotermal es un proceso en el cual se produce un intercambio químico que ocurre durante una interacción fluido hidrotermal-roca, el cual incluye la respuesta mineralógica, textural y química de dicha roca, en la presencia de agua caliente vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circula por la misma.

La alteración hidrotermal (ver diagrama 1) involucra la circulación de volúmenes relativamente grandes de fluidos calientes atravesando las rocas permeables debido a la presencia de fisuras o poros interconectados.

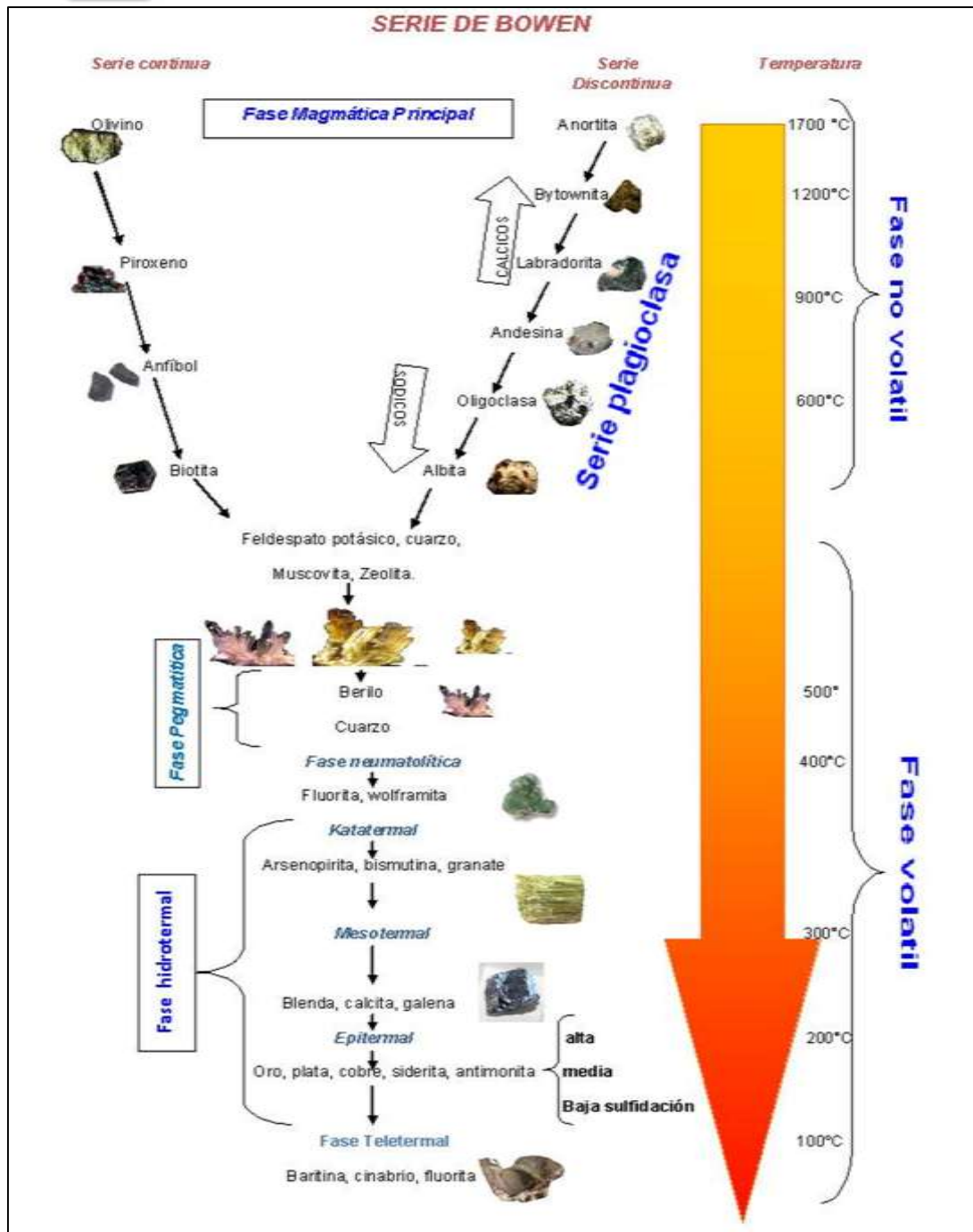


Diagrama 1 serie de BOWEN

## Clasificación de la Alteración Hidrotermal

La alteración hidrotermal produce un amplio rango de mineralogía, abundancia mineral y texturas en distintas rocas. Esto hace que sea complicado tener un criterio uniforme para la clasificación de tipos de alteración. Los autores de mapeos y de estudios de alteración generalmente han simplificado (ver tabla 1) sus observaciones clasificando las rocas alteradas en grupos.



DENOMINACIÓN	PRESENCIA DOMINANTE DE
<b>Silificación</b>	sílice o cuarzo
<b>Sericitización</b>	Sericita
<b>Argilización</b>	Minerales de arcilla
<b>Cloritización</b>	Clorita
<b>Epidotización</b>	Epidota
<b>Actinolitización</b>	Actinolita

Tabla 1 Clasificación De Alteración Hidrotermal

## 5. PROCEDIMIENTO

Al estudiar las rocas ígneas para su clasificación siga más o menos el siguiente orden:

### 1. Textura:

Grado de cristalinidad, tamaño de los cristales (fanerítica o afanítica), relación de los cristales y forma de los cristales (para las faneríticas o granudas). Por ejemplo: Roca ígnea holocristalina fanerítica inequigranular de cristales medios.

### 2. Composición

A) Observe si la roca contiene o no cuarzo.

B) Establezca la relación de abundancia entre feldespato potásico y plagioclasa, esto es si el feldespato potásico es más abundante que la plagioclasa, o viceversa; o la plagioclasa es el único feldespato.

C) Con estas relaciones asigne el nombre correspondiente de acuerdo con la tabla 2 de clasificación, teniendo en cuenta que para una misma composición mineralógica, reciben diferentes nombres según sea faneríticas (plutónicas o afaníticas (volcánicas)).

D) Los minerales máficos cuando se encuentran en una proporción menor del 90%, pueden ser en forma secundaria, parte del nombre composicional de la roca. Por ejemplo: Granito hornblendico; andesita hornblendico-biotita. Si estos minerales constituyen más del 90% de la roca, esta recibe el nombre de los correspondientes minerales, por ejemplo, piroxenitas, peridotitas, hornblenditas.



CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS ÍGNEAS										
Rocas Intrusivas	Equivalentes Mineralógica o Químicamente		Principales Minerales Especialmente Presentes en Rocas Intrusivas						Elementos Melanocráticos Preponderantes	
	Extrusivas	Hipoavisales	Cuarzo	Ortoclasa	Plagioclasa	Feldespatoideos	Olivino	Melanocristos		
Granito Alcalino	Riolita Alcalina	Porfido Granítico	●	●	●			●	Horblenda Piroxeno	Ricas En cuarzo
Granito	Riolita	Porfido Cuarzifero	●	●	●			●	Biotita Hornblenda	
Granodiorita	Riodacita	Porfiroita Granodiorítica	●	●	●			●	Biotita Hornblenda	
Diorita Cuarzifera	Dacita	Porfiroita Cuarzodiorítica	●	●	●			●	Biotita Hornblenda	
Sienita	Traquita	Porfido	●	●	●			●	Biotita Diopsido Hornblenda	Sin o con Poco cuarzo
Sienita Alcalina	Traquita Alcalina			●	●	●		●	Hornblenda Piroxeno	
Fayaita	Fanolita	Porfido Fayático		●	●	●		●	Hornblenda Piroxeno	
Monzonita	Latita	Porfiroita Monzonítica	●	●	●			●	Biotita Piroxeno Hornblenda	
Diorita	Andesita	Porfiroita	●	●	●			●	Biotita Hornblenda	
Gabro	Basalto	Diabasa (Dolerita)			●		●	●	Piroxeno (Dialaga)	Ricas En Fe Y Mg
Gabro	Basalto	Diabasa			●		●	●	Piroxeno (Dialaga)	
Peridotita					●		●	●	Piroxeno (Dialaga)	
Piroxenita					●		●	●	Piroxeno	
Anortosita					●			●	Piroxeno	

**Tabla 2** Clasificación De Las Rocas Ígneas



## 6. BIBLIOGRAFIA

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### RECONOCIMIENTO DE LOS PRINCIPALES MINERALES Y ORGANISMOS PETROGENICOS

N° 2 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este laboratorio es distinguir los dos tipos de componentes mineralógicos que conforman las rocas sedimentarias respecto al origen.

#### 2. OBJETIVOS

- Reconocer macro y microscópicamente los principales minerales y organismos petrogénicos presentes en muestras de arena
- Clasificar de acuerdo a su contenido y tipo los minerales autógenos y alotígenos.
- Identificar de acuerdo a su abundancia el componente esencial, secundario y accesorio.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

Microscopio

Vidrio

Navaja de acero

Lima

Imán

Acido clorhídrico (HCl – 10%)

Tacto – Olor característico



## 4. MARCO TEÓRICO

Las rocas sedimentarias se distinguen por poseer dos tipos de componentes minerales respecto a su origen:

### 1. COMPONENTES ALOTIGENOS O TERRIGENOS

Son los transportados desde afuera hacia la cuenca de sedimentación. Son llamados también minerales detríticos y consisten en minerales y/o partículas rotas y desgastadas que han sido llevadas al sitio del depósito por transporte mecánico.

La composición de la fracción detrítica depende de la clase de roca que le dio origen, del grado de intemperismo que obró sobre ella, y de la distancia y procesos de transporte.

### 2. COMPONENTES AUTIGENOS (NO TERRIGENOS)

Son los componentes que se formaron "in situ" en la cuenca de sedimentación pueden ser:

- **Orgánicos:**

Son aquellos formados por constituyentes que alguna vez, se disolvieron en el agua y más tarde fueron extraídos por la actividad de animales y plantas (conchas p. Fe, etc.) y al morir formaron depósitos rocosos (calizas, fosforitas). Otros organismos al descomponerse en medios reductores forman carbones.

- **Químicos**

Formados por precipitación química de sales y/o evaporación de aguas saturadas.

## 5. PROCEDIMIENTO

- De cada muestra describa y determine porcentajes de los minerales presentes.
- Describa los parámetros texturales.
- Clasifique las muestras de acuerdo a sus componentes petrogénicos.
- Describa que indicios demuestran el tipo de roca origen, transporte y distancia a la cuenca de depositación.



**6. BIBLIOGRAFÍA**

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

**OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015





## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### CLASIFICACION GRANULOMETRICA DE ARENITAS

N° 3 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

Las rocas sedimentarias poseen características texturales y composicionales, que son la base para su reconocimiento y posterior clasificación. Estas características le proporcionan propiedades específicas como porosidad y permeabilidad, parámetros de gran importancia para la acumulación, entrapamiento y migración de hidrocarburos. El principio básico para reconocer las rocas sedimentarias es el tipo de origen (clástico. Químico, Bioquímico).

#### 2. OBJETIVOS

- Determinar la granulometría de una muestra de arena, construir los respectivos histogramas y curvas acumulativas y establecer la composición mineralógica de cada una de las fracciones obtenidas.
- Reconocer los diferentes equipos que se utilizan en el análisis granulométrico y sus respectivos usos.
- Determinar la importancia de esta prueba de la industria del petróleo.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

Juego de tamices  
Vibrador  
Balanza de triple brazo  
Microscopio binocular  
Lupa de mano 10X  
Navaja de acero  
Iman  
punzon

Acido clorhidrico (HCl – 10%)

#### 4. MARCO TEORICO

El origen de las rocas sedimentarias está dado por tres tipos de formación: Clástico, químico y bioquímico. El primero corresponde a rocas exógenas y los siguientes a endógenas. Para reconocer las rocas clásticas o detríticas debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Textura
- ✓ Composición
- ✓ Estructura
- ✓ Porosidad
- ✓ Permeabilidad

La textura describe o muestra la dimensión, forma y disposición (empaquetamiento y fábrica) de los elementos constituyentes de una roca clástica. Dentro de este parámetro encontramos el tamaño, forma y disposición. En este contexto, la clasificación granulométrica expresada mediante el coeficiente de selección y el diámetro medio de las partículas sirve para interpretar los agentes y condiciones de transporte de los sedimentos y ambientes sedimentarios. El diámetro medio se asocia con la energía potencial de la corriente que transporta el material, en tanto que el coeficiente de selección indica de manera general el grado de madurez y longitud de transporte de los sedimentos.

#### 5. PROCEDIMIENTO

1. Preparación de la muestra por el sistema de "cuarteo" (tomar aproximadamente 300 g. de la muestra).
2. Tamizado de la muestra.
3. Pesada de las diferentes fracciones.
4. Análisis composicional de las diferentes fracciones.
5. Construcción de histogramas y curvas acumulativas con su respectiva interpretación.
6. Análisis granulométrico en arenas y areniscas

En un análisis sedimentológico y con el interés de determinar algunas de las características de las principales rocas almacenadoras de hidrocarburos como son las areniscas, se realiza un ensayo de laboratorio por el método del tamizado de acuerdo a la siguiente metodología:

A los resultados de un análisis granulométrico o sea los porcentajes de las diferentes clases granulométricas se les pueden dar una representación estadística y su interpretación nos dará conclusiones acerca del ambiente de su depositación.

## Proceso:

En un análisis granulométrico tradicional de arenas, areniscas o rípios de perforación se preselecciona la muestra y por métodos físicos se deja el material sin cohesión. El proceso utilizado en laboratorio es sencillo y debe cumplir los siguientes pasos:

1.) Se escoge la muestra, esta se cuartea se separando de 300 a 500 gr dependiendo del contenido de materiales arcillosos, que será igual al peso 1  $\Rightarrow$   $W_1$

2.) Determinación de la Humedad. La Humedad se determina de acuerdo a los siguientes parámetros:

$$\% H = \frac{A-B}{A} * 100$$

A: Muestra sin desecar (Peso en gramos). La muestra se somete a un horno al vacío a una temperatura de 250°C por 24 horas.

B: Muestra seca

3.) Proceso de tamizado. Los tamices utilizados convencionalmente por la Industria Petrolera, son los tamices americanos correspondientes principalmente a los números 10 - 14 - 16 - 18 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 100 - 120 - 150 y Fondo.

4.) Peso de cada tamiz  $\Rightarrow$   $W_2$ . Se inicia el proceso con el peso en balanza analítica de cada tamiz.

5.) Tamizado. Después de tener una columna de tamices con luz de malla decreciente de arriba hacia abajo, se procede a vaciar la muestra sobre el tamiz superior y con un vibrador por espacio de cinco minutos o el proceso manual de balanceo giratorio por espacio de quince minutos hasta tener la muestra fraccionada en los diferentes tamices. Posteriormente se separan los tamices pesándose cada tamiz con el porcentaje de muestra:

$W_3 \Rightarrow$  Peso cada tamiz con la muestra

$W =$  Peso retenido  $\Rightarrow$   $W_3 - W_2$

Con base en el peso final (W) se determina lo siguiente:

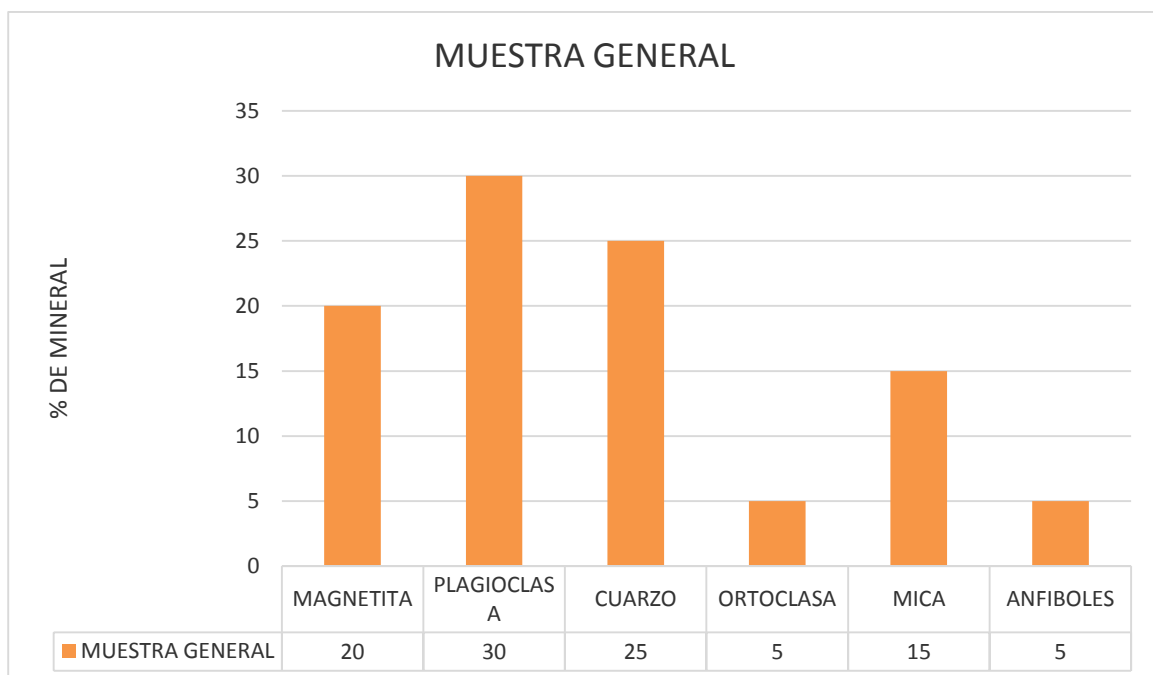
- Porcentaje retenido
- Porcentaje retenido acumulado

- Porcentaje en peso que pasa

6.) Porcentaje de error es igual al peso total más, el peso retenido sobre el peso total, el cual debe ser menor del 1% para que sea válida la prueba:

$$E\% = (W_t - W_f) / W_p * 100 < 1\%$$

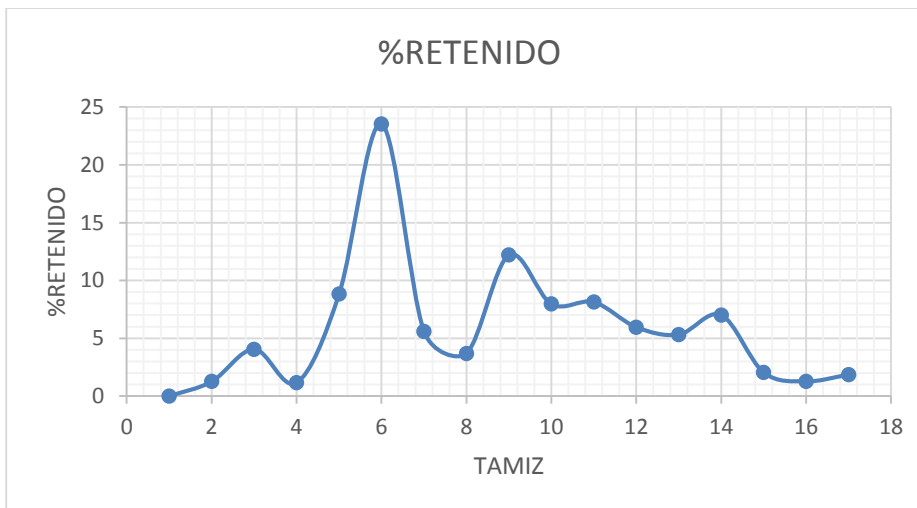
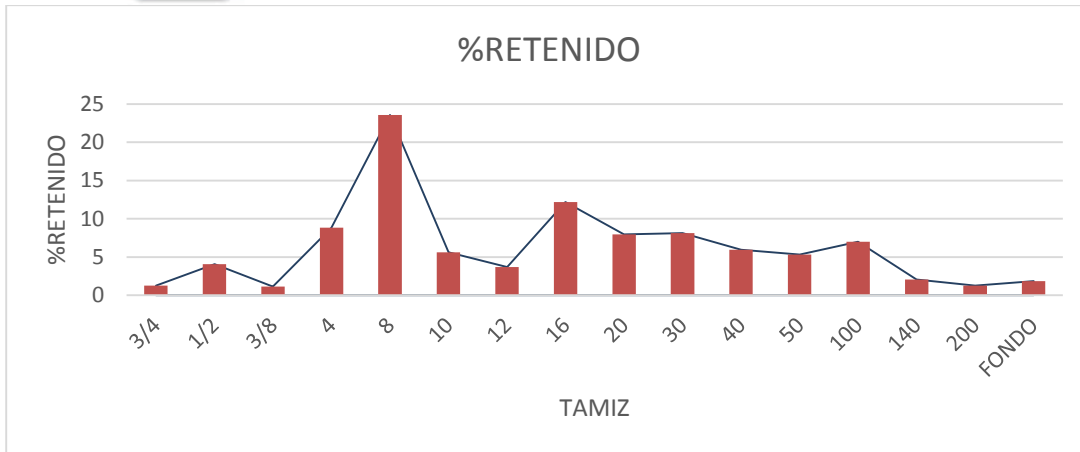
7.) Se realiza el análisis composicional por fracciones. Cada muestra debe ser analizada mineralógica y texturalmente para la determinación del mayor porcentaje de los minerales esenciales.



**Análisis Estadístico.** Para poder interpretar en forma gráfica, los resultados de las diferentes clases granulométricas se realizan un análisis estadístico

- Histograma de frecuencias: Es un diagrama en el que los límites entre las clases granulométricas se llevan sobre el eje de las abscisas y en las ordenadas se plotean Los porcentajes que contiene la muestra de cada clase granulométrica.

El histograma muestra la clase modal (el grano más frecuente) el diámetro que tiene más alto porcentaje.



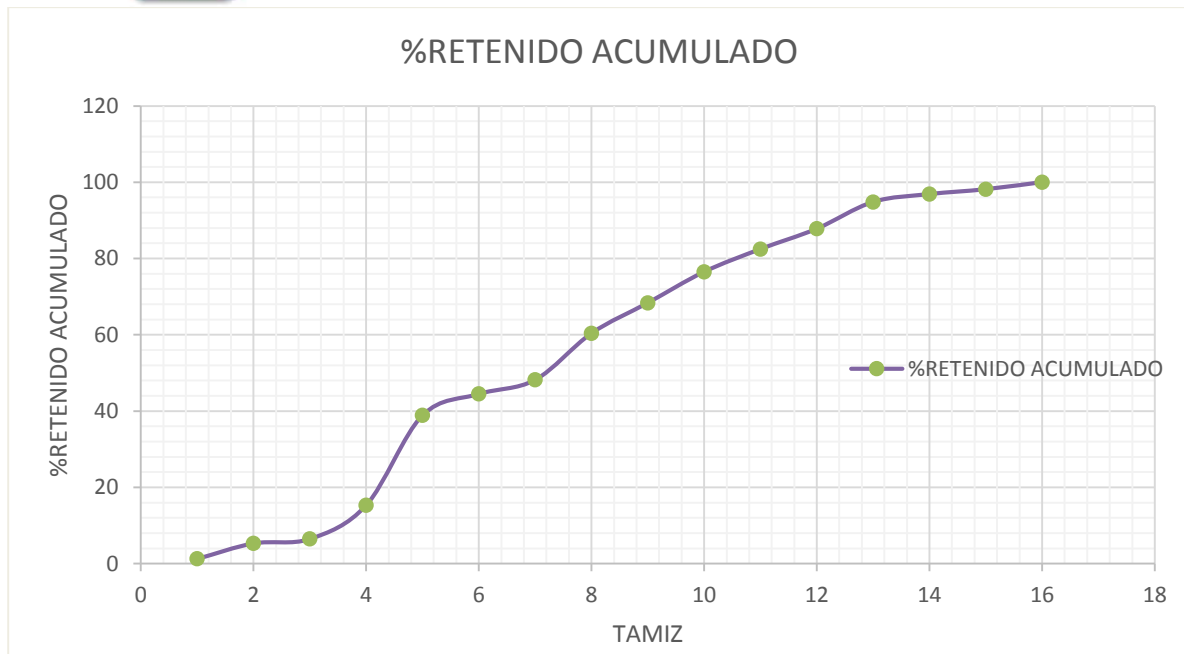
- Curva de frecuencias: Unión de la parte superior de los rectángulos, es de forma acampanada también determina la moda y que puede expresarse como la medida del diámetro medio del sedimento y está en relación directa con la intensidad del agente de transporte, en el ambiente sedimentario que se ha depositado.

- Oblicuidad: determinada por la curva de frecuencias, marca la asimetría de la curva.

(+) Hay predominio de fracciones gruesas más que la moda.

(-) hay predominio de fracciones de grano más finos que la moda.

- Curva acumulativa de frecuencias: Gráfico que se construye en un sistema de coordenadas en las que el eje de las abscisas se representan los tamaños a escala semilogarítmica y en las ordenadas se representa los porcentajes retenidos acumulados.



Con esta curva podemos determinar:

1. Moda:  $Q - 50$

2. Coeficiente de oblicuidad

$$Co = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{2}$$

Valor útil para reconstruir las características dinámicas del ambiente sedimentario

3. Coeficiente de uniformidad:

$$C_u = \frac{P_{90}}{P_{40}}$$

Análoga a la selección  
 - hay unif.  
 - no hay

4. Coeficiente de sorteo: Medida del grado de dispersión de los granos

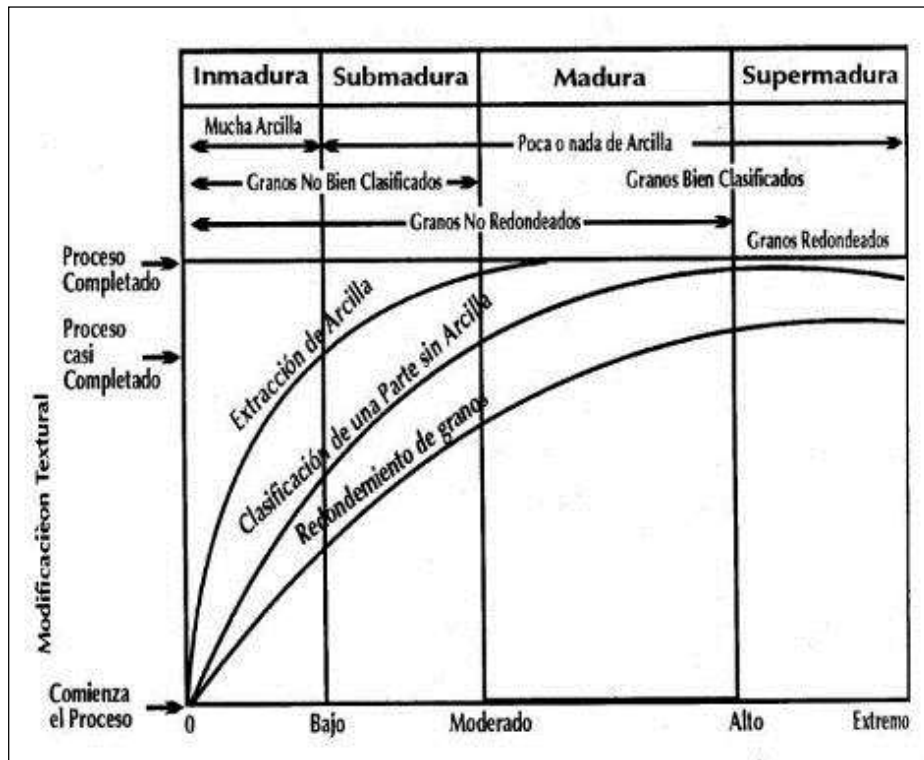
$$So = \sqrt{\frac{Q_{1(23)}}{Q_{3(73)}}}$$

5. Forma: Se expresa mediante dos términos:

a.) Redondez: Se refiere a la forma de la superficie, mide el grado del transporte, se relaciona con la agudeza de las aristas y vértices de un grano.

b.) Esfericidad: Depende del carácter cristalino del grano o mineral.

Estos parámetros pueden expresarse por parámetros numéricos ploteando la



redondees contra la esfericidad.

- Muy angular: 0.15 forma cristalina fresca, perfecta
- Angular: 0.2 aristas y vértices agudos no muestra pruebas de desgaste
- Subangular: 0.3 Efectos de desgaste los granos mantienen su forma primitiva, caras intactas, vértices - subordinados
- Subredondeado: 0.4 - 0.5 muestra considerable desgaste las aristas y vértices son redondeadas, caras reducidas pero aún se observa la forma primitiva del grano.
- Redondeado: 0.6 - 0.7 caras originales totalmente destruidas algunos relictos
- Muy redondos: 0.8 - 0.9 Totalmente desgastados



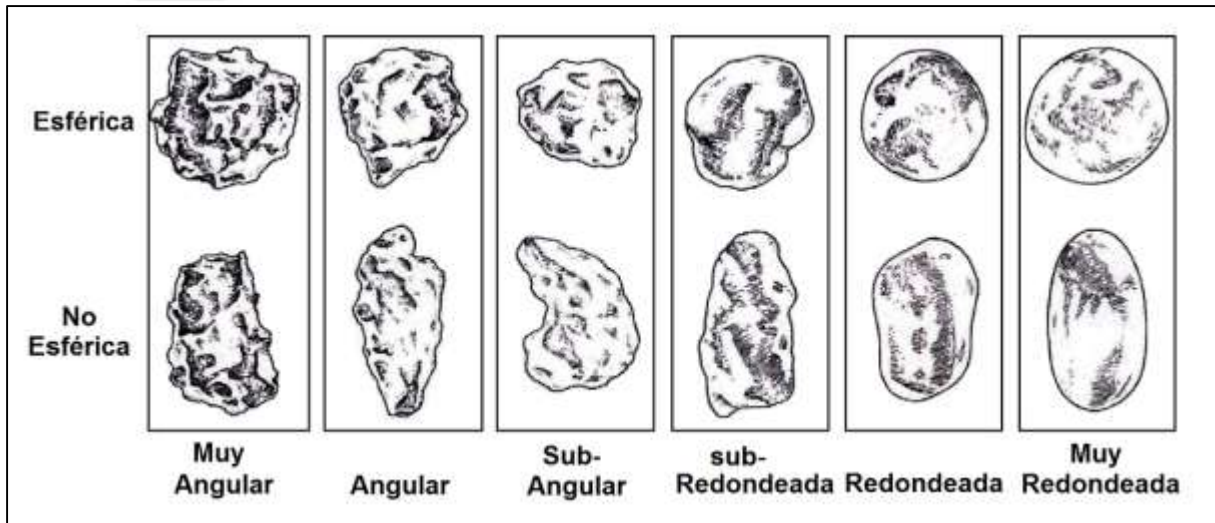


Figura 5. Términos De Grado De Redondeamiento Y Esfericidad Según Powers 1953. En Comptón 1962

c.) IR:  $\frac{\text{Radio medio de esquinas y bordes}}{\text{Radio de la 1 máxima escrita}}$

Selección:

Frecuencia del tamaño de granos o fragmentos y organización dentro de la roca =  
sorteamiento

"No es básica la redondez para hablar de buena selección"

0.35 muy bien sorteada

0.5 bien sorteada

1.0 moderadamente sorteada

2. pobremente sorteada

> 2 muy " "

Madurez textual cuadro:

Matriz: material de granos y partículas apilados en los intersticios dejados por el  
armazón.

Cemento: material precipitado químicamente entre los granos o fragmentos que  
conforman el armazón: sílice Calcita, Dolomita, siderita, FeO, FeS.

Todos estos elementos texturales nos definen los conceptos de porosidad y  
permeabilidad.





## 6. BIBLIOGRAFÍA

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### CLASIFICACION TEXTURAL DE ROCAS PELITICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS MECÁNICO

N° 4 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

El análisis granulométrico de rocas pelíticas está basado en la aplicación de la Ley de Stoke y de la Ley de Impacto, las cuales describen los métodos analíticos que regulan el asentamiento de partículas finas. Este procedimiento Consiste en la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en la fracción mineral del suelo. Estos porcentajes se obtienen mediante la separación de las partículas en grados clasificados de acuerdo a su diámetro.

El método aplicado para la determinación de los porcentajes de peso de los diferentes tamaños en el siguiente laboratorio es denominado Método del Hidrómetro.

#### 2. OBJETIVOS

- Determinar la clasificación de la muestra a través del porcentaje en peso de las fracciones de arena, limo y arcilla.
- Aplicar las Leyes de Stokes y de Impacto para describir los métodos analíticos que regulan el asentamiento de partículas finas.
- Conocer y analizar el método del hidrómetro o de Bouyoucos para determinar la cantidad de sólidos en suspensión de la muestra de rocas pelíticas.
- Aprender a corregir las lecturas del hidrómetro si la temperatura de la suspensión es diferente a 10.44°C.

### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Hidrómetro estándar (ASTM 152 –H). DIAPAZÓN 0.995 A 1.038
- Cilindros de sedimentación con dos marcas: probetas de vidrio especiales para análisis de Bouyoucos, con diámetro y profundidad determinados y con una sola graduación a 1000 ml. Además de recipientes característicos, uno para muestra de 50 gr., y otra para muestra de 100 gr.
- Batidora eléctrica, de alta velocidad, tipo Humboldt o Hamilton Beach provista de copa especial con varillas metálicas adosadas a las paredes.
- Pistón para mezclar (una varilla de bronce conectada a un disco de bronce o plástico con un diámetro un poco menor que el diámetro interno del cilindro de sedimentación.
- Cronómetro grande de intervalos o reloj exacto con segundero.
- Termómetro para temperaturas entre 15 y 35°C, preferiblemente preciso hasta 0.5°C.
- Balanza de triple brazo
- Sala con aire acondicionado para mantenimiento de una temperatura más o menos constante.
- Botella de plástico para lavar, (frasco lavador) con agua destilada.
- Tapones de goma para los cilindros, en ausencia de pistones.

### REACTIVOS

- Solución dispersante  
Hexametáfosfato y Carbonato de sodio (Calgón) 5%; disolver 40 g de Hexametáfosfato de sodio y 10 g de Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) en agua y diluir a volumen de 1 l. el pH debe estar entre 8 y 9, y es preferible preparar esta solución con frecuencia que hacerlo en grandes volúmenes para mucho tiempo.
- Solución dispersante alternativa  
El elevado costo del Hexametáfosfato de sodio, llevó a la búsqueda de productos que como los polifosfatos de sodio, tuviesen el mismo efecto dispersante sobre las arcillas. La preparación de esta solución se hace de la siguiente manera: Disolver 40 g de polifosfato de sodio y 10 g de carbonato de sodio en agua y diluir a volumen de 1 l. Los polifosfatos que se proponen utilizar en la determinación del tamaño de partículas, son polifosfatos de sodio.
- Alcohol amílico.

#### 4. MARCO TEORICO

El análisis hidrométrico se basa en la Ley de Stokes, la cual relaciona la velocidad de una esfera, cayendo libremente a través de un fluido, con el diámetro de la esfera.

$$V = \frac{\tau S - \tau F}{188 \eta} * D^2$$

Donde:

v = Velocidad de la esfera (cm/s)

$\tau s$  = Densidad de la esfera (g/cm<sup>3</sup>)

$\tau f$  = Densidad del fluido (g/cm<sup>3</sup>)

$\eta$  = Viscosidad del fluido (g. s/cm<sup>2</sup>)

D = Diámetro de la esfera (mm).

Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños. El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz de 2.00 mm (No.10). Cuando se quiere más precisión, el análisis con hidrómetro se debe realizar a la fracción de suelo que pase el tamiz de 75  $\mu$ m (No.200).

Para la realización de esta prueba no se usa una suspensión compuesta de agua y suelo, porque se precipitaría en muy poco tiempo casi todo el suelo, debido a la formación de floculos originados por la presencia de diferentes cargas eléctricas en las partículas del suelo. Se utiliza un agente dispersante que neutralice las cargas eléctricas, permitiendo que las partículas se precipiten de forma individual

#### 5. PROCEDIMIENTO

Calibración:

Determinación de la Corrección Compuesta de las Lecturas del Hidrómetro.

El hidrómetro ha sido graduado para indicar la concentración de g/l de suspensión a una temperatura dada (20°C), suponiendo una densidad de partículas de 2,65 g/ml, que el medio de suspensión fuera agua pura y que la lectura se hace al fondo del menisco formado por el líquido sobre la escala.

La densidad de la fase líquida se efectuará con las variaciones de temperatura y con la presencia del reactivo dispersante agregado al suelo.

La corrección neta de estas diferencias (menos la de densidad de partículas) se designa como corrección compuesta y se puede determinar experimentalmente en la siguiente forma:



1. Prepare en la mañana una probeta de sedimentación agregando 100 ml de la solución de dispersante al 5% y llevando a volumen con agua desionizada. Mezclar bien con la varilla o pistón para mezclar.
2. Cuando la temperatura del líquido se hace más o menos constante introduzca el hidrómetro y después de un corto intervalo lea el hidrómetro al tope del menisco. Lleve el líquido a una temperatura mayor de la usual en las horas de segunda lectura (por la tarde) y obtenga una corrección compuesta después de haber dejado que el hidrómetro se equilibre con esta nueva temperatura.
3. Para mayor comodidad, prepare un gráfico en papel milimetrado de las lecturas de corrección compuestas vs las temperaturas correspondientes, abarcando en el gráfico el rango de temperaturas máximas y mínimas durante la jornada diaria de trabajo y asumiendo una relación lineal entre los dos valores observados.
4. Prepare un cuadro de correcciones compuestas con diferencias de 12°C de temperatura para el rango señalado y úselas correspondientemente restándolas de las lecturas originales del hidrómetro a la misma temperatura para corregirlas.
5. Menos cómodo pero más conveniente consiste en tomar diaria y simultáneamente con las muestras, las lecturas de corrección compuestas a los dos tiempos de lectura usados, en el blanco.

Continuando después de haber calibrado el hidrómetro:

- Se trabaja con el suelo seco al aire y tamizado por la malla de 2 mm.
- Pesar 50 g de suelo y colocarlo en frasco de vidrio de boca ancha de aproximadamente 1l de capacidad.
- Agregue 100 ml de la solución dispersante de hexametáfosfato de sodio o polifosfato. Agite con una varilla para mojar bien. Agregue 200 ml más de agua desionizada y deje por la noche. Al otro día pase cuantitativamente la suspensión a la copa de la batidora y agite mecánicamente durante 5 minutos.
- Pasar a la probeta lavando bien al cilindro de sedimentación y llevar a volumen de 1000 ml con agua desionizada.
- Tapar el cilindro con tapón de goma y agitarlo invirtiéndolo hacia arriba, y hacia abajo por unas 10 veces con el objeto de separar bien del fondo cualquier suelo que ya se haya sedimentado. Otra forma de homogenizar la suspensión, es mediante el uso del pistón de bronce, especialmente diseñado para ello, si se dispone de uno.
- Regresar la probeta al mesón e inmediatamente después empiece a medir el tiempo de sedimentación poniendo en marcha el cronómetro. Si hubiera espuma ponga una gota de alcohol amílico sobre la superficie de la suspensión.
- Unos 20-25 segundos antes de finalizar el periodo, sumerja cuidadosamente el hidrómetro en ella y tome la primera lectura a los 40 segundos. Hacer la lectura en la escala a las 0,5 unidades más próximas en el tope del menisco y

anotar en la planilla: hora, lectura y temperatura de la suspensión en ese momento.

- Saque cuidadosamente el hidrómetro, enjuáguelo y colóquelo en una probeta con agua desionizada.
- Unos 20-25 segundos antes de la lectura correspondiente a las 5 horas, introduzca, nuevamente el hidrómetro en la muestra y tome la lectura en el tope del menisco al tiempo indicado.

### Observaciones al Método

- \* Los resultados que se obtienen son aproximados, particularmente si los suelos son muy calcáreos yesíferos, salinos o tienen más del 5% de materia orgánica.
- \* Antiguamente el volumen de la suspensión se completaba hasta 1130 ml (tomando 50 g de suelo) o 1205 ml (tomando 100 g de suelo), una vez que se había introducido el hidrómetro, aplicando luego correcciones para el volumen de suelo y el bulbo del hidrómetro.
- \* Las modificaciones según el método de Day mediante análisis por curvas de sedimentación la hacen más correcta y exactas desde el punto de vista científico, pero le quitan la simplicidad, por lo cual no debería usarse sino en casos que se requiera mayor precisión y en los que se haya eliminado sales solubles, materia orgánica y calcio en grandes cantidades.
- \* Algunos recomiendan no usar una muestra mayor de 40 g de suelo para lecturas más precisas.
- \* La determinación de las arenas está sujeta también a mayor imprecisión por lo que se recomienda mejor filtrarla por tamiz 10-140, lavarla, secarla y pesarla para hacer los cálculos.
- \* *Calgon* es un buen dispersante para suelos con contenidos bastante apreciables de yeso o calcáreos. Alternativamente algunos recomiendan usar como dispersante solución 0.12 N de pirofosfato de sodio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) ó 5 ml de NaOH + 5 ml de oxalato de sodio saturado, particularmente con suelos lateríticos o de cenizas volcánicas. Sin embargo, estudios realizados durante el desarrollo de este procedimiento no mostraron diferencias por concepto de dispersante.
- \* Se ha encontrado que los porcentajes de arcilla medidos a las dos horas según recomendación original tendían a ser muy elevados, en comparación con los del análisis por el método de la pipeta, por lo que se ha seleccionado como compromiso un período de 5 horas, más conveniente dentro de la jornada de trabajo, pero más próximo del real aproximadamente de 6,5-8 horas según los suelos.
- \* Se debe dedicar mucha atención al tiempo de agitación en la batidora. Se recomiendan 5 minutos como una guía pero se debe procurar experiencia con los tipos de suelos que tiene que analizar ya que pueden requerir más tiempo.



- \* Se deben examinar también ocasionalmente las propelas del eje de agitación ya que con el uso tienden a volverse redondas, de poca o ninguna efectividad, por lo cual se deben reemplazar por otras nuevas.
- \* Con preferencia se deben usar las copas especiales para agitación de Bouyoucos.
- \* La modalidad finalmente propuesta de 50 g de suelo, la utilización del polifosfato como una alternativa para dispersar el suelo, y la lectura de la fracción arcilla a las 5 horas de iniciada la sedimentación, está respaldada por pruebas y comparaciones hechas por diversos participantes.

TEMPERATURAS	FACTOR DE CORRECCIÓN
20	0.00
22	0.40
24	1.0
25	1.2
26	1.65
27	2.0
28	2.5
29	3.05
30	3.8

**Tabla 1** De Temperatura Vs Factor De Corrección

$$\% \text{ Arena} = 100\% \frac{(\text{Lectura del hidrómetro} + \text{lectura de termómetro corregida a } 40'')}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Arcilla total} = \frac{(\text{Lectura del hidrómetro} + \text{lectura de termómetro corregida a } 2\text{h})}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

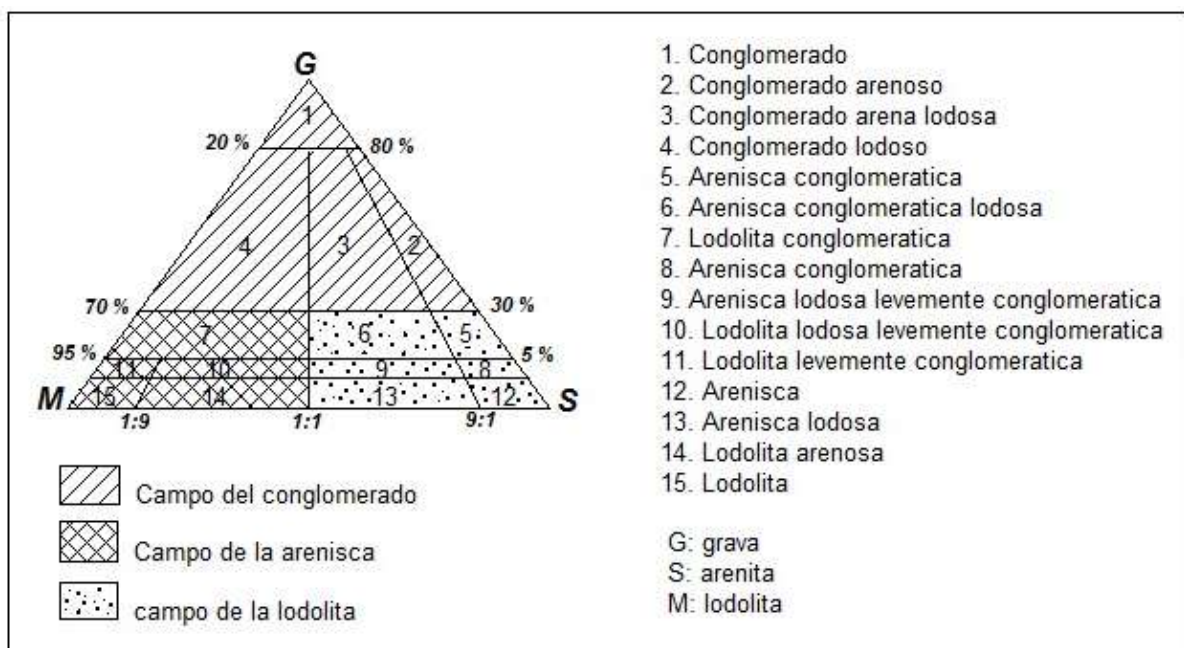
$$\% \text{ Limos} = 100 - (\% \text{ arenas} + \% \text{ arcilla total})$$

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

Todo lo realizado anteriormente conduce a la descripción y posterior clasificación del tipo de sedimento al que corresponde la muestra trabajada, como se sabe el primer punto de partida es que se trata de sedimentos clásticos (es decir que son originados por procesos de meteorización física). Por lo tanto es posible caracterizarlas en base a dos parámetros la composición (según el contenido de cuarzo, feldspatos y líticos) y la textura (dependiendo del porcentaje de grava, arenita y lodolita), esta última es la correspondiente a realizar, pues los resultados arrojados permiten esclarecer solamente el contenido de arenas, limos y arcillas de la muestra.

Por consiguiente, es necesario establecer que para poder trabajar sobre el triángulo clasificatorio propuesto por R. Folk se considera lodolita la sumatoria de los porcentajes de limos y arcillas; además no habría contenido de grava ya que su determinación no era propia del procedimiento exigido para el Hidrómetro de Bouyoucos, ya que lo primero fue pasar la muestra por el tamiz de 2 mm y allí quedaban retenidos los constituyentes más grandes (grava).

A continuación aparece el diagrama triangular propuesto por Folk para la clasificación textural de las rocas sedimentarias terrígenas o clásticas, con sus respectivas convenciones.







## 7. BIBLIOGRAFÍA

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/12/geo09.pdf>

<http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%203.pdf>

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### DESCRIPCION Y CLASIFICACION TEXTURAL DE LAS ROCAS CLÁSTICAS O TERRIGENAS

N° 5 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

Es fundamental comprender el proceso de formación de las rocas sedimentarias e igualmente clasificarlas según parámetros establecidos, elementos texturales, relación entre granos y grado de madurez textural.

#### 2. OBJETIVOS

- Identificar los elementos texturales de las rocas sedimentarias: tamaño, selección, forma de las partículas, empaquetamiento, armazón, matriz, cemento y poros.
- Caracterizar texturalmente una roca sedimentaria terrígena mediante el procedimiento de la descripción con ayuda de la lupa de mano.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Lupa de mano 10x
- Una aguja en acero.
- Imán
- punzón
- Tablas o imágenes comparativas de tamaño de grano que el estudiante deberá reproducir antes del laboratorio.
- Acido clorhidrico (HCl – 10%)
- Muestras de roca de la colección del laboratorio.

#### 4. MARCO TEORICO

Las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias poseen tres propiedades fundamentales: TEXTURA, COMPOSICION y ESTRUCTURA.

##### **Elementos texturales de las rocas sedimentarias.**

La textura contempla las siguientes características de los componentes de la roca: tamaño, selección, empaquetamiento, armazón, matriz, cemento, poros y forma de partículas en términos de esfericidad y redondez.

##### **1. Tamaño.**

El **tamaño** de los sedimentos es importante porque refleja: (1) la disponibilidad de varios tamaños de diferentes clases de rocas, (2) la resistencia de las partículas a la erosión y la abrasión y (3) los procesos de transporte y depositación.

Los materiales sedimentarios que constituyen las rocas sedimentarias, en general, tienen un rango en tamaño (diámetro) que varía desde fracción de micrones hasta bloques de varios metros. Siendo el espectro de tamaño continuo los geólogos y los ingenieros han desarrollado una escala de tamaño de grano que consiste de **clases**, cada una de las cuales está definida por límites inferior y superior con dimensiones que varían en un **factor de dos** (ver Tabla 1 de Wentworth). En esta tabla de tamaño de grano se resaltan tres clases principales de tamaño de grano: (1) la grava o material más grueso que 2mm; (2) la arena o material de tamaño intermedio entre 2mm y un 1/16 de mm y (3) limo o material de tamaño más fino que 1/16mm.

##### **2. Selección o calibrado.**

Generalmente las rocas sedimentarias están constituidas por materiales de diferentes tamaño para los cuales la selección o calibrado es la medida de la uniformidad en el tamaño. La selección refleja de manera directa la energía del ambiente sedimentario y de su capacidad para seleccionar los tamaños de las partículas que transporta y que deposita. Podemos decir que a mayor longitud de transporte, mayor uniformidad en el tamaño de los sedimentos.

El grado de selección (sorting) o calibrado se puede determinar para las fracciones arena y grava particularmente, o de manera general para todo el sedimento. Para hacerlo se UTILIZAN LAS IMÁGENES DE CALIBRADO DE PETTYJHON (fig. 2),

##### **3. Empaquetamiento.**

El empaquetamiento es la disposición o relación que existe en una roca sedimentaria en partículas adyacente, podemos decir que es la distribución espacial en los sedimentos de las tres dimensiones.

Existen tres tipos generales de arreglo de los sedimentos o tipos de empaquetamiento: (1) abierto o cúbico, (2) intermedio (3) cerrado o rombohedral. El **empaquetamiento abierto** es aquel en el cual cada partícula ocupa el vértice de un cubo imaginario, de tal manera que allí el volumen ocupado por las esferas es de aproximadamente 52%, y el espacio restante es aproximadamente del 48%. El

**empaquetamiento cerrado** el más característico de las rocas sedimentarias, en el cual el volumen ocupado por las esferas es de aproximadamente 54%, y el espacio restante es aproximadamente del 26% (fig. 3)

#### 4. Armazón

El armazón de la roca son las partículas de mayor tamaño y determina si la roca es (a) gravo soportada, si las partículas que conforman la roca son de tamaño grava (b) arenas soportadas, si las partículas que conforman la roca son de tamaño arena (c) biosoportada, si las partículas que conforman la roca son fósiles.

#### 5. Matriz

Al material de menor tamaño que se apila en los intersticios dejados por el armazón de arena o de grava, se le conoce con el nombre de matriz, se excluyen en esta consideración las rocas que se componen en su mayoría o totalmente de lodo.

Dependiendo principalmente del tamaño del armazón, la matriz puede ser: (a) **arenosa**, o (b) **lodosa**. Cuando esta combinada puede ser (c) **areno lodosa**, (d) **areno gravosa** y (e) un caso muy especial para materiales de tamaño muy grueso **gravo areno lodosa**.

**ESCALA DE GRANULOMETRIA PARA ROCAS CLASTICAS SEGUN WENTWORTH** GEOLOGICO DEL PETROLEO

RUDITAS mayor de 2mm	BLOQUES	mayor de 256mm
	CANTOS	64mm - 256mm
	GUIJARROS (12mm - 64mm)	25mm
		12.5mm
		9mm
	GUIJAS	9.5mm
4.75mm		
GRANULOS	2.36mm	
	2mm	
ARENITA 1/16mm - 2mm	ARENA MUY GRUESA (1mm - 2mm)	1.70mm
		1.18mm
	ARENA GRUESA (1/2mm - 2mm)	0.85mm
		0.6mm
	ARENA MEDIA (1.2mm - 1.4mm)	0.425mm
		0.3mm
ARENA FINA (1/8mm - 1/4mm)	0.15mm	
ARENA MUY FINA (1/16 mm - 1/8mm)	0.125mm	
PELITAS menor de 1/16mm	LIMO GRUESO	1.16mm - 1.32mm
	LIMO MEDIO	1/64mm - 1/32mm
	LIMO FINO	1/128mm - 1/64mm
	LIMO MUY FINO	1/156mm - 1/128mm
	LODOS	1/512mm - 1/256mm
	ARCILLAS	menor de 1/512mm

Tabla 1. internacional de "Wentworth" modificada Vargas, 2000

## Cemento

El material **precipitado químicamente** entre los intersticios dejados por el armazón se le conoce como el **cemento** que es el material que da una fuerte unión a las partículas, evitando que estas puedan ser separadas con facilidad.



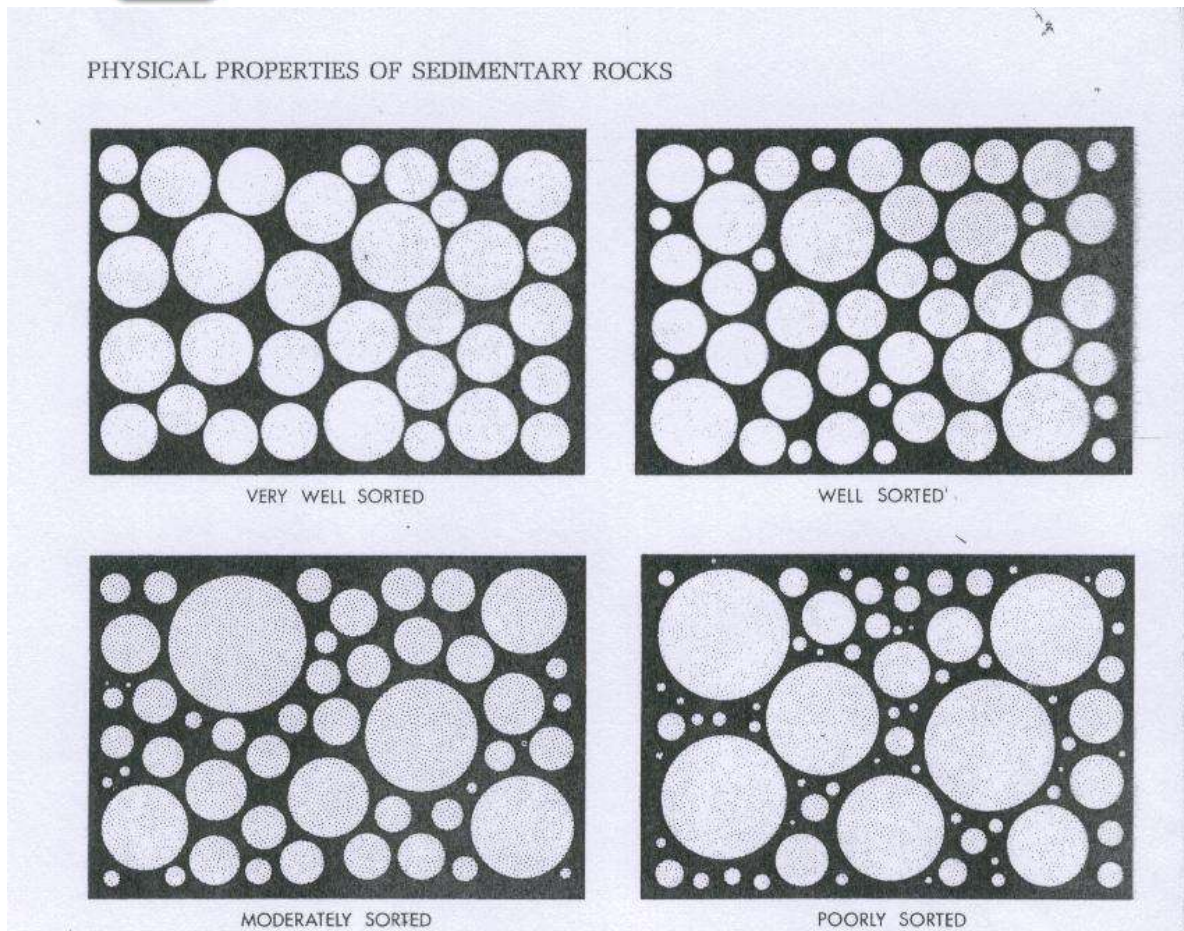


Figura 2. Imagen De Calibrado De Pettijhon En Boggs. Jr. 1987 Pag. 113

## 7. Poros

Los poros son los **espacios que se encuentran vacíos en la roca**, el origen de ellos es muy variado y existe gran interés en determinar tanto su presencia como su porcentaje, puesto que estos espacios pueden ser ocupados por fluidos, aspecto muy importante en la industria de los hidrocarburos y en hidrología.

**La porosidad** es la relación en porcentaje de poros (espacios vacíos) contra el volumen total de la roca o el sedimento. Existen los siguientes **tipos de porosidad**: **primaria** o aquella formada en el mismo momento de la formación o depositación de los sedimentos y **secundaria** aquella que ocurre durante procesos posteriores a la depositación de los sedimentos.

La porosidad puede también ser catalogada de acuerdo con la ubicación dentro del sedimento, como porosidad **interclástica** la más común, aquella ubicada entre los espacios que quedan de manera natural entre una partícula y sus vecinas y porosidad **intraclástica** aquella que ocurre dentro de algunas partículas especialmente en las cámaras de los fósiles, aunque también pueden ocurrir en cualquier otro tipo de partícula.

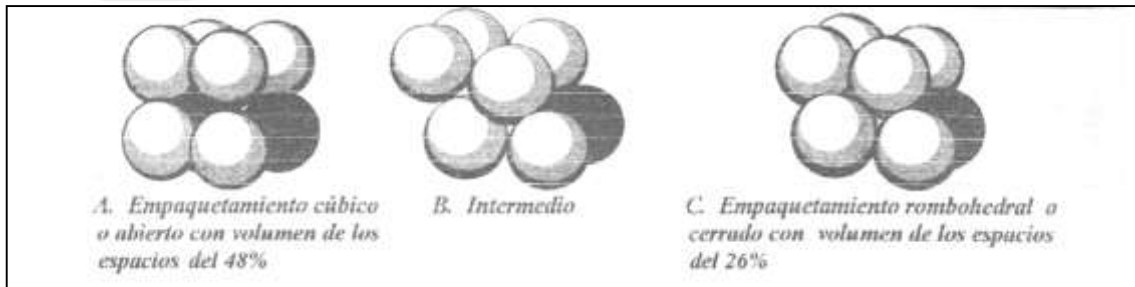


Figura 3. Tipos Empaquetamiento En Esferas Ilustrando El Decrecimiento Progresivo De La Porosidad. Tomado De Graton Y Fraser 1935. En Boggs. Fig 5.17

Las Porosidades Secundarias Pueden Ser De Varios Tipos:

- (1) disolución de granos detríticos: es común y ocurre principalmente por remoción de feldespatos, de materiales carbonatados, de fósiles o de detrítos o de sulfato. La disolución de los fósiles da como resultado la porosidad de molde o moldic porosity.
- (2) disolución de cementos: es muy común y ocurre por remoción de calcita, dolomita, siderita, yeso, o anhidrita.
- (3) fractura de la roca de carácter menor y local.

## 8. Forma de las partículas

Las partículas poseen formas particulares que reflejan tanto el origen de la partícula como los procesos ocurridos antes de su deposición final: erosión, transporte, sedimentación, retrabajamiento y sedimentación final.

El criterio más importante a tener en cuenta en la forma de la partícula es la diferencia entre las tres dimensiones perpendiculares medibles en una partícula: la menor, la intermedia y la mayor. En otras palabras es definido como el grado en el cual la partícula se aproxima a la esfera, caso en el cual las tres dimensiones perpendiculares son iguales. Se pueden establecer los siguientes tipos de formas: esférica, discoidal, de rodillo y tabular (ver fig. 4)

Otro criterio para establecer la forma de la partícula que es complementario del anteriormente mencionado, es denominado la redondez, este método considera la presencia de bordes o aristas o en su defecto el redondeamiento o pérdida de ellas. La forma de las partículas se puede establecer por medición directa o comparación de los tres ejes. (fig. 4) y complementariamente por comparación con imágenes de esfericidad o de redondez (fig. 5)



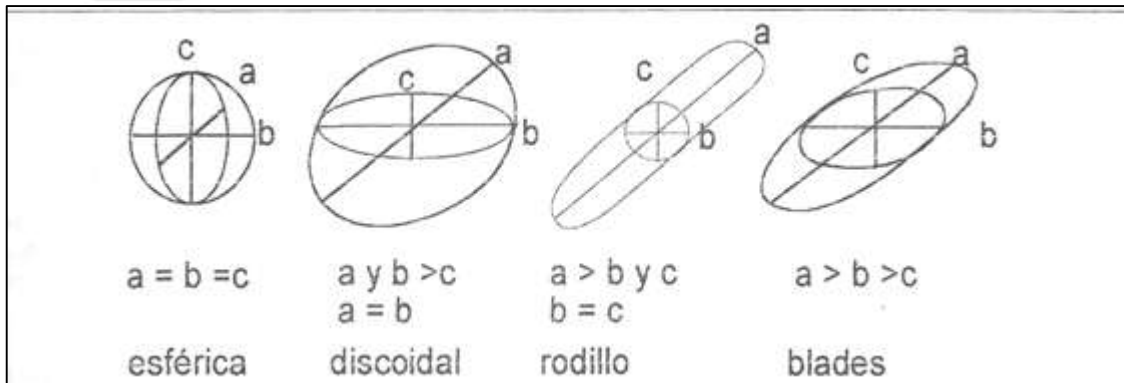


Figura 4. Clases De Forma De Las Partículas Modificado De Friedman 1987. Pág. 11.

## 5. PROCEDIMIENTO

En este laboratorio se trabajaran las rocas del grupo de las terrígenas o siliciclásticas, los demás tipos de rocas sedimentarias se trabajaran en los siguientes laboratorios.

Tome una muestra de roca sedimentaria principalmente arenisca o conglomerado y con ayuda de la lupa inicie la descripción textural.

### Descripción textural

Observe la muestra seleccionada con ayuda de la lupa de mano y sintetice primero en un dibujo las características texturales más generales y después las de mayor detalle; el camino más frecuente y más eficaz consiste en trazar una esquema de los aspectos sobresalientes de la roca, ejemplo los materiales de mayor tamaño o también los de mayor porcentaje, denominados por lo general el armazón de la roca; luego continúe con los de menor tamaño o los menos abundantes, generalmente los que se apilan en los intersticios que dejan los más abundantes.

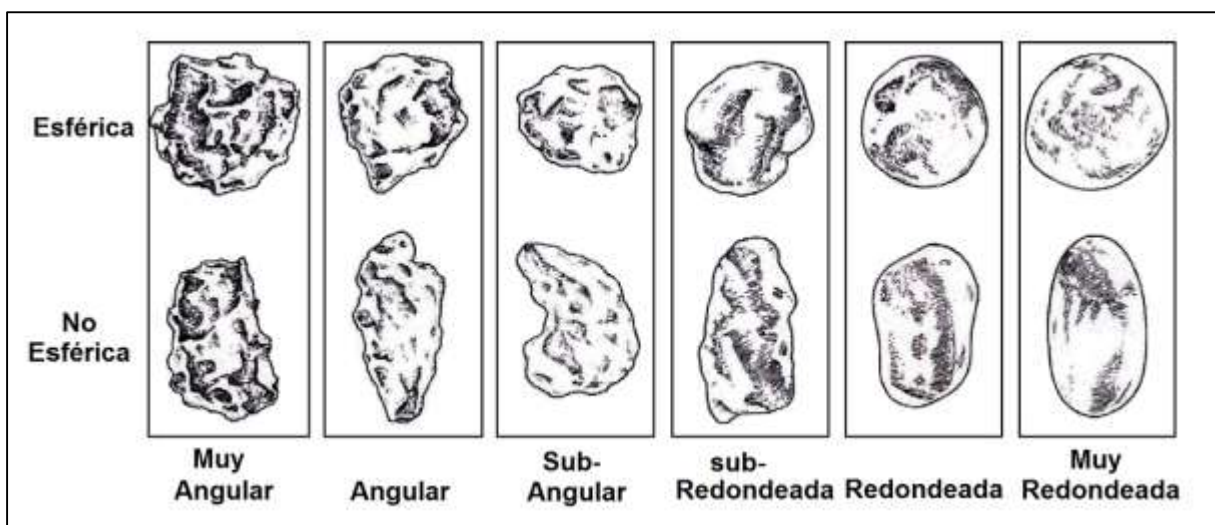


Figura 5. Términos De Grado De Redondeamiento Y Esfericidad Según Powers 1953. En Comptón 1962

Este dibujo le permite identificar los aspectos de forma, tamaño, estructura y de organización de los constituyentes en la muestra, aspectos importantes para definir:

- (1) las características del tamaño, selección, empaquetamiento, armazón, matriz, cemento, poros y forma de las partículas
- (2) la presencia de homogeneidad o heterogeneidad y
- (3) en un detalle mayor la forma y la estructura interna de las partículas conforman el armazón que le permitirán diferenciar: partículas monominerales, fragmentos de roca y bioclásticos.

### **1. Determine los tamaños de las partículas presentes en la muestra.**

Establezca las diferentes fracciones de tamaños de partículas presentes: grava, arena, limo y arcillas, UTILICE LA TABLA DE WENTWORTH (fig. 1) O LA TABLA COMPARATIVA DE TAMAÑO DE GRANO. El procedimiento para comparar el tamaño de grano de la roca con el de su tabla es el siguiente: coloque su muestra o sección delgada de campo, entre la clase granulométrica (grupo de granos) superior o inferior de su tabla de granos.

Tenga en cuenta no solo los tres principales grupos de tamaños de partículas: gravas, arenas y lodos, sino también los subgrupos (clases de tamaño) dentro de cada una de estas categorías mayores (clase mayor). Por ejemplo, areniscas de grano medio, grava de granos etc.

### **2. Determine el tipo de empaquetamiento**

Determine si el tipo de empaquetamiento es cerrado o abierto, ayúdese con la figura 3. Le ayudara posteriormente a establecer porcentajes de armazón, matriz, cemento y poros.

### **3. Determine el tipo de armazón.**

El tipo de armazón predominante en la roca sea: areno-soportado, gravo- soportado, este es un buen mecanismo para constatar que el nombre de la roca esta de acuerdo con el tipo de roca. Si la roca es areno soportado seguramente será una arenisca, si es lodo soportado será una lodolita.

### **4. Determine si hay presencia de matriz:**

Para esta determinación es importante tener en cuenta que las rocas con matriz: (1) son deleznable, las partículas se pueden separar fácilmente, (2) el contorno de las partículas de arena o de grava se ve claramente y (3) el aspecto de la matriz es opaco sin brillo y terroso, de color amarillo o blanco ¿Por qué en las rocas con matriz el contorno de las partículas se puede ver claramente?

### **5. Determine si hay cemento.**

En esta determinación es importante tener en cuenta que las rocas con cemento: (1) son duras, siendo difícil separar unas partículas de las otras, (2) el contorno de las partículas de arena o de grava no se ve claramente, en la mayoría de los casos se confunde su entorno con el cemento, y (3) el aspecto del cemento es brillante y lustroso, si es de cuarzo presentara el típico brillo vítreo y la fractura concoidea.

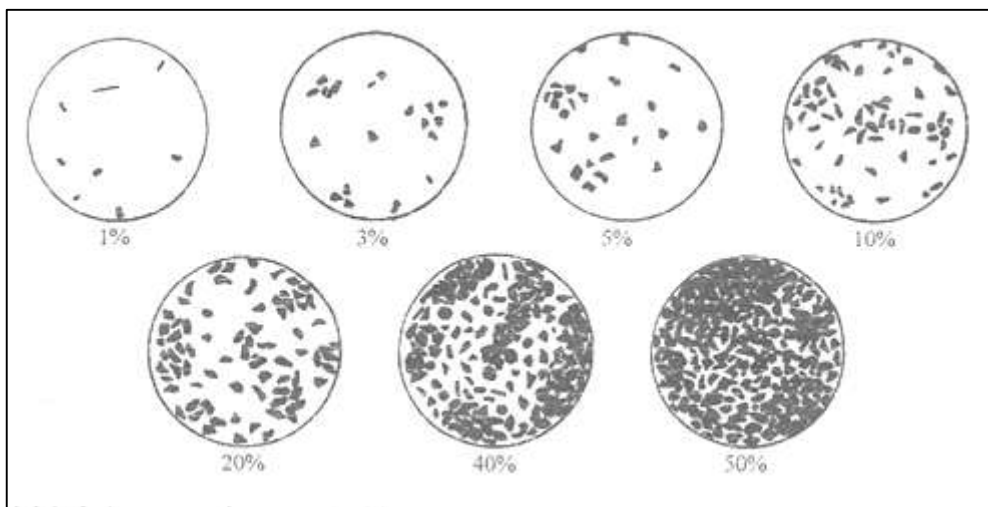
### **6. Determine la presencia de poros**

Recuerde establecer si la porosidad es primaria o secundaria, si es interclástica o intraclástica, si es móldica o si es por fracturas.

**7. Determine tanto el porcentaje de las fracciones de tamaño presentes, de la matriz, el cemento y los poros.**

Después de establecer la presencia de diversos tipos de tamaño de sedimento y de la matriz el cemento y los poros, es necesario cuantificar cada característica en términos de porcentaje. Para la determinación de los porcentajes se recomienda la estimación visual de los porcentajes con ayuda de las imágenes para la estimación de porcentajes (fig 1.6). Incluya toda la información obtenida en la tabla 1.

Tenga siempre presente que el volumen total de la roca sedimentaria es la suma de todos los constituyentes: armazón, matriz, cemento y poros, y que esta suma es igual a 100%.



**Figura 6.** Imágenes Para Estimación Del Porcentaje De Minerales En Una Muestra. Modificada De Schole 1979

**8. Determine el nombre textural mayor**

Ignorando los porcentajes de cemento y poros, calcule el cien por ciento de los porcentajes de armazón y la matriz. Por ejemplo, si tiene en la roca:

Armazón	Grava	Tamaño de granulo	15%
	Arena	Grano grueso	60%
Matriz	Limo		15%
Cemento			10%
Poros			0%
Total			100%

Calculando:

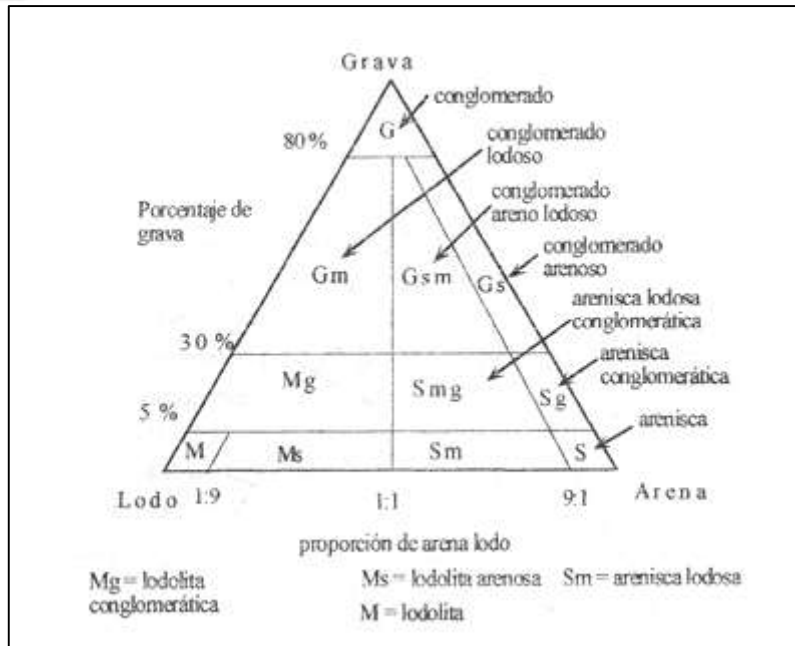
Grava + arena + limo	90%
Grava tamaño granulo calculada	16.5%
Arena tamaño grueso calculada	67%
Limo calculado	16.5%



La roca sedimentaria tiene:			
ARMAZÓN			
GRAVA			
	Cantos	_____	%
	Guijarros	_____	%
	Guijas	_____	%
	Gránulo	_____	%
	TOTAL DE GRAVA		_____ %
ARENA			
	Arena gruesa	_____	%
	Arena media	_____	%
	Arena fina	_____	%
	Arena muy fina	_____	%
	TOTAL DE ARENA		_____ %
LODO			
	Limo	_____	%
	Arcilla	_____	%
	TOTAL DE LODO		_____ %
	TOTAL DE ARMAZÓN		_____ %
MATRIZ			
LODO			
	Limo	_____	%
	Arcilla	_____	%
	TOTAL DE MATRIZ		_____ %
CEMENTO			
POROS			
	TOTAL DE CEMENTO		_____ %
	TOTAL DE POROS		_____ %
TOTAL DE ROCA			100 %

Tabla 1.1 porcentaje de los componentes texturales de una roca sedimentaria

Si la roca sedimentaria **tiene grava** realice el siguiente procedimiento. Determine el nombre textural mayor mediante comparación de los porcentajes de grava, arena, lodo de la tabla 1, con el diagrama triangular para la clasificación de gravas, arenas, y lodos. (fig. 7)



**Diagrama 7** Triangular Simplificado Para La Clasificación Textural (Tamaño De Grano) De Las Rocas Siliciclasticas O Terrigenas. Tomado De Folk 1974. Pág. 28

## Si la roca sedimentaria no contiene grava

Realice el siguiente procedimiento. Determine el nombre textural mayor mediante comparación de los porcentajes de arena y lodo de la tabla 1.1, con el diagrama triangular para la clasificación de arenas y lodos. (fig. .8)

### 9. Determine la selección o calibrado del sedimento.

Determine primero la selección (sorting) de las fracciones de arena y grava, primero por separado y después conjunta para los dos tamaños. UTILICE LAS IMÁGENES DE SELECCIÓN DE PETTIJHON figura 2, indique el calibrado por escrito por ejemplo: arena de grano medio con buen calibrado, fracción de gránulos moderadamente calibrada.

### 10. Determine la forma de las partículas

Para cada una de las fracciones: bloques, guijarros, guijos, gránulos, arena gruesa, arena media o arena fina, determine primero si son esféricas, discoidales, blades o en forma de rodillo, utilice para ello la fig. 4, determine como segundo paso la redondez o angularidad, realícelo por separado para cada tipo de tamaño de partícula, UTILICE DIAGRAMA DE POWERS (Fig. 5)

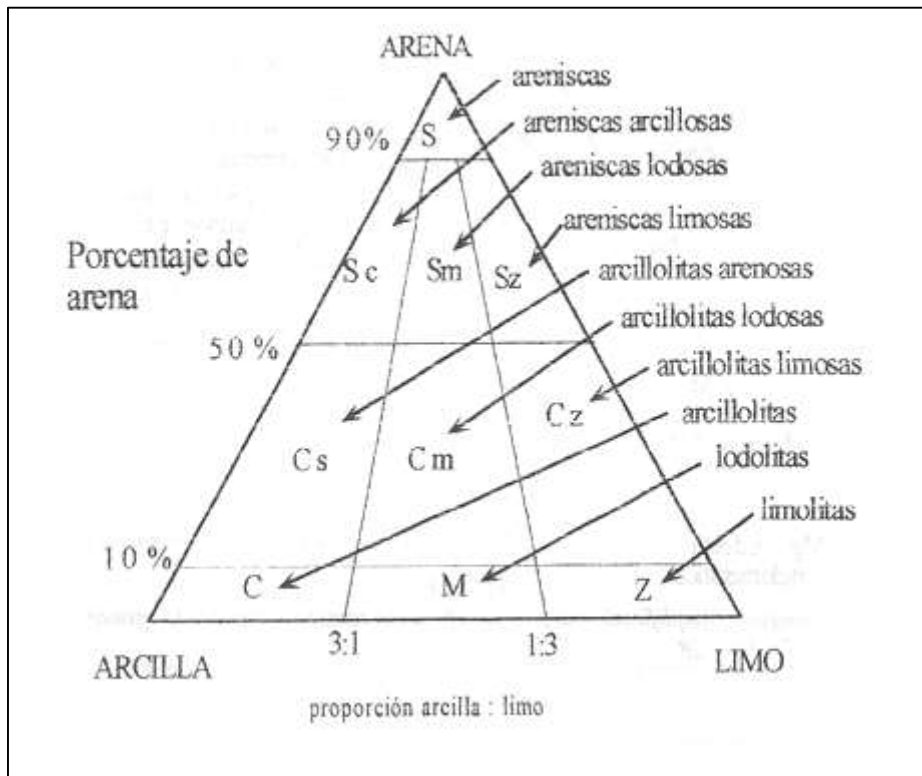
### 11. Escriba un resumen

Escriba en orden como le fueron solicitadas cada una de las características: clasificación textural según diagrama triangular fig 7, tipo de redondez según fig .5, tipo de porosidad y de cemento y su porcentaje.

Por ejemplo

Arenisca de grano medio, con matriz de lodo, moderadamente calibrada, con partículas esféricas, sub-redondeadas a sub-angulares, cementada ligeramente por carbonato de calcio, sin porosidad.





**Diagrama 8** Triangular Para La Clasificación Textural (Tamaño De Grano) De Las Rocas Siliciclásticas O Terrígenas De Grano Fino. Tomado De Folk 1974, Pág. 28

**Realice la descripción textural en otras muestras.**

Repita el mismo procedimiento en otras muestras, busque en lo posible muestras diferentes a la o las analizadas.

**INTERPRETACION**

A partir de la descripción antes realizada es importante relacionar las características texturales con aspectos típicamente de la ingeniería de petróleos. Es importante entonces poder analizar si una roca con las condiciones texturales encontradas:

- 1 ¿podría almacenar gas o aceite (oil)?
- 2 ¿Qué problemas le podría presentar la roca durante la perforación? Y ¿Cómo los resolvería?
- 3 ¿podría pensar en recuperación primaria solamente o podría pensar en recuperación secundaria? Y ¿Qué problemas tendría en cada uno de los casos?
- 4 ¿tendría los hidrocarburos algún tipo de reacción con la roca? ¿Qué tipo de problemas le darían estas reacciones?





## 6. BIBLIOGRAFÍA

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### DESCRIPCION Y CLASIFICACION COMPOSICIONAL DE LAS ROCAS CLASTICAS O TERRIGENAS.

N° 6 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

Es de suma importancia comprender el proceso de formación de las rocas sedimentarias e igualmente clasificarlas por su composición, ya que de esta manera en las rocas sedimentarias unos pocos minerales pueden estar presentes en un cierto grado de variedad y así formándose las rocas.

#### 2. OBJETIVOS

- Crear en el estudiante la capacidad de: Identificar los principales minerales constituyentes de las rocas sedimentarias: Qz, feldspatos, calcita, micas, arcillas, fragmentos de rocas, fósiles con ayuda de sus propiedades físicas.
- Caracterizar composicionalmente una roca sedimentaria terrígena.
- Integrar la clasificación textural con la composicional.

#### 3. MATERIALES REQUERIDOS

- Lupa de 10x (una por cada estudiante)
- Una aguja de acero
- Ácido clorhídrico diluido al 10%
- Muestra de roca

#### LECTURAS PREVIAS

- Kinds of sedimentary particles, Friedman and Sanders 1978, pag 25-44
- Mineral composition of sedimentary rocks, Folk 1974, pag 65- 101
- Mineralogical classification of sandstones, Folk 1974, pag 125-145
- Classifying and naming of extrabasinal rocks, Friedman 1978, pag 187- 192

#### 4. MARCO TEORICO

Todas las rocas poseen tres propiedades: LA TEXTURA, LA COMPOSICION, Y LA ESTRUCTURA.

##### **Elementos composicionales de las rocas sedimentarias.**

A diferencia de las rocas ígneas en las cuales ocurren comúnmente muchos minerales como principales formadores de roca, en las rocas sedimentarias unos pocos minerales pueden estar presentes en un cierto grado de variedades. Por ejemplo en una caliza el mineral dominante la calcita se encuentra en un sinnúmero de variedades: oolitos, fósiles, pelets, lodo calcáreo microcristalino, etc.

Los minerales o componentes fundamentales de las rocas sedimentarias se pueden clasificar de acuerdo a su origen en:

1. Los componentes **terrágenos o siliciclásticos** son materiales derivados de la erosión de las partes continentales y transportadas dentro de la cuenca de depositación como partículas, tales como el cuarzo, los feldspatos, los minerales pesados, los minerales arcillosos (minerales secundarios por alteración) y los fragmentos de rocas (dentro de estos se incluyen los fragmentos de carbón).
2. Los componentes **aloquímicos** (formados de manera diferente de la normal) son materiales precipitados de una solución dentro de la cuenca de depositación pero "anormalmente", ellos han sido generalmente transportados como sólidos después de su formación, además tiene un grado de organización mayor que la de los materiales precipitados normalmente. Pertenecen a este grupo las conchas de los fósiles (bioclásticos), los oolitos, los pelets fecales calcáreos (pelets) y los fragmentos retrabajados y redepositados de sedimentos de carbonatos penecontemporaneo (intraclastos). Particularmente los aloquimicos están compuestos de calcita pero se encuentran en otras composiciones: ópalos y fosfatos.
3. **los componentes ortoquímicos** (precipitados normales) son materiales producidos químicamente dentro de la cuenca de depositación de tal manera que no deben presentar evidencia de transporte. A este grupo pertenece la calcita microcristalina, el lodo dolomítico, probablemente algunas evaporitas como: Sal (NaCl), yeso, anhidrita, chert. La calcita, el cuarzo, los óxidos de hierro y de Mn rellenando poros en areniscas y los minerales de remplazamiento.

Descripciones muy completas de cada uno de estos minerales sedimentarios en donde se relacionan los siguientes aspectos: disponibilidad, durabilidad, estabilidad, características deposicionales, variedades, clasificación, autigénesis y otras variedades aparecen en: (1) Folk 1994, pagina 65-101, (2) Friedman 1978, capitulo 2, pagina 25-44 y (3) Bogss 1987, capitulo 7, pagina 189-199.

## Principales tipos de rocas sedimentarias

La clasificación de las rocas sedimentarias consta de dos partes: (1) clasificación textural, trabajada en el laboratorio de descripción textural de las rocas terrígenas, y (2) la clasificación composicional (ver figura 2.1). la clasificación final de las rocas debe ser la integración de la clasificación textural con la clasificación composicional ver figura 2.3

Composicionalmente las rocas sedimentarias se pueden dividir en los siguientes tres grupos (ver figura 2.1).

1. Rocas terrígenas o siliciclásticas (T): este grupo consiste de los siguientes tipos de rocas: lodolitas (arcillolitas y limolitas), areniscas y conglomerados; las rocas de este grupo están constituidas por materiales terrígenos o siliciclásticos.
2. Rocas aloquímicas (A)

Compuestas principalmente por materiales **aloquímicos**; a este grupo pertenecen los siguientes tipos de rocas: calizas y dolomías fosilíferas, oolitas, peletíferas o intraclásticas, shale, lodolitas, arcillolitas y areniscas muy fosilíferas (con más del 50% de fósiles) y calizas oolíticas.

3. Rocas ortoquímicas (O)

Compuestas principalmente por materiales **ortoquímicos**; a este grupo pertenecen los siguientes tipos de rocas: calizas, dolomías microcristalinas, anhidrita, el chert y las calizas microcristalinas arcillosas.

### Clasificación composicional de areniscas terrígenas o siliciclásticas

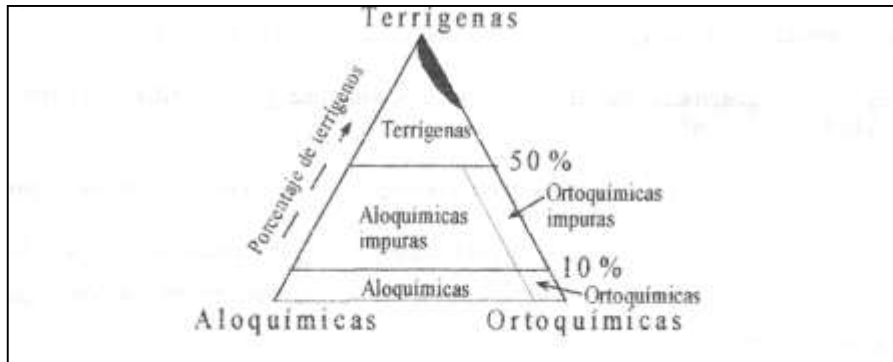
La clasificación de areniscas siliciclásticas más usada actualmente, aun por las compañías petroleras es la propuesta por Folk 1974, descrita en las páginas 125-130. Esta clasificación utiliza como base los tres tipos principales de partículas, también los más abundantes: **cuarzo (Q)**, **feldespatos (F)** y **los fragmentos de roca (FR)**, no se incluyen los materiales aloquímicos y ortoquímicos (ver figura 2.1). El Q por ser el más abundante y el principal constituyente de las rocas sedimentarias, los feldespatos y los FR por ser materiales abundantes en rocas sedimentarias y con un gran significado fisiográfico, tectónico y climático.

Las areniscas se clasifican composicionalmente por tres grupos principales (ver figura 2.2): (1) areniscas o arenitas de cuarzo (cuarzo arenitas), rocas constituidas principalmente por arena de feldespatos. Existen cuatro grupo de rocas sedimentarias en donde la clasificación de hace de acuerdo con la variación de la composición de las arenas entre los tres componentes principales: Qz, Feld y FR.

### Clasificación composicional de conglomerados terrígenos o siliciclásticos.

Para la clasificación composicional de rocas de grano grueso (conglomerados) rocas con más del 30% de partículas de grava se proponen los siguientes términos: (1) oligomicticos para rocas constituidas principalmente por gravas de una misma composición y (2) polimicticos para rocas constituidas principalmente por gravas de diferentes tipos de rocas. Existen adicionalmente propuestas texturales-composicionales las cuales tienen en cuenta el origen de los materiales: (1) conglomerados para rocas compuestas principalmente por partículas tamaño grava, muy redondeadas en forma de blades, que revelan un típico origen fluvial; (2)

brechas sedimentarias para rocas sedimentarias compuestas principalmente de partículas tamaño grava angulares; (3) fanglomerados como un tipo particular de conglomerados o de brechas sedimentarias depositadas en un abanico, (4) tillitas para sedimentos terrígenos muy mal calibrados, no calcáreos compuestos por partículas de gravas y arenas dispersas o flotando en una matriz de grano fino.



**Diagrama 1.** Triangular Para La Clasificación General De Las Rocas Sedimentarias En Tres Tipos 1. Terrígenas 2, Aloquímicas 3, Ortoquímicas. Tomado De Folk 1974. Pág. 2

## 5. PROCEDIMIENTO

En el laboratorio anterior se identificaron los elementos texturales en una muestra de roca sedimentaria siliciclástica y se incluía la descripción textural de acuerdo con la metodología propuesta por folk 1974

Adicionalmente se ve la necesidad de practicar con otras muestras dada la gran variedad existente de rocas sedimentarias siliciclasticas.

En el laboratorio de hoy se continuara con descripción de la muestra pero esta vez se tratara lo relacionado con la parte de la descripción composicional culminado el laboratorio con la integración de la descripción textural-composicional.

### Descripción composicional de rocas terrígenas.

La propuesta para este laboratorio es describir varias muestras en función de su composición, utilice la clasificación propuesta por folk 1974 pag 125-130, para el caso de estudio con lupa de mano se utilizara el triángulo (fig 2)



**Diagrama 2.** Triangular Para La Clasificación Composicional De Las Areniscas Propuesto Por Folk 1974 Pag. 129



## 1. Determine la composición de cada una de las fracciones de grava o arena por separado.

Determine si existen materiales de tamaño grava y/o arena con características físicas diferentes (brillo, dureza, color, alteración) caracterice cada uno de ellos con una pequeña descripción de acuerdo a sus propiedades físicas.

- ¿Cuáles propiedades utilizaría para ello, las propuestas aquí? O ¿algunas otras?
- ¿existen algunos materiales que efervescen al aplicarles una gota de HCL?, si esto ocurre ¿qué significa la efervescencia?
- Los materiales que efervescen ¿son partículas o cemento?, ¿Cómo podría determinar lo anterior?
- ¿Cuál es la ecuación balanceada que cumple la reacción de efervescencia? Investigue sobre ella.

## 2. Determine si los materiales de tamaño grava y/o arena son monocristales o policristalinos (fragmentos de roca)

Determine si cada uno de los materiales que usted caracterizo, son materiales monocristalinos o policristalinos (**FR**), esto le permitirá identificar y diferenciar minerales de Qz y de feldespatos de los fragmentos de roca. Los fragmentos de roca al estar constituidos por varios cristales son policristalinos. Dibuje y describa la relación que hay entre los componentes identificados (disposición) y los porcentajes.

## 3. Finalmente determine el tipo de material observado en cada caso.

Los materiales que usted ha observado deben ser identificados de acuerdo a sus características físicas. Encontrará cuarzos, feldespatos, calcita, y diferentes tipos de fragmentos de roca realice una comparación de cada uno de los componentes y su relación con la textura, por ejemplo el carbonato de calcio es el cemento de la roca, las partículas de tamaño arena son de cuarzo, las partículas de grava generalmente son fragmentos de roca.

## 4. Determine los porcentajes de cada uno de los constituyentes por separado Grava, arena o lodo.

En este momento ya conoce los materiales que conforman la roca, ahora determinar el porcentaje de cada uno de ellos y registre esta información en la tabla 2.1

**TABLA 2.1 porcentaje de los componentes de una roca sedimentaria**





La roca sedimentaria tiene:

**ARMAZÓN**

**GRAVA**

Cantos	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Guijarros	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Guijas	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Gránulo	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
<b>TOTAL DE GRAVA</b>	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%

**ARENA**

Arena gruesa	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Arena media	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Arena fina	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Arena muy fina	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
<b>TOTAL DE ARENA</b>	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%

**LODO**

Limo	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Arcilla	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
<b>TOTAL DE LODO</b>	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%

**TOTAL DE ARMAZÓN**

\_\_\_\_\_ %

**MATRIZ**

**LODO**

Limo	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
Arcilla	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%
<b>TOTAL DE MATRIZ</b>	___%	Qz	___%	Feld	___%	FR	___%	otros	___%

**CEMENTO**

**TOTAL DE CEMENTO** \_\_\_% Silíceo \_\_\_% calcáreo \_\_\_% ferruginoso \_\_\_% otro \_\_\_%

**POROS** **TOTAL DE POROS** \_\_\_\_\_%

---

**TOTAL DE ROCA** \_\_\_\_\_ **100** %

---

Si la roca es una arenisca, una arenisca conglomerática o una arenisca lodosa

**5. Determine enseguida la muestra en función de su composición de la fracción arena exclusivamente.**

Es prioritario que le asigne un nombre a la roca de acuerdo al triángulo de la figura 2.2 para eso se le pide que tenga en cuenta solamente la fracción arena e ignore (1) el porcentaje de la matriz arcillosa (inclusive micas de menos de 0.03 mm), (2) la grava, (3) los cementos (precipitados químicos) (5) los fósiles (6) las micas (7) la porosidad. Estos elementos mencionados o cualquier otro elemento composicional que reconozca será un componente accesorio. Solamente en el caso que el accesorio sea igual o mayor que el 25% debe considerarse como tipo especial de componente.

- ¿Por qué en la descripción de los componentes de las arenas propuestas por Folk 1974, se tiene en cuenta la estabilidad decreciente de los componentes?

**6. Recalcule todos los constituyentes esenciales (tamaño arena) al 100%.**

INDIQUE EL PORCENTAJE MEDIANTE CHEQUEO CON LAS IMÁGENES COMPARATIVAS DE PORCENTAJE. (fig 1.7 de su guía anterior) de acuerdo con los siguientes polos los cuales fueron determinados en función de la estabilidad decreciente de los componentes (a) cuarzo, todos los tipos de cuarzo. (b) F: todos los feldspatos simples sean de K, NA, O Ca, (c) R: fragmentos de roca (FR), Todos los fragmentos de otras rocas: granitos de gneises, chert, pizarras, esquistos, fragmentos de rocas volcánicas, calizas, areniscas, shales, etc.

**7. Determine la clasificación composicional general.**

Con esos porcentajes determine a cuál de los 5 grupos pertenece la muestra, en el triángulo Qz-F-R, (figura 2.2), en estos momentos tendríamos cualquiera de las siguientes posibilidades: cuarzo arenita, arcosa, litarenita, subarcosa o sublitarenita. Si la roca tiene más del 30% de grava tendrá un conglomerado. Determine entonces la variedad de acuerdo con la clasificación propuesta en esta guía. Clasificación composicional de conglomerados siliciclasticos que aparece en el marco teórico.

**8. Determine los componentes accesorios o especiales.**

Recuerde que cualquier otro elemento composicional que reconozca, si tiene un porcentaje <25% será considerado accesorio, en caso contrario se le debe considerar como tipo especial de componente.

**9. Determine ahora el material cementante.**

Determine ahora el material cementante: cuarzo (por su brillo vítreo), calcita (efervescencia y partículas en alto relieve después de provocar efervescencia por tres o más veces en una misma parte de la roca). Óxidos de hierro (por su característico rojo carmín), ópalo etc.

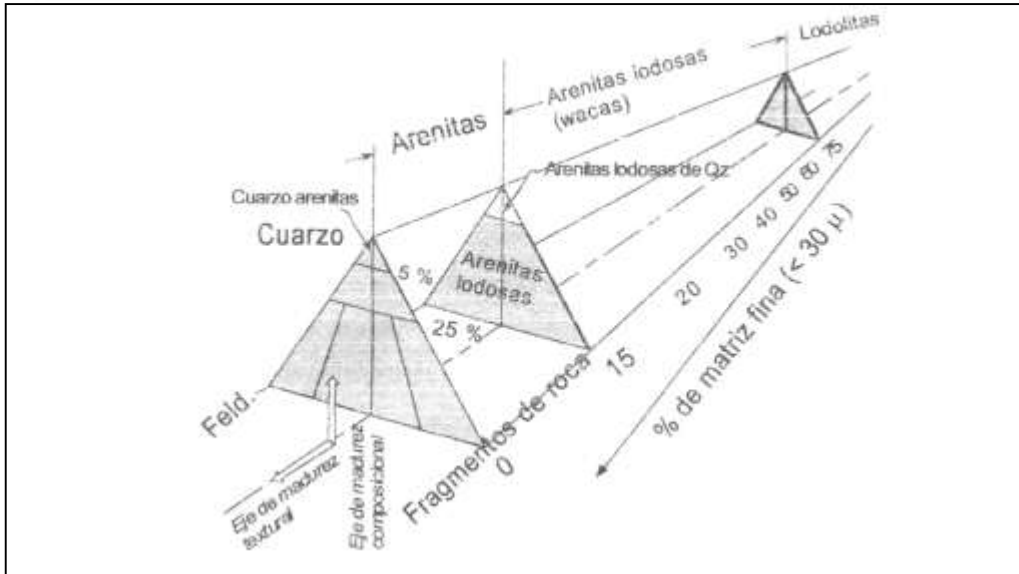
**10. Resuma la descripción textural y composicional.**

Resuma la descripción de la muestra en función de sus componentes y su relación con los elementos texturales de tamaño, armazón, matriz, cemento y poros, no olvide tener en cuenta el porcentaje para cada característica. Para realizar la integración textural y composicional tenga en cuenta el diagrama de subdivisión textural- composicional que aparece en la figura 2.3.

**11. Combine toda esta información en una frase descriptiva de la roca, según los pasos anteriores.**

\*arenisca ligeramente conglomeratica, de grano grueso a granulo, con buen calibrado (0.35-0.5), granos subangulares a subredondeados, cuarzo predominante (95%), con algo de feldspatos (3%), minerales pesados (1%), micas (1%), composicionalmente madura; granos con contacto puntual (tangencial) a longitudinal; cemento de cuarzo manifiesto por los reflejos y caras subhedrales de sobrecrecimiento, con escasa porosidad <1%\*.

No olvide llevar este estricto orden.



**Figura 3** Clasificación De Las Areniscas Con Base En La Textura Y La Composición, Modificado De Pettijhon Y Sievers 1973

## 12. Determine el color de la roca.

Determine el color de la roca, si es posible utilice la tabla de colores USGS. Chequee su resultado con su instructor y solamente si es correcto continúe con otra muestra, practique con el mayor número de muestras, recuerde que en cada nueva muestra debe realizar el mismo procedimiento.

### INTERPRETACION.

A partir de la interpretación antes realizada es importante relacionar las características texturales y composicionales con aspectos típicamente de la ingeniería de petróleo. Es importante entonces poder analizar si una roca con las condiciones texturales y composicionales encontradas:

- 1 ¿podría almacenar gas o aceite (oil)?
- 2 ¿Qué problemas le podría presentar la roca durante la perforación? Y ¿Cómo los resolvería?
- 3 ¿podría pensar en recuperación primaria solamente o podría pensar en recuperación secundaria? Y ¿Qué problemas tendría en cada uno de los casos?
- 4 ¿tendría los hidrocarburos algún tipo de reacción con la roca? ¿Qué tipo de problemas le darían estas reacciones?

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

## **OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### DESCRIPCION TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE LAS ROCAS CALCAREAS.

N° 7 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

En la sesión de laboratorio correspondiente a clasificación de rocas calcáreas de acuerdo a su estructura, composición química y origen. Esto con el fin de lograr entender porque se forman secuencias sedimentarias de potente espesor, o estratos y lentes aislados.

#### 2. OBJETIVOS

- Reconocer los elementos texturales y composicionales de las rocas calcáreas.
- Clasificar y nombrar los principales tipos de rocas calcáreas.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

Lupa de mano 10X

Navaja de acero

Acido clorhidrico (HCl – 10%)

Tacto – Olor característico

## 4. BASES TEORICAS

### Elementos texturales de las rocas calcáreas

Las rocas calcáreas son aquellas constituidas por más del 50% de materiales de carbonato de calcio bien sea calcita o aragonito. Existen dos clasificaciones formales propuestas para rocas calcáreas: (1) la clasificación de Folk 1974 y (2) la clasificación de Dunham. Ambas contemplan de manera muy singular tal como ocurre en las rocas terrígenas o siliciclásticas tres constituyentes principales: **armazón** o partículas aloquímicas, **matriz** o lodo calcáreo microcristalino **cemento** o calcita espar. Compare la clasificación general de rocas siliciclásticas y de rocas calcáreas tabla 5.1 y las figuras 5.1 y 5.2.

### Clasificación de rocas calcáreas, Folk

Folk clasifica las rocas calcáreas con base en los tres constituyentes: (1) armazón o constituyentes aloquímicos, (2) matriz de lodo calcáreo microcristalino o micrita y (3) cemento esparítico de carbonato de calcio o esparita.

Composición volumétrica de aloquímicos		> 10 % de Aloquímicos		< 10 % de Aloquímicos		Rcoas biohermales:  Organismos en posición de crecimiento
		Calcita espática > Matriz micrítica	Matriz micrítica > Calcita espática	1- 10 % Aloquímicos	< 1% Aloquímicos	
Intraclastos	> 25 %	Intrasparrudita Intraesparita	Intramicrodita Intramicrocrita	A b u n d a n t e s  A l o q u í m i c o s	Intraclastos: Micrita con intraclastos  Ooides: Micrita con oolitas  Fósiles: Micrita fosilífera  Peloides: Micrita peletífera	M i c r i t a  o p a r c h e s d e s p a r i t a  p r e s e n t a D i s m i c r i t a
	< 25 %	Oosparrudita Oosparita	Oomicrudita Oomicrita			
	> 3:1	Bioesparrudita Biosparita	Biomicrodita Biomicrocrita			
	< 3:1	Biopelsparrudita Biopelsparita	Biopelmicrodita Biopelmicrocrita			
Volumen Fósiles /peloides	1:3	Pelsparita	Pelmicrocrita			B i o l i t i t a
	< 1:3					

### 1. constituyentes aloquímicos.

Los componentes aloquímicos o materiales formados de manera diferente de la normal, son los materiales precipitados de una solución dentro de la cuenca de depositación "normalmente". Los aloquímicos han sido transportados generalmente como sólidos después de su formación, además tienen un grado de organización mayor que la de los materiales precipitados normalmente.

Pertencen a este grupo las conchas de los **fósiles o bioclásticos**, los **oolitos**, los **pellets fecales** calcáreos o **pellets** y los **fragmentos retrabajados** y



**redepositados** de sedimentos de carbonatos penecontemporáneos o **intraclastos**. Son reconocidos por presentar formas particulares y se consideran como el armazón de la roca.

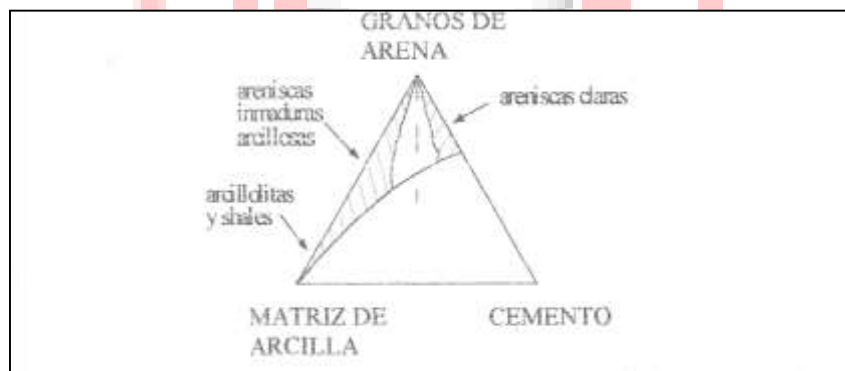
	Rocas calcáreas		Rocas terrígenas
	Folk 1874	Dunham	
<b>Armazón</b>	Aloquimicos: fósiles, pellets, oolitos e intraclastos	Partículas gruesas, tamaños de arena y grava	Partículas arena y grava de FR, Qz, Feld, minerales pesados
<b>Matriz</b>	Lodo calcáreo microcristalino (micrita)	Lodo calcáreo	Lodo terrígeno o siliciclásticos
<b>Cemento</b>	Carbonato de calcio (esparita)	Carbonato de calcio	Principalmente silíceo.

Tabla 5.1 estricto tabla comparativa de las clasificaciones de rocas calcáreas de Folk 1974 y Dunham y de rocas terrígenas o siliciclásticas.

El grupo de rocas constituidas en su mayor parte por este tipo de materiales se les conoce como **calizas aloquímicas esparíticas (esparitas)** son el grupo I en la figura 5.2.

## 2. Lodo calcáreo microcristalino

El lodo calcáreo microcristalino (microcrystalline calcite ooze), denominado micrita es formado por los granos o partículas de 1-4 micrones en diámetro (tamaño lodo), negro oscuro con brillo difuso en muestra de mano, se le considera el equivalente del lodo en las rocas siliciclásticas y es considerada como la matriz. El grupo de rocas constituidas en su mayor parte por este tipo de materiales se les conoce como **calizas microcristalinas o micritas** son del grupo III en la figura 5.



**Figura 5.** Clasificación De Rocas Terrígenas Basada En Elementos Texturales. Modificado De Folk 1974, Pág. 162

## 3. Componentes ortoquímicos (calcita espar)

Los componentes ortoquímicos (considerados precipitados normales) son materiales producidos químicamente dentro de la cuenca de depositación, por lo tanto no deben

presentar evidencia de transporte. Las rocas que pertenecen a este grupo son: la calcita microcristalina, el lodo dolomítico, la calcita relleno de poros en areniscas.

La calcita espar forma cristales generalmente con diámetros mayores de 10 micrones y es diferenciada de la micrita porque es más clara y tiene cristales de tamaño más grueso, superiores a 1mm, es considerada como el cemento, ver figura 5.2

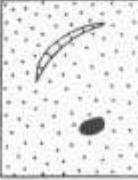




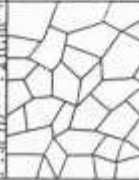
El grupo de rocas constituidas en su mayor parte por este tipo de materiales se les conoce como **calizas aloquímicas microcristalinas (micritas aloquímicas)** son el grupo II en la figura 5.2.



**Figura 6** Clasificación De Rocas Calcáreas Basadas En Elementos Texturales, Se Ignora La Recristalización. Modificada De Folk 1974 Pág. 162

### **Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional, Dunham.**

Los criterios para la clasificación de Dunham, se basan en la abundancia de los materiales gruesos o del lodo calcáreo (ver figura 5.3). La racionalidad de esta clasificación es que admite graficar los cambios en la tasa de producción de partículas tamaño arena en relación con la tasa de acumulación de lodo calcáreo. En aguas quietas, el lodo calcáreo está en disposición de precipitarse sobre el fondo y permanecer allí. Por esto las rocas que se forman de lodo originalmente contrastan con esas que originalmente carecen de lodo calcáreo, independiente del tamaño o del número de partículas tamaño arena, esta relación entre partículas arena y lodo calcáreo distingue un sedimento originalmente depositado en aguas quietas de otro de sedimentos depositados en aguas agitadas.

Depositional texture recognizable					Depositional texture not recognizable
Original components not bound together during deposition			Original components were bound together		
Contains mud (clay and fine silt-size carbonate)			Lacks mud and is grain supported		
Mud-supported		Grain-supported			
Less than 10% grains	More than 10% grains				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline
					

**Figura 7** Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional, Dunham.

La clasificación de Dunham propone dos categorías que se basan en un concepto complementario al comentado anteriormente: **(I)** materiales que crecieron o se formaron juntos y unidos (**boundstone**) y **(II)** aquellos que no lo hicieron.

Existen dos categorías para el grupo II: (1) categoría **II A**. para aquellas rocas que en el ambiente deposicional consiste de tamaños arena o de partículas más grandes en contacto unas con otras (**grano soportadas**) y (2) categoría **II B**. para aquellas rocas que en el ambiente de depositación consisten de lodo calcáreo en el cual las partículas de tamaño arena más gruesas se encuentran embebidas o flotando en el lodo calcáreo (**lodo soportadas**).

En la categoría **II A** de rocas de grano soportadas existen dos tipos: **tipo II A 1**. Calizas grano soportadas que carecen de lodos calcáreo, denominadas **Grainstones** y **(2) II A 2**. Calizas grano soportadas pero que contienen lodo, denominadas **Packstones**.

En la categoría II B o calizas lodo soportadas se subdivide en dos tipos (1) calizas lodo soportadas que contienen más del 10% de partículas de tamaño arena o mayores denominadas **Mudstones**.

## 5. PROCEDIMIENTO

El siguiente es el procedimiento recomendado para el estudio de muestras de rocas calcáreas en campo con la lupa de mano. Tome una muestra de roca calcárea y con ayuda de la lupa de mano inicie la descripción textural.

### Descripción textural



Observe la muestra seleccionada y sintetice en un dibujo las características texturales más generales primero, y después las de mayor detalle. El camino más frecuente y más eficaz consiste en trazar un esquema de los aspectos sobresalientes de la roca, por ejemplo los materiales de mayor tamaño o también los de mayor porcentaje, denominados por lo general el armazón de la roca y continúe con los de menor tamaño o los menos abundantes, generalmente los que se apilan en los intersticios que dejan los ms abundantes.

Este dibujo que permite identificar los aspectos de forma, tamaño, estructura, y de organización de la muestra, aspectos definitivos en definir: (1) *la presencia y la característica del armazón, la matriz el cemento y los poros.* (2) *la disposición y la relación entre partículas adyacentes* (3) *la roca en términos de distribución espacial de sus constituyentes: homogeneidad o heterogeneidad* y (4) *en un detalle mayor la forma y la estructura interna de las partículas que conforman el armazón, le permitirán identificar bioclásticos y otros tipos de aloquímicos.*

### 1. Determine los elementos texturales de la roca.

Determine (1) *el armazón* integrado por los materiales aloquímicos o de mayor tamaño: bioclásticos, oolitos, pellets, (2) *la matriz* sea lodo calcáreo y/o lodo terrígeno y (3) *el cemento* sea calcáreo o cualquier otro.

Para realizar esto debe dibujar y describir, recuerde sus experiencias con las rocas siliciclasticas.

¿Cómo puede diferenciar los tres elementos texturales?, ¿Por su color?, ¿Por su tamaño? O ¿por sus características óptica?

### 2. Determine cuáles son las características de los materiales aloquímicos o materiales de mayor tamaño.

Determine en los constituyentes de mayor tamaño las siguientes características: forma, tamaño, color, estructura interna.

¿Cuántos aloquímicos o de mayor tamaño diferentes puede caracterizar?, establezca el nombre de cada uno de ellos. Corrobore con su profesor o instructor, algunos como los pellets solamente se pueden reconocer en secciones delgadas.

Tome suficiente muestras, que le permitan reconocer los tres tipos de elementos texturales y los diferentes tipos aloquímicos o mayor tamaño: bioclásticos, oolitos, intraclásticos, etc. Para tener claridad sobre esto consulte a Folk 1974, pag 160-161.

Después de diferenciarlos los componentes texturales proceda a clasificar la roca, de acuerdo la terminología de Dunham.

### 3. Determine los porcentajes de los componentes principales.

Para realizar un clasificación practica tomamos como base los porcentajes de los tres componentes principales de las calizas (a) *los aloquímicos de mayor tamaño* (b) *el lodo calcáreo* y (c) *el cemento de carbonato de calcio*, ver figura 5.3.

### 4. Determine el grupo principal al que pertenece la roca.

Dentro de los grupos propuestos por Dunham: Boundstone, grainstone, packstone, wackestone o mudstone. Después de hacerlo dé el nombre particular de acuerdo con el tipo específico de material grueso, Por ejemplo: **Packstone calcáreo de fósiles.**

***Repita el procedimiento en otras muestras.***

Tome otras muestras y repita los pasos anteriores buscando reconocer los tipos más importantes de las rocas calcáreas: micritas, esparitas, biomicritas, bioesparitas, intramicritas, intraesparitas y oosparitas.

### **INTERPRETACION**

A partir de la descripción antes realizada es importante relacionar las características texturales con aspectos típicamente de la ingeniería de petróleos. Es importante entonces poder analizar si una roca con las condiciones texturales encontradas:

- 5 ¿podría almacenar gas o aceite (oil)?
- 6 ¿Qué problemas le podría presentar la roca durante la perforación? Y ¿Cómo los resolvería?
- 7 ¿podría pensar en recuperación primaria solamente o podría pensar en recuperación secundaria? Y ¿Qué problemas tendría en cada uno de los casos?
- 8 ¿tendría los hidrocarburos algún tipo de reacción con la roca? ¿Qué tipo de problemas le darían estas reacciones?

**6. BIBLIOGRAFÍA**

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

**OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR** ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO** OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO** ENERO DE 2015





## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### DESCRIPCION PETROGRAFICA DE RIPIOS DE PERFORACION

N° 8 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

Esta es la prueba básica para la descripción de ripios de perforación, teniendo en cuenta que de este punto es de donde debemos partir hacia un análisis posterior de presencia de hidrocarburos

#### 2. OBJETIVOS

- Describir petrográficamente una muestra de ripios de perforación.
- Hacer uso de la simbología para la descripción de la muestra.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Microscopio binocular
- Lupa de mano 10x
- Espátula
- Iman
- Punzon
- Navaja de acero
- Acido clorhidrico (HCl – 10%)
- Tablas composicionales
- Tablas de textura

#### 4. BASES TEORICAS

El proceso de recolección de las muestras es llevado a cabo por la persona encargada de este oficio en una perforación, puede ser un recoge muestras, un

cuñero, etc., esta persona tiene la misión específica de recoger las muestras de la zaranda, generalmente se toman muestras a intervalos de cada 5 a 10 pies generalmente (esto es aleatorio, ya que cada compañía operadora tiene sus normas sobre las muestras), estas muestras deben ser lavadas y limpiadas, hasta garantizar que se le ha sacado todo el lodo posible que ellas adquirieron durante el proceso de perforación.

De cada intervalo de muestreo se debe obtener la cantidad suficiente para garantizar que existan muestras para la unidad de logging, para la compañía asociada que a su vez tiene un banco de muestras como lo es la litoteca de ECOPETROL (ICP) y para guardar muestras que sirvan más adelante como testigo.

Estas muestras luego de ser lavadas y secadas son guardadas en unas bolsas porta muestras de cartulina generalmente, que son confeccionadas por cada compañía que presta este servicio.

Las muestras se deben describir como se presenta en el cuarto capítulo de este documento, es decir:

Tipo de roca.

Color.

Textura. Incluyendo tamaño de grano, redondez y selección.

Cemento y/o matriz.

Fósiles y accesorios.

Estructuras sedimentarias.

Porosidad y trazas de aceite

## 5. PROCEDIMIENTO

- Tome la muestra a estudiar y reporte los datos que encuentra en la bolsa porta muestras (Compañía operadora, Compañía de servicios, campo, pozo, profundidad).
- Descargue las muestras sobre un plato porta muestras para su posterior análisis petrográfico.
- Describa el tipo y color de la roca de acuerdo a la fundamentación teórica que se encuentra en el numeral tres del capítulo cuarto.
- Haciendo uso del microscopio binocular reporte textura, incluyendo tamaño de grano, redondez y selección
- Por medio de este microscopio o de la lupa, describa el cemento y/o matriz.
- Observe la posible detección a simple vista de los hidrocarburos que pudieran estar presentes en la muestra.

Reporte. Se debe reportar la descripción de la muestra por composición, color, textura, tamaño de grano, selección, composición del cemento, presencia de fósiles y presencia o ausencia de aceite.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

## **OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### PRUEBA DE IRIDISCENCIA

N° 9 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

En la sesión de laboratorio correspondiente a iridiscencia se observara algunos hidrocarburos o derivados y se caracterizara este fenómeno.

#### 2. OBJETIVOS

- Observar el fenómeno de iridiscencia en varios tipos de hidrocarburos y óxidos de hierro.
- Diferenciar la iridiscencia de los hidrocarburos y óxidos de hierro.
- Apreciar los diferentes colores de la iridiscencia de hidrocarburos y óxidos de hierro.
- Identificar la clase de hidrocarburos a la cual pertenece una iridiscencia en particular.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Cubeta de prueba de iridiscencia.
- Linterna
- Regla
- Probeta de 50 ml
- Beaker de 100 ml
- Muestra a evaluar

#### 4. BASES TEORICAS

En la práctica, con el fin de dar una característica rápida de la composición de los productos derivados del petróleo y tener un control de calidad de los derivados durante su producción, con frecuencia se hace uso de las propiedades ópticas.

En la práctica, con el fin de dar una característica rápida de la composición de los productos derivados del petróleo y tener un control de calidad de los derivados durante su producción, con frecuencia se hace uso de las propiedades ópticas.

En general el coeficiente de refracción, la refracción molecular y la dispersión son las propiedades que más se usan, algunos hidrocarburos y sus derivados se encuentran consignados con estas propiedades en muchas GOST (normas estatales de la URSS).

*Refracción:* Se dice que hay refracción cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro, ellos cambian su velocidad y dirección. La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción para el medio dado es una magnitud constante que no depende del ángulo de incidencia:

$$\frac{\text{sen } R}{\text{sen } I} = N = \text{const}$$

Dónde: R = Angulo de incidencia

I = Angulo de refracción

N = Coeficiente (índice) de refracción

Este índice depende de la temperatura a la cual se realiza la determinación y de la longitud de la onda de la luz.

El ángulo de incidencia puede llegar a una posición tal en que el ángulo de refracción será igual a 90° y su seno la unidad, para este caso el rayo se deslizara por la superficie de separación de los medios hablándole entonces de una reflexión interna.

Los instrumentos para determinar el índice de refracción se denominan refractómetros.

Se tiene conocimiento que el índice de refracción es tanto menor cuanto mayor sea el contenido relativo de hidrogeno en los hidrocarburos, si el contenido de átomos de carbono y de hidrogeno en la molécula es el mismo, el índice de refracción de los compuestos cíclicos es mayor que el de los alifáticos.

Los índices de refracción más grandes los tienen los árenos, y los menores los alcanos, los ciclo alcanos ocupan una posición intermedia.

*Refracción molecular:* El producto de la refracción específica por la masa molecular se denomina refracción molecular, entonces:

$$RM = (N_D - 1) \frac{M}{\rho} = (N_D - 1)V \quad (\text{Formula de Gladstone - Dace})$$

$$RM = \frac{(N_D^2 - 1)}{(N_D^2 + 2)} * \frac{M}{\rho} = \frac{(N_D^2 - 1)}{(N_D^2 + 2)} V \quad (\text{Formula de Lorenz - Lorenz})$$

Dónde:  $N_D$  = Índice de refracción

M = Masa molecular

V = Volumen molecular de la sustancia a investigar

La refracción molecular es igual a la suma de las refracciones atómicas.

*Dispersión:* Anteriormente se tenía el concepto que la luz tenía solo una longitud de onda, o como suele decirse, que era luz monocromática “de un solo color”, sin embargo, la mayor parte de los haces son policromáticos, es decir, que están formados por una mezcla de ondas cuyas longitudes comprenden el espectro visible, la descomposición de esta luz monocromática se debe a que el índice de refracción del medio óptico atravesado es diferente para cada color que lo compone.

*Refracción atmosférica:* La velocidad de la luz en todas las sustancias materiales es menor que su velocidad en el vacío, y en un gas la velocidad disminuye cuando la densidad aumenta. Esta densidad en la atmósfera es máxima en la superficie de la tierra y disminuye con la altura, como resultado de esto, los rayos luminosos provenientes del sol o de las estrellas son desviados continuamente y siguen.

La desviación de la luz a causa de la refracción atmosférica disminuye al aumentar el ángulo de elevación de la luz sobre la horizontal, anulándose cuando la luz incide normalmente sobre la superficie terrestre, puesto que los rayos que provienen de la parte superior del disco solar inciden con un ángulo ligeramente mayor que los procedentes de la parte inferior, son refractados en menor grado. Esto explica la apariencia ligeramente aplastada del sol en la salida y en la puesta por ser elevada la porción inferior más que la superior.

*Arcoíris:* El arcoíris es producido por los efectos combinados de la refracción, dispersión y reflexión total de la luz del sol por las gotas de lluvia. Cuando las condiciones para su observación son favorables, pueden verse dos arcos: el interior, llamado arco primario, es más brillante, es rojo al exterior y violeta al interior, mientras que en el arco exterior es más débil y los colores están invertidos.

*Diferencia refractométrica:* Es una derivada del índice de refracción, dicha característica representa la diferencia entre los valores del índice de refracción y de



la semidensidad de la sustancia (esta magnitud es constante para los hidrocarburos de una misma serie homóloga).

Para los alcanos la diferencia refractométrica es igual a 1,046, para los alquenos 1,052, para los cicloalcanos 1,040 y para los árenos 1,063. Para los árenos y los cicloalcanos son sustituyentes alquílicos largos, la diferencia refractométrica tiene valores intermedios para los alcanos y los correspondientes cicloalcanos.

*Iridiscencia:* Puede estar relacionada con petróleo de cualquier color o gravedad, pero es más probable que sea observable para los más livianos, más específicamente los incoloros, petróleos donde las tinturas de aceite pueden estar ausentes, la iridiscencia sin coloración de petróleo o tinturas, puede indicar la presencia de petróleos livianos o condensados.

## 5. PROCEDIMIENTO

- Vierta 100 ml de agua en la cubeta de prueba de iridiscencia de tal modo que cubra totalmente el material sedimentario sobre un nivel de 2 cm aproximadamente.
- A continuación proceda a hacer el mismo paso en la sección B de la cubeta.
- Teniendo ya esto, vierta la muestra a examinar utilizando la probeta de 50 ml sobre la cubeta de prueba de iridiscencia.
- Logrando lo anterior, use la linterna con el fin de hacer incidir un rayo de luz monocromática sobre la cubeta y tome nota de lo que observa:
  - ✓ Aparecen destellos de colores?
  - ✓ Se pueden describir los colores?
  - ✓ Permanecen invariables los colores?
  - ✓ Si no aparecen colores, que observa?
  - ✓ Explique por qué ocurre esto.
- Tome varios tipos de muestra de 15, 25, 35, 50 ml y haga el mismo análisis comparando con la primera muestra “de referencia”, tome nota de los colores y asócielos con los colores en que se descompone la luz monocromática.
- A manera de ejercicio, haga incidir el haz de luz sobre la cubeta con ángulos de 90, 60, 45 y observe.
  - ✓ Sucede lo mismo?
  - ✓ A qué se debe esto?
- Una vez terminado esto, vierta el contenido de la cubeta de prueba de iridiscencia a una cubeta de desechos y limpie adecuadamente la cubeta eliminando los rastros de cada muestra. Este paso se deberá hacer cada vez que se corra una prueba.

Reporte. Tome los datos obtenidos y consígnelos en una tabla comparativa, dando como resultado si infiere o no el tipo de hidrocarburos y si intervienen las fuerzas de cohesión en este fenómeno (refracción molecular).

Compare los datos obtenidos en la sección A con los de la sección B y diga cuál es más iridiscente entre las pruebas corridas y explique por qué.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

CRUZ Luis Enrique y otro. Sedimentología para Ingenieros de Petróleos. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2001

V. A. PROSKURIAKOV, e. A. E. DRABKIN, 1981. Química del petróleo y del gas. Editorial MIR; Moscú.

FRANCIS, W., SEARS., 1979 Fundamentos de física III óptica. Massachusetts – USA. Editorial ADDISON- WESLEY

## **OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

**ROBERTO VARGAS CUERVO**

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

**OCTUBRE DE 2004**

**ACTUALIZADO**

**ENERO DE 2015**



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### PRUEBA DE FLUORESCENCIA

N° 10 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

En la sesión de laboratorio correspondiente a fluorescencia se observara algunos hidrocarburos o derivados y se caracterizara este fenómeno.

#### 2. OBJETIVOS

##### ❖ Objetivo General.

- Identificar la presencia o ausencia de hidrocarburos existentes en las muestras de lodo y rípios de perforación examinados a través de la prueba de fluorescencia.

##### ❖ Objetivos Específicos.

- Aprender a manejar el fluoroscopio y su uso en la industria petrolera.
- Realizar un corte fluorescente a las muestras examinadas para evidenciar la presencia de hidrocarburos mediante un solvente.
- Estimar el tipo de hidrocarburos presentes en las muestras examinadas si estos existieran.
- Hacer una rápida estimación del posible rango de gravedad API en el que se encontrarían los hidrocarburos presentes en las muestras examinadas, según el color de la fluorescencia.
- Estimar porcentajes de saturación por trazas observadas.

### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- **Caja De Luz Negra (Fluoroscopio).**

El equipo es una cámara de luz negra, el cual suministra la luz ultravioleta con una longitud de onda adecuada para causar la fluorescencia de los Oil Shows en las rocas. La Intensidad de la luz debe ser por lo menos de 800 Micro vatios por centímetro cuadrado en la superficie de la muestra, esta se mide con un medidor de intensidad comúnmente llamado intensímetro de luz negra, esta luz lleva un filtro rojo púrpura el cual está diseñado para dejar pasar solamente el tipo de longitud de onda que activa las trazas fluorescentes, esta es de 300 a 400 Nm (Nanómetro). Además filtra la radiación ultravioleta peligrosa.

- **Muestras De Canal Lavadas Con Agua**

Las muestras de canal son los cortes o ripios de un pozo que resultan de la perforación de un pozo y que van quedando al pazo de la broca por una zona, estos cortes son llevados a superficie en suspensión por el lodo de perforación, en donde se somete a un proceso mecánico separando el lodo de estos cortes, allí se seleccionan las muestras las cuales se van analizar y se les realiza un lavado con agua para tratar de eliminar el mayor número de impurezas generadas por el fluido de perforación, para así poder llegar a un análisis confiable.

- **Solvente (Acetona)**

La acetona o propanona es un compuesto químico de fórmula química  $CH_3(CO)CH_3$  del grupo de las cetonas que se encuentra naturalmente en el medio ambiente. A temperatura ambiente se presenta como un líquido incoloro de olor característico. Se evapora fácilmente, es inflamable y es soluble en agua. La acetona sintetizada se usa en la fabricación de plásticos, fibras, medicamentos y otros productos químicos, así como disolvente de otras sustancias químicas.

<b>Ingestión</b>	Náuseas, vómitos (para mayor información, véase Inhalación).
<b>Inhalación</b>	Salivación, confusión mental, tos, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, dolor de garganta, pérdida del conocimiento.
<b>Piel</b>	Piel seca, enrojecimiento.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Posible daño en la córnea.

#### 4. BASES TEORICAS

##### **Definición De Fluorescencia.**

Es la propiedad que tiene algunas formas de materia orgánica y algunos minerales (Fluorita, calcita, dolomita) de hacerse luminosos bajo la acción de rayos ultravioletas. Esta prueba se realiza de un fluoroscopio (Lámpara de Wood). La exposición de los rípios a la luz ultravioleta hace reaccionar las moléculas de los hidrocarburos y provoca una emisión de fluorescencia observable a simple vista. Con esta prueba se puede estimar la presencia de hidrocarburo, la densidad del crudo, la probabilidad de presencia de agua y la movilidad del petróleo.

La formación de yacimientos es posible solo si existe una roca que genere hidrocarburos, una roca que almacene los hidrocarburos y otra roca que los entrapa para quedar confinados en el subsuelo, en una unidad geológica con límites definidos. He allí donde radica la importancia de las rocas sedimentarias, la arenisca es la roca almacén por excelencia ya que los fluidos se almacenan en su porosidad primaria, pero también pueden almacenarse en las porosidades primarias y secundarias de las calizas, que a su vez son las rocas generadoras de petróleo. La Lutita que es la roca compuesta de sedimentos de arcilla, y entrapa los hidrocarburos evitando la migración del petróleo a la superficie debido a su baja permeabilidad, de ahí que se hace necesario una evaluación del lodo y rípios de perforación para poder determinar la presencia o ausencia de hidrocarburos existentes.

Los rípios son los residuos o fragmentos de las rocas perforadas, que son llevados en suspensión a superficie por el lodo de perforación, los cuales son recogidos en superficie a intervalos regulares, realizando un registro litológico basado en el análisis físico (Well Cuttings).

Los rípios son debidamente lavados, secados y luego examinados. Las manchas de petróleo (Oil Shows), se identifican por fluorescencia bajo luz ultravioleta, la fluorescencia varía de color en petróleos de diferentes gravedad API y estas observaciones son registradas y graficadas en función de la gravedad (Strip Log).

El examen del lodo, recortes de perforación y corazones para hidrocarburos fluorescentes bajo luz ultravioleta, frecuentemente indica petróleo en pequeñas cantidades o petróleo de color tenue el cual no puede ser detectado de otra manera, todas las muestras deben ser examinadas de esta manera. El colorido o fluorescencia de crudos varía de marrón pasando por verde, oro, azul, amarillo hasta blanco, en mayor parte los petróleos más pesados tienen fluorescencia oscura. La distribución puede ser aun manchada o moteada como por tinte. El rango de intensidad es opaco – brillante – tenue – pálido.

La fluorescencia insignificante está asociada con granos de arena individual y pueden indicar presencia de condensados o gas. La fluorescencia mineral, especialmente en fragmentos de carbonatos de calcio, puede ser confundida con petróleo fluorescente y se distingue al añadir unas pocas gotas de un solvente. Los

hidrocarburos fluorescentes aparecerán para fluir y difundirse en el solvente, ya que el petróleo es soluble, mientras la fluorescencia mineral permanecería indisturbable.

El test más importante para hidrocarburos es la prueba de fluorescencia del corte o corte húmedo. En este test el reactivo sobre la muestra es observado bajo luz ultravioleta, la muestra debe ser secada completamente antes de aplicar el reactivo. Si hay hidrocarburos presentes serán emitidas cintas fluorescentes de la muestra y el test es evaluado por la intensidad y el color de estas cintas. Algunos Shows no derraman un efecto notable en las cintas pero dejan un anillo fluorescente o residuo en el plato de porcelana de color blanco después que el reactivo se halla evaporado, esto se denomina "Corte Residual". Es recomendable que la prueba de corte fluorescente sea hecha sobre todos los intervalos en los cuales halla la más ligera sospecha de hidrocarburos.

Esto es comúnmente verdadero para los hidrocarburos de alta gravedad API los cuales dan un corte fluorescente amarillo brillante, los destilados muestran poca o ninguna fluorescencia o corte, pero comúnmente dan cortes fluorescentes positivos. Generalmente los perforados de baja gravedad API no presentaran fluorescencia, pero cortaran un marrón muy oscuro y su corte fluorescente puede variar de blanco lechoso a naranja oscuro.

- **Ensayo Visual.**

Consiste en la observación detallada de la muestra en condiciones específicas efectuada a ojo desnudo o con ayuda instrumental auxiliar que mejoren la capacidad de percepción del sentido de la vista o permitan acceder al lugar de interés en las condiciones de visión establecidas.

Está basado en las leyes fundamentales de la óptica y en la profundidad de la radiación luminosa que constituye el campo de energía aplicada. La luz como campo de energía queda definida fisiológicamente como el intervalo de radiaciones electromagnéticas, para las cuales el ojo humano es sensible, este intervalo se extiende entre las longitudes de onda de 390 a 720 Nanómetros (Nm). La aplicación primaria del ensayo, está dirigida al examen de reflectividad, matices del color u otras características del color. La visión comprende factores tales como percepción de luz, de la forma, color, del contraste de la profundidad y distancia. Con respecto a la percepción de la luz el ojo tiene una respuesta variable que depende de la longitud de onda y de la intensidad de la excitación. En un nivel superior a 100 Lux, el ojo puede percibir adecuadamente los colores (Longitud de Onda), teniendo su máxima sensibilidad para el color amarillo 555 Nm, con menor iluminación del orden 10 Lux, la capacidad para reaccionar disminuye sensiblemente y la máxima sensibilidad del color se corre hacia el azul, con iluminación menor a 0.01 Lux, el ojo pierde la capacidad para reconocer el color de la excitación pero a medida que disminuye la iluminación aumenta la sensibilidad para la percepción de luz. El umbral fisiológico de un ojo normal para la percepción de una señal luminosa es de 10 - 9 Lux.



Como se dijo anteriormente la luz es la parte del espectro de radiaciones electromagnéticas que sensibiliza el ojo humano, esta sensibilidad no es igual para todo el intervalo, existiendo una máxima sensibilidad (Asignamos el 100 % para una longitud de onda de 555 Nm), la sensibilidad en los extremos disminuye sintéticamente con lo cual los límites, no son bien precisos, arbitrariamente se suele tomar como límites del espectro visible a los valores de longitud de onda para los cuales la sensibilidad se reduce al 1 % estos límites serian de 430 a 690 Nm.

La visión del color es una adaptación del ojo a la luz y depende de la actividad de los conos. El color que depende de la longitud de onda de las radiaciones tiene tres características principales:

- Tono o Matiz: Es la característica del color que usualmente da su nombre (Azul, Verde, Rojo, Etc.). y puede ser definido como la longitud de onda dominante en el ancho de banda que lo determina.
- Saturación o Pureza: Es el grado de concentración de un color en su estado puro. Como la mezcla de todas las longitudes de onda producen en el ojo la sensación de blanco, si a una pintura de determinado color le agregamos blanco, estaremos disminuyendo su saturación, por tal motivo no se utiliza la luz blanca.
- Brillo o Luminosidad: El brillo o luminosidad de un color para la iluminación dada depende del coeficiente de reflexión (Reflectancia), que le es propio, siendo máximo uno (1) para el blanco y cero (0) para el negro.

- **Muestras De Petróleo.**

Mientras se realizan las múltiples tareas que hacen los registradores de pozos, estos siempre deben recordar que su función primaria es detectar los hidrocarburos. Sería un gran desconcierto para cualquier registrador de pozos que pasara por alto una muestra de petróleo y un mal negocio para la compañía tener un empleado que no cumpla con su responsabilidad al hacer este servicio.

Cabe recordar que una muestra es cualquier roca que contenga hidrocarburos. La porosidad y la productividad son solamente un factor de indicación de que tan buena es la muestra.

Después de que una muestra ha sido lavada y colocada en una bandeja para muestras, debe ser puesta en una caja de rayos ultravioleta (**UV**) para verificar la fluorescencia. Muchas rocas, especialmente las calizas y la dolomita mostraran fluorescencia mineral en la cual no estamos particularmente interesados. Sin embargo, estamos extremadamente interesados en la fluorescencia del petróleo y se debe saber distinguir entre las dos.

Cuando se colocan en un solvente (Acetona), el aceite en una roca permeable visiblemente fluirá y se disolverá en la solución tornándose azul, verde, amarillo, naranja, rojo y varios colores lechosos. Cuando el solvente se ha evaporado, un anillo residual fluorescente se forma alrededor de la orilla del plato de la mancha indicando el **NIVEL DE PETROLEO**. Cuando el solvente es colocado en la roca que contiene solo fluorescencia mineral, no pasa nada. El solvente permanece claro y no se forman anillos residuales fluorescentes en el plato después de la evaporación.

Usualmente hay diversos colores de fluorescencia en cada muestra. Se deben recoger pocas muestras de cada color y aislarlas en diferentes manchas en el plato de muestras. Luego ellas pueden ser sujetas a la "prueba de acetona".

El grado de "corte" o habilidad del petróleo para fluir depende principalmente de la permeabilidad de la roca, teniendo en cuenta el hecho que este contiene una cantidad considerable de petróleo. En una roca permeable productora de petróleo, este fluirá cuando se le agregue acetona. A esto llamaremos un "corte de corriente", ya que si se observa la caja de rayos ultravioleta, el petróleo fluye visiblemente. Rocas menos permeables se cortaran lenta y gradualmente volviendo el solvente de un color lechoso (usualmente amarillo) y dejando un anillo residual fluorescente en el plato de muestra, después de la evaporación. En rocas "compactas" con poca permeabilidad solo un corte débil o quizá ninguno será el resultado inicial. Este tipo de rocas deben ser trituradas (libres de petróleo) con el mango de las pinzas limpio, mientras esta en un plato de muestras lleno del solvente. El solvente se tornara visiblemente de un color lechoso y un anillo fluorescente será dejado en el plato de la muestra.

Rocas que con seguridad contienen petróleo pueden ser observadas bajo el microscopio como el primer paso (manchas de petróleo). Entonces se pueden recoger algunas muestras, colocarlas en un recipiente y ponerlas dentro de la caja de rayos UV. El color de fluorescencia y tipo de "corte" pueden ser observados luego; y se puede hacer a una idea del tipo de "crudo" usando la siguiente tabla.

**Tabla 1. Fluorescencia del petróleo según LYNCH.**

Gravedad API	Color De La Fluorescencia
< 15	Café
15 – 25	Naranja (Dorado)
25 – 35	Amarillo / Crema
35 – 45	Blanco
> 45	Azul / Blanco / Violeta

Dependiendo de la cantidad de fluorescencia con respecto al conjunto (volumen total de la muestra) de material tomado decimos que tenemos:

- Fluorescencia débil: cuando se observa un 5%-10% de la superficie
- Fluorescencia media: cuando se observa un 10-20% de la superficie
- Fluorescencia Buena: cuando se observa un 20-50% de la superficie
- Fluorescencia muy buena cuando se observa un 50-70% de la superficie
- Fluorescencia Excelente: cuando se observa un 70-100% de la superficie

Mientras la fluorescencia mejora se estima una mejor saturación de los fluidos en los poros de la roca. El uso de Solventes (Acetona) directamente sobre el ripio lixivia de manera efectiva el ripio colocando el petróleo en solución y retirándolo del ripio. Esto puede ayudar a establecer mejor el color de la fluorescencia sin obstrucciones o interferencias del ripio.

Otro método de evaluación del contenido del petróleo y la naturaleza de una muestra es el corte. El procedimiento es colocar varios cortes (de 2 a 3 cm<sup>3</sup>) en un tubo de ensayo y cubrirlo al menos dos veces la altura de los cortes con acetona.

Los hidrocarburos serán “cortados” de la roca. La velocidad del corte y si este está fluyendo indican la cantidad y solubilidad del petróleo. Sostener el tubo contra un fondo blanco permitirá determinar el color el cual puede indicar la cantidad y gravedad del petróleo.

- **Medios usados para determinar los Oil Shows (muestras de petróleo).**

En la tabla 2 podemos encontrar la característica a evaluar y con que se debe evaluar para hallar esta.

**Tabla 2. Instrumentos usados para determinar ciertas características en los Oil shows.**

Característica	Instrumento
<b>Manchas De Petróleo</b>	Microscopio
<b>Olor De Hidrocarburo</b>	Nariz
<b>Fluorescencia</b>	Luz Ultravioleta
<b>Corte</b>	Acetona
<b>Fluorescencia Del Corte</b>	Acetona y Luz Ultravioleta
<b>Vertimiento</b>	Microscopio
<b>Efervescencia</b>	Microscopio y HCL



<b>Porosidad</b>	Microscopio, Rata De Perforación, Curva De Gas
<b>Permeabilidad</b>	Microscopio, Cortes De Gas y Curvas De Gas
<b>Hidrocarburos En EL Lodo</b>	Luz Ultravioleta y Cortes De Gas

## 5. PROCEDIMIENTO

- Eliminar la contaminación del lodo lavando la muestra con agua.
- Tome la muestra a estudiar y reporte los datos que encuentra en la bolsa porta muestras (Compañía operadora, Compañía de servicios, campo, pozo, profundidad).
- Descargue las muestras sobre una bandeja porta muestras para su análisis de fluorescencia.
- Ponga la bandeja porta muestras dentro de la caja de luz ultravioleta para verificar su fluorescencia.
- Agregue a la muestra acetona y observe si esta solución de hidrocarburos y acetona se torna azul, verde, amarillo, naranja, rojo o varios colores lechosos.
- Observe si después de haberse evaporado el solvente se forma un anillo residual fluorescente alrededor de la orilla del plato.
- Apreciar la fluorescencia y determinar la escala.
- Diagnosticar el tipo de crudo según el color observado.
- Estimar la saturación por el porcentaje de trazas.

## 6. REPORTE DE LOS RESULTADOS

El registro de una muestra de petróleo debe hacerse de la siguiente manera:

### A. Nivel de mancha de petróleo

- i. Mancha de petróleo no visible
- ii. Mancha borrosa
- iii. Mancha brillante
- iv. Mancha no uniforme

v. Mancha uniforme de petróleo

B. Color de la mancha de petróleo

- i. Mancha de petróleo no visible
- ii. Mancha de petróleo ligeramente café
- iii. Mancha de petróleo medianamente café
- iv. Mancha de petróleo café oscura
- v. Residuo asfáltico negro (aceite muerto)

C. Grado de fluorescencia del petróleo

- i. Fluorescencia de petróleo no visible
- ii. Fluorescencia de petróleo borrosa
- iii. Fluorescencia de petróleo brillante
- iv. Fluorescencia de petróleo no uniforme
- v. Fluorescencia de petróleo uniforme

D. Color de fluorescencia

- i. Fluorescencia de petróleo no visible
- ii. Todos los matices del azul
- iii. Todos los matices del amarillo
- iv. Todos los matices dorados
- v. Todos los matices del café

E. Fluorescencia del corte

- i. Corte rápido – excelente
- ii. Corte fluido – regular, bueno, excelente
- iii. Cortado – pobre, regular, bueno
- iv. Corte triturado – trazas, pobre, regular, bueno

F. Anillos residuales

- i. Brillante (color) anillo residual – petróleo vivo
- ii. Medio (color) anillo residual – petróleo vivo
- iii. Opaco (color) anillo residual – petróleo vivo
- iv. Café oscuro o negro anillo no fluorescente – petróleo muerto

**7. NOTAS DE PRECAUCION**

- a) El filtro de la radiación UV debe ser limpiado frecuentemente para evitar la acumulación de polvo sucio o aceite que pueda reducir la intensidad de la luz emitida.
- b) Después de encender la lámpara debe esperarse por lo menos cinco minutos para obtener la máxima intensidad de la luz; al encender y apagar repetidamente la lámpara se reduce la vida útil del bombillo de mercurio, por lo que normalmente esta se deja encendida durante todo el ciclo de trabajo, sí la lámpara se apaga puede tomar hasta diez minutos para que el bombillo se enfríe lo suficientemente para restablecer el arco.
- c) Antes de usar un solvente (acetona), para determinar las muestras de petróleo, verificar que no esté contaminado. Vierta algunas manchas en un plato de muestras y déjelo evaporar. Si no hay anillo fluorescente en la mancha, el solvente es puro; pero si se forma un anillo fluorescente, entonces está contaminado. Los solventes impuros deben ser reemplazados en la primera oportunidad con el fin de evitar el falso registro de muestras de petróleo (Oil Shows).
- d) Antes de que se utilice un plato de muestras para determinar las muestras de petróleo, este debe ser colocado en la caja ultravioleta para verificar su limpieza. El procedimiento de detección de hidrocarburos fracasara solo con utilizar un plato aceitoso, grasoso o sucio. El método correcto de limpieza de un plato de muestras es como se indica a continuación:



- Lave el plato con jabón en polvo poniendo particular atención a los huecos.
  - Enjuague completamente para remover todo el jabón, porque también este da fluorescencia.
  
  - Luego levante el plato sobre la orilla y deje evaporar el agua.
  
  - No lo seque con toalla puesto que algunas fibras de la toalla dan fluorescencia y la mayoría de las toallas son grasosas.
- e) Si usted no tiene acetona y tiene que usar tetracloruro de carbono, tenga cuidado puesto que es un químico muy peligroso. No permita que le caiga en la piel y no aspire sus vapores. En resumen, no lo utilice para lavar sus manos y abra la puerta para ventilar cuando lo utilice.
- f) La acetona debe ser almacenado o transportado en botellas de vidrio usando tapas de baquelita con recubrimiento de aluminio o en latas de estaño para grandes cantidades. Los contenedores plásticos y las tapas de caucho disolverán y contaminarán el solvente. En unidades de registro de pozos, los solventes usados para el análisis de muestras deben ser colocados en botellas de vidrio con tapas de vidrio. Los goteros de caucho no deben ser usados porque contaminarán el solvente.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

V. A. PROSKURIAKOV, e. A. E. DRABKIN, 1981. Química del petróleo y del gas. Editorial MIR; Moscú.

FRANCIS, W., SEARS., 1979 Fundamentos de física III óptica. Massachusetts – USA. Editorial ADDISON- WESLEY

[http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield\\_review/spanish03/win03/p60\\_69.pdf](http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish03/win03/p60_69.pdf)

<http://www.hach-latinoamerica.com/docs/2748FP360scTRI-OILdsSP.pdf>

<http://unesdoc.unesco.org/images/0005/000526/052655so.pdf>

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015



## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### PRUEBA DE ACETONA – AGUA

N° 11 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este laboratorio es observar la miscibilidad del agua-acetona en presencia de hidrocarburos aplicada a los rípios.

#### 2. OBJETIVOS

- Descubrir la presencia de hidrocarburos en rípios de perforación obtenidos en un campo, por medio de la disolución de estos a partir de la mezcla de estos rípios con la Acetona.
- Aprender a impregnar o envenenar de crudo las muestras de formaciones (Roca almacén), tomadas de un pozo en período o proceso de perforación.
- Comprobar la acción de la Acetona en la disolución del petróleo contenido en muestras de rípios de perforación y la miscibilidad de esta con el agua.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Rípios de perforación libres de material lignítico o carbono.
- Mortero
- Probeta plástica de 20 ml, graduada
- 20 ml de Acetona
- Papel filtro ordinario
- Embudo (adecuado para sostener el papel filtro y dejar fluir el agua que se le debe adicionar a la muestra).



## 4. BASES TEORICAS

Acetona. Llamada también Dimetilacetona o Propanona, se encuentra en cantidad muy pequeña en el aire espirado, en la sangre y en la orina normal. También se encuentra en el destilado acuoso de las hojas de coca de Java. Se produce destilando sustancias orgánicas como el azúcar; ácido cítrico, goma, etc., mezcladas con cal cáustica.

La Acetona es un líquido incoloro, muy movible, de olor fuerte agradable característico, que recuerda el del éter acético, de sabor urente, parecido al de la menta; su peso específico es de 0,792 a 20°C, es miscible con el agua, el alcohol y el éter, hierve a 56°C y se inflama fácilmente. Disuelve como el alcohol muchas sustancias insolubles en el agua, como grasas, resinas, alcanfor, materias colorantes, etc.

Con los bisulfitos alcalinos forma combinaciones cristalizables que se desdoblán por la acción de la soda cáustica. Los ácidos minerales, como el sulfúrico y el clorhídrico, el cloruro de aluminio, los álcalis cáusticos, cal cáustica, etc., calentados con acetona, dan productos de condensación por unión de una o varias moléculas de acetona con eliminación de agua. La acetona fue usada como medicina por los alquimistas con el nombre de espíritu secreto de vino. Tiene propiedades anestésicas.

Separación del petróleo (cristalización). El método de cristalización se emplea para separar de las mezclas un componente determinado o un grupo de componentes cuyos puntos de ebullición son máximos.

Además de la cristalización ordinaria, en la industria y durante el análisis de las fracciones de petróleo se aplica la cristalización extractiva, operación en la cual se utilizan disolventes. El disolvente cumple varias funciones, entre las cuales esta: extrae componentes con bajo punto de fusión de la mezcla eutéctica, asegurar la existencia de la fase líquida a las temperaturas inferiores a la cristalización y disminuir la viscosidad de la solución madre, lo que permite eliminar de un modo más completo la fase líquida.

La cristalización extractiva se emplea para desparafinar las fracciones de aceites lubricantes. La eliminación de los alcanos normales cuya temperatura de cristalización es relativamente alta es necesaria para asegurar la buena fluencia de los aceites y evitar la posibilidad de que precipite la parafina sólida. El disolvente empleado en esta operación debe ser lo suficientemente selectivo, es decir, su capacidad de disolución debe ser baja con respecto a los alcanos, y alta con respecto a los otros componentes de la fracción de aceites lubricantes. Como disolventes se utilizan mezclas de cetonas (acetona, metiletilcetona) con arenos, por ejemplo, con tolueno, cuya adición aumenta la solubilidad de los componentes de aceites lubricantes y el rendimiento de aceite depurado.

La cristalización extractiva puede aprovecharse también con fines analíticos para la separación de cicloalcanos de diferente estructura, en la separación y depuración de

los arenos, así como la separación de mezclas isoparafino-nafténicas y de alcanos y cicloalcanos ramificados.

## **5. PROCEDIMIENTO**

- Si se sospecha la presencia de hidrocarburos y que no existe material lignítico o carbono en los rípios de perforación se debe llevar a cabo esta prueba.
- Observe cuidadosamente la muestra. Registre sus características principales.
- Con la ayuda del mortero, pulverice muy bien una pequeña muestra de rípios.
- Coloque en la probeta una muestra de rípio pulverizada hasta aproximadamente 9 ml
- Añada acetona hasta aproximadamente 18 ml
- Coloque el tapón a la probeta y agite vigorosamente.
- Coloque el papel filtro sobre el embudo y con cuidado pase a través de éste el contenido de la probeta.
- Añada 2 ml de acetona a la probeta y enjuague para expulsar residuos de rípios que pueden haber quedado allí. Pase a través del embudo.
- Añada ahora agua fresca, coloque un chorro suave sobre el papel filtro de manera uniforme. Observe.
- Describa las principales características adquiridas por la muestra sobre el papel filtro, posteriores a la adición de agua.

Reporte. Cuando hay hidrocarburos presentes, éstos forman una dispersión lechosa, debido a su insolubilidad en el agua, en tanto que el agua y la Acetona son completamente miscibles.

Reporte las características de los rípios antes de llevar a cabo la prueba, tales como:

- Tipo de roca
- Color
- Olor
- Textura
- Tamaño de grano

Reporte la presencia o no de hidrocarburos en los rípios.

Al agregar la Acetona a los rípios o muestras, se observará que el crudo (sí lo hay presente), se recogerá hacia el centro. Determine:

- Color
- Intensidad o calidad
- Forma en que se recoge el crudo de la muestra
- Velocidad a la que se recoge

Recuerde que a mayor velocidad e intensidad de la reacción de la Acetona con el crudo, mayor es la cantidad y calidad del petróleo de la muestra de rípios.

Reporte las características predominantes de la muestra en el papel filtro.

**6. BIBLIOGRAFÍA**

V. A. PROSKURIAKOV, e. A. E. DRABKIN, 1981. Química del petróleo y del gas. Editorial MIR; Moscú.

FRANCIS, W., SEARS., 1979 Fundamentos de física III óptica. Massachusetts – USA. Editorial ADDISON-WESLEY

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

**OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015





## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

### PRUEBA DE AGUA CALIENTE

N° 12 DE 13

#### 1. JUSTIFICACIÓN

La finalidad de este laboratorio es determinar la presencia de hidrocarburos en rípios de perforación.

#### 2. OBJETIVOS

- Detectar la presencia de hidrocarburos en rípios de perforación, a través de la mezcla con agua, partiendo del hecho de que los dos fluidos son inmiscibles y de diferente densidad, como principales características de diferenciación.
- Observar por medio de una Caja de Fluorescencia, la cantidad de petróleo liberado por tales rípios y comprobar dicha fluorescencia en los hidrocarburos.
- Calentar agua y someter a contacto las muestras de rípios de perforación impregnados o “envenenados” de crudo con esta a diferentes temperaturas.

#### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Beaker de vidrio de 1000 cc de capacidad, graduado
- Plato o sistema de calentamiento (preferiblemente con termostato)
- Beaker de vidrio pyrex o recipiente para calentar con capacidad de aproximadamente 800 cc
- Suficiente cantidad de muestras de recortes de perforación de Roca Almacén (se deben tener al menos una cantidad equivalente a 1500 cc)
- Crudo con características tales que permitan su observación por medio de luz UV
- Agua fresca (del grifo, pero con características de limpieza, es decir que no esté contaminada, por ejemplo que no se encuentre turbia)
- Caja de fluorescencia
- Termómetro de escala 0 a 360°C

#### 4. BASES TEORICAS

La fluorescencia constituye un proceso de emisión de importancia analítica, en el que los átomos o moléculas se excitan por la absorción de un haz de radiación electromagnética. Cuando las especies excitadas toman el estado fundamental, tiene lugar una emisión de radiación.

Pueden hallarse ejemplos de comportamiento fluorescente en sistemas químicos simples y complejos, en los estados gaseosos, líquido y sólido. El tipo más sencillo de fluorescencia es el que presentan los vapores atómicos diluidos.

Muchos sistemas químicos son fotoluminiscentes, es decir, pueden ser excitados por radiación electromagnética y en consecuencia vuelven a emitir radiación de la misma longitud de onda o de una longitud de onda mayor.

La medición de la intensidad de la fluorescencia permite cuantificar vestigios de muchas especies inorgánicas y orgánicas; existen muchos métodos fluorométricos comunes, particularmente para sistemas biológicos.

El fenómeno de fluorescencia se limita a un número relativamente pequeño, de sistemas que contienen características estructurales y ambientales que hacen que la velocidad de las reacciones de relajación o desactivación sin radiación se realiza hasta un punto en el que la reacción de emisión es suficientemente completa para permitir una interpretación cuantitativa de su velocidad.

##### ***Variables que afectan la fluorescencia.***

- La estructura molecular y el medio ambiente químico influyen en la determinación de si una sustancia será fluorescente o no y también en determinar la intensidad de cualquier emisión que se produce.
- Rendimiento cuántico o eficiencia cuántica, es simplemente la razón entre el número de moléculas que producen fluorescencia y el número total de moléculas excitadas.
- Fluorescencia y estructura: el comportamiento fluorescente más intenso y más útil, se halla en los compuestos que contienen grupos funcionales aromáticos con niveles de transición de baja energía. Los compuestos que contienen estructuras con carbonatos alifáticos y alicíclicos o estructuras con enlaces dobles altamente conjugados, pueden exhibir también fluorescencia, pero el número de estos es reducido comparado con el de los sistemas aromáticos.

La mayoría de los hidrocarburos aromáticos no sustituidos producen fluorescencia en solución, y su eficiencia cuántica aumenta generalmente con el número de anillos y su grado de condensación. Los compuestos heterocíclicos más simples, como piridina, furano, tiofeno y pirrol, no muestran comportamiento fluorescente. Aquellos con estructura de anillos fusionados, si la exhiben.



- Efectos de la temperatura y el disolvente: La eficiencia cuántica de muchas moléculas decrece con la elevación de la temperatura. Una reducción de la viscosidad del disolvente aumenta también la probabilidad de conversión externa. La fluorescencia de un compuesto se reduce por disolventes que contienen átomos pesados u otros solutos con tales átomos en sus estructuras.
- Efecto del pH: La fluorescencia de un compuesto aromático con sustituyentes ácidos o básicos en el anillo depende generalmente del pH. La longitud de onda y la intensidad de la emisión es probable que sean diferentes en las formas ionizada y no ionizada del compuesto.
- Efecto del oxígeno disuelto: La presencia de oxígeno disuelto a menudo reduce la intensidad de emisión de una solución fluorescente, este efecto puede ser el resultado de una oxidación de 1a especie fluorescente inducida fotoquímicamente.

Análisis de fluorescencia. La fluorescencia cuantitativa se ha desarrollado hacia la eliminación de la naturaleza subjetiva de las técnicas convencionales que han sido usadas virtualmente sin ser cambiadas en análisis de pozos y registros de lodo.

El color y la intensidad de la fluorescencia de hidrocarburos han sido usados para rípios de perforación expuestos a la luz ultravioleta. Esta produce excitación en las moléculas del hidrocarburo, las cuales emiten fluorescencia, que puede ser presenciada a simple vista.

Se puede obtener información invaluable con esta prueba, y con una prueba adicional de solvente y conocer tipo de fluido, densidad del crudo, agua contenida probablemente sobre el crudo, permeabilidad y movilidad del crudo. Esta información ha sido usada sucesivamente por muchos años para identificar y evaluar hidrocarburos contenidos en las formaciones y se ha comparado con otros datos tales como análisis de gas por el método radiométrico.

Fluorescencia convencional. Los registros de lodo convencionales en el pozo son usados también, como apoyo para esta prueba, junto con los análisis de fluorescencia, para confirmar tipo de hidrocarburos y presencia de agua, y el análisis de rípios determina manchas de petróleo y el grado de porosidad provista por el reservorio evaluado.

La presencia de fluorescencia es una indicación de que están presentes hidrocarburos, pero no es necesariamente, una indicación del potencial comercial o de la producción. Petróleo y gas residual o petróleo en agua en una formación también producen fluorescencia.

Color y brillo de la fluorescencia. El color facilita una aproximación para la determinación de la gravedad del crudo considerando que el brillo (reducción o aumento) puede ser una indicación de la presencia de agua. Un menor brillo, o alta



fluorescencia, puede indicar agua en la formación. Si por ejemplo, un brillo fluorescente azulado ha sido observado a través de una sección del yacimiento, entonces la intensidad es baja, es probable que el pozo haya pasado a través del contacto agua - petróleo.

En términos del color de la fluorescencia, una aproximación puede ser hecha a la gravedad del crudo. La baja gravedad API (alta densidad), hace oscura y menos intensa la fluorescencia. Una gravedad muy alta entre el crudo y presencia de condensados, hacen que no haya fluorescencia.

Generalmente, la fluorescencia observada da los siguientes resultados en cuanto al valor de la gravedad:

**PETROLEO** Fluorescencia brillante, rango de colores para la gravedad API:

- Gravedad muy baja: rojo castaño, baja intensidad, generalmente no visible
- Gravedad API baja: rojo castaño a naranja castaño, no es siempre visible.
- Gravedad API media: dorado, amarillo a crema, verde
- Gravedad API alta: azul claro, azul; algunas veces no es visible.

**CONDENSADO** Fluorescencia brillante (si es visible), a menudo manchada, violeta.

## 5. PROCEDIMIENTO

- Tome una muestra de ripios de perforación e imprégnelas o “envenénelas” de crudo.
- En un Beaker o recipiente de calentamiento, agregue aproximadamente 800 cc de agua del grifo y proceda a calentar hasta una temperatura de  $\pm 140^{\circ}\text{F}(60^{\circ}\text{C})$ .
- Tome un Beaker de 1000 cc y coloque las muestras de ripios o recortes hasta la marca de los 500 cc.
- Vierta lentamente el agua caliente a la temperatura indicada hasta que esta cubra las muestras de recortes (1 cm por encima de la superficie de los recortes)
- Rápidamente lleve el Beaker a la caja de fluorescencia y observe cuidadosamente.
- Repita los pasos 1 al 5 del procedimiento, variando la temperatura del agua caliente a  $\pm 170^{\circ}\text{F}(77^{\circ}\text{C})$  y  $\pm 194^{\circ}\text{F}(90^{\circ}\text{C})$ .

Reporte. Observe bajo luz Ultravioleta la película de aceite formada debido a la

adición del agua caliente.

Anote o registre detalladamente las características de la fluorescencia observada en la caja de luz ultravioleta: intensidad, brillo, color, etc.

Registre la cantidad de petróleo liberado por la acción del agua.

Compare los resultados u observaciones en la caja de luz ultravioleta de acuerdo a la figura 12 y registre el porcentaje de crudo liberado y que es una indicación de cuán impregnada estaba la roca de la cual provienen los rípios. Además compare los resultados de las tres pruebas y discuta el efecto de la temperatura del agua en la separación del crudo de los rípios.

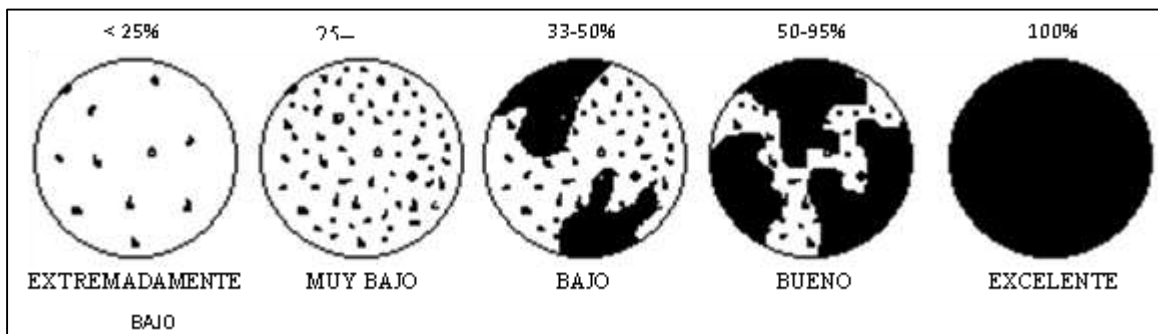


Figura Contenido de crudo en los rípios de perforación examinados por el método de agua caliente.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

V. A. PROSKURIAKOV, e. A. E. DRABKIN, 1981. Química del petróleo y del gas. Editorial MIR; Moscú.

FRANCIS, W., SEARS., 1979 Fundamentos de física III óptica. Massachusetts – USA. Editorial ADDISON-WESLEY

VARGAS, R., Polania., 1996. Guías de laboratorio. Geología Física para Ingenieros. Neiva – Huila.

POLANIA, M., 1994. Principios básicos de geología aplicados a petróleos. Publicaciones especiales. Museo geológico. Universidad Surcolombiana.

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**

ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

OCTUBRE DE 2004

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015





## FORMATO OFICIAL DE MICRODISEÑO CURRICULAR

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA:** INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

**NOMBRE DEL CURSO:** SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

**CÓDIGO ASIGNATURA:** BEINPE222 (55588)

**CRÉDITOS:** 3

**RUTA:** Neiva – Girardot – Payandé – Ibagué – Armero – Líbano – Mariquita – Honda – Guaduas – Villeta – La Mesa – Girardot – Neiva.

### SALIDA DE CAMPO

N° 13 DE 13

#### 1. INTRODUCCION.

La presente práctica como parte indispensable de la asignatura de **Sedimentología y Geología del Petróleo**, se basa en el estudio y descripción de los ambientes de sedimentación y sus unidades estratigráficas, gracias a esto se puede interpretar y reconstruir los ambientes sedimentarios del pasado, identificar los elementos de un sistema petrolífero y sus respectivos procesos, todo esto basado en un amplio reconocimiento geológico obtenido en cada una de las estaciones que se llevarán a cabo durante el recorrido.

Es importante resaltar que los conocimientos teóricos se afianzan al experimentar y entrar en contacto con los ambientes sedimentarios, muestras de afloramiento y rezumaderos que pertenecen a las regiones colombianas observadas.

#### 2. OBJETIVOS.

- Identificar los ambientes de sedimentación, sus características e interés en la industria del petróleo correspondientes a las cuencas sedimentarias en estudio.
- Afianzar al estudiante en la metodología del trabajo de geología de campo mediante la aplicación de todos los conceptos teóricos obtenidos gracias a la orientación del profesor encargado de la materia.

- Identificar y localizar rezumaderos de petróleo activos y fósiles, los cuales son indicios superficiales de hidrocarburos que ofrecen información valiosa para evaluar el proceso de migración.
- Reconocimiento de la estratigrafía de las subcuencas de Honda y Girardot.
- Identificar de forma macroscópica los principales tipos de roca sedimentarias, sus procesos de formación, tipos de depósitos y subordinadamente los tipos más comunes de rocas ígneas y metamórficas que afloran en el área.
- Ilustración del trayecto.



### 3. MATERIALES Y EQUIPOS

#### Implementos por grupo de trabajo

- Libreta de campo (topográfica)
- Mapas geológicos (Tolima y Cundinamarca)  
Plancha topográfica N. 283 Escala 1: 25000  
Mapa geológico Girardot-Nariño Escala 1: 25000  
Plancha topográfica Girardot-Nariño Escala 1: 25000
- Lupa de mano 10x.
- Martillo de geólogo
- Navaja de acero

- Punzón
- Imán
- Ácido clorhídrico (HCl – 10%)
- Bolsas plásticas para muestreo
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Hip chains

#### **Implementos personales**

- Bolígrafo, lápiz, colores, borrador...
- Botas o calzado con suela corrugada
- Traje de invierno (impermeable)
- Cachucha o sombrero
- Linterna
- Agua
- Llevar el mejor espíritu de trabajo

#### **4. RECOLECCION Y ALMACENAMIENTO DE INFORMACION**

- Observar cuidadosamente. Anote toda información pertinente en su libreta de campo en orden sistemático de acuerdo al tipo de roca.
- Ubique con precisión el sitio de su observación o de recolección de la muestra. Señale el sitio sobre el mapa.
- Utilice una numeración adecuada para cada descripción de una observación o donde se les indique sectores para recolección de muestras.
- Dibujé tanto como sea posible.

#### **5. DESARROLLO DE LA PRACTICA**

- Para cada sitio de observación se les indicará el nombre dado a las unidades litológicas y/o estratigráficas aflorantes.
- Corresponde usted describir las características estructurales y texturales de las mismas, recuerde los principios básicos de la Estratigrafía y establezca el orden cronológico y origen de los diversos cuerpos rocosos descritos, para cada tipo de roca; tenga en cuenta lo siguiente:
  - Rocas ígneas: composición, estructura, nombre de campo, ¿en qué condiciones cree usted que se formaron estas rocas?
  - Rocas metamórficas: composición, textura, estructura. ¿Qué tipo de metamorfismo produjo estas rocas? Nombre de campo
  - Rocas sedimentarias: cuál es la composición, la textura y estructuras de las mismas. Nombre campo. Condiciones ambientales y de formación.

- Información estructural: tome nota del rumbo y buzamiento donde se les indique.
- Observé la distribución y relación con las otras rocas del área.

## **6. ESTRATIGRAFIA.**

### **6.1. PROTEROZOICO**

#### **6.2.1. PRECAMBRICO**

Las rocas del Precámbrico están representadas por rocas metamórficas pertenecientes a la unidad de roca conocida en la literatura geológica como Neises y Anfibolitas de Tierradentro.

##### **6.1.1.1. Neises y Anfibolitas de Tierra dentro.**

Denominación dada por Barrero y Vesga (1976), para describir una secuencia Gneises cuarzo-feldespático y anfibolitas que afloran en la localidad de Tierradentro, en el norte del departamento del Tolima. Las rocas que forman esta unidad son metamórficas, facies granulita y edad Precámbrica (BARRERO, 1969).

Los Gneises y Anfibolitas de Tierradentro afloran al norte del municipio de San Luis, cabalgando el Stock de Payandé (JS) y la Formación Payandé (TrP). Armero, mariquita (Cataratas de Medina). La descripción de esta unidad se hará con base al trabajo petrográfico realizado por Barrero (1969). Esta unidad está conformada por anfibolitas, neises cuarzo- feldespáticos y gneises augen-biotítico-pertítico. Las anfibolitas son color oscuro, foliado y macizo, compuestas por plagioclasas, hornblenda, cuarzo, epidota, prenhita y magnetita. Los gneises-cuarzo feldespáticos son faneríticos de grano medio a grueso, color rosado, con lineación bien marcada, caracterizados por lentes de cuarzo gris alternando con pertita y plagioclasas.

Mineralógicamente están formados por cuarzo, plagioclasas, ortosa y como accesorios con un porcentaje menor al 1 %, allanita, epidota, monazita y prenhita. El neís augen- biotítico-pertítico es producto del metamorfismo dinámico. La unidad está constituida principalmente por neises y anfibolitas, con paragénesis mineral que permite afirmar que estas rocas alcanzaron la facies anfibolita, en un metamorfismo de baja presión.

Por analogía con rocas similares existentes en otras áreas del departamento, a las que se les ha comprobado radiométricamente su edad, se deduce que la edad de esta unidad es Precámbrico.

### **6.2. PALEOZOICO**

#### **6.2.1. Grupo Cajamarca (Pzen).**

Secuencia metamórfica pelítica-psamítica (Alumínica) de origen continental. Las rocas predominantes son esquistos cuarzo sericíticos y cloríticos, en menor proporción se presentan cuarcitas. Está instruida en algunos sectores por cuerpos de poca extensión y composición andesítica - dacítica. Igualmente presenta pequeños diques y venillas de cuarzo lechoso y ahumado que en la mayoría de los casos no superan un metro de espesor.

Presenta diferentes grados de meteorización, situación debida a la orientación de la esquistosidad, diaclasamiento y condiciones climáticas. Los suelos residuales que produce son de pocos metros de espesor compuestos por gravas limosas - arcillosas de cantos angulares y colores amarillo, gris y negro dependiendo del tipo de esquistos del que se deriven. Estas unidades consisten principalmente de cuerpos de neises, anfibolitas y ocasionalmente mármoles y cuarcitas; intruidos por el Batolito de Ibagué.

### **6.3. MESOZOICO**

#### **6.3.1. TRIASICO**

##### **6.3.1.1. Grupo Payandé**

##### **Formación Payandé (TrP)**

Secuencia litoestratigráfica de edad triásica, carácter marino e intercalada en medio de dos unidades de capas rojas (Formaciones Luisa y Saldaña) Fósiles de amonitas y gasterópodos, en la Formación Payandé, permiten darle una edad Triásica a estas sedimentitas. La Formación Payandé es instruida por el Stock de Payandé (**JP**) ocasionando la marmorización de las calizas y mineralizaciones “Tipo Skarn”, como la que se encuentra en Mina Vieja, antigua mina de cobre, al W del centro poblado de Payandé. Litológicamente la Formación Payandé se compone de un conjunto de calizas micríticas de color gris oscuro, calizas esparíticas con estratificación masiva e intercalaciones menores de limolitas calcáreas. De esta unidad geológica, se explotan los mármoles por parte de pequeños mineros y las calizas por la empresa CEMEX para la fabricación de cemento.

#### **6.3.2. JURASICO**

##### **6.3.2.1. Formación Saldaña (Jsv-Jsp).**

La Formación Saldaña se representa como Jsv, que corresponde a la parte volcánica con intercalaciones sedimentarias, y Jsp las rocas porfiríticas. La parte volcánica (Jsv) consta de tobas de ceniza y lapilli y aglomerados de composición lítica, vítrea o cristalina, flujos de lava andesíticos a riolíticos e intercalaciones de areniscas tobáceas, areniscas feldespáticas y lutitas rojizas. También se encuentran zonas conglomeráticas con cantos de caliza y limolita, areniscas sucias, limolitas



grises y verdosas, calizas bioclásticas, limolitas, lodolitas, areniscas finogranulares y chert.

Los cuerpos hipoabisales (JSp) son de composición andesítica a dacítica, de tamaño variable, están constituidos por rocas porfíricas que intruyen la Formación Saldaña y que tienen una íntima relación con el vulcanismo. Los fenocristales varían en tamaño desde milímetros hasta varios centímetros, siendo más frecuentes las rocas con fenocristales grandes de plagioclasa con augita subordinada. La matriz es afanítica a microcristalina; algunos cuerpos tienen amígdalas rellenas con calcedonia o cobre nativo y clorita.

#### **6.3.2.2. Stock de Payandé (JP)**

Cuerpo intrusivo que aflora al oeste del centro poblado de Payandé, de donde toma su nombre. El Stock de Payandé instruye los Neises y Anfibolitas de Tierradentro (**Penat**), las Formaciones Luisa (**TrL**) y Payandé (**TrP**) produciendo un metamorfismo de térmico en las rocas encajantes. Microscópicamente el Stock de Payandé es una roca masiva fanerítica de grano medio, de color gris oscuro y moteado de negro, formada por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, hornblenda y biotita. Está conformado por un cuerpo cuarzodiorítico intruido por una facies granodiorítica, ambas unidades petrográficas estrechamente relacionadas en el tiempo. Mineralógicamente el Plutón se compone de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico intersticial, clinopiroxeno (cuarzodiorita), ortopiroxeno (cuarzodiorita), clorita, esfena, magnetita, apatito, circón, ilmenita, y epidota, prehnita y calcita generalmente en venas.

#### **6.3.2.3. Batolito de Ibagué (JI)**

Cuerpo ígneo intrusivo constituido principalmente por granodioritas, de textura fanerítica, compuestas por plagioclasa, cuarzo y máficos, presentando bastante meteorización dentro del área de estudio. Por relaciones estratigráficas y dataciones radio métricas se asigna a esta unidad una edad Jurásico Superior.

Frecuentemente se encuentran diques de andesitas y dacitas con texturas afaníticas y porfíricas, así como venas de cuarzo y feldespato que en muchos casos alcanzan mineralizaciones de importancia económica. Presenta una morfología de montañas ramificadas, laderas de pendientes abruptas y largas, crestas agudas y drenaje dendrítico pinado a drenaje dendrítico denso, presentando una cobertura discontinua de piroclastos en pequeños sectores.

### **6.3.3. CRETACICO**

#### **6.3.3.1. Grupo Cáqueza.**

El grupo Cáqueza está constituida en la parte inferior por arenisca cuarcítica y en la parte superior por arenisca, conglomerado fino. Litológicamente se distingue por constituir una secuencia de arenita de cuarzo de grano medio a ligeramente



conglomerático, de color blanco gris a amarillento por meteorización que alcanza hasta 3 metros de espesor. Su edad es del Hauteriviano.

#### **6.3.3.2. Stock de Mariquita (Km).**

Cuerpo intrusivo que aflora en el flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia, al noroccidente del Municipio de Mariquita, en el norte del Departamento del Tolima. Aflora por la carretera que de Mariquita lleva al sitio conocido como Cataratas de Medina y La Victoria; en el puente del río Guarínó existen afloramientos del intrusivo. Intruye rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y sobre él reposan sedimentitas del Grupo Honda.

Está compuesto por granodiorita biotítica, leucocrática, con facies locales de diorita hornbléndica y cuarzdiorita. Los minerales constituyentes son cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa; los máficos son biotita y muy subordinadamente hornblenda.

#### **6.3.3.3. Grupo Villeta (Ksv).**

Secuencia principalmente de shales negros, en el municipio de Villeta (Cundinamarca), y es usado en trabajos cartográficos efectuados en el Valle Superior del Magdalena para denominar la unidad de roca que se encuentra entre la Formación Caballos (**Kic**) y el Grupo Olini (**Kso**). Su edad abarca desde el Albiano medio hasta el Coniaciano (Cretáceo superior).

Esta unidad litológica está formada por intercalaciones shales negros (algunos calcáreos), calizas micríticas y esparíticas, y chert negro.

#### **6.3.3.4. Formación Loma Gorda (KSLG).**

Se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas negras con bancos de calizas arenosas en la base y en el techo; en la parte media muestra un paquete de lutitas grises; las concreciones calcáreas son frecuentes en esta unidad; el espesor promedio es de 145 m. La Formación Loma Gorda se correlaciona con el Grupo Villeta superior que afloran en el departamento de Cundinamarca. Se encuentra en la región del municipio de Coello en el núcleo de todos los anticlinales cretáceos de valles intramontanos amplios como los de Lucha, Las Custodias, La Laguna y El Pital.

#### **6.3.3.5. Formación Cimarrona (Ksc).**

La unidad fue dividida en las unidades Miembro La Fría, Nivel de Arenitas y Lutitas, Miembro Zaragoza y Miembro Primavera. El Miembro La Fría está formado por Conglomerados con cantos de cuarzo, limolitas silíceas, cherts y por areniscas feldespáticas de grano grueso (157 m). El nivel de arenitas y lutitas y el Miembro Zaragoza constan de lutitas negras con intercalaciones de areniscas (197 m); el Miembro La Primavera está formado por conglomerados con cantos de cuarzo, limo

lita silíceas y chert, con espesor de 70 m. La unidad se correlaciona con la parte superior del Grupo Guadalupe.

En general la formación Cimarrona consta de arenitas con intercalaciones de lutitas. La parte inferior de la serie está formada por una alternancia de lutitas con limos ferruginosos en capas de 3-5 cm. Hacia la parte media, las arenitas son mucho más importantes y resaltan en el relieve formando bancos potentes.

Después de un nivel importante de lutitas, la sucesión estratigráfica termina con unas arenitas. Las arenitas presentan un valor de la mediana que oscila entre las arenas de grano muy fino y las arenas de grano medio. Desde el punto de vista petrográfico las arenitas corresponden a cuarzoarenitas, presentando casi siempre una textura cuarcítica. A partir de la mitad superior de la sucesión estratigráfica hay un predominio del cemento calcáreo sobre el ferruginoso. La sección tipo se ha determinado en la carretera Honda-Guaduas. La edad se ha determinado como del Maestrichtiano teniendo en cuenta que la unidad subyacente y la que se le superpone son de edad maestrichtiano.

Extensión geográfica.

- Esta unidad se extiende por el flanco occidental de la Cordillera Oriental, junto al límite con el Valle Medio del Magdalena en una longitud de más de 45 km. Hacia el S desaparece antes de Cambao por efecto de la falla de Cambrás que va disminuyendo de salto de N a S. El nivel de Arenitas y Lutitas es equivalente al horizonte señalado como T1 en la plancha K9 "Armero" del Mapa Geológico de Colombia (RAASVELT, CARVAJAL et al., 1957) donde se interpreta como una parte de la Formación Guaduas.

#### **6.3.3.6. Grupo Guadalupe.**

Consta de areniscas intercaladas rítmicamente con limolitas, arcillolitas, lodolitas y a veces liditas, íntimamente interestratificadas o interlaminadas o con bancos individuales de cada una de estas litologías.

Su depósito tuvo lugar en forma alternante en un ambiente litoral y sublitoral más interior, enmarcado fisiográficamente en una llanura de marea con características litológicas, inorgánicas y biológicas bien definidas.

El grupo Guadalupe está integrado por cuatro formaciones, de base a techo, Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna, las cuales se describirán a continuación:

#### **6.3.3.7. Formación arenisca dura.**

Unidad litoestratigráfica que reposa concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas físciles y grises de la Formación Chipaque y que es suprayacida por una secuencia de arcillolitas, arcillolitas silíceas y liditas de la Formación Plaeners. La sección tipo se localiza en el cerro El Cable (oriente de Bogotá), con un espesor de 449 m, esta subdividida en ocho conjuntos constituidos por areniscas en un 63,8% y 36,2% de limolitas, arcillolitas y liditas.

#### **6.3.3.8. Formación plaeners.**

Unidad litoestratigráfica que reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca Dura y suprayace a la Formación Arenisca de Labor; en la sección tipo presenta un espesor de 73 m, está representada por arcillolitas, liditas, limolitas y en menor proporción areniscas de grano muy fino. En general presenta una morfología suave y genera una hondonada debido a su litología fina que contrasta con las pendientes abruptas de las unidades geológicas que la circundan.

#### **6.3.3.9. Formación arenisca labor-tierna.**

La Arenisca de Labor, presenta un espesor de 177 m, comienza con capas muy gruesas de areniscas que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas. La Formación Arenisca de Labor es separada de la Formación Arenisca Tierna por 19m de lodolitas y arcillolitas; la Arenisca Tierna con un espesor de 49 m, se diferencia de la Labor por presentar capas muy gruesas de areniscas de tamaño más grueso.

Las Formaciones Arenisca de Labor, Arenisca Tierna y el segmento que los separa, se agrupan como una sola unidad cartográfica dada la similitud litológica y su expresión morfológica, se establece desde el techo de la Formación Plaeners hasta la base de la Formación Guaduas.

#### **6.3.3.10. Grupo Olini (Kso)**

El Grupo Olini según Porta (1965) lo divide en tres unidades: Lidita Inferior, Nivel de Lutitas y Lidita Superior. Al Grupo Olini se le ha dado una edad Coniaciano superior-Campaniano tardío con base en microfósiles. El Grupo Olini suprayace el Grupo Villeta (**Ksv**) e infrayace La Formación La Tabla (**Kslt**).

La litología del Grupo Olini será descrita diferenciando cada uno de sus miembros. La Lidita Inferior está formada por capas de chert negro alternada con láminas de shales; laminas fosfáticas dentro de la secuencia son frecuentes. El Nivel de Lutitas (miembro medio) está formado por shales negro con concreciones calcáreas. La Lidita Superior muestra una litología como la de la Lidita Inferior, diferenciándolas que en la Lidita Superior son más frecuentes y de mayor espesor las capas fosfáticas.

#### **6.3.3.11. Formación Guaduas (KSG).**

Esta unidad se depositó en el Maestrichtiano Superior (68 m.a), consta de arcillolitas grises, verdes y rojas, con intercalaciones de bancos de areniscas grises de grano fino a medio, con cemento calcáreo; hacia el techo son frecuentes los bancos de conglomerados finos y areniscas, intercalados con arcillolitas azules y verdes. La secuencia tiene un espesor de 450 m.; los contactos con la base y con el techo no se han podido establecer con claridad su concordancia.

### **6.4. CENOZOICO**

#### **6.4.1. PALEOGENO**

##### **6.4.1.1. Formación Cacho.**

Constituido por areniscas granulosas, tiernas, de colores amarillos hasta ocre o rosado, con algunos bancos de arcillas abigarradas. Se reconoce en ella una sola secuencia arenosa o como dos niveles arenosos separados por uno arcilloso.

Esta unidad esta suprayacida por la formación Bogotá en contacto neto y concordante, pasa de una capa muy gruesa de areniscas a un nivel de arcillolitas y el contacto inferior es con la formación Guaduas. La edad de esta formación es paleoceno superior.

##### **6.4.1.2. Grupo Gualanday (Pg).**

Estas rocas se encuentran conformadas por una secuencia rítmica de areniscas, conglomerados y arcillolitas compactas, moderada a fuertemente plegadas. Las areniscas presentan colores grises y rojizos, compactas, masivas, de grano fino a medio, cuarzoso, con moderada meteorización. Los conglomerados son polimícticos, generalmente clasto-soportados, de color rojizo, compactos, estructura masiva, clastos de cuarzo y chert negro y carmelita, redondeados a sub- redondeados de moderada a alta esfericidad. La matriz, cuando se presenta, es areno- limosa, de color rojizo. Las arcillolitas son compactas cuando están frescas y de color gris cuando están alterados, presentan una alta plasticidad y color rojizo.

El Grupo Gualanday se divide en tres miembros de acuerdo a la predominancia en las litologías anteriormente descritas (Gualanday inferior, medio y superior).

##### **6.4.1.3. Formación Gualanday Inferior (PgGi).**

La Formación Gualanday inferior está constituida por bancos de areniscas blancas, de grano medio a grueso, sueltas, intercaladas con lentejones de conglomerados cuyos diámetros alcanzan hasta 13 cm; estos cantos están compuestos principalmente por cuarzo, y en menor cantidad liditas y rocas silíceas blancas, se observan algunas intercalaciones delgadas de arcillolitas arenosas de color amarillo.

##### **6.4.1.4. Formación Gualanday Medio (PgGm).**

En esta unidad predominan las arcillolitas hacia la base, estas son de color amarillo, pero en la parte superior son rojizas debido al contenido de óxido de hierro; a un tercio de la base se encuentra un banco continuo de arenisca, hacia la parte superior de la secuencia son más frecuentes los bancos de arenisca de grano grueso y conglomerados de cuarzo, lidita y rocas silíceas blancas con matriz arenosa; espesor 270 m y edad Eoceno (55m.a).

##### **6.4.1.5. Formación Gualanday Superior (PgGm).**

Esta unidad se caracteriza por tener bancos potentes de conglomerados con cantos hasta de 20 cm. Esencialmente de cuarzo; estos bancos están intercalados con capas de conglomerados de grano fino y algunas arcillolitas arenosas de color amarillo con manchas de óxido de hierro, lo cual refleja un color rojizo a toda la unidad; espesor 300m., edad Oligoceno (34 m.a).

#### **6.4.1.6. Formación Hoyón (Tih).**

Posee cuatro miembros que de más antiguo a más joven son: Miembro Cambao, Nivel de Lutitas, Miembro Aguas Claras y Miembro Capira. Tiene conglomerados polimícticos, cuarzoarenitas y limoarenitas y arcillolitas, sus límites están dados por la primera ocurrencia de conglomerados polimícticos inmediatamente encima de las lodolitas pardo grisáceo de la Formación Seca. Su tope, por la última ocurrencia extensiva de lodolitas y arenitas, color oliva claro, rojo púrpura y pardo claro de la Formación San Juan de Río Seco. El contacto inferior es neto, mientras que el superior es transicional rápido. El espesor total medido es de 895 m, calculados en las. Edad Eoceno.

#### **6.4.2. NEOGENO**

##### **6.4.2.1. Grupo Honda (NgH).**

Esta unidad se compone de areniscas y areniscas conglomeráticas de color verde característico con intercalaciones menores de lodolitas de color rojo y violáceo. Se presenta en forma de capas sedimentarias interestratificadas compuestas por arenisca con estratificación cruzada, la estratificación se encuentra en ambientes marinos y fluviales, saturado de hidrocarburos. Por otra parte se pueden encontrar conglomerados mal seleccionados con intercalaciones de arcillas, arenisca de origen oligomítico, con fragmentos tipo guijas y guijarros compuestos de cuarzo.

##### **6.4.2.2. Formación Mesa (NgM).**

El nombre de Mesa no corresponde a ninguna localidad ni accidente geográfico, sino que simplemente hace referencia al carácter morfológico que presentan estas capas sedimentarias, que por efectos de la erosión destacan sobre la planicie con el aspecto de grandes mesas. Son capas sedimentarias horizontales que se encuentran al oeste de la localidad de Honda, La Formación Mesa se extiende desde los alrededores de las poblaciones de Honda y Mariquita hasta la carretera Armero - Cambao, formando los cerros entre las estribaciones de la Cordillera Central y el río Magdalena.

La descripción general de para la Formación Mesa, es: En la base pelitas, arcillolitas y areniscas con algunos lentes de lapilli de pómez, cenizas y tobas; luego unidades de coladas piroclásticas de tobas dacíticas y, finalmente, arenas y areniscas volcánicas, lentes de pómez y de conglomerados de andesita, dacita y granodiorita, más frecuentes hacia el tope.

#### **6.4.3. CUATERNARIO**



#### **6.4.3.1. Abanicos del Guamo y Espinal (NgQacg-NgQac).**

Abarca los depósitos de arenas puzolanicas de origen volcánico en los municipios de San Luis, Espinal y Guamo. Los depósitos están conformado por varias unidades de flujo hiperconcentrado de color gris, apariencia masiva a pseudoestratificada, matriz soportadas por arena desde fina a media, siendo abundantes clastos de pómez de hasta 30 cm de diámetro. Es característico en este depósito la presencia de lentes de pómez.

La parte más espesa del Abanico de El Espinal está constituida por una secuencia subangulares. La unidad presenta alta porosidad y permeabilidad, es muy deleznable y con baja resistencia y compactación, por lo que es fácilmente erosionable por aguas superficiales, originando desprendimientos, desplomes, erosión difusa y concentrada, surcos y cárcavas. En el valle del río Coello se observa que el abanico está conformado por tres niveles, que tienen forma de terrazas.

#### **6.4.3.2. Abanico de Ibagué (NgQcl).**

Son depósitos originados por la actividad volcánica del Nevado del Tolima. Principalmente se componen de flujos piroclásticos, Lahares y depósitos glaciarcitos que se encuentran rellenando depresiones y drenajes derivados de las estructuras terminales que se encuentran en proximidades del nevado del Tolima, así como estrías sobre rocas volcánicas, evidencian las diferentes posiciones ocupadas por los glaciares durante el cuaternario. El abanico de Ibagué alcanza una extensión superior a los 450 kilómetros cuadrados cubriendo áreas de los municipios de Ibagué Piedras y Alvarado. Dentro de éste se suele encontrar Tobas, aglomerados, depósitos pumíticos y niveles arenosos.

Estos depósitos se caracterizan por un contenido de bloques angulares de tamaño variable en matriz limo-arenosa, con inclusión de gravas pumíticas y andesíticas, con menor proporción de clastos metamórficos. El Abanico de Ibagué es un depósito de origen volcano-sedimentario conformado por intercalaciones, de espesor variable, de gravas de composición variable, arenas y lodolitas, dispuestas en estratos horizontales a subhorizontales con ligera inclinación hacia el este.

#### **6.4.3.3. Abanico de Armero.**

Se denomina Abanico de Armero a una serie de depósitos de origen fluviovolcánico ubicados en la zona de piedemonte, provenientes del volcán Nevado del Ruiz en sus diferentes eventos de actividad y que ingresaron al valle de Armero por el río Lagunillas, extendiéndose hasta el río Magdalena.

Con base en las fotografías aéreas se diferencié el evento más reciente y dos niveles de terraza que marcan diferentes períodos de actividad volcánica y sedimentación, para un total de tres eventos.

Todos estos depósitos exhiben una morfología plana y sólo se pueden apreciar en algunos sitios donde los drenajes han hecho incisión de las terrazas. Buenos afloramientos del Qaba3 se encuentran a lo largo del río Lagunillas y la quebrada Santo Domingo.



## **7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.**

En el área occidental de la cuenca del valle medio del Magdalena está constituido por cierres estructurales asociados al bloque hundido de las fallas y en la parte oriental por cierres tipo “roll over”, relacionados a estructuras de cabalgamiento, tanto en el bloque colgante como en el yacente (“thrust y subthrust”).

### **7.1. FALLA LA SALINA**

Corresponde a un sistema de fallas de tipo inverso con componente de rumbo dextralateral, que pone en contacto rocas de la formación Umir del Cretáceo Superior con otras del cenozoico (shales de la Fm. Lisama, Grupos Chorro, Chuspas y Real), produciendo el hundimiento del valle medio del Magdalena, limitándolo en su borde oriental.

### **7.2. LA FALLA DE CAMBRÁS**

Es el resultado del levantamiento producido por la acción de las Fallas de Ibagué y Cucuana (Falla río Bogotá) con dirección NE ocurrida a finales del Plioceno o a comienzos del Pleistoceno. Pero lo más seguro es que esta barrera viene actuando desde comienzos del Terciario, hace 65 millones de años.

### **7.3. FALLA DE BITUIMA**

Es una falla de tipo inverso convergencia hacia el occidente. Esta falla es de gran importancia estructural y estratigráfica, pues se presentan facies heterópica isócrona a cada lado de ella, en especial para rocas del Cretácico medio y superior, lo mismo que para rocas terciarias.

### **7.4. FALLA DE HONDA**

Se conoce bajo este nombre a la falla que pone en contacto la formación mesa con la formación San Antonio del grupo Honda.

### **7.5. AREA DEL SINCLINAL DE GUADUAS**

En el área del Sinclinal de Guaduas está limitada al occidente por la Falla de Cambrás y al oriente por la Falla de La Salina, en ella se han reconocido sedimentos del Cretáceo superior al Reciente y corresponden a las unidades Hondita, Loma Gorda, Grupo Olíni, Nivel de Lutitas y Arenas, Cimarrona, Seca, Hoyón, San Juan de Río Seco y Santa Teresa.

### **7.6. EL ANTICLINORIO DE VILLETA**

Se encuentra limitado al occidente por la Falla de La Salina y al oriente por los estratos competentes del Grupo Guadalupe. La principal estructura del Anticlinorio es el Anticlinal del Villeta, cuyo eje tiene una dirección general N20E y su flanco occidental se encuentra más inclinado que el oriental. El Anticlinorio cierra al sur en las cordilleras de Chucury y la Serranía del Peringallo y se bifurca en varias estructuras hacia el norte.

## **7. BIBLIOGRAFIA.**

- VARGAS C. Roberto. Geología de la Región Girardot - Nariño. MUSEO GEOLOGICO UNIVERSIDAD Surcolombiana.
- PEREZ G. Curso de Estratigrafía. 18
- BARRERO, D. y VESGA, C. J., 1976. Mapa geológico del Cuadrángulo K-9, Armero y mitad sur del J-9, La Dorada. Edición en color. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- VILLOTA, H., 1991. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Primera parte: Geomorfología de zonas montañosas, colinadas y onduladas. IGAC. 212p. Santa Fe de Bogotá.
- WIEDMANN, J. y MOJICA, J., 1980. Obertrias-Ammoniten der Saldaña Formation, TolimaKolumbien: 7 Geowiss Lateiman. Kolloquium (Tagungshefte), Heidelberg.

## **OBSERVACIONES**

---

---

---

---

---

---

**DILIGENCIADO POR**





ROBERTO VARGAS CUERVO

**FECHA DE DILIGENCIAMIENTO**

Julio DE 2012

**ACTUALIZADO**

ENERO DE 2015

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 2</b>

Neiva, Marzo 24 DE 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Los suscritos:

Uladrico lozano Díaz, con C.C. No. 7725479

Carlos Arturo Sierra Calderón, con C.C. No. 7725015

autores de la tesis y/o trabajo de grado o titulado “CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS”, presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de INGENIERO DE PETRÓLEOS.

Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### CARTA DE AUTORIZACIÓN



**CÓDIGO**

**AP-BIB-FO-06**

**VERSIÓN**

**1**

**VIGENCIA**

**2014**

**PÁGINA**





**2 de 2**

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 4</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: “CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS”**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
LOZANO DÍAZ	ULDARICO
SIERRA CALDERÓN	CARLOS ARTURO

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VARGAS CUERVO	ROBERTO





**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO DE PETROLEOS**

**FACULTAD: DE INGENIERIA**

**PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA DE PETROLEOS**

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>

**CIUDAD:** Neiva  
**107**

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015

**NÚMERO DE PÁGINAS:**

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_\_ Fotografías X Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general X Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_  
Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

ANEXO A. LIBRO GUÍA DE LA ASIGNATURA “SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO”

ANEXO B. GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA “SEDIMENTOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO”

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):





**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Sedimentología	Sedimentology	6. Petrogenicos	petrogenic
2. Ambientes	Environments	7. Iridiscencia	Iridescence
3. Laboratorio	Laboratory	8. Acetona	Acetone
4. fluorescencia	fluorescence	9. Ígneas	Igneous
5. minerales	minerals	10. Hidrotermal	hydrothermal

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

A través de los años el área de Geología ha mostrado gran interés en implementar prácticas de laboratorio en las asignaturas Geología General, geología estructural “sedimentología y geología de petróleo”, en la facultad de ingeniería teniendo actualmente



	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 4</b>

unas dos mil (2000) muestras Geológicas que son utilizadas para el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

La asignatura sedimentología y Geología del Petróleo desde hace dos años ha venido implementando la parte practica con los laboratorios de sedimentología y con este trabajo se implementaron las pruebas prácticas de Geología del petróleo conocimientos básicos en la formación académica del estudiante de Ingeniería de Petróleos.

Desde el cambio curricular del Programa de Ingeniería de Petróleos al sistema de créditos, los ajustes realizados a las asignaturas del área de Geología ocasionaron bajo rendimiento en el conocimiento impartido; así también La asignatura petrología sedimentaria desapareció del currículo y parte de esta se adiciono a la asignatura geología del petróleo creando la nueva materia sedimentología y geología del petróleo y desde ese cambio curricular perdió su orientación práctica, dictándose solo como materia teórica.

Con el interés de implementar nuevamente las prácticas de laboratorio más importantes relacionadas con el mundo del petróleo y tener un documento base de la asignatura, se presenta este trabajo con la implementación de 12 prácticas de laboratorio y una salida de campo cuyas guías prácticas se presentan en los documentos anexos.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

Over the years the area of Geology has shown great interest in implementing practice of laboratory in the subjects Geology General, structural geology "sedimentology and petroleum geology" in the engineering faculty, currently taking about two thousand (2000) Geological Samples are used for the development of laboratory practices.

The subjects Sedimentology and Petroleum Geology since two years ago has been implementing the practical part with the laboratories of Sedimentology and with this work the practice tests were implemented, of Petroleum Geology, basic knowledge in academic education of the student Petroleum Engineering.

From the curricular change Petroleum Engineering Program at the credit system, the adjustments made to the subjects of Geology area, they caused low performance in the knowledge imparted; so the Sedimentary petrology subject disappeared from the curriculum and part of this was added to the petroleum geology subject, creating the new sedimentology and petroleum geology subject, and from that curriculum change lost its practical orientation, dictating only as a theoretical subject.

In the interest of implementing the most important laboratory practices related to the world of oil and have a basic document, this work is presented with the implementation of 12 labs practices and 1 outfield, whose guidelines are presented in the annexed documents.



## GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

### DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: JORGE ORLANDO MAYORGA BAUTISTA

Firma:

Nombre Jurado: JORGE ORLANDO MAYORGA BAUTISTA

Firma:

Nombre Jurado: ISAURO TRUJILLO VÁSQUEZ

Firma:



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO  
EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO  
DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**ULDARICO LOZANO DIAZ**

**CARLOS ARTURO SIERRA CALDERON**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE PETRÓLEOS**

**NEIVA - HUILA**

**2015**



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO  
EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO  
DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**ULDARICO LOZANO DIAZ**

**CARLOS ARTURO SIERRA CALDERON**

Trabajo de grado presentado como requisito académico para optar al título de  
Ingeniero de Petróleos.

Director.

**Msc. Geólogo ROBERTO VARGAS CUERVO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE PETRÓLEOS**

**NEIVA - HUILA**

**2015**



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma del Director

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Neiva, Enero 2015



## **DEDICATORIA**

A Dios Gracias quien me dio sabiduría, fortaleza en el transcurso de este proyecto, A mis padres Uldarico lozano García y Leonor Díaz, por su apoyo incondicional, amor y comprensión; a mis hermanos Alex, Diego, Katherine, Juana y Edwin, por su gran colaboración y compañía; a mi hija Nicolle quien es el motor de mi vida para seguir luchando; a mis sobrinos Karithza, David y Matías por hacerme reír de sus picardías; a mi cuñada Tatiana por estar presente con ese mensaje de aliento en momentos de tinieblas; a Paola A. León Zuleta por estar ahí conmigo siempre brindándome su amor y comprensión, como también a todos mis familiares y amigos que de una u otra manera ayudaron a culminar este ciclo profesional.

**ULDARICO LOZANO DIAZ**

A DIOS porque él me guío por el camino de la verdad, la constancia, la seriedad y la alegría para lograr esta meta tan anhelada en mi vida; a mis padres JOSE ARTURO SIERRA y OLGA MARIA CALDERON , Sin el apoyo y comprensión de ellos nunca hubiera llegado tan lejos en la vida; a mi hermana CLAUDIA SIERRA, Porque siempre fue el apoyo moral que me dio fuerzas para continuar; A EDNA FERNANDA OLAYA, a ella le debo gran parte de este triunfo; a mis parceros de la U; a todos los profesores que he tenido, porque no los defraude en esa meta que ellos me ayudaron a lograr.

**CARLOS ARTURO SIERRA CALDERON**





## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos formalmente la colaboración y el apoyo para la realización de este proyecto a las siguientes personas:

Msc. Geólogo Roberto Vargas Cuervo, profesor del programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

A la planta docente de la Universidad Surcolombiana por su colaboración en el proceso de aprendizaje y formación como profesionales.

Personas que participaron con entusiasmo e interés haciendo posible la ejecución de este proyecto.



## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>17</b>
<b>1.1. LABORATORIO DE ROCAS</b>	<b>18</b>
<b>Coordinación del laboratorio.</b>	<b>22</b>
<b>Auxiliares técnicos.</b>	<b>23</b>
<b>CAPITULO 2</b>	<b>25</b>
<b>2. PRESENCIA DE HIDROCARBUROS</b>	<b>25</b>
<b>2.1. HIDROCARBUROS SOLIDOS Y PETROLEO MUERTO</b>	<b>26</b>
<b>2.2. GENERALIZACIONES.</b>	<b>27</b>
<b>CAPITULO 3</b>	<b>29</b>
<b>CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	<b>29</b>
<b>3.1 PRACTICA 1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ROCAS ÍGNEAS ORIENTÁNDOLAS A POROSIDAD Y PERMEABILIDAD</b>	<b>30</b>
<b>3.2 PRACTICA 2. IDENTIFICACION DE MINERALES PETROGENICOS EN LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.</b>	<b>34</b>
<b>3.2.1. Componentes Alotigenos (Terrígenos)</b>	<b>35</b>
<b>3.2.2. Componentes Autigenos (No Terrigenos)</b>	<b>35</b>
<b>3.2.3. Identificación propiedades de las rocas sedimentarias</b>	<b>35</b>



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

<b>3.2.4. Tipo de Origen</b>	<b>36</b>
<b>3.3. PRACTICA 3. TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS, GRANULOMETRÍA DE FRAGMENTOS, ARENAS Y PARTICULAS.</b>	<b>36</b>
<b>3.3.1. Generalidades</b>	<b>38</b>
<b>3.3.2. Textura</b>	<b>41</b>
<b>3.4. PRACTICA 4. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS.</b>	<b>59</b>
<b>3.4.1. CLASIFICACION SEGÚN KRUMBEIN Y SLOSS</b>	<b>60</b>
<b>3.4.2. CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN DOTT 1964</b>	<b>62</b>
<b>3.4.3. CLASIFICACION DE ARENISCAS SEGÚN ROBERT FOLK</b>	<b>64</b>
<b>3.5. PRACTICA 5. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS NO CLÁSTICAS.</b>	<b>66</b>
<b>3.5.1. Generalidades</b>	<b>66</b>
<b>3.5.2. Clasificación de las rocas carbonatadas</b>	<b>67</b>
<b>3.6. PRUEBA DE FLUORESCENCIA</b>	<b>72</b>
<b>3.6.1. Objetivos.</b>	<b>72</b>
<b>3.6.2. Fundamento teórico.</b>	<b>73</b>
<b>3.6.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.</b>	<b>79</b>
<b>3.6.4. Procedimiento.</b>	<b>80</b>
<b>3.6.5. Reporte.</b>	<b>81</b>
<b>3.6.6. Notas de precaución.</b>	<b>82</b>
<b>3.7. PRUEBA DE ACETONA – AGUA</b>	<b>84</b>
<b>3.7.1. Objetivos.</b>	<b>84</b>



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

<b>3.7.2. Fundamento teórico.</b>	<b>84</b>
<b>3.7.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.</b>	<b>86</b>
<b>3.7.4. Procedimiento.</b>	<b>87</b>
<b>3.7.5. Reporte.</b>	<b>88</b>
<b>3.8. PRUEBA DE AGUA CALIENTE</b>	<b>89</b>
<b>3.8.1. Objetivos.</b>	<b>89</b>
<b>3.8.2. Fundamento teórico.</b>	<b>90</b>
<b>3.8.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.</b>	<b>94</b>
<b>3.8.4. Procedimiento.</b>	<b>95</b>
<b>3.8.5. Reporte.</b>	<b>95</b>
<b>3.9. PRUEBA DE IRRIDISCENCIA</b>	<b>96</b>
<b>3.9.1. Objetivos.</b>	<b>96</b>
<b>3.9.2. Fundamento teórico.</b>	<b>97</b>
<b>3.9.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.</b>	<b>100</b>
<b>3.9.4. Procedimiento.</b>	<b>101</b>
<b>3.9.5. Reporte.</b>	<b>102</b>
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>105</b>



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de laboratorios dictados actualmente.. .....	17
Tabla 2. Listado de nuevos laboratorios implementados en este proyecto.. .....	18
Tabla 3. Inventario actualizado de equipos, materiales y accesorios existentes... ..	20
Tabla 4. Listado de laboratorios orientados a determinar las propiedades de las rocas sedimentarias... ..	34
Tabla 5. Tabla de análisis granulométrico de prueba experimental tomado en el rio las Ceibas... ..	44
Tabla 6. Fluorescencia del petróleo según LYNCH.....	71
Tabla 7. Instrumentos usados para determinar ciertas características en los Oíl shows.....	72
Tabla 8. Rango de colores para la gravedad API en fluorescencia.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía del estado actual del laboratorio de rocas.....	21
Figura 2. Distribución de las rocas ígneas petrolíferas.....	32
Figura 3. Escala internacional de "Wentworth" modificada Vargas, 2000. ....	40
Figura 4. El cuadrante escogido tiene dimensión de 1 metro por un metro el cual se cuarteo y se escoge el cuadrángulo 4. ....	41
Figura 5. Fotografía del análisis granulométrico por medición directa en campo.. ....	42
Figura 6. Fotografías del Procesamiento granulométrico de fragmentos por intermedio del AutoCAD.....	43
Figura 7. Curva granulométrica para la prueba experimental tomado en el rio las Ceibas.....	45
Figura 8. Fotografía de la columna de tamices para tamizado en seco.. ....	45
Figura 9. Histogramas de seis muestras de arenas de diferentes ambientes sedimentarios.....	48
Figura 10. Tres formas de representar los resultados del análisis granulométrico. .....	48
Figura 11. Histogramas y curvas acumulativas de 3 muestras de arena de diferentes ambientes sedimentarios.....	50
Figura 12. Curvas acumulativas cuatro muestras de diferentes ambientes sedimentarios.....	50
Figura 13. Tablas de comparación visual de redondez según la escala de Krumbein y la escala de Powers.....	54
Figura 14. Valores numéricos del intervalo de redondez en la escala de Powers...	





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

.....	54
Figura 15. Triangulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas.....	55
Figura 16. Triangulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según KRUMBEIN Y SLOSS 1962.....	57
Figura 17. Triangulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según DOTT 1964... ..	58
Figura 18. Triangulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según FOLK 1962.....	59
Figura 18a. Triangulo de clasificación con triángulos adicionales en el cual plotea el tipo de feldespato y el tipo de roca parental... ..	60
Figura 19. Triangulo de clasificación textural de rocas clásticas según FOLK 1962.....	60
Figura 20. Clasificación de las calizas basada en su composición según Folk (1959, 1962).....	64
Figura 21. Clasificación de las calizas basada en su textura según Dunham... ..	66
Figura 22. Fotografía de los Implementos utilizados para la prueba de acetona – agua.....	79
Figura 23. Contenido de crudo en los ripios de perforación examinados por el método de agua caliente.....	88

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Libro guía de la asignatura “sedimentología y geología del petróleo”

Anexo B. Guías de prácticas de laboratorio para la asignatura “sedimentología y geología del petróleo”

## **RESUMEN**

El conocimiento de las características físicas y químicas de las rocas sedimentarias y de los procesos bajo los cuales se formaron se aplica directamente en el campo teórico y científico del área de prospección de hidrocarburos. Dicho conocimiento garantiza un eficaz desempeño profesional del Ingeniero de Petróleos.

Esté trabajo ha sido elaborado básicamente con una introducción a sedimentología y la Geología del Petróleo, necesariamente para hablar de Geología del Petróleo debemos hacer referencia a la formación del petróleo desde su primera etapa, hasta su acumulación en las diferentes trampas petrolíferas en las que lo podemos encontrar.

Posteriormente de esta introducción a la Geología del Petróleo, encontramos un breve repaso de lo que puede ser la unidad de logging, como su ubicación, manejo de los registros de lodos, equipos utilizados, etc. Esto es para empezar a entrarnos en el tema propuesto para el presente trabajo.

Es preciso enfatizar en el uso de la simbología en la descripción de muestras, ya que esta sería en un lenguaje universal, ahorrando tiempo y espacio valioso en la descripción de los Oil Shows, de esta misma forma debemos tener demasiada concentración en el manejo de las muestras, debido a dependiendo de la calidad de las muestras podremos saber que tan confiables son nuestros resultados de análisis de los recortes de perforación.

Aunque los análisis petrofísicos pueden dar una determinación conclusiva de la presencia de cantidades comerciales de petróleo, es la responsabilidad de la



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

unidad de logging reportar y archivar todas las muestras, y ver que sean evaluadas buenas muestras con manchas de hidrocarburos. La identificación positiva de hidrocarburos en recortes puede ser un factor decisivo en la evaluación petrofísica de un pozo.

La presencia o ausencia de manchas de hidrocarburos obvias no siempre puede tomarse como algo conclusivo, en muchos casos, la sola sugerencia de la presencia de hidrocarburos puede ser un corte fluorescente positivo. Por lo tanto, cuando se sospecha la presencia de hidrocarburos, es muy importante considerar todos los aspectos como la porosidad y espesor del intervalo, la evaluación petrofísica, y la calidad del test de hidrocarburos.

Toda persona que trabaje en la examinación de muestras debe tener un pleno conocimiento de los posibles problemas de interpretación de ripios que se puedan presentar, con el fin de tratar de dejar a un lado estos problemas solucionándolos rápidamente, y así tener la confiabilidad en el reporte de examinación de muestras.

Con el conocimiento de toda la parte teórica, debemos empezar a entrar a la parte práctica, de esta manera en el estudio de la Geología, la parte práctica siempre es un complemento de la teórica y viceversa. Partiendo de este principio elaboramos unas pruebas para la detección de hidrocarburos en ripios de perforación que van a ser llevadas a cabo dentro del normal desarrollo de la asignatura Geología del Petróleo con el fin de dar este apoyo necesario a la docencia y específicamente a la formación profesional del Ingeniero de Petróleos que posteriormente va a desempeñarse en el campo laboral de una manera mejor con los conocimientos adquiridos en el laboratorio.



## **INTRODUCCIÓN**

A través de los años el área de Geología ha mostrado gran interés en implementar prácticas de laboratorio en las asignaturas Geología General, geología estructural “sedimentología y geología de petróleo”, en la facultad de ingeniería de petróleos teniendo actualmente unas dos mil (2000) muestras Geológicas que son utilizadas para el desarrollo de las prácticas del laboratorio.

Actualmente la asignatura sedimentología y geología del petróleo tiene una orientación teórico – práctica y por su contenido curricular permite implementar las prácticas de laboratorio para así fortalecer el contenido programático de la asignaturas anteriormente mencionadas, quedando así plasmada la aplicación práctica de estas pruebas en la Industria del Petróleo como campo de conocimiento para el ingeniero de petróleos.

Desde el punto de vista de formación académica, para los estudiantes es de gran relevancia este trabajo, ya que el estudio de la Geología General y geología estructural con sus respectivos laboratorios brindan el soporte necesario para el estudio de la sedimentología y Geología del Petróleo en la parte teórica y necesariamente en las pruebas de laboratorio que en estos momentos no se encuentran implementadas para el currículo estudiantil del programa de Ingeniería de Petróleos y que mejorarían la preparación académica de los siguientes egresados.

La asignatura sedimentología y Geología del Petróleo desde hace dos años ha venido implementando la parte practica con los laboratorios de sedimentología y con este trabajo se implementaran las pruebas prácticas de Geología del petróleo



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

conocimientos básicos en la formación académica del estudiante de Ingeniería de Petróleos.

La elaboración del texto guía e implementación de las prácticas de laboratorio facilita los procedimientos de la asignatura sedimentología y geología del petróleo, es decir, técnicas de examinación, exploración, descripción y registros de muestras de perforación.

El objetivo principal de este trabajo es Implementar en el laboratorio de Geología las prácticas que se realizan en la asignatura de sedimentología y geología del petróleo. Respetando este principio, podremos lograr otros objetivos establecidos para trabajo, como lo son: - Elaborar un manual de procedimientos de las practicas que se van a implementar, con el fin de dejarle un soporte académico a los estudiantes de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana. Adquirir los equipos necesarios para implementar estas pruebas de laboratorio, equipos tales como Fluoroscopio, Cubeta de iridiscencia, y poner en funcionamiento los equipos con los que se cuenta como lo son microscopios, termómetros, lupas y demás. Adquirir los implementos y reactivos necesarios para realizarle estas pruebas a los ripios, implementos como porcelanas, vidriería, acetatos y reactivos como HCl y Acetona.

Las limitaciones encontradas para la realización de este trabajo fueron especialmente de tipo económico para la consecución de equipos, ya que no se contaba con la financiación de la Universidad para tal fin, sin embargo con la ayuda de los estudiantes de la asignatura Geología del Petróleo de los últimos dos años fueron adquiridos algunos reactivos y equipos de laboratorio.





## **1. GENERALIDADES**

Siendo la geología la base de la exploración, perforación, producción y evaluación de yacimientos; es necesario la realización de prácticas de laboratorio en todas las asignaturas del área de geología y acondicionar el laboratorio con muestras de rocas y equipos con el fin de capacitar prácticamente a los estudiantes del programa de Ingeniería de Petróleos

Los cambios en el plan de estudios del programa de Ingeniería de Petróleos afectaron notablemente al área de geología con la desaparición de la asignatura Petrología Sedimentaria fue fusionada parcialmente al curso básico de Geología del Petróleo, esta asignatura contaba con 10 laboratorios semestre y una salida de campo de 5 días. y con el nuevo plan de créditos se creó la asignatura SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETRÓLEO código BEINPE222 la cual inicialmente fue dictada con un carácter teórico, hace dos años se empezó a implementar la parte practica con la realización de 5 laboratorios enfocados a la caracterización de las rocas sedimentarias. En la tabla 1 se muestran los laboratorios que se dictan actualmente:

<b>PRACTICA</b>	<b>HORAS</b>
1. Identificación y clasificación de rocas ígneas orientándolas a porosidad y permeabilidad	2
2. Identificación de minerales petrogenicos en rocas sedimentarias	2
3. Textura de las rocas sedimentarias clásticas, granulometría de conglomerados y arenas	4
4. Textura de las rocas sedimentarias clásticas, granulometría de partículas, método de Boyucos.	4
5. Clasificación de rocas clásticas y rocas, generadoras, almacén y sello	2



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

6. Clasificación de rocas no clásticas	2
----------------------------------------	---

**Tabla 1.** Listado de laboratorios dictados actualmente

Con la realización de este proyecto fueron puestas en práctica e implementadas seis prácticas de laboratorio que se presentan a continuación en la tabla 2.

<b>PRACTICA</b>	<b>HORAS</b>
1. Identificación de minerales por el método de fluorescencia.	2
2. Reconocimiento de ripios de perforación, identificación del tipo de roca textural y composicionalmente.	1
3. Prueba de la iridiscencia.	4
4 Y 5 .Prueba de fluorescencia, identificación de hidrocarburos en ripios de perforación. Prueba de la acetona-agua Prueba de agua caliente.	4
6. Caracterización de crudos por el método de fluorescencia, gravedad API.	2

**Tabla 2.** Listado de nuevos laboratorios implementados en este proyecto.

### **1.1. LABORATORIO DE ROCAS**

El laboratorio de Geología localizado en el segundo piso del edificio de la Facultad de Ingeniería, se encuentra adscrito a la facultad de ingeniería en lo que compete a la proyección social y venta de servicios y académicamente depende del programa de Ingeniería de Petróleos, el objetivo de este es cumplir con la programación de las prácticas de laboratorio de las asignaturas que orienta el Área de Geología.

El laboratorio de geología forma parte del programa de mejoramiento de los



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

estándares mínimos de calidad y modernización curricular de las diferentes carreras existentes en la Universidad Surcolombiana, como tal sea cumplido con las exigencias de documentación y propuestas de adecuación y arreglo de equipos por parte de la administración pero hasta el momento no se ha designado ningún presupuesto para su arreglo y mantenimiento, en la actualidad el laboratorio presta sus servicios a los siguientes cursos:

- Estudiantes de la asignatura Geociencias del programa de Licenciatura en Ciencias Básicas con Énfasis en Biología.
- Estudiantes de la asignatura Geología general grupos 01 y 02 como asignatura facultad.
- Estudiantes de la asignatura Geología general grupo 03 como asignatura facultad. Para el programa de Tecnología en Obras Civiles.
- Estudiantes de la asignatura SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETRÓLEO código BEINPE222 grupos 01 y 02 como asignatura de ciencias aplicadas a ingeniería de petróleos.

Para el caso de la asignatura Geología general presenta un carácter obligatorio para las carreras de Ingeniería de Petróleos y Tecnología en Obras Civiles y como materia electiva para los programas de ingeniería agrícola y electrónica.

En el desarrollo de este trabajo se realizó un inventario actualizado de equipos, materiales y accesorios existentes (ver tabla 3).



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

N o.	EQUIPO	ESTADO			MANTENIMIENTO		ADQUISICION	OBSERVACIONES
		Bue no	Reg ular	Ma lo	Recome ndado	No Recomen dado		
1	Recipientes para guardar minerales		X			X	Cajas especiales para guardar minerales	Las condiciones actuales son regulares
2	Gaveta para guardar minerales	x				X		Mantenimiento
3	Tablero acrílico		X			X	Tablero acrílico	El actual está doblado
5	Balanza Roberbal clinométrica		X		X			
6	Lámpara fluorescencia			X	X	x		Se adquirieron tres
7	Microscopio estereoscopio para luz reflexiva			X	X		Bombillos	
8	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034004			X	X		Bombillos	
9	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034002			X	X		Bombillos	
10	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034006			X	X		Bombillos	
11	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034001			X	X		Bombillos	
12	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034005			X	X		Bombillos	



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

1 3	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034009			X	X		Bombillos	
1 4	Microsc. Estereos. Luz reflejada 21280034008			X	X		Bombillos	
1 5	Tamices			x	X		Malla	Algunos presentan la malla dañada
1 6	Estantes en madera		X			X		Cambios por unos más resistentes
1 7	Computador			X	X		Uno con programas de geología	El actual no sirve para nada
1 8	Sillas (butacas)	x			X			Hay 12
1 9	Silla se escritorio			X			Una nueva	Está completamente dañada
2 0	Martillos sedimentarios	X				X	Adquirir más martillos	Hay muy pocos en la actualidad
2 1	Lupas	X				X	Adquirir más lupas	Hay muy pocas en la actualidad

**Tabla 3.** Inventario actualizado de equipos, materiales y accesorios existentes



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 1.** Fotografía del estado actual del laboratorio de rocas.

**Coordinación del laboratorio.**

El coordinador del laboratorio deberá ser profesor de tiempo completo, adscrito al programa de ingeniería de petróleos; y será designado por el decano con aprobación del Consejo de Facultad. Actualmente ocupa la coordinación del



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

laboratorio el Geólogo Roberto Vargas Cuervo.

Su labor se efectuará dentro de los parámetros de carga académica que se establece en el reglamento del personal docente.

Las funciones del Coordinador del laboratorio son las siguientes:

- Responder ante director del programa de ingeniería de petróleos por el inventario de instalaciones, equipos y materiales a cargo del Laboratorio.
- Coordinar con los Directores de Departamento los horarios de utilización del Laboratorio, para las prácticas docentes y las actividades del servicio.
- Autorizar y asesorar a los profesores y monitores que deseen utilizar las instalaciones o equipos del Laboratorio, sobre los procedimientos, disponibilidad y horarios para su utilización.
- Formular y comunicar las normas que se requieran para la correcta utilización de equipos e instalaciones del laboratorio, lo mismo que las medidas de seguridad necesarias.
- Autorizar la utilización del Laboratorio para la elaboración de proyectos de Investigación que apruebe el Consejo de facultad.
- Coordinar la prestación de servicios de laboratorio en trabajos de asesoría o ensayos que tengan la aprobación del Decano.
- Dirigir y controlar la labor del auxiliar técnico adscrito al laboratorio y el cumplimiento de sus funciones.
- Colaborar con el coordinador de investigaciones en la elaboración y ejecución de programas de investigación y servicios; lo mismo que de reglamentos, procedimientos y tarifas que se relacionen con el laboratorio.
- Revisar periódicamente el estado y características de los equipos de su Laboratorio y tramitar las solicitudes sobre mantenimiento, necesidades y pedidos de equipos y/o materiales.

**Auxiliares técnicos.**





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Los laboratorios tendrán adscrito un personal de servicios técnicos con el cargo de auxiliares, de conformidad con la planta de personal administrativo de la Universidad Surcolombiana, desarrollando las siguientes funciones:

- Responder por los equipos, materiales e inmuebles del laboratorio.
- Mantener en perfecto estado de conservación, funcionamiento y limpieza de los equipos a su cargo.
- Clasificar y ordenar los elementos que se utilicen para el normal desarrollo de sus funciones.
- Colaborar con la elaboración de manuales de operación y control de los laboratorios.
- Los demás que sean asignados por el jefe inmediato (Coordinador del Laboratorio), acordes con la naturaleza del cargo.

Actualmente el señor José Luis Motta está adscrito 20 horas semanales al laboratorio de geología.



## **CAPITULO 2**

### **2. PRESENCIA DE HIDROCARBUROS**

Aunque los análisis petrofísicos pueden dar una determinación definitiva de la presencia de hidrocarburos, es la responsabilidad de la unidad de logging de los pozos de exploración, reportar y archivar todas las muestras y ver que sean evaluadas buenas muestras con manchas de hidrocarburos; La identificación positiva de hidrocarburos en rípios de perforación puede ser un factor decisivo en la evaluación petrofísica de un pozo.

Desafortunadamente, no se puede establecer un criterio específico como identificación positiva de si una muestra presenta o no un intervalo potencial productivo. El color e intensidad de la tintura, fluorescencia y corte fluorescente variará con las propiedades físicas; químicas y biológicas específicas de cada acumulación de hidrocarburos. El envejecimiento de las manchas de hidrocarburos (fracciones de alta volatilidad que se disipan rápidamente), y el rápido flujo a través de los fluidos de perforación o en el curso del lavado de las muestras, también tiende a encubrir o eliminar la evidencia de hidrocarburos.

La presencia o ausencia de manchas de hidrocarburos obvias no siempre puede tomarse como algo definitivo, en muchos casos, la sola sugerencia de la presencia de hidrocarburos puede ser un corte fluorescente positivo. Por lo tanto, cuando se sospecha la presencia de hidrocarburos, es muy importante considerar todos los aspectos como la porosidad y espesor del intervalo, la evaluación petrofísica, y la calidad del test de hidrocarburos.



## **2.1. HIDROCARBUROS SOLIDOS Y PETROLEO MUERTO**

Ha habido mucha confusión, inconsistencia y malos entendidos acerca del uso y significado de estos dos términos. No son sinónimos. El término “hidrocarburos sólidos” se refiere a los hidrocarburos que están en estado sólido a las condiciones ambientales terrestres, usualmente quebradizos y con frecuencia lustrosos y pulidas en apariencia. Hay una gran variedad de sustancias llamadas hidrocarburos sólidos con propiedades químicas y físicas variables.

Algunos hidrocarburos sólidos como la Gilsonita el cual es un nombre genérico utilizado ampliamente para una resina carbonosa negra y lustrosa clasificada como una asphaltita. Su nombre correcto es uintaíta. Una característica importante de la gilsonita es la temperatura de su punto de ablandamiento. En los lodos a base de aceite se utiliza como agente para controlar la pérdida de fluido. Por ser un hidrocarburo es naturalmente mojada por el petróleo. En los lodos a base de agua se utiliza como aditivo para estabilización de lutitas y es difícil de evaluar a menos que se ensaye en su punto de ablandamiento o en un punto superior. Como hidrocarburo, el polvo debe ser acoplado a agua utilizando un glicol o un mojadador de agua similar.

Entonces la Gilsonita son hidrocarburos inmaduros o petróleos escasamente maduros, mientras otros como, “anthraxolite” el cual es un antiguo sinónimo de pyrobitumen, un mineral hidrocarburos generalizado de composición variable. Se diferencia de asfalto por ser frágil, infusible y relativamente insoluble representa los residuos carbonatados liberados antes de que hidrocarburos sean sobrecalentados y térmicamente quebrados, la “anthraxolite” está considerada como un petróleo térmicamente muerto. La Gilsonita por otro lado no es ciertamente un petróleo muerto, es una sustancia de la cual produce gasolina de



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

alta calidad, aceites combustibles comerciales y una lista sin fin de otros productos.

El término “petróleos muertos” se ha usado indiscriminadamente en la industria para describir petróleos que son o (1) sólido, (2) no producible, o (3) inmóvil. Todas estas definiciones son engañosas y descarriladas. Algunos hidrocarburos sólidos no son petróleos muertos. Muchos así llamados “Petróleos no producibles” son ahora productivos gracias a las mejoradas técnicas de recolección, y hay numerosos ejemplos de “Petróleos inmóviles” a las condiciones de la superficie terrestre que son fluidos y móviles a condiciones de más profundidad.

En vista de lo descrito anteriormente es recomendable que el uso del término “dead oil” (petróleo muerto) se aplique sólo a hidrocarburos sólidos térmicamente muertos que no producen fluorescencia, ni dan un corte de fluorescencia.

Siempre que el término sea usado, deben enlistarse datos calificativos.

## **2.2. GENERALIZACIONES.**

No hay “reglas claras que puedan usarse para relatar las evidencias de la presencia de hidrocarburos de producción potencial. Sin embargo, las siguientes son algunas generalizaciones que son dignas de tener en cuenta:

- La falta de una tintura visible no es una prueba clara de la ausencia de hidrocarburos. (gas, destilados y petróleos de alta gravedad, ordinariamente no tienen una tintura visible).



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- la falta de fluorescencia no es una prueba definitiva de la ausencia de hidrocarburos.
- Manchas de hidrocarburos de buena fidelidad usualmente darán una fluorescencia de corte positiva (corte húmedo). Los hidrocarburos de alta gravedad frecuentemente dan un corte de fluorescencia positivo, pero dará resultados negativos con todos los demás métodos de detección de hidrocarburos.
- La prueba de reacción petróleo con ácido a generado resultados positivos cuando el petróleo está presente, pero es muy sensitivo y puede dar resultados positivos ante la presencia de cantidades insignificantes de hidrocarburos.



### **CAPITULO 3**

#### **CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

La asignatura de Sedimentología y Geología del Petróleo dentro de su programación académica semestral realiza seis laboratorios de sedimentología (ver tabla1) y seis practicas implementadas con este trabajo relacionadas con la geología del petróleo (Ver tabla2), Para un total de doce prácticas de laboratorio durante el semestre.

El laboratorio de Rocas cuenta con ocho microscopios binoculares de los cuales dos están fuera de servicio por deterioro natural, de tal forma solo se cuentan con seis microscopios binoculares y tres fluoroscopios, equipos básicos para la realización de las pruebas, por esto, el cupo máximo de estudiantes es de doce (12), por grupo; para el semestre A del 2015 la administración de la facultad de ingeniería amplio los cupos de matrícula a cuarenta (40) estudiantes con dos (2) subgrupos de laboratorio quedando evidenciado un sobrecupo de 16 estudiantes.

Como uno de los objetivos principales de este proyecto está el del montaje de pruebas de laboratorio para reconocimiento de trazas de hidrocarburos en muestras de roca y ripios de perforación, se describe a continuación algunas de las características de las muestras a estudiar y sus análisis iniciales, dando énfasis en los ripios de perforación, ya que va a ser el material rocoso más común para la ingeniería de petróleos.

En el anexo 2 se presentan las guías de laboratorio implementadas para cada una de las prácticas montadas para la asignatura de Sedimentología y Geología del Petróleo, en este aparte se dará una orientación teórico – práctica de cada una de ellas.



### **3.1 PRACTICA 1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ROCAS ÍGNEAS ORIENTÁNDOLAS A POROSIDAD Y PERMEABILIDAD**

El hallazgo de hidrocarburos en rocas diferentes a las sedimentarias se consideraba no apto para la exploración y explotación por lo tanto las rocas ígneas no se han tenido en cuenta e incluso han sido rechazadas por la industria petrolera debido a que son consideradas poco atractivas. No obstante, las rocas ígneas pueden desarrollar porosidad y permeabilidad de distintas maneras <sup>1</sup>, una de ellas es mediante la alteración hidrotermal que es la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio geoambiental, en términos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. Dicha alteración produce cambios en las propiedades de las rocas alterando su densidad (aumento o disminución), porosidad, permeabilidad (aumento o disminución), susceptibilidad magnética y resistividad. Simultáneamente con esos cambios físicos pueden ocurrir eventos relacionados o sin relación como fallamiento y formación de diaclasas/fracturas que afecten el proceso de alteración.

Además la actividad ígnea puede incurrir en algunos de los aspectos de un sistema petrolero, proveyendo la roca generadora (roca madre), afectando la maduración de los fluidos; y formando trayectos o condiciones aptas para la migración, trampas, yacimientos y sellos.

Por lo tanto, debido a muchas investigaciones alrededor del mundo se conoce actualmente que las rocas volcánicas o de origen ígneo intrusivo formadas a partir de la solidificación del magma alojan yacimientos de hidrocarburos en muchas de las grandes estructuras petrolíferas y se están explotando yacimientos de hidrocarburos en rocas del basamento siendo estas de origen ígneo como por ejemplo en Argentina en el campo Neuquén de donde se produce crudo a partir de





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

riolitas y tobas. Es a partir de la experiencia adquirida por este tipo de descubrimientos que se plantea a nivel del Huila la posibilidad de yacimientos de este tipo debido a la existencia de sistemas de fallas en los piedemontes de las cordilleras central y oriental y junto con la acción de la alteración hidrotermal se generan porosidades secundarias importantes que van desde micro fisuras, fisuras, fracturas y fallas hasta oquedades que a la postre, luego de una migración de fluidos podrían servir de almacén de grandes cantidades de hidrocarburos <sup>3</sup>.

Por otro lado, en la subcuenca de Neiva y más específicamente en los piedemontes de las cordilleras central y oriental, se encuentra toda la cobertura productiva de hidrocarburos asociada a los campos petrolíferos explotados actualmente, en contacto fallado con los cuerpos ígneos estudiados en el proyecto jurásico, siendo la base de los trabajos realizados por el Museo Geológico en los reconocimientos de campo, los estudios petrográficos y petrofísicos efectuados en las rocas ígneas.

Es así que acorde a los estudios realizados en años anteriores por el Grupo de Investigación Ecosistemas Surcolombianos (ECOSURC) de la Universidad Surcolombiana, y dándole continuidad a la línea de investigación del Museo Geológico Petrolero al proyecto de investigación sobre el jurásico de la región surcolombiana y más específicamente de las rocas de la formación Saldaña y su asociación con los cuerpos ígneos intrusivos y durante los años 2014 y 2015 se está ejecutando el proyecto de investigación “El Basamento Económico de la Subcuenca de Neiva-y su Perspectiva Como Yacimientos no Convencionales de hidrocarburos” se implementó esta práctica de laboratorio



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Existen rocas ígneas productoras de hidrocarburos en todo el mundo. El primer descubrimiento documentado de petróleo en roca volcánica puede ser el campo Hara de Japón, cuya producción inicial tuvo lugar en el año 1900<sup>14</sup>. El campo producía petróleo de tres capas tobáceas. Otro de los primeros ejemplos de producción se registró en Texas, en el año 1915, a lo largo de una tendencia de volcanes de fondo marino, que erupcionaron durante la depositación de la caliza Austin<sup>15</sup>. Las formaciones volcánicas sepultadas produjeron 54 millones de bbl de petróleo de 90 campos, emplazados en más de 200 cuerpos ígneos.

Los yacimientos volcánicos pueden contener acumulaciones significativas. Para el año 1996, la producción acumulada proveniente de las tobas volcánicas y las capas asociadas del campo Jatibarang, situado en Java Occidental, era de 1,200 millones de bbl de petróleo y 2.7 Tpc de gas. El análisis de yacimientos indica valores de porosidad que oscilan entre 16 y 25% y una permeabilidad de hasta 10 darcies. En este yacimiento, las rocas volcánicas también son rocas generadoras.

Por otro lado, el yacimiento del tipo cobre porfídico La Voluntad provincia de Neuquén, Argentina es una tonalita cuya alteración hidrotermal y mineralización se desarrollaron en, al menos, dos episodios.

El primero produjo una alteración potásica penetrativa de baja intensidad con una mineralización diseminada de pirita, calcopirita y escasa molibdenita. La biotita es el principal mineral formado durante esta etapa y su abundancia se debe a la composición tonalítica de la roca alterada (Rose y Burt, 1979). En la alteración potásica penetrativa el fluido circuló a través de límites de granos y de microfisuras. La débil intensidad de la alteración potásica se interpreta como debida a una baja relación agua/roca. Las vetillas de alteración potásica que incluyen feldespatos potásicos, biotita y sericita, se las considera como formadas en



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

una etapa intermedia, por ser posteriores a la roca con alteración potásica penetrativa y anteriores a la alteración fílica.

En el segundo, la alteración es fílica de alta intensidad, se relaciona a vetillas y se sobreimpone a la potásica. La mineralización es de pirita, calcopirita, bornita, esfalerita, molibdenita, arsenopirita y escasa wolframita. Este yacimiento pertenece al ciclo metalogenético permo-carbónico. La existencia de un afloramiento de riolita cubriendo a la tonalita, sin alteración hidrotermal pone un límite geológico a la intrusión de la plutonita y a la edad del sistema hidrotermal.

En este lugar, granodioritas y riolitas atraviesan rocas del Carbonífero Superior. La falla mapeada que corta a la tonalita presenta entre sus planos una brecha mineralizada, por lo que se debió formar cuando la tonalita estaba solidificada al igual que las vetillas<sup>17</sup>. Por lo tanto se supone la posibilidad de encontrar hidrocarburos en este tipo de yacimiento bajo las condiciones establecidas.



**Figura 2.** Distribución de las rocas ígneas petrolíferas. Los puntos naranjas representan las localizaciones de las filtraciones, rastros y yacimientos de hidrocarburos en las rocas ígneas. Adaptado de Schutter.

### **3.2 PRACTICA 2. IDENTIFICACION DE MINERALES PETROGENICOS EN LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.**

Esta práctica hace parte de la sección de sedimentología y para su realización deben tenerse las bases de la mineralogía y petrografía. Las rocas sedimentarias están compuestas por minerales y fragmentos de rocas provenientes de diversas fuentes por efecto de los procesos sedimentarios y bajo condiciones fisicoquímicas que las hacen diferenciar; Las rocas sedimentarias se distinguen por poseer dos tipos de componentes minerales respecto a su origen, de describen a continuación:



### **3.2.1. Componentes Alotigenos (Terrígenos)**

Son los transportados desde afuera hacia la cuenca de sedimentación. Son llamados también minerales detríticos y consisten en minerales y/o partículas rotas y desgastadas que han sido llevadas al sitio del depósito por transporte mecánico. La composición de la fracción detrítica depende de la clase de roca que le dio origen, del grado de interperismo que obró sobre ella, y de la distancia y procesos de transporte.

### **3.2.2. Componentes Autigenos (No Terrigenos)**

Son los componentes que se formaron "in situ" en la cuenca de Sedimentación y son de origen orgánico y químico. Los orgánicos son aquellos formados por minerales que alguna vez, se disolvieron en el agua en forma iónica y posteriormente fueron extraídos por la actividad de animales y plantas (bivalvos foraminíferos, radiolarios, etc.) y al morir formaron depósitos rocosos (calizas, fosforitas). Otros organismos al descomponerse en medios reductores forman carbones e hidrocarburos. Los componentes químicos fueron formados por precipitación química de carbonatos, sulfatos, sílice, sales y/o evaporación de aguas saturadas.

### **3.2.3. Identificación propiedades de las rocas sedimentarias**

Las rocas sedimentarias poseen características texturales y composicionales, que son la base para su reconocimiento y posterior clasificación. Estas características le proporcionan propiedades específicas como porosidad y permeabilidad, parámetros de gran importancia para la acumulación, entrapamiento y migración de hidrocarburos.

En la asignatura de Sedimentología y Geología del Petróleo se da énfasis a la identificación de las propiedades de las rocas sedimentarias como son su textura



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

y composición mineralógica orientando 4 laboratorios. (Ver tabla 4)

1. Textura de las rocas sedimentarias clásticas, granulometría de conglomerados y arenas	4
2. Textura de las rocas sedimentarias clásticas, granulometría de partículas, método de Boyucos.	4
3. Clasificación de rocas clásticas y rocas, generadoras, almacén y sello	2
4. Clasificación de rocas no clásticas	2

**Tabla 4.** Listado de laboratorios orientados a determinar las propiedades de las rocas sedimentarias.

Los principios básicos para el reconocimiento de las rocas sedimentarias son:

#### **3.2.4. Tipo de Origen**

- **Clástico:** Rocas exógenas cuyos componentes alotígenos son originados principalmente por procesos físicos.
- **Químico:** Rocas endógenas compuestas por materiales amorfos o cristalinos precipitados a partir de soluciones.
- **Bioquímico:** Rocas endógenas biogénicas originadas por acumulaciones de organismos.

#### **3.3. PRACTICA 3. TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS, GRANULOMETRÍA DE FRAGMENTOS, ARENAS Y PARTICULAS.**

En el desarrollo de esta práctica se retoman los conceptos generales aprendidos en el curso de geología general y se profundiza en una descripción más aplicada a rípios de perforación.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Lo primero que debe conocerse es en un área de perforación de donde se toman las muestras lógicamente las muestras de laboratorio se le indicara al estudiante su origen, a continuación se presentan algunas características de esta toma de muestras:

Esas muestras de roca se pueden obtener de varias fuentes en el sitio de equipo de perforación:

- Shale Shakers o zaranda (superior e inferior)
- Desarenadores, Desilters y Limpiadores
- Línea de Conducción

En el Shale Shakers o zaranda, es esencial que el geólogo o ingeniero conozca los tamaños de la zaranda, y el tamaño de grano de los cortes que se pueden recuperar desde ahí mismos. Una muestra representativa debe ser capturada por una combinación de las zarandas, y no sólo de la superior o inferior.

Si bien es conveniente utilizar las mejores zarandas en todo momento, esto es impráctico debido posibles trabajos con caudales altos o la utilización de sistemas de lodos viscosos y pesados. Cuando esto sucede, las muestras se pueden obtener de los desarenadores. Estos dispositivos recuperan los sólidos finos del sistema de lodo y deben siempre ser revisados durante la perforación. Cuando se espera la perforación de secciones de yacimientos clásticos, se debe examinar más muestras regularmente para comprobar la presencia de clastos de grano muy fino.

La selección de zarandas y el uso de equipos de control de sólidos se deben decidir dependiendo del lodo y la decisión la debe tomar el grupo de ingenieros a





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

cargo de la perforación. Si hay un cambio en estos equipos es tarea del geólogo la discusión de los requerimientos con ellos. A pesar de que el intervalo de muestreo se describe en el programa bien, debe tenerse en cuenta que si la perforación es más lenta o más rápida inmediatamente la tasa de muestreo debe ser cambiada en consecuencia. Es aceptable que se usen los recolectores de la muestra, esto permite a la cuadrilla tener más tiempo para registro y monitoreo de sus equipos. Cuando se usan los recolectores de muestras, se debe asegurar la toma de muestras representativas.

Los parámetros básicos para su reconocimiento son:

- Generalidades (color, dureza, lustre)
- Textura
- Composición
- Estructura
- Porosidad y permeabilidad

### **3.3.1. Generalidades**

Inicialmente a un ripio de perforación se le determinan los siguientes parámetros.

#### **Color**

Al determinar el color de una muestra, esta debe estar mojada, es cuando se revelan los colores más vívidamente.

El color es un indicador útil del ambiente de depósito, por ejemplo:

- Rojo & café: hierro férrico, un ambiente oxidante
- Verde y gris: hierro ferroso, un ambiente reductor
- Café oscuro: la materia orgánica, es posible roca madre
- Negro: un ambiente anaeróbico



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Cada muestra se debe describir, distinguir los colores de:

- a. Partículas de roca
- b. La tinción
- c. Matriz y Cemento
- d. Aditamentos

Cuando más de un color está presente, las descripciones adecuadas son:

- Abigarrado
- Iridiscente
- Moteado
- Manchado
- Congregado
- Disperso
- Diseminado
- Jaspeado

### **La dureza**

Este es el parámetro físico basado en la cantidad de fuerza requerida para romper parte del corte, utilizando una sonda de muestra. La escala de dureza de Mohs, aunque no es una escala cuantitativa, define la dureza de un mineral por su capacidad de resistencia a otro (uno con un número más bajo) y no se debe utilizar.

La induración es el proceso por el cual un sedimento se convierte en una roca sedimentaria, generalmente denominado diagénesis. Dado que las partículas serán de dureza relativamente uniforme, la induración será una función del tipo y cantidad de cemento. Algunas descripciones son:

Rocas Rudaceas y areniscas

- No Consolidados: Los cortes se desmoronan o se producen como granos



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

individuales.

- Friable: La roca se desmorona con una ligera presión.
- Moderadamente duro: Granos desprenden con sonda de muestreo. Los cortes pueden ser rotos con algo de presión.
- Duro: Los granos son difíciles de separar. Extrema presión provoca ruptura y corte entre los granos.
- Extremadamente duro: Los granos no pueden ser separados.
- Soluble: Fácilmente disperso (entra en suspensión) por agua corriente.
- Suave: No tiene solidez.
- Plástico: Moldeado y adquiere forma fácilmente. Difícil para lavar
- Firme: El material tiene forma y estructura definida. Fácilmente penetrable por la sonda de muestreo.
- Duro: bordes afilados angulares. No se rompe fácilmente por la sonda.

Varios otros términos descriptivos incluyen:

- Frágil
- Blocky
- Suelto
- Amorfo
- Denso

Hay que recordar que esta descripción de los cortes es un conjunto, no por separado.

### **Lustre**

Este es el término utilizado para definir las características de la superficie del recorte bajo el efecto de la luz. Lo mejor es observar la textura de la superficie de la muestra tanto en húmedo como en seco a simple vista y bajo el microscopio. La muestra en la bandeja bajo la fuente de luz también ayuda en la descripción de la



textura. Comúnmente las descripciones son:

- **Recubierta:** El recorte presenta un material que lo cubre y no es lo suficientemente gruesa como para desarrollar un color visible
- **Vítreo o Vidrioso:** Claro, brillante, aspecto fresco.
- **Sedoso, perlado, pulido:** Ligeramente grabado o desgrasado
- **Esmerilado, sin brillo:** Profundamente grabado o desgrasado
- **Enfrentado, ahuecado:** Con impactos a menudo de tamaño en forma de puntos
- **Estriado:** líneas paralelas por abrasión o por rayarse

Las rocas arcillosas también exhiben textura observable al reflejo de la luz. Los términos más comunes son:

- Terroso
- Ceroso
- Sedoso
- Resinoso

### **3.3.2. Textura**

La textura describe o muestra la dimensión, forma y disposición (empaquetamiento y fábrica) de los elementos constituyentes de una roca clástica (propiedades geométricas). En la figura No. 7 se muestra esquemáticamente los elementos texturales que definen las rocas clásticas.

#### **Armazón.**



Disposición geométrica de los constituyentes de la roca, es decir, los granos que soportan el peso de los sedimentos.

#### **Tamaño.**



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Parámetro fundamental de rocas clásticas y es regido por la escala internacional de "Wentworth" (Véase figura No. 3). Las dimensiones de los fragmentos o granos que constituyen un sedimento o roca sedimentaria clástica se determinan por análisis granulométrico midiendo los porcentajes por lo general en peso de las diversas clases granulométricas que existen en el sedimento o en la roca clástica. Cada clase granulométrica agrupa los granos cuyas dimensiones están comprendidas entre dos valores límite.

 <b>ESCALA DE GRANULOMETRIA PARA ROCAS CLASTICAS SEGUN WENTWORTH</b> 		
<b>RUDITAS</b> <small>mayor de 2mm</small>	BLOQUES	mayor de 256mm
	CANTOS	64mm - 256mm
	GUIJARROS (12mm - 64mm)	25mm
		12.5mm
		9mm
	GUIJAS	9.5mm
		4.75mm
		2.36mm
	GRANULOS	2mm
<b>ARENITA</b> <small>1/16mm - 2mm</small>	ARENA MUY GRUESA (1mm - 2mm)	1.70mm
		1.18mm
	ARENA GRUESA (1/2mm - 2mm)	0.85mm
		0.6mm
	ARENA MEDIA (1.2mm - 1.4mm)	0.425mm
	ARENA FINA (1/8mm - 1/4mm)	0.3mm
ARENA MUY FINA (1/16 mm - 1/8mm)	0.15mm	
	0.125mm	
<b>PELITAS</b> <small>menor de 1/16mm</small>	LIMO GRUESO	1.16mm - 1.32mm
	LIMO MEDIO	1/64mm - 1/32mm
	LIMO FINO	1/128mm - 1/64mm
	LIMO MUY FINO	1/156mm - 1/128mm
	LODOS	1/512mm - 1/256mm
	ARCILLAS	menor de 1/512mm



**Figura 3.** Escala internacional de "Wentworth" modificada Vargas, 2000

La determinación de los porcentajes de cada clase granulométrica se realiza de las siguientes formas:

**a. Análisis Granulométrico Para fragmentos:** Los conglomerados y rocas clásticas con fragmentos mayores a 2 mm. Se les puede determinar su clase granulométrica por diferentes métodos:

***Por tamizado o por Cribado:*** Utilizando tamices con diferentes tamaños de mallas, donde se retienen los fragmentos de cada clase granulométrica.

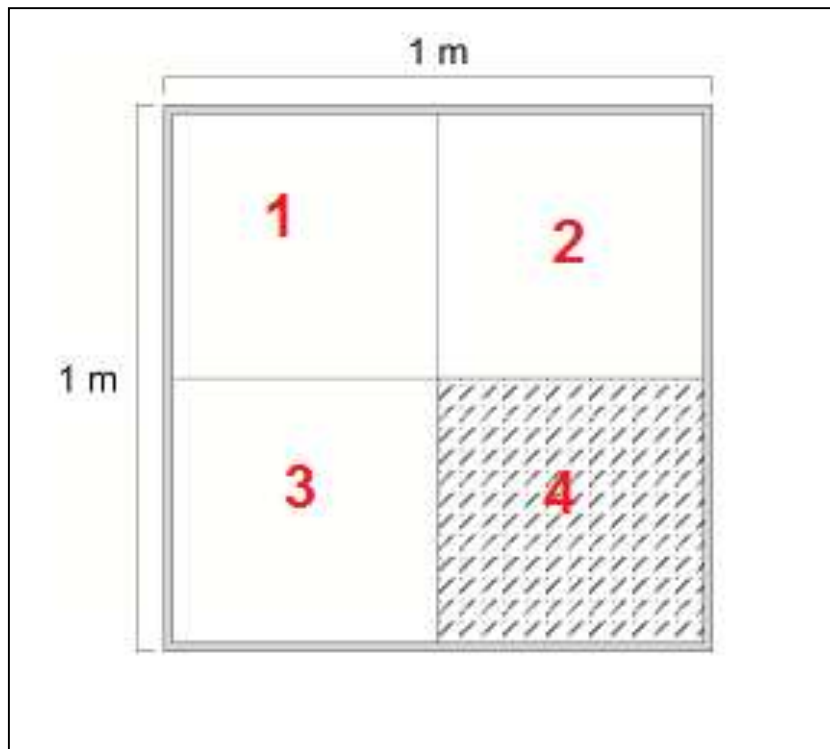
***Método manual:*** Se suelen medir las tres (3) dimensiones más representativas de los fragmentos, por lo general el máximo, el medio y el mínimo, obteniéndose la media. Después de una selección de mediciones, se ubica la clase granulométrica a la que corresponde.

En un análisis granulométrico realizado para mostrar la metodología utilizada en campo para un depósito aluvial de una barra de canal se tiene:

Se selecciona el área con coordenadas geográficas y de acuerdo a criterios de campo se escoge un cuadrante cual tiene dimensión de 1 metro por un metro el cual se cuartea y se escoge el cuadrante 4 para realizar la granulometría por el método manual.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



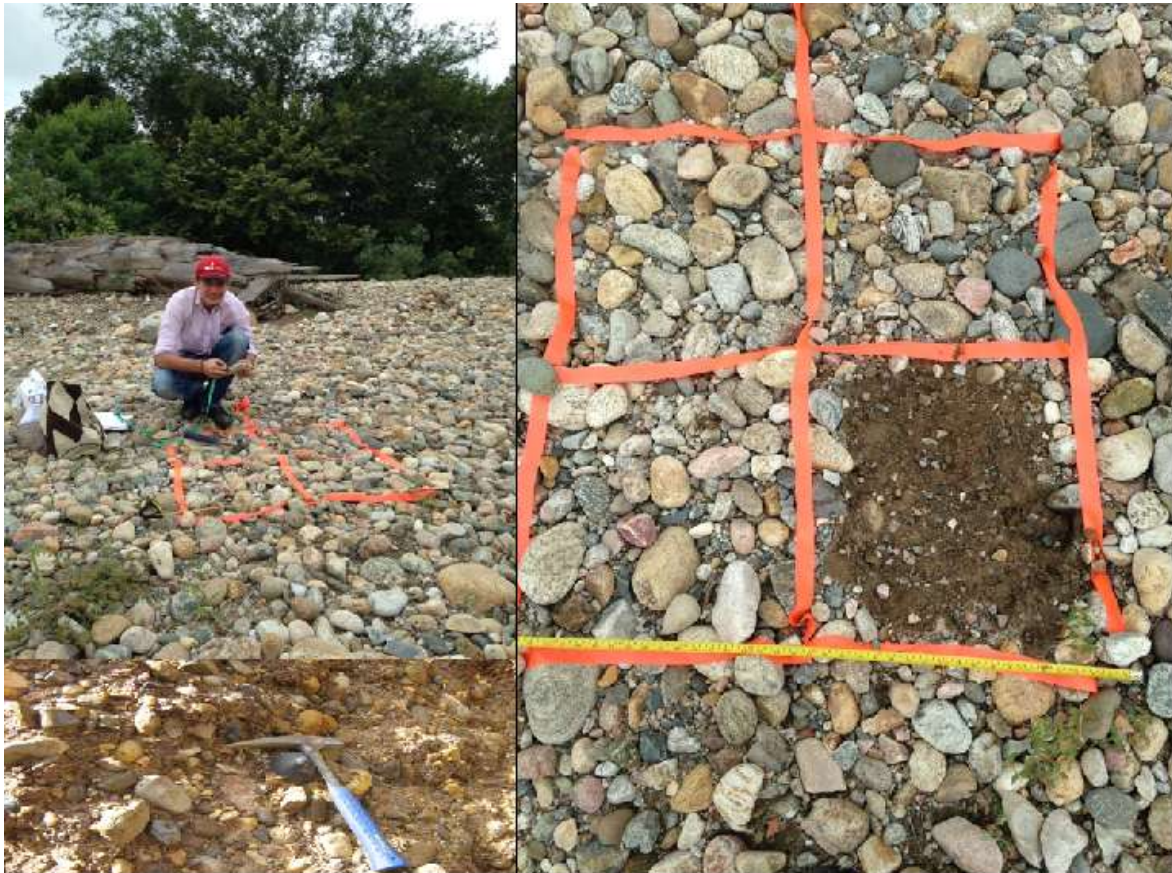
**Figura 4.** El cuadrante escogido tiene dimensión de 1 metro por un metro el cual se cuartea y se escoge el cuadrángulo 4

Posteriormente se toman fotografías a escala y se procede a medir los fragmentos con un metro de cinta determinando las diferentes clases granulométricas.





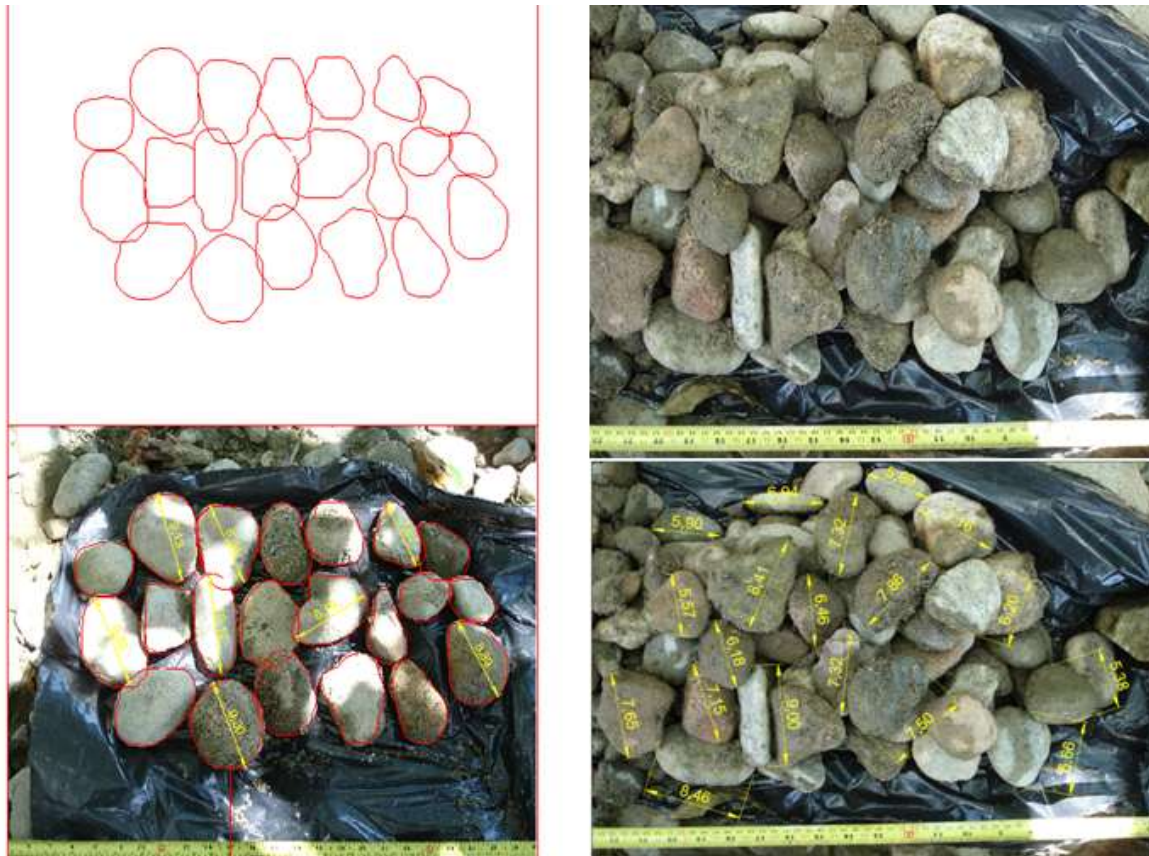
**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 5.** Fotografía del análisis granulométrico por medición directa en campo.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 6.** Fotografías del Procesamiento granulométrico de fragmentos por intermedio del AutoCAD, nótese la medición de contornos.

El procesamiento en oficina:

En oficina, con base en las fotografías de campo y haciendo uso del programa AutoCAD, se determinan los tamaños de los sedimentos. Para ello se escalan las fotografías con base en el metro de referencia que aparece en ellas. Posteriormente se digitalizan los contornos de los fragmentos, y se calcula el área de cada uno de ellos. Estos valores de área se ordenan de mayor a menor permitiendo obtener datos útiles para la curva granulométrica. Este método se emplea para los fragmentos superiores a 6 cm aproximadamente. Para las fotos en las que aparecen fragmentos de menor tamaño se establecen los tamaños predominantes mediante la medición de los tamaños en AutoCAD sobre las fotos



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

escaladas, y se distribuye uniformemente en estos rangos de tamaños el número de fragmentos contados en campo para el grupo fotografiado. Este método es aplicable para fragmentos mayores a 2 cm.

Posteriormente se procesan los datos estadísticamente



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

GRANULOMETRIA POR EL MÉTODO DE CONTEO DE PARTICULAS						
TAMAÑO PROMEDIO DE LAS PARTICULAS (cm)	NUMERO DE PARTICULAS CONTADAS	VOLUMEN TEORICO DEL MATERAIL RETENIDO (m <sup>3</sup> )	PESO TEÓRICO DEL MATERIAL RETENIDO (Kg)	% RETENIDO	%ACUMULADO DE W	
					RETENIDO	PASA
20	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000
19.5	2	0.0078	0.0206	12.6742	12.6742	87.3258
15.4	2	0.0038	0.0101	6.2428	18.9169	81.0831
13.5	1	0.0013	0.0034	2.1027	21.0197	78.9803
12.5	3	0.0031	0.0081	5.0077	26.0273	73.9727
11.5	3	0.0024	0.0063	3.8994	29.9268	70.0732
10.5	5	0.0030	0.0080	4.9468	34.8735	65.1265
9.5	2	0.0009	0.0024	1.4655	36.3390	63.6610
8.5	6	0.0019	0.0051	3.1491	39.4882	60.5118
7.5	6	0.0013	0.0035	2.1633	41.6515	58.3485
7	44	0.0079	0.0209	12.8983	54.5498	45.4502
6.5	4	0.0006	0.0015	0.9388	55.4886	44.5114
6	57	0.0064	0.0171	10.5224	66.0110	33.9890
5	57	0.0037	0.0099	6.0893	72.1003	27.8997
4	57	0.0019	0.0051	3.1177	75.2181	24.7819
3	57	0.0008	0.0021	1.3153	76.5334	23.4666
2	57	0.0002	0.0006	0.3897	76.9231	23.0769
0.1	27001808.4	0.0141	0.0375	23.0769	100.0000	0.0000
		<b>TOTALES</b>	0.1624	100.0000		

**Tabla 5:** Tabla de análisis granulométrico de prueba experimental tomado en el rio las Ceibas.

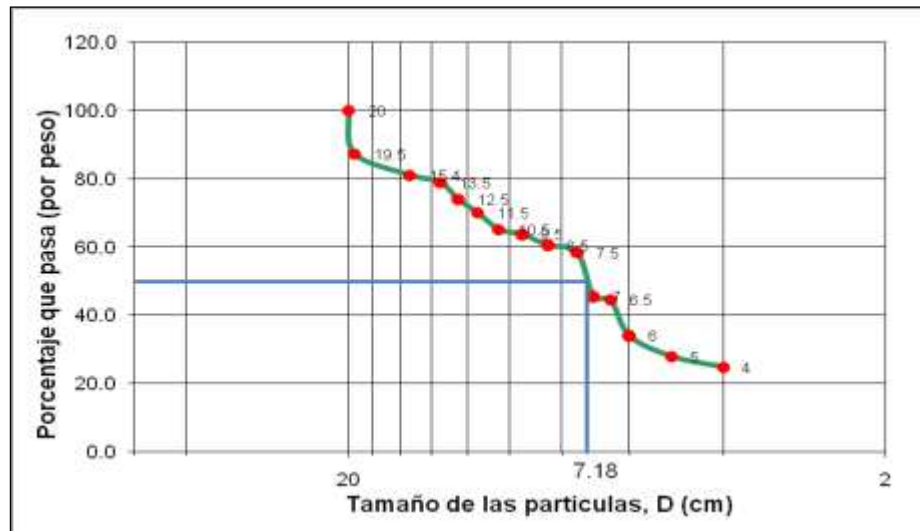


Figura 7. Curva granulométrica para la prueba experimental tomado en el rio las Ceibas.

### **b. Análisis Granulométrico Para Arenas**

El método más sencillo para la clasificación granulométrica de arenas es el de tamizado en seco, el cual utiliza una columna de tamices ordenados de mayor a menor diámetro de abertura. Con este método se obtiene una tabla y una gráfica granulométrica que permite visualizar la homogeneidad o heterogeneidad de los granos.





**Figura 8.** Fotografía de la columna de tamices para tamizado en seco.

El carácter de los componentes alotígenos de una roca sedimentaria refleja la composición de las rocas erosionadas y las condiciones litogenéticas de las zonas de aporte. La clasificación granulométrica (clasificación textural) expresada mediante el coeficiente de sorteamiento (grado selección) y el diámetro medio de las partículas sirve para interpretar los agentes y condiciones de transporte de los sedimentos y ambientes sedimentarios. El diámetro medio se asocia con la energía potencial de la corriente que transporta el material, en tanto que el coeficiente de sorteamiento indica de manera general el grado de madurez y longitud de transporte de los sedimentos.

Para las arenas se procede a un tamizado, en una columna de tamices con luz de malla decreciente de arriba abajo siguiendo la escala de Wentworth, y pesando después las fracciones retenidas por cada tamiz. Como en la práctica no es posible preparar tamices, ni trabajar con ellos, con luces de malla inferiores a 1/16 mm, para los materiales clásticos de tamaño inferior hay que emplear procedimientos



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

analíticos basados en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas en un medio líquido, en función del diámetro (ley de Stokes). Los resultados del análisis granulométrico, ósea los porcentajes de las diferentes clases granulométricas que constituye un sedimento clástico, se expresan luego gráficamente de distintos modos, y se someten a cálculos e interpretación.

En el anexo 2 se presentan las guías del laboratorio donde se especifica claramente el procedimiento a seguir, en cuanto a su interpretación sedimentológica y petrolera se analizan los resultados estadísticamente y antes del tamizado debe analizarse la muestra mineralógicamente y determinar porcentualmente sus componentes minerales y de fragmentos de rocas.

La forma gráfica más comprensible de la composición granulométrica de un sedimento clástico es el histograma (Véase figura No. 9), un diagrama en el que los límites entre las clases granulométricas se llevan sobre un eje horizontal, en general a escala logarítmica (de esta manera los límites entre las clases consecutivas son equidistantes, cuando corresponden a la escala de Wentworth o a otra escala logarítmica). Los porcentajes que contiene el sedimento de cada clase granulométrica se representa generalmente por un rectángulo, cuya base en el eje horizontal del histograma es el segundo que une los dos valores límite de cada clase granulométrica y cuya altura (en el caso considerado aquí) es proporcional al porcentaje de dicha clase. En el histograma son evidentes la clase modal (es decir la que contiene porcentaje más elevado) y la distribución general de las distintas clases granulométricas en un sedimento detrítico dado.

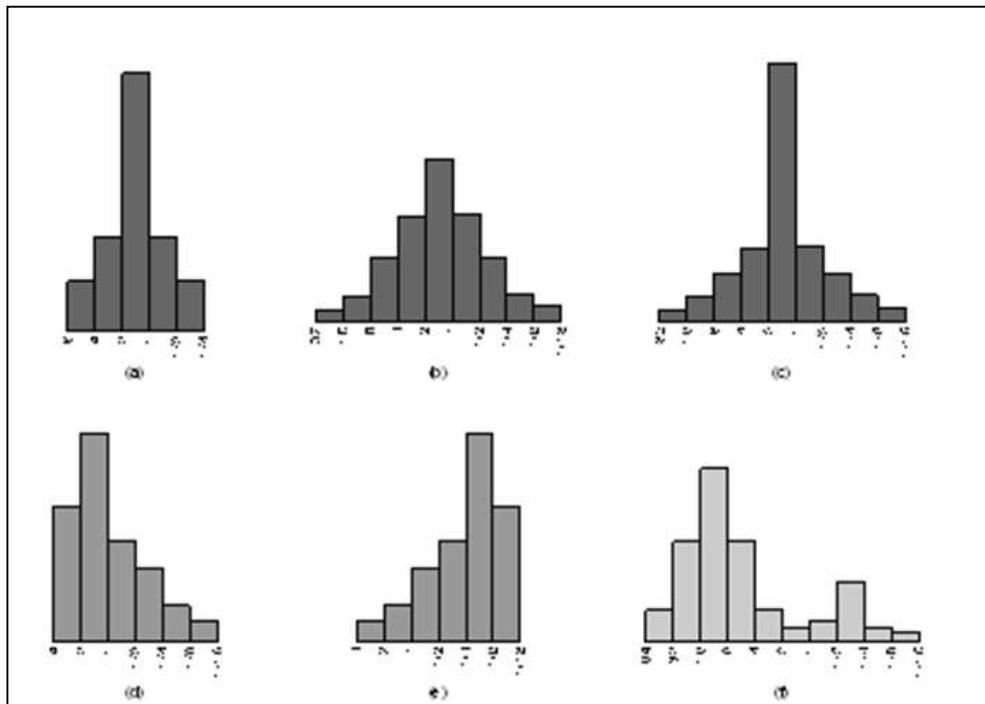
Otra representación gráfica bastante simple de la distribución granulométrica es la curva de frecuencia, que se asemeja a la descrita anteriormente; puede decirse que es un histograma construido por un gran número de clase granulométrica con límite





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

muy próximo y con una línea que une la parte superior de los rectángulos que representan los porcentajes (o frecuencias) correspondientes a cada clase. En realidad, la curva de frecuencia se constituye también en los análisis granulométricos normales, por interpolación entre los pocos valores de secuencia obtenidos de análisis. La curva de frecuencia es de configuración acampanada: en correspondencia con el vértice de la curva se puede leer el eje de las abscisas, el valor del tamaño del gránulo más abundante en el sedimento analizado. Este valor, denominado moda o módulo puede expresarse como la medida del diámetro medio del sedimento, y está en relación directa con la intensidad del agente de transporte en el ambiente sedimentario en que se ha depositado.



**Figura 9.** Histogramas de seis muestras de arenas de diferentes ambientes sedimentarios, las muestras a, b y c tienen distribución granulométrica simétrica, la selección de a y c es mejor que la de b. la muestra d posee oblicuidad positiva y la e negativa. La muestra f es bimodal.

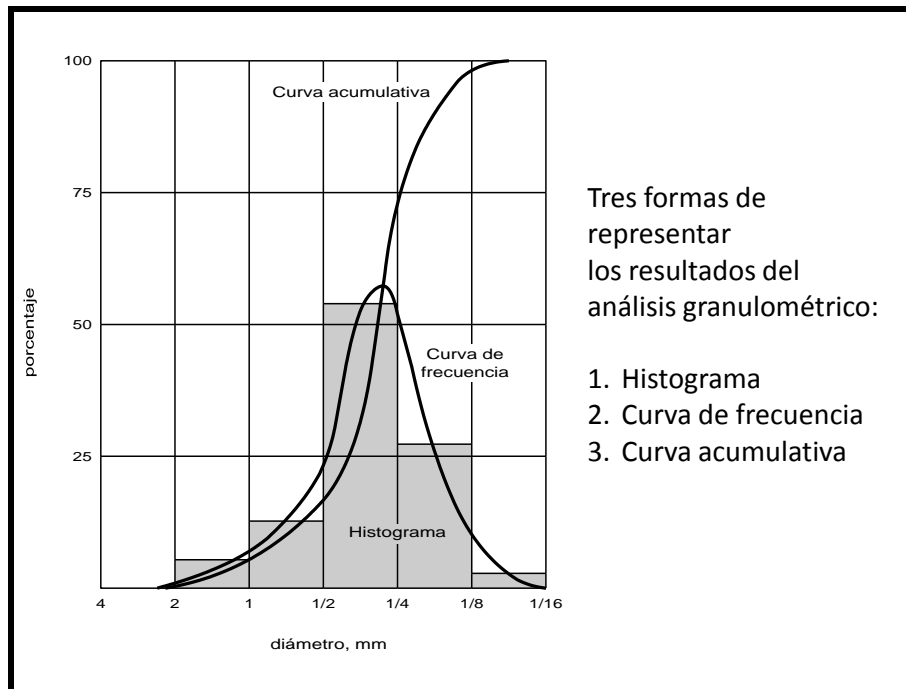


Figura 10. Tres formas de representar los resultados del análisis granulométrico.

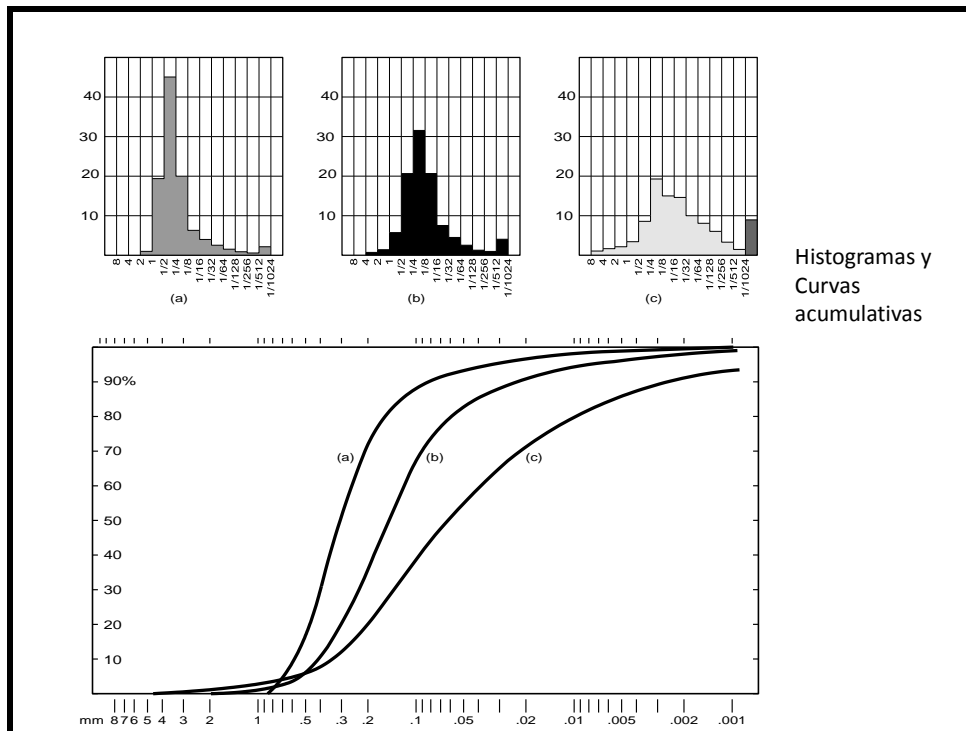
Además del diámetro medio de las partículas que lo componen, un sedimento se define también por otras características granulométricas, las cuales se pueden expresar numéricamente midiendo sus diferentes representaciones gráficas también pero resultan evidentes de la forma que presenta la curva de frecuencia. Por ejemplo, en la curva de frecuencia la oblicuidad de la distribución granulométrica corresponde a un predominio de las fracciones de grano más grueso que la moda sobre las más finas (oblicuidad positiva), o viceversa (oblicuidad negativa), y constituye un dato muy útil para reconstruir las características dinámicas del ambiente sedimentario; la oblicuidad positiva puede ser debida al arrastre de las partes más finas de la carga detrítica transportadas por un corriente de velocidad considerable, mientras que la abundancia de las proporciones más finas que la moda debe atribuirse a la sedimentación en ambiente de gran turbulencia.

La curva acumulativa consiste en la representación gráfica de una distribución



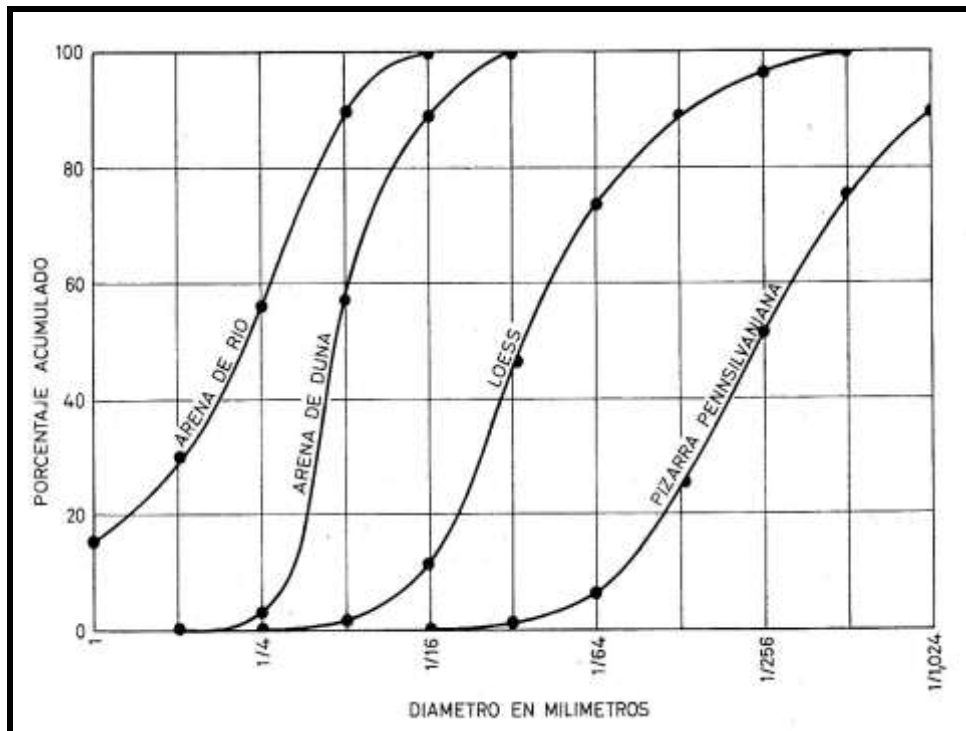
**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

natural (ej. La de la frecuencia de los fragmentos de distintos diámetros en un sedimento clástico), menos evidente que el histograma o la curva de frecuencia, pero que permite expresar varias características de la distribución granulométrica por medio de índices numéricos y por tanto de comparar cuantitativamente distintas distribuciones granulométricas. Este gráfico constituye por lo general en un sistema de coordenadas cartesianas idéntico al que se utiliza para trazar el histograma y la curva de frecuencia, o sea con escala logarítmica en el eje de abscisas, en el que se llevan los tamaños, y con escala aritmética en el eje de ordenadas en el que se representan los porcentajes.





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 12.** Curvas acumulativas cuatro muestras de diferentes ambientes sedimentarios.

Siempre que se cuente con suficiente número de puntos, la representación gráfica de la distribución granulométrica debe estimarse preferible a la numérica en tablas.

La gráfica granulométrica suele dibujarse con porcentajes como ordenadas y tamaño de las partículas como abscisas. Las ordenadas se refieren a porcentaje, en peso, de las partículas menores que el tamaño correspondiente. La representación en escala semilogarítmica (eje de abscisas en escala logarítmica) resulta preferible a la simple representación natural, pues en la primera se dispone de mayor amplitud en los tamaños finos, que en escala natural resultan muy comprimidos, usando un módulo práctico de escala. La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del sedimento; un sedimento constituido por partículas de un solo tamaño, estará representado por una línea vertical (pues el 100% de sus partículas), en peso, es de menor tamaño que



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

cualquiera que el que el sedimento posea), una curva muy tendida indica una gran variedad de tamaños (sedimento bien graduado).

Como una medida simple de la uniformidad de un sedimento, Hazen propuso el Coeficiente de Uniformidad (Cu).

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

D<sub>60</sub>: Tamaño tal, que el 60%, en peso, del sedimento, sea igual o menor.

D<sub>10</sub>: Llamado por Hazen Diámetro Efectivo; es el tamaño tal que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del sedimento.

**Forma:** La forma de los fragmentos clásticos tiene gran influencia en la determinación de su comportamiento durante el transporte y la deposición, y constituye una importante característica de su textura. Esta se expresa mediante dos índices, el de esfericidad y el de redondeamiento. El índice de esfericidad de los fragmentos clásticos se refiere a su forma en conjunto, y se define como la raíz cúbica de la relación entre el volumen del fragmento y el de la mínima esfera circunscrita al mismo. Por lo general se determina por estimulación visual con ayuda de tablas como se muestra en las figuras No.13 y No.14, y puede variar desde uno (granuloesférico) a cero (gránulos aciculares o laminares).

El índice de redondeamiento expresa las características de la superficie de los fragmentos o granos, o del contorno de estos fragmentos en posición de equilibrio estable, proyectado sobre el plano de apoyo. Se define como la relación entre el radio medio de los círculos inscritos en las asperezas del mencionado contorno, y el



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

radio del círculo máximo inscrito en el mismo contorno. En la práctica se mide también por estimación visual, y varía así mismo entre uno (en el caso de granos de superficie completamente lisa) y casi cero (para los gránulos de superficie muy accidentada).

Entre otros índices de forma existe una relación, bastante imprecisa, debido a que los fragmentos más esféricos suelen ser también los más redondeados. Existe además cierta relación entre la forma y el diámetro; en efecto, en el mismo depósito clástico, las clases granulométricas más gruesas tienen índices de formas más elevados, ya que los granos más gruesos poseen mayor desgaste durante su transporte. Además, los índices de forma (más el redondeamiento) pueden variar mucho, sobre todo si se comparan con los valores originales en el sedimento recién depositado y en el curso de la diagénesis, a causa de los procesos de disolución parcial o de la deposición incipiente de un cemento químico en la superficie de los ángulos.

Los fragmentos y granos no esféricos, que se encuentran en los sedimentos y en las rocas clásticas, a veces están depositados sin ningún orden, pero en general ofrecen una orientación de preferencia (textura orientada) que se forma en el momento de la sedimentación y corresponde a las características mecánicas del medio de transporte. Las orientaciones de preferencia de los gránulos de forma alargada o plana se pueden expresar en un sistema de la mayor dimensión para los fragmentos alargados, y de la perpendicular al plano de aplastamiento para los aplanados.

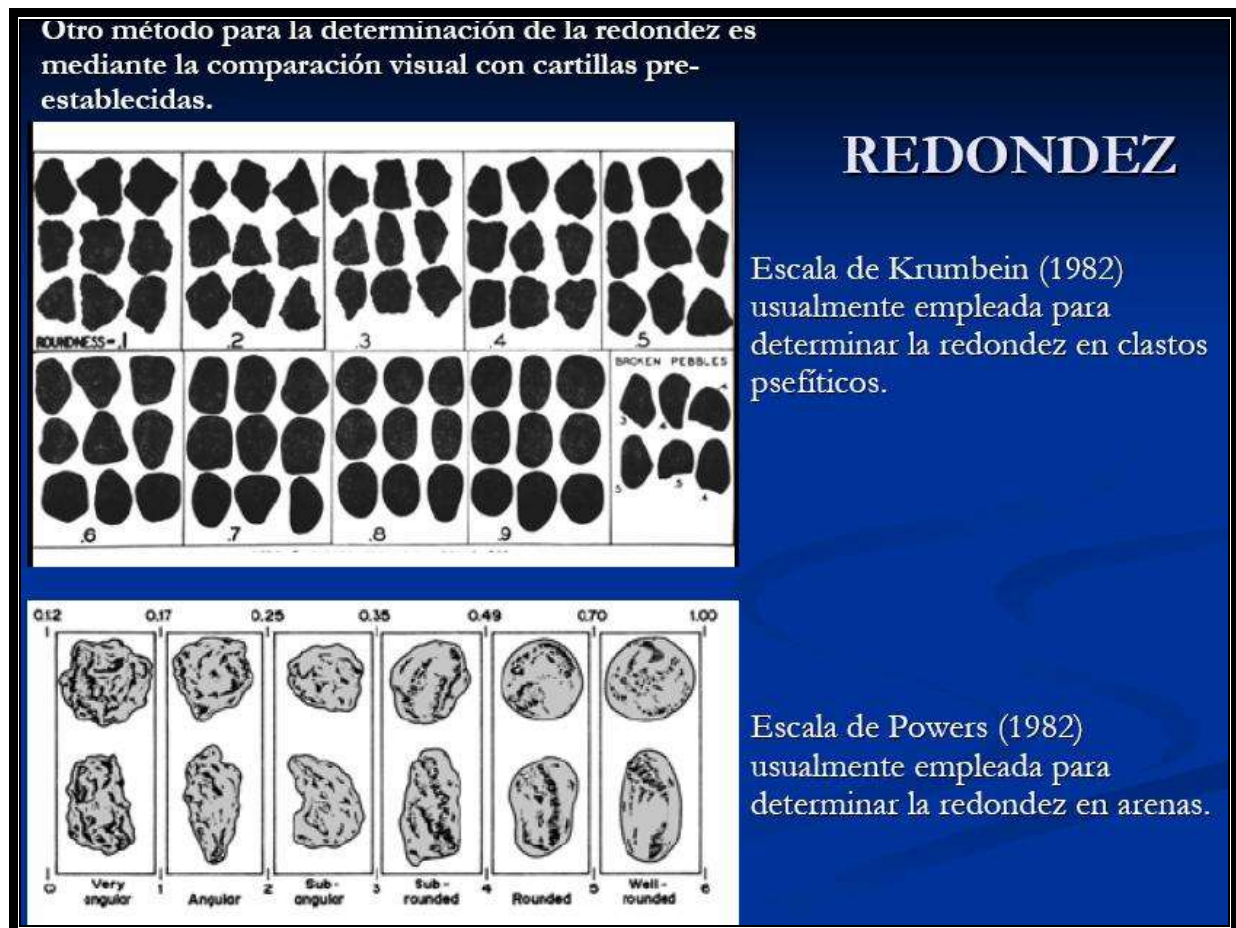
Estos datos se reflejan después en los oportunos diagramas, análogos a los que se emplean en el análisis textural de las rocas metamórficas.

Una textura orientada muy común en las gravas y conglomerados que contienen



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

fragmentos aplanados es la imbricación; consiste en la disposición superpuesta de los guijarros, de modo que recubran parcialmente el uno al otro; el plano de aplastamiento de los guijarros forma un determinado ángulo similar a la disposición de las tejas de un tejado. La imbricación se encuentra en depósitos de cantos formados en ambientes continentales, fluviales y marinos neríticos, y se debe al transporte efectuado por arrastre; en cambio, no existe en los sedimentos transportados en masa. Esta textura permite deducir la dirección y el sentido de la corriente que la ha producido, puesto que los cantos planos están inclinados en la dirección de donde viene la corriente. La imbricación se encuentra también a veces en depósitos costeros, pero sin orientación constante.



**Figura 13.** Tablas de comparación visual de redondez según la escala de Krumbein y la escala de





Powers.

LA ESCALA DE REDONDEZ Powers (1953)		
Intervalo de redondez	Valor medio del intervalo	Calificación
0,12 – 0,17	0,14	Muy anguloso
0,17 – 0,25	0,21	Anguloso
0,25 – 0,35	0,30	Subanguloso
0,35 – 0,49	0,41	Subredondeado
0,49 – 0,70	0,59	Redondeado
0,70 – 1	0,84	Muy redondeado

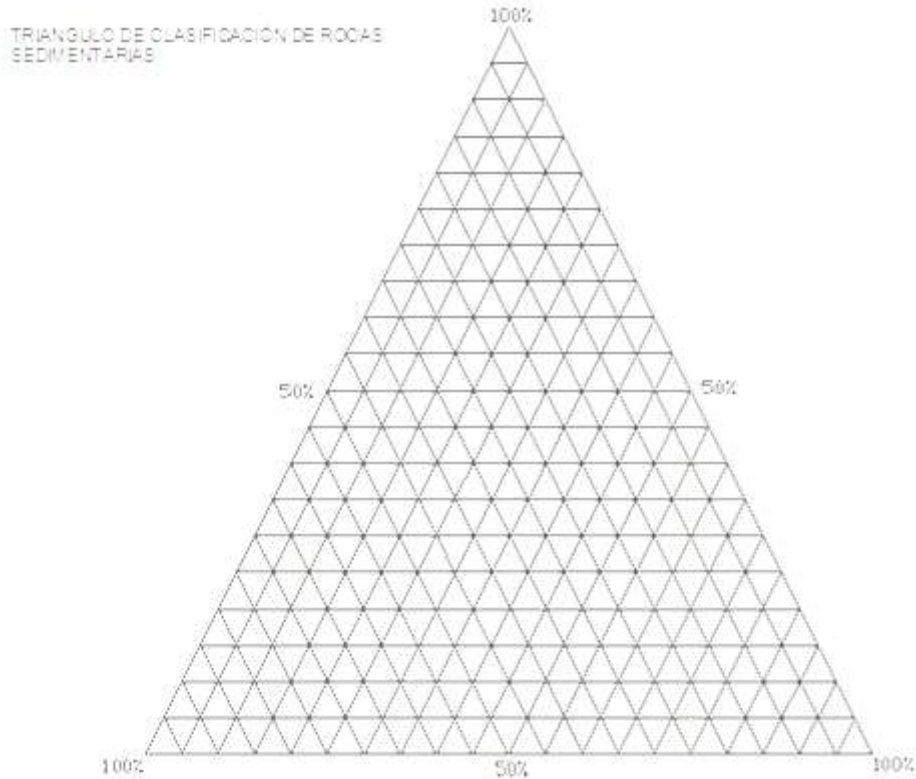
Figura 14. Valores numéricos del intervalo de redondez en la escala de Powers.

### 3.4. PRACTICA 4. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS.

Las rocas sedimentarias clásticas se clasifican según su textura y la composición mineralógica. El análisis mineralógico ya sea macro o microscópicamente, determina los porcentajes de los minerales esenciales o dominantes que son representados en un tetraedro fundamental que se descompone en 4 triángulos cada uno con los vértices ABC planteado al 100% (Véase figura No. 15). Varios autores con base en este criterio han dado la clasificación de las rocas clásticas, a continuación se presenta las clasificaciones más usadas en la industria petrolera:



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 15.** Triangulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas

### 3.4.1. CLASIFICACION SEGÚN KRUMBEIN Y SLOSS

Usando el tetraedro fundamental divide las rocas clásticas en las siguientes familias:

1. Cuarzo, carbonatos, arcilla, pedernal (sílice).
2. Cuarzo, carbonatos, arcilla, materia orgánica.
3. Cuarzo, carbonatos, arcilla, sulfatos / fosfatos / magnesiatos.

En la figura No. 16 se presenta el tetraedro fundamental que muestra la clasificación



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

con los nombres característicos según sus componentes.

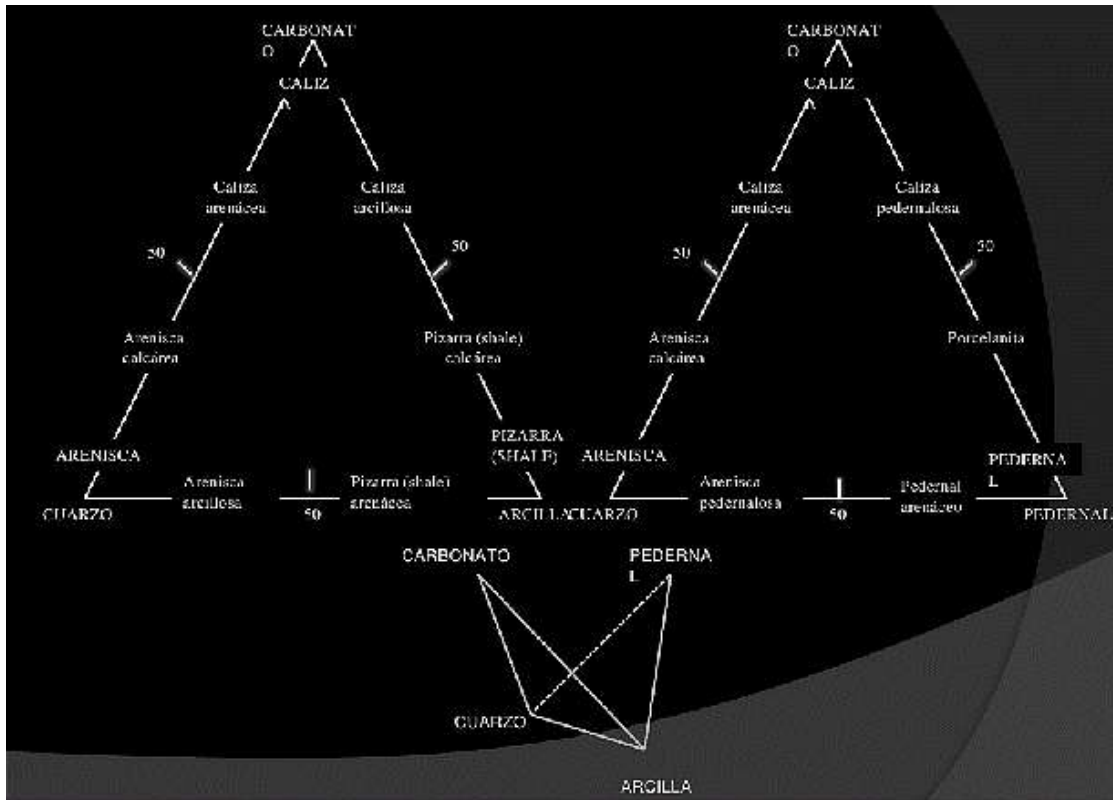
Por ejemplo la Familia 4, la cual plotea los componentes texturales de acuerdo a la siguiente distribución.

Familia grava - arena - arcilla

1. Conglomerado
2. Conglomerado arenoso
3. Conglomerado arcilloso (fanglomerado)
4. Arenisca conglomerática
5. Arcilla conglomerática
6. Arenisca
7. Arenisca arcillosa
8. Arcilla arenosa
9. Arcilla



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 16.** Triángulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según KRUMBEIN Y SLOSS 1962.

**3.4.2. CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN DOTT 1964**

La clasificación de Dott tiene en cuenta el porcentaje de matriz aparte de los minerales esenciales que son Cuarzo, Feldespatos, y Fragmentos de roca representados en tres triángulos, de acuerdo a la siguiente descripción:

⇒ **Reino de las Arenitas**

- Cuarzoarenita 0 - 10 % matriz



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

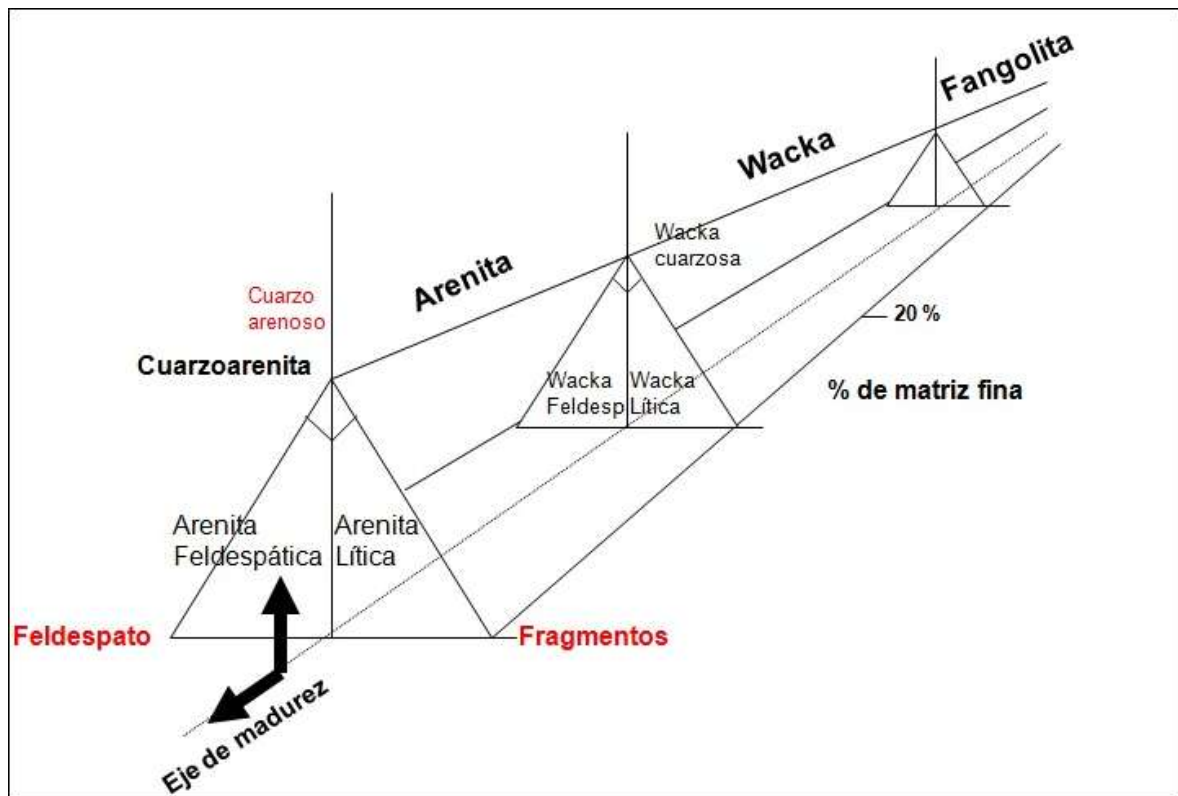
- Arenisca feldespática (arcosa) 0 - 10 % matriz
- Arenisca lítica 0 - 10 % matriz

⇒ **Reino de las wacas.** Con matriz entre el 10 y el 70 %

- Grawacas cuazosas
- Grawacas feldespáticas
- Grawacas líticas

⇒ **Reino de los lodos**

- Lodolitas > 75% matriz



**Figura 17.** Triángulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según DOTT 1964.



### 3.4.3. CLASIFICACION DE ARENISCAS SEGÚN ROBERT FOLK

Folk, utiliza los tres componentes como son cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas y de acuerdo a los porcentajes de abundancia denomina las siguientes rocas:

- a. Cuarzoarenita
  - b. Subarcosa
  - c. Arcosa
  - d. Arcosa lítica
  - e. Subliloarenita
  - f. Litoarenita feldespática
  - g. Litoarenita
- Triángulo para el tipo de feldespato
- triángulos para plotearlos tipos de FR.

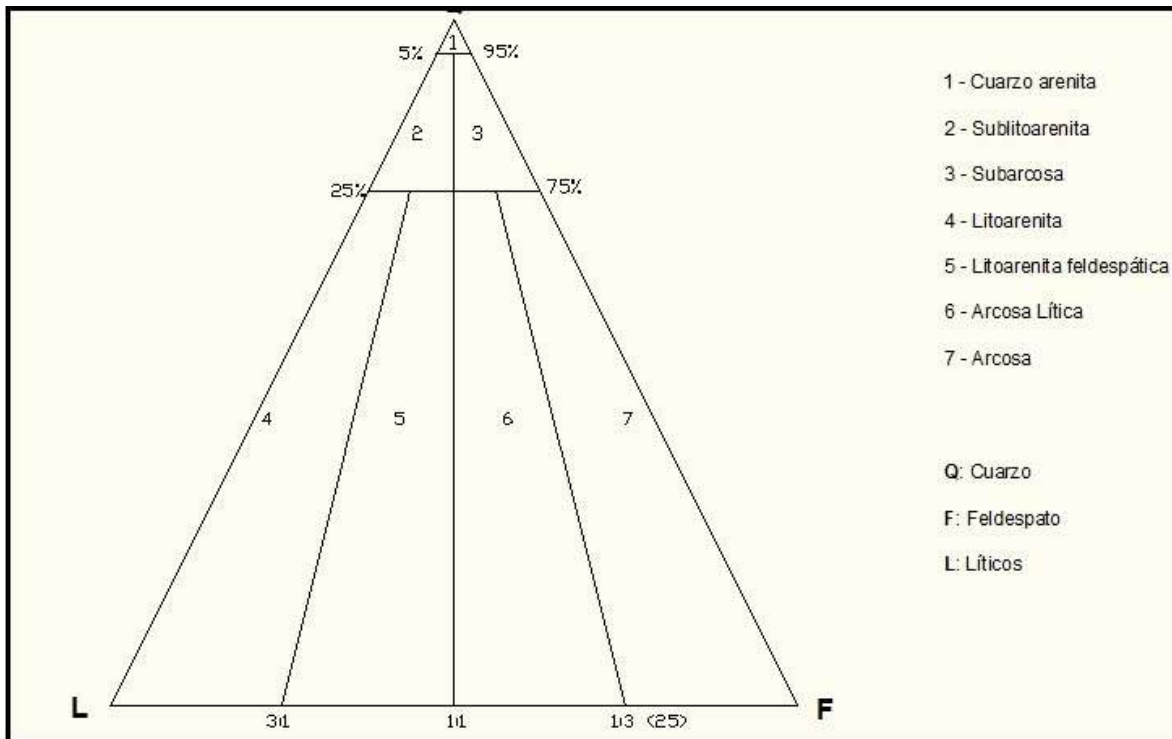


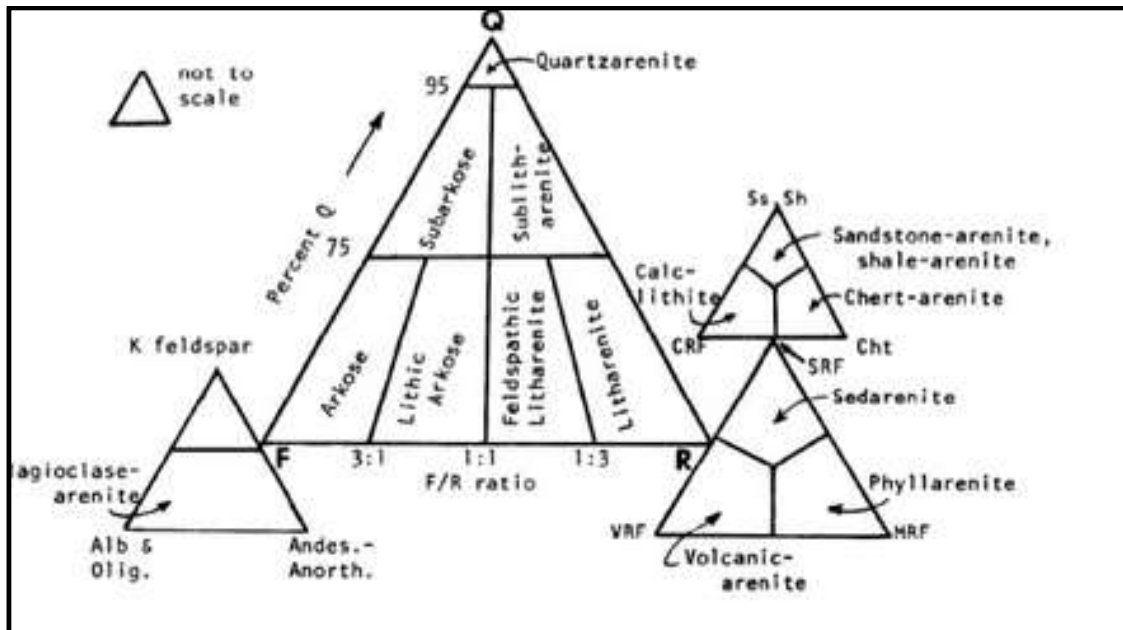
Figura 18. Triángulo de clasificación de rocas sedimentarias Clásticas según FOLK 1962.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Para los tipos b. y c., Folk utiliza un triángulo adicional en el cual plotea el tipo de feldespato y para los tipos d., e., f. y g., utiliza los triángulos dependiendo del tipo de roca parental (Ígnea, Metamórfica o Sedimentaria). (Véase figura No. 18a).

Así también Robert Folk presenta la clasificación textural de rocas clásticas, tal como se muestra en la figura 19

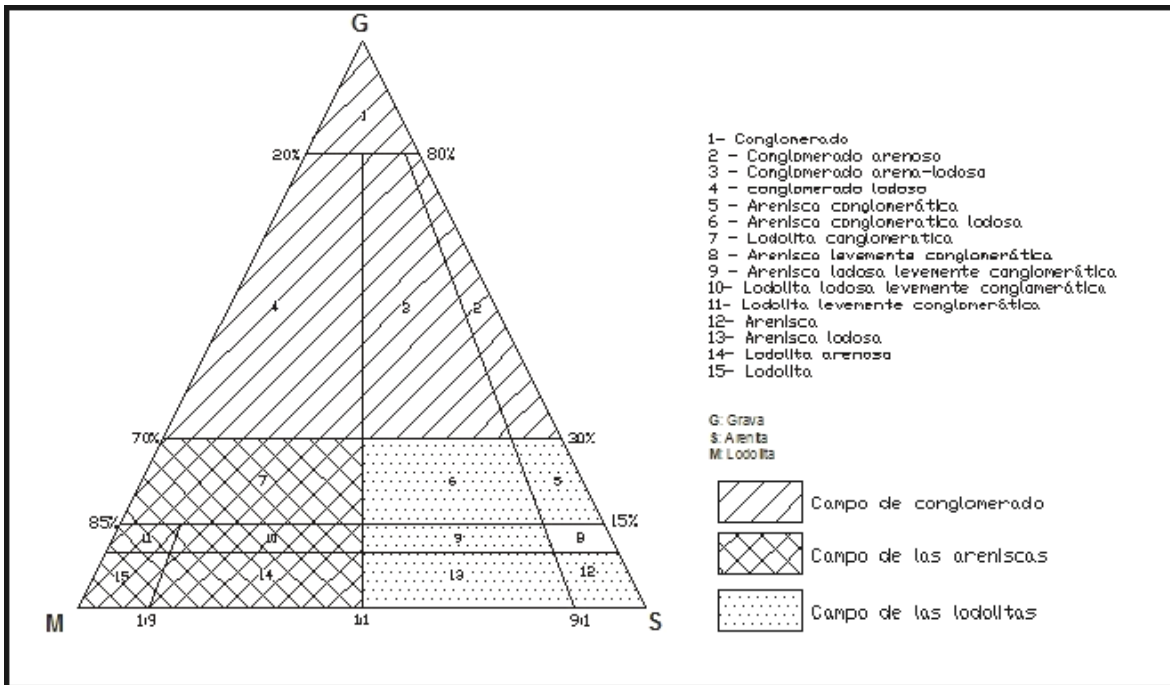


**Figura 18a.** Triángulo de clasificación con triángulos adicionales en el cual plotea el tipo de feldespato y el tipo de roca parental.





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**



**Figura 19.** Triangulo de clasificación textural de rocas clásticas según FOLK 1962.

### 3.5. PRACTICA 5. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS NO CLÁSTICAS.

El grupo de rocas carbonatadas está constituido por calizas ( $\text{CaCO}_3$ ) dolomitas  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  y calizas ferruginosas  $\text{FeCO}_3$  (siderita). El 75% de la corteza terrestre está constituido por rocas sedimentarias cuyas edades van desde Cambriano hasta el reciente.

#### 3.5.1. Generalidades



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

En las rocas carbonatadas además de calcita, dolomita y siderita se encuentran partículas de origen terrígeno (arenas, limos, arcillas). La cantidad de limo, arcilla y arena varía en rangos muy amplios.

Con frecuencia las rocas calcáreas contienen sílice en las variedades de ópalo, calcedonia.

Las rocas carbonatadas forman secuencias sedimentarias de potente espesor, o estratos y lentes aislados.

En el proceso de diagénesis de las rocas detríticas (Shales) con frecuencia se forman nódulos y concreciones calcáreas.

**Caliza:** roca constituida en más del 50% de  $\text{CaCO}_3$  en forma de calcita o rara vez aragonito. Presenta colores que van desde gris claro a oscuro, blanco, rosado, azul, dependiendo de las impurezas que contenga.

### **3.5.2. Clasificación de las rocas carbonatadas**

Las rocas carbonatadas se pueden clasificar de acuerdo a su origen, a sus características texturales, como también a su ambiente deposicional.

## **1. CLASIFICACIÓN TEXTURAL Y PETROGRÁFICA DE LAS CALIZAS**

Texturalmente las rocas carbonatadas han sido descritas por varios autores. En la Industria Petrolera la clasificación de Robert Folk es una de las más aplicadas. Esta clasificación está basada en los constituyentes mineralógicos esenciales de estas rocas



Las rocas carbonatadas están formadas por tres constituyentes: Aloquímicos Ortoquímicos y Terrígenos

### **1.1. CONSTITUYENTES ALOQUÍMICOS**

Los constituyentes alquímicos incluyen todos los materiales que se han formado por precipitaciones químicas y/o bioquímicas fuera de la cuenca de sedimentación y se caracterizan porque han sufrido transporte.

Los materiales alquímicos son el constituyente esencial de las calizas y conforman su armazón. Existen 4 tipos principales de constituyentes alquímicos:

**a.) Intraclastos:** fragmentos de sedimentos carbonatados, (calizas o dolomitas) débilmente consolidados y que han sido enrodados, retrabajados y redepositados para formar un nuevo sedimento; por lo general, son redondeados de forma alargada o discoidal y pueden contener fósiles, pellets y oolitos.

**b.) Oolitos:** partículas de estructura radial o concéntrica, compuesta por calcita microcristalina.

**c.) Fósiles:** todos los fósiles sedentarios y transportados se agrupan como constituyentes alquímicos. excepto para corales.

**d.) Pellets:** cuerpos redondeados, elípticos o agregados ovalados compuestos por calcita macrocristalina, por lo general carentes de estructura interna, su tamaño varía entre 0.3 y 1.5 mm.

### **1.2. CONSTITUYENTES ORTOQUÍMICOS**



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Incluyen todos los precipitados de carbonatos formados dentro de la cuenca de sedimentación y se caracterizan porque muestran poca o ninguna evidencia de transporte.

Estos constituyentes pueden ser de dos tipos:

**Esparita:** cristales de hasta 10 micras, se caracteriza por su color claro y sirve como material de relleno de poros.

**Micrita:** cristales de 1 hasta 4 micras, oscuros, pueden conformar la matriz o el cemento de una roca calcárea o formar rocas calizas oscuras.

### **1.3. CONSTITUYENTES TERRÍGENOS**

Son materiales provenientes desde afuera de la cuenca de sedimentación, principalmente de tipo clástico y su porcentaje, que representa en menor proporción que el material carbonatado, no se utiliza como criterio para su clasificación.

La clasificación de Robert Folk se encuentra basada en la proporción de los elementos alquímicos y ortoquímicos como se muestra en la figura No. 18A.

Al plotear los elementos alquímicos en un vértice del triángulo y la micrita y esparita en los otros dos vértices, se pueden determinar tres familias de las rocas carbonatadas:

**Familia I.** Con marcado dominio de aloquímicos aglutinados por cemento esparítico.

**Familia II.** Con abundancia de aloquímicos aglutinados con cemento micrítico.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

**Familia III.** Con abundancia de lodo calcáreo o micrita.

PRINCIPALES ALOQUIMICOS EN CALIZAS	TIPOS DE CALIZAS			
	GEMENTADAS POR ESPARITA		CON UNA MATRIZ MICRITICA	
granos esqueleticos (bioclastos)	biosparita		biomicrita	
ooides	oosparita		oomicrita	
peloides	pelesparita		pelmicrita	
intraclastos	intraesparita		inframicrita	
caliza formada in situ	biolilita		caliza fenestral-dismicrita	

**Figura 20.** Clasificación de las calizas basada en su composición según Folk (1959, 1962).

Los nombres de las rocas se obtienen de la combinación de los atributos texturales con términos composicionales, para dar lugar a 16 tipos de rocas como se observa en la figura No. 20.

**CLASIFICACION SEGUN ROBERT DUNHAM**

El modelo de clasificación propuesto por Dunham (1962), hace énfasis sobre aspectos genéticos, con especial interés en factores energéticos, por tanto las rocas calcáreas clásticas, se encuentran divididas en cuatro grupos de base, única y exclusivamente, en la relación cuantitativa entre partículas que conforman la infraestructura (los cuales son conocidos como granos, incluidos todos los aloquímicos de otros autores, además de los fragmentos-terígenos), y matriz fina, denominada por él Lodo calcáreo y reconocida por Folk (1962) como micrita.

Como su nombre lo indica, esta clasificación le da gran valor a la textura deposicional y por tanto, un factor esencial es saber, si la infraestructura de la roca la constituye el lodo o por el contrario aquella armazón está conformada por



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

granos. Desde ese punto de vista, en el primero de los casos obtendremos la así llamadas rocas lodo-soportadas, a su vez, subdivididas en dos grandes familias: Mudstone (menos del 10% de granos) y Wackestone (más del 10% de granos). En la segunda posibilidad de ordenamiento textural se tendrán las rocas granosoportadas a su vez subdivididas de tres grandes grupos: Aquellas que aun cuando tienen armazón soportadas por granos, poseen una cantidad apreciable de lodo calcáreo, conocidas como Packestone, si por el contrario la roca no tiene lodo, entonces la denominaremos Grainstone; la quinta familia la constituyen aquellas rocas de origen arrecifal, con organismos no transportados, denominadas por este autor: Bounsdtone.

La mayor importancia de la clasificación de Dunham, radica en el significado energético que tiene la presencia o ausencia de lodo calcáreo lo cual ofrece una irrefutable imagen del medio depositacional con agua tranquila agitada. Un límite de mucha importancia es aquel colocado entre rocas lodo-soportadas y rocas grano - soportadas, lo cual arroja mucha luz sobre el ambiente de depósito y la relación entre producción de lodo y de grano y la variación de ésta rata a través del tiempo.

**Investigación**

Qué papel desempeña el cemento calcáreo (esparita) dentro del sistema Dunham. Tiene alguna aplicación directa o indirecta, para obtener alguna idea respecto a la energía del medio de depósito de una roca calcárea.



Over 2/3 Lime Mud Matrix				Subequal Spar & Lime Mud	Over 2/3 S	
0-1%	1-10%	10-50%	Over 50		Sorting Poor	So G
<i>Micrite Dismicrit</i>	<i>Fossiliferous Micrite</i>	<i>Spars Biomicrite</i>	<i>Packed Biomicrit</i>	<i>Poorly Washed Biosparite</i>	<i>Unsorted Biosparite</i>	<i>So Bios</i>
Claystone		Sand Clayston	Clayey or Immature		Sub mature SS	Ma S
Depositional Texture Recognizable						Dep N

Figura 21. Clasificación de las calizas basada en su textura según Dunham.

### 3.6. PRUEBA DE FLUORESCENCIA

#### 3.6.1. Objetivos.

- Identificar la presencia o ausencia de hidrocarburos existentes en las muestras examinadas por medio del fluoroscopio.
- Realizar un corte fluorescente a las muestras para evidenciar la presencia de hidrocarburos mediante un solvente.
- Estimar el tipo de hidrocarburos presentes en las muestras si estos existieran.
- Hacer una rápida estimación del posible rango de gravedad API en el que se





encontrarían los hidrocarburos presentes en las muestras.

### **3.6.2. Fundamento teórico.**

Los ripios son los residuos o fragmentos de las rocas perforadas, que son llevados en suspensión a superficie por el lodo de perforación, los cuales son recogidos en superficie a intervalos regulares, realizando un registro litológico basado en el análisis físico (Well Cuttings).

Los ripios son debidamente lavados, secados y luego examinados. Las manchas de petróleo (Oil Shows), se identifican por fluorescencia bajo luz ultravioleta, la fluorescencia varía de color en petróleos de diferentes gravedad A.P.I. y estas observaciones son registradas y graficadas en función de la gravedad (Strip Log).

El examen del lodo, recortes de perforación y corazones para hidrocarburos fluorescentes bajo luz ultravioleta, frecuentemente indica petróleo en pequeñas cantidades o petróleo de color tenue el cual no puede ser detectado de otra manera, todas las muestras deben ser examinadas de esta manera. El colorido o fluorescencia de crudos varía de marrón pasando por verde, oro, azul, amarillo hasta blanco, en mayor parte los petróleos más pesados tienen fluorescencia oscura. La distribución puede ser aun manchada o moteada como por tinte. El rango de intensidad es opaco - brillante - tenue - pálido.

La fluorescencia insignificante está asociada con granos de arena individual y pueden indicar presencia de condensados o gas. La fluorescencia mineral, especialmente en fragmentos de carbonatos de calcio, puede ser confundida con petróleo fluorescente y se distingue al añadir unas pocas gotas de un solvente. Los hidrocarburos fluorescentes aparecerán para fluir y difundirse en el solvente, ya que el petróleo es soluble, mientras la fluorescencia mineral permanecería



indisturbable.

La sombra del corte o aureola que se forma alrededor de la muestra depende de la gravedad del crudo, los crudos más livianos dan corte más pesados por lo tanto la oscuridad relativa no debe ser tomada, como una indicación de la cantidad de hidrocarburo presente. Un rango completo de colores varía de paja incoloro - paja pálido y oscuro - ámbar claro, ámbar marrón hasta marrón oscuro opaco.

El test más importante para hidrocarburos es la prueba de fluorescencia del corte o corte húmedo. En este test el reactivo sobre la muestra es observado bajo luz ultravioleta, la muestra debe ser secada completamente antes de aplicar el reactivo. Si hay hidrocarburos presentes serán emitidas cintas fluorescentes de la muestra y el test es evaluado por la intensidad y el color de estas cintas. Algunos Shows no derraman un efecto notable en las cintas pero dejaran un anillo fluorescente o residuo en el plato de porcelana de color blanco después que el reactivo se halla evaporado, esto se denomina "Corte Residual". Es recomendable que la prueba de corte fluorescente sea hecha sobre todos los intervalos en los cuales halla la más ligera sospecha de hidrocarburos.

Esto es comúnmente verdadero para los hidrocarburos de alta gravedad A.P.I. los cuales dan un corte fluorescente amarillo brillante, los destilados muestran poca o ninguna fluorescencia o corte, pero comúnmente dan cortes fluorescentes positivos. Generalmente los perforados de baja gravedad A.P.I. no presentaran fluorescencia, pero cortaran un marrón muy oscuro y su corte fluorescente puede variar de blanco lechoso a naranja oscuro.

**Ensayo visual.** Consiste en la observación detallada de la muestra en condiciones específicas efectuada a ojo desnudo o con ayuda instrumental auxiliar



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

que mejoren la capacidad de percepción del sentido de la vista o permitan acceder al lugar de interés en las condiciones de visión establecidas.

Está basado en las leyes fundamentales de la óptica y en la profundidad de la radiación luminosa que constituye el campo de energía aplicada. La luz como campo de energía queda definida fisiológicamente como el intervalo de radiaciones electromagnéticas, para las cuales el ojo humano es sensible, este intervalo se extiende entre las longitudes de onda de 390 a 720 Nanómetros (Nm). La aplicación primaria del ensayo, está dirigida al examen de reflectividad, matices del color u otras características del color. La visión comprende factores tales como percepción de luz, de la forma, color, del contraste de la profundidad y distancia. Con respecto a la percepción de la luz el ojo tiene una respuesta variable que depende de la longitud de onda y de la intensidad de la excitación. En un nivel superior a 100 Lux, el ojo puede percibir adecuadamente los colores (Longitud de Onda), teniendo su máxima sensibilidad para el color amarillo 555 Nm, con menor iluminación del orden 10 Lux, la capacidad para reaccionar disminuye sensiblemente y la máxima sensibilidad del color se corre hacia el azul, con iluminación menor a 0.01 Lux, el ojo pierde la capacidad para reconocer el color de la excitación pero a medida que disminuye la iluminación aumenta la sensibilidad para la percepción de luz. El umbral fisiológico de un ojo normal para la percepción de una señal luminosa es de 10 - 9 Lux.

Como se dijo anteriormente la luz es la parte del espectro de radiaciones electromagnéticas que sensibiliza el ojo humano, esta sensibilidad no es igual para todo el intervalo, existiendo una máxima sensibilidad (Asignamos el 100 % para una longitud de onda de 555 Nm), la sensibilidad en los extremos disminuye sintéticamente con lo cual los límites, no son bien precisos, arbitrariamente se suele tomar como límites del espectro visible a los valores de longitud de onda



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

para los cuales la sensibilidad se reduce al 1 % estos límites serian de 430 a 690 Nm.

La visión del color es una adaptación del ojo a la luz y depende de la actividad de los conos. El color que depende de la longitud de onda de las radiaciones tiene tres características principales:

**Tono o Matiz:** Es la característica del color que usualmente da su nombre (Azul, Verde, Rojo, Etc.), y puede ser definido como la longitud de onda dominante en el ancho de banda que lo determina.

**Saturación o Pureza:** Es el grado de concentración de un color en su estado puro. Como la mezcla de todas las longitudes de onda produce en el ojo la sensación de blanco, si a una pintura de determinado color le agregamos blanco, estaremos disminuyendo su saturación, por tal motivo no se utiliza la luz blanca.

**Brillo o Luminosidad:** El brillo o luminosidad de un color para la iluminación dada depende del coeficiente de reflexión (Reflectancia), que le es propio, siendo máximo uno (1) para el blanco y cero (0) para el negro.

**Muestras de petróleo.** Mientras se realizan las múltiples tareas que hacen los registradores de pozos, estos siempre deben recordar que su función primaria es detectar los hidrocarburos. Sería un gran desconcierto para cualquier registrador de pozos que pasara por alto una muestra de petróleo y un mal negocio para la compañía tener un empleado que no cumpla con su responsabilidad al hacer este servicio.

Cabe recordar que una muestra es cualquier roca que contenga hidrocarburos. La



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

porosidad y la productividad son solamente un factor de indicación de que tan buena es la muestra.

Después de que una muestra ha sido lavada y colocada en una bandeja para muestras, debe ser puesta en una caja de rayos ultravioleta (**UV**) para verificar la fluorescencia. Muchas rocas, especialmente las calizas y la dolomita mostrarán fluorescencia mineral en la cual no estamos particularmente interesados. Sin embargo, estamos extremadamente interesados en la fluorescencia del petróleo y se debe saber distinguir entre las dos.

Cuando se colocan en un solvente (cloroteno), el aceite en una roca permeable visiblemente fluirán y se disolverán en la solución tornándose azul, verde, amarillo, naranja, rojo y varios colores lechosos. Cuando el solvente se ha evaporado, un anillo residual fluorescente se forma alrededor de la orilla del plato de la mancha indicando el **NIVEL DE PETROLEO**. Cuando el solvente es colocado en la roca que contiene solo fluorescencia mineral, no pasa nada. El solvente permanece claro y no se forman anillos residuales fluorescentes en el plato después de la evaporación.

Usualmente hay diversos colores de fluorescencia en cada muestra. Se deben recoger pocas muestras de cada color y aislarlas en diferentes manchas en el plato de muestras. Luego ellas pueden ser sujetas a la "prueba de cloroteno".

El grado de "corte" o habilidad del petróleo para fluir depende principalmente de la permeabilidad de la roca, teniendo en cuenta el hecho que este contiene una cantidad considerable de petróleo. En una roca permeable productora de petróleo, este fluirán cuando se le agregue cloroteno. A esto llamaremos un "corte de corriente", ya que si se observa la caja de rayos UV, el petróleo fluye visiblemente.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Rocas menos permeables se cortaran lenta y gradualmente volviendo el solvente de un color lechoso (usualmente amarillo) y dejando un anillo residual fluorescente en el plato de muestra, después de la evaporación. En rocas "compactas" con poca permeabilidad solo un corte débil o quizá ninguno será el resultado inicial. Este tipo de rocas deben ser trituradas (libres de petróleo) con el mango de las pinzas limpio, mientras esta en un plato de muestras lleno del solvente. El solvente se tornara visiblemente de un color lechoso y un anillo fluorescente será dejado en el plato de la muestra.

Rocas que con seguridad contienen petróleo pueden ser observadas bajo el microscopio como el primer paso (manchas de petróleo). Entonces se pueden recoger algunas muestras, colocarlas en un recipiente y ponerlas dentro de la caja de rayos UV. El color de fluorescencia y tipo de "corte" pueden ser observados luego; y se puede hacer a una idea del tipo de "crudo" usando la tabla 6.

GRAVEDAD API	COLOR
Por debajo de 15 grados	Café
15 – 25	Naranja (dorado)
25 – 35	Amarillo / crema
35 – 45	Blanco
Más de 45	Azul / blanco / violeta

**Tabla 6.** Fluorescencia del petróleo según LYNCH.

Otro método de evaluación del contenido del petróleo y la naturaleza de una muestra es el corte. El procedimiento es colocar varios cortes (de 2 a 3 cm<sup>3</sup>) en un tubo de ensayo y cubrirlo al menos dos veces la altura de los cortes con cloroteno.

Los hidrocarburos serán "cortados" de la roca. La velocidad del corte y si está



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

fluyendo indican la cantidad y solubilidad del petróleo. Sostener el tubo contra un fondo blanco permitirá determinar el color el cual puede indicar la cantidad y/o gravedad del petróleo.

**Medios usados para determinar los Oil Shows (muestras de petróleo).** En la tabla 7 podemos encontrar la característica a evaluar y con que se debe evaluar para hallar esta.

CARACTERISTICA	INSTRUMENTO
Manchas de petróleo	Microscopio
Olor del Hidrocarburo	Nariz
Fluorescencia	Luz Ultravioleta
Corte	Cloroteno
Fluorescencia del corte	Cloroteno y Luz UV
Vertimiento	Microscopio
Efervescencia	Microscopio y HCL
Porosidad	Microscopio, rata de perforación y curva de Gas.
Permeabilidad	Microscopio, cortes de Gas y curvas de Gas.
Hidrocarburos en el lodo	Luz Ultravioleta y Cortes de Gas.

**Tabla 7.** Instrumentos usados para determinar ciertas características en los Oil shows.

### 3.6.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.

- Caja de luz negra (fluoroscopio). El equipo es una cámara de luz negra, el cual





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

suministra la luz ultravioleta con una longitud de onda adecuada para causar la fluorescencia de los Oil Shows en las rocas. La Intensidad de la luz debe ser por lo menos de 800 Microvatios por centímetro cuadrado en la superficie de la muestra, esta se mide con un medidor de intensidad comúnmente llamado intensímetro de luz negra, esta luz lleva un filtro rojo púrpura el cual está diseñado para dejar pasar solamente el tipo de longitud de onda que activa las trazas fluorescentes, esta es de 300 a 400 Nm (Nanómetro). Además filtra la radiación ultravioleta peligrosa.

- Microscopio binocular
- Cloroteno

#### **3.6.4. Procedimiento.**

- Tome la muestra a estudiar y reporte los datos que encuentra en la bolsa portamuestras (Compañía operadora, Compañía de servicios, campo, pozo, profundidad).
- Descargue las muestras sobre una bandeja portamuestras para su análisis de fluorescencia.
- Ponga la bandeja portamuestras dentro de la caja de luz UV para verificar su fluorescencia.
- Agregue a la muestra cloroteno y observe si esta solución de hidrocarburos y cloroteno se torna azul, verde, amarillo, naranja, rojo o varios colores lechosos.
- Observe si después de haberse evaporado el solvente se forma un anillo residual fluorescente alrededor de la orilla del plato.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- Haga el reporte completo de lo observado y la posible gravedad API de los hidrocarburos existentes en la muestra, de acuerdo a lo indicado anteriormente en la tabla 1.

### **3.6.5. Reporte.**

El registro de una muestra de petróleo debe hacerse de la siguiente manera:

- A. Nivel de mancha de petróleo
  1. Mancha de petróleo no visible
  2. Mancha borrosa
  3. Mancha brillante
  4. Mancha no uniforme
  5. Mancha uniforme de petróleo
  
- B. Color de la mancha de petróleo
  1. Mancha de petróleo no visible
  2. Mancha de petróleo ligeramente café
  3. Mancha de petróleo medianamente café
  4. Mancha de petróleo café oscura
  5. Residuo asfáltico negro (aceite muerto)
  
- C. Grado de fluorescencia del petróleo
  1. Fluorescencia de petróleo no visible
  2. Fluorescencia de petróleo borrosa
  3. Fluorescencia de petróleo brillante
  4. Fluorescencia de petróleo no uniforme
  5. Fluorescencia de petróleo uniforme
  
- D. Color de fluorescencia



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

1. Fluorescencia de petróleo no visible
2. Todos los matices del azul
3. Todos los matices del amarillo
4. Todos los matices dorados
5. Todos los matices del café

**E. Fluorescencia del corte**

1. Corte rápido – excelente
2. Corte fluido – regular, bueno, excelente
3. Cortado – pobre, regular, bueno
4. Corte triturado – trazas, pobre, regular, bueno

**F. Anillos residuales**

1. Brillante (color) anillo residual – petróleo vivo
2. Medio (color) anillo residual – petróleo vivo
3. Opaco (color) anillo residual – petróleo vivo
4. Café oscuro o negro anillo no fluorescente – petróleo muerto

**3.6.6. Notas de precaución.**

- a) El filtro de la radiación UV debe ser limpiado frecuentemente para evitar la acumulación de polvo sucio o aceite que pueda reducir la intensidad de la luz emitida.
- b) Después de encender la lámpara debe esperarse por lo menos cinco minutos para obtener la máxima intensidad de la luz; al encender y apagar repetidamente la lámpara se reduce la vida útil del bombillo de mercurio, por lo que normalmente esta se deja encendida durante todo el ciclo de trabajo, sí la lámpara se apaga puede tomar hasta diez minutos para que el bombillo se



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- enfríe lo suficientemente para restablecer el arco.
- c) Antes de usar un solvente (cloroteno), para determinar las muestras de petróleo, verificar que no esté contaminado. Vierta algunas manchas en un plato de muestras y déjelo evaporar. Si no hay anillo fluorescente en la mancha, el solvente es puro; pero si se forma un anillo fluorescente, entonces está contaminado. Los solventes impuros deben ser reemplazados en la primera oportunidad con el fin de evitar el falso registro de muestras de petróleo (Oil Shows).
- d) Antes de que se utilice un plato de muestras para determinar las muestras de petróleo, este debe ser colocado en la caja UV para verificar su limpieza. El procedimiento de detección de hidrocarburos fracasara solo con utilizar un plato aceitoso, grasoso o sucio. El método correcto de limpieza de un plato de muestras es como se indica a continuación:
- Lave el plato con jabón en polvo poniendo particular atención a los huecos.
  - Enjuague completamente para remover todo el jabón, porque también este da fluorescencia.
  - Luego levante el plato sobre la orilla y deje evaporar el agua.
  - No lo seque con toalla puesto que algunas fibras de la toalla dan fluorescencia y la mayoría de las toallas son grasosas.
- e) Si usted no tiene cloroteno y tiene que usar tetracloruro de carbono, tenga cuidado puesto que es un químico muy peligroso. No permita que le caiga en la piel y no aspire sus vapores. En resumen, no lo utilice para lavar sus manos y



abra la puerta para ventilar cuando lo utilice.

- f) El cloroteno debe ser almacenado o transportado en botellas de vidrio usando tapas de baquelita con recubrimiento de aluminio o en latas de estaño para grandes cantidades. Los contenedores plásticos y las tapas de caucho disolverán y contaminarán el solvente. En unidades de registro de pozos, los solventes usados para el análisis de muestras deben ser colocados en botellas de vidrio con tapas de vidrio. Los goteros de caucho no deben ser usados porque contaminarán el solvente.

### **3.7. PRUEBA DE ACETONA – AGUA**

#### **3.7.1. Objetivos.**

- Descubrir la presencia de hidrocarburos en ripios de perforación obtenidos en un campo, por medio de la disolución de estos a partir de la mezcla de estos ripios con la Acetona.
- Aprender a impregnar o envenenar de crudo las muestras de formaciones (Roca almacén), tomadas de un pozo en período o proceso de perforación.
- Comprobar la acción de la Acetona en la disolución del petróleo contenido en muestras de ripios de perforación y la miscibilidad de esta con el agua.

#### **3.7.2. Fundamento teórico.**

**Acetona.** Llamada también Dimetilacetona o Propanona, se encuentra en cantidad muy pequeña en el aire espirado, en la sangre y en la orina normal. También se encuentra en el destilado acuoso de las hojas de coca de Java. Se produce destilando sustancias orgánicas como el azúcar; ácido cítrico, goma,



etc., mezcladas con cal cáustica.

La Acetona es un líquido incoloro, muy movible, de olor fuerte agradable característico, que recuerda el del éter acético, de sabor urente, parecido al de la menta; su peso específico es de 0,792 a 20°C, es miscible con el agua, el alcohol y el éter, hierve a 56°C y se inflama fácilmente. Disuelve como el alcohol muchas sustancias insolubles en el agua, como grasas, resinas, alcanfor, materias colorantes, etc.

Con los bisulfitos alcalinos forma combinaciones cristalizables que se desdoblán por la acción de la soda cáustica. Los ácidos minerales, como el sulfúrico y el clorhídrico, el cloruro de aluminio, los álcalis cáusticos, cal cáustica, etc., calentados con acetona, dan productos de condensación por unión de una o varias moléculas de acetona con eliminación de agua. La acetona fue usada como medicina por los alquimistas con el nombre de espíritu secreto de vino. Tiene propiedades anestésicas.

**Separación del petróleo (cristalización).** El método de cristalización se emplea para separar de las mezclas un componente determinado o un grupo de componentes cuyos puntos de ebullición son máximos.

Además de la cristalización ordinaria, en la industria y durante el análisis de las fracciones de petróleo se aplica la cristalización extractiva, operación en la cual se utilizan disolventes. El disolvente cumple varias funciones, entre las cuales esta: extrae componentes con bajo punto de fusión de la mezcla eutéctica, asegurar la existencia de la fase líquida a las temperaturas inferiores a la cristalización y disminuir la viscosidad de la solución madre, lo que permite eliminar de un modo más completo la fase líquida.



La cristalización extractiva se emplea para desparafinar las fracciones de aceites lubricantes. La eliminación de los alcanos normales cuya temperatura de cristalización es relativamente alta es necesaria para asegurar la buena fluencia de los aceites y evitar la posibilidad de que precipite la parafina sólida. El disolvente empleado en esta operación debe ser lo suficientemente selectivo, es decir, su capacidad de disolución debe ser baja con respecto a los alcanos, y alta con respecto a los otros componentes de la fracción de aceites lubricantes. Como disolventes se utilizan mezclas de cetonas (acetona, metiletilcetona) con arenos, por ejemplo, con tolueno, cuya adición aumenta la solubilidad de los componentes de aceites lubricantes y el rendimiento de aceite depurado.

La cristalización extractiva puede aprovecharse también con fines analíticos para la separación de cicloalcanos de diferente estructura, en la separación y depuración de los arenos, así como la separación de mezclas isoparafino-nafténicas y de alcanos y cicloalcanos ramificados.

### **3.7.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.**

- Rípios de perforación libres de material lignítico o carbono.
- Mortero
- Probeta plástica de 20 ml, graduada
- 20 ml de Acetona
- Papel filtro ordinario
- Embudo (adecuado para sostener el papel filtro y dejar fluir el agua que se le debe adicionar a la muestra.





**Figura 22.** Fotografía de los Implementos utilizados para la prueba de acetona – agua.

#### **3.7.4. Procedimiento.**

- Si se sospecha la presencia de hidrocarburos y que no existe material lignítico o carbono en los rípios de perforación se debe llevar a cabo esta prueba.
- Observe cuidadosamente la muestra. Registre sus características principales.
- Con la ayuda del mortero, pulverice muy bien una pequeña muestra de rípios.
- Coloque en la probeta una muestra de rípio pulverizada hasta aproximadamente 9 ml



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- Añada acetona hasta aproximadamente 18 ml
- Coloque el tapón a la probeta y agite vigorosamente.
- Coloque el papel filtro sobre el embudo y con cuidado pase a través de éste el contenido de la probeta.
- Añada 2 ml de acetona a la probeta y enjuague para expulsar residuos de ripios que pueden haber quedado allí. Pase a través del embudo.
- Añada ahora agua fresca, coloque un chorro suave sobre el papel filtro de manera uniforme. Observe.
- Describa las principales características adquiridas por la muestra sobre el papel filtro, posteriores a la adición de agua.

### **3.7.5. Reporte.**

Cuando hay hidrocarburos presentes, éstos forman una dispersión lechosa, debido a su insolubilidad en el agua, en tanto que el agua y la Acetona son completamente miscibles.

Reporte las características de los ripios antes de llevar a cabo la prueba, tales como:

- Tipo de roca
- Color



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- Olor
- Textura
- Tamaño de grano

Reporte la presencia o no de hidrocarburos en los ripios.

Al agregar la Acetona a los ripios o muestras, se observará que el crudo (sí lo hay presente), se recogerá hacia el centro. Determine:

- Color
- Intensidad o calidad
- Forma en que se recoge el crudo de la muestra
- Velocidad a la que se recoge

Recuerde que a mayor velocidad e intensidad de la reacción de la Acetona con el crudo, mayor es la cantidad y calidad del petróleo de la muestra de ripios.

Reporte las características predominantes de la muestra en el papel filtro.

### **3.8. PRUEBA DE AGUA CALIENTE**

#### **3.8.1. Objetivos.**

- Detectar la presencia de hidrocarburos en ripios de perforación, a través de la



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

mezcla con agua, partiendo del hecho de que los dos fluidos son inmiscibles y de diferente densidad, como principales características de diferenciación.

- Observar por medio de una Caja de Fluorescencia, la cantidad de petróleo liberado por tales ripios y comprobar dicha fluorescencia en los hidrocarburos.
- Calentar agua y someter a contacto las muestras de ripios de perforación impregnados o “envenenados” de crudo con esta a diferentes temperaturas.

### **3.8.2. Fundamento teórico.**

La fluorescencia constituye un proceso de emisión de importancia analítica, en el que los átomos o moléculas se excitan por la absorción de un haz de radiación electromagnética. Cuando las especies excitadas toman el estado fundamental, tiene lugar una emisión de radiación.

Pueden hallarse ejemplos de comportamiento fluorescente en sistemas químicos simples y complejos, en los estados gaseosos, líquido y sólido. El tipo más sencillo de fluorescencia es el que presentan los vapores atómicos diluidos.

Muchos sistemas químicos son fotoluminiscentes, es decir, pueden ser excitados por radiación electromagnética y en consecuencia vuelven a emitir radiación de la misma longitud de onda o de una longitud de onda mayor.

La medición de la intensidad de la fluorescencia permite cuantificar vestigios de muchas especies inorgánicas y orgánicas; existen muchos métodos fluorométricos comunes, particularmente para sistemas biológicos.

El fenómeno de fluorescencia se limita a un número relativamente pequeño, de sistemas que contienen características estructurales y ambientales que hacen que la velocidad de las reacciones de relajación o desactivación sin radiación se



realiza hasta un punto en el que la reacción de emisión es suficientemente completa para permitir una interpretación cuantitativa de su velocidad.

### **Variables que afectan la fluorescencia.**

- La estructura molecular y el medio ambiente químico influyen en la determinación de si una sustancia será fluorescente o no y también en determinar la intensidad de cualquier emisión que se produce.
- Rendimiento cuántico o eficiencia cuántica, es simplemente la razón entre el número de moléculas que producen fluorescencia y el número total de moléculas excitadas.
- Fluorescencia y estructura: el comportamiento fluorescente más intenso y más útil, se halla en los compuestos que contienen grupos funcionales aromáticos con niveles de transición de baja energía. Los compuestos que contienen estructuras con carbonatos alifáticos y alicíclicos o estructuras con enlaces dobles altamente conjugados, pueden exhibir también fluorescencia, pero el número de estos es reducido comparado con el de los sistemas aromáticos.

La mayoría de los hidrocarburos aromáticos no sustituidos producen fluorescencia en solución, y su eficiencia cuántica aumenta generalmente con el número de anillos y su grado de condensación. Los compuestos heterocíclicos más simples, como piridina, furano, tiofeno y pirrol, no muestran comportamiento fluorescente. Aquellos con estructura de anillos fusionados, si la exhiben.

- Efectos de la temperatura y el disolvente: La eficiencia cuántica de muchas moléculas decrece con la elevación de la temperatura. Una reducción de la viscosidad del disolvente aumenta también la probabilidad de conversión



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

externa. La fluorescencia de un compuesto se reduce por disolventes que contienen átomos pesados u otros solutos con tales átomos en sus estructuras.

- Efecto del pH: La fluorescencia de un compuesto aromático con substituyentes ácidos o básicos en el anillo depende generalmente del pH. La longitud de onda y la intensidad de la emisión es probable que sean diferentes en las formas ionizada y no ionizada del compuesto.
- Efecto del oxígeno disuelto: La presencia de oxígeno disuelto a menudo reduce la intensidad de emisión de una solución fluorescente, este efecto puede ser el resultado de una oxidación de 1a especie fluorescente inducida fotoquímicamente.

**Análisis de fluorescencia.**

La fluorescencia cuantitativa se ha desarrollado hacia la eliminación de la naturaleza subjetiva de las técnicas convencionales que han sido usadas virtualmente sin ser cambiadas en análisis de pozos y registros de lodo.

El color y la intensidad de la fluorescencia de hidrocarburos han sido usados para rios de perforación expuestos a la luz ultravioleta. Esta produce excitación en las moléculas del hidrocarburo, las cuales emiten fluorescencia, que puede ser presenciada a simple vista.

Se puede obtener información invaluable con esta prueba, y con una prueba adicional de solvente y conocer tipo de fluido, densidad del crudo, agua contenida probablemente sobre el crudo, permeabilidad y movilidad del crudo. Esta información ha sido usada sucesivamente por muchos años para identificar y evaluar hidrocarburos contenidos en las formaciones y se ha



comparado con otros datos tales como análisis de gas por el método radiométrico.

### **Fluorescencia convencional.**

Los registros de lodo convencionales en el pozo son usados también, como apoyo para esta prueba, junto con los análisis de fluorescencia, para confirmar tipo de hidrocarburos y presencia de agua, y el análisis de rípos determina manchas de petróleo y el grado de porosidad provista por el reservorio evaluado.

La presencia de fluorescencia es una indicación de que están presentes hidrocarburos, pero no es necesariamente, una indicación del potencial comercial o de la producción. Petróleo y gas residual o petróleo en agua en una formación también producen fluorescencia.

### **Color y brillo de la fluorescencia.**

El color facilita una aproximación para la determinación de la gravedad del crudo considerando que el brillo (reducción o aumento) puede ser una indicación de la presencia de agua. Un menor brillo, o alta fluorescencia, puede indicar agua en la formación. Si por ejemplo, un brillo fluorescente azulado ha sido observado a través de una sección del yacimiento, entonces la intensidad es baja, es probable que el pozo haya pasado a través del contacto agua - petróleo.

En términos del color de la fluorescencia, una aproximación puede ser hecha a la gravedad del crudo. La baja gravedad API (alta densidad), hace oscura y menos intensa la fluorescencia. Una gravedad muy alta entre el crudo y presencia de condensados, hacen que no haya fluorescencia.

Generalmente, la fluorescencia observada da los siguientes resultados en cuanto





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

al valor de la gravedad:

**PETROLEO** Fluorescencia brillante, rango de colores para la gravedad API:

Gravedad muy baja	Rojo castaño, baja intensidad, generalmente no visible
Gravedad API baja	Rojo castaño a naranja castaño, no es siempre visible.
Gravedad API media	Dorado, amarillo a crema, verde
Gravedad API alta	Azul claro, azul; algunas veces no es visible.
<b>CONDENSADO</b>	Fluorescencia brillante (si es visible), a menudo manchada, violeta.

**Tabla 8** rango de colores para la gravedad API en fluorescencia

### 3.8.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.

- Beaker de vidrio de 1000 cc de capacidad, graduado
- Plato o sistema de calentamiento (preferiblemente con termostato)
- Beaker de vidrio pyrex o recipiente para calentar con capacidad de aproximadamente 800 cc
- Suficiente cantidad de muestras de recortes de perforación de Roca Almacén (se deben tener al menos una cantidad equivalente a 1500 cc)
- Crudo con características tales que permitan su observación por medio de luz UV
- Agua fresca (del grifo, pero con características de limpieza, es decir que no esté contaminada, por ejemplo que no se encuentre turbia)
- Caja de fluorescencia



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- Termómetro de escala 0 a 360°C

#### **3.8.4. Procedimiento.**

- Tome una muestra de ripios de perforación e imprégnelas o “envenénelas” de crudo.
- En un Beaker o recipiente de calentamiento, agregue aproximadamente 800 cc de agua del grifo y proceda a calentar hasta una temperatura de  $\pm 140^{\circ}\text{F}$  ( $60^{\circ}\text{C}$ ).
- Tome un Beaker de 1000 cc y coloque las muestras de ripios o recortes hasta la marca de los 500 CC.
- Vierta lentamente el agua caliente a la temperatura indicada hasta que esta cubra las muestras de recortes (1 cm por encima de la superficie de los recortes)
- Rápidamente lleve el Beaker a la caja de fluorescencia y observe cuidadosamente.
- Repita los pasos 1 al 5 del procedimiento, variando la temperatura del agua caliente a  $\pm 170^{\circ}\text{F}$  ( $77^{\circ}\text{C}$ ) y  $\pm 194^{\circ}\text{F}$  ( $90^{\circ}\text{C}$ ).

#### **3.8.5. Reporte.**

Observe bajo luz Ultravioleta la película de aceite formada debido a la adición del agua caliente.



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

Anote o registre detalladamente las características de la fluorescencia observada en la caja de luz ultravioleta: intensidad, brillo, color, etc.

Registre la cantidad de petróleo liberado por la acción del agua.

Compare los resultados u observaciones en la caja de luz ultravioleta de acuerdo a la figura 12 y registre el porcentaje de crudo liberado y que es una indicación de cuán impregnada estaba la roca de la cual provienen los rípios. Además compare los resultados de las tres pruebas y discuta el efecto de la temperatura del agua en la separación del crudo de los rípios.



**Figura 23.** Contenido de crudo en los rípios de perforación examinados por el método de agua caliente.

### **3.9. PRUEBA DE IRRIDISCENCIA**

#### **3.9.1. Objetivos.**

- Observar el fenómeno de irridiscencia en varios tipos de hidrocarburos y óxidos de hierro.
- Diferenciar la irridiscencia de los hidrocarburos y óxidos de hierro.
- Apreciar los diferentes colores de la irridiscencia de hidrocarburos y óxidos de hierro.



- Identificar la clase de hidrocarburos a la cual pertenece una irridiscencia en particular.

### **3.9.2. Fundamento teórico.**

En la práctica, con el fin de dar una característica rápida de la composición de los productos derivados del petróleo y tener un control de calidad de los derivados durante su producción, con frecuencia se hace uso de las propiedades ópticas.

En general el coeficiente de refracción, la refracción molecular y la dispersión son las propiedades que más se usan, algunos hidrocarburos y sus derivados se encuentran consignados con estas propiedades en muchas GOST (normas estatales de la URSS).

**Refracción:** Se dice que hay refracción cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro, ellos cambian su velocidad y dirección. La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción para el medio dado es una magnitud constante que no depende del ángulo de incidencia:

$$\frac{\text{sen } R}{\text{sen } I} = N = \text{const}$$

Donde:

R = Angulo de incidencia

I = Angulo de refracción

N = Coeficiente (índice) de refracción

Este índice depende de la temperatura a la cual se realiza la determinación y de la longitud de la onda de la luz.

El ángulo de incidencia puede llegar a una posición tal en que el ángulo de



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

refracción será igual a 90° y su seno la unidad, para este caso el rayo se deslizará por la superficie de separación de los medios hablando entonces de una reflexión interna.

Los instrumentos para determinar el índice de refracción se denominan refractómetros.

Se tiene conocimiento que el índice de refracción es tanto menor cuanto mayor sea el contenido relativo de hidrogeno en los hidrocarburos, si el contenido de átomos de carbono y de hidrogeno en la molécula es el mismo, el índice de refracción de los compuestos cíclicos es mayor que el de los alifáticos.

Los índices de refracción más grandes los tienen los árenos, y los menores los alcanos, los cicloalcanos ocupan una posición intermedia.

**Refracción molecular:** El producto de la refracción específica por la masa molecular se denomina refracción molecular, entonces:

$$RM = (N_D - 1) \frac{M}{\rho} = (N_D - 1)V \quad (\text{Formula de Gladstone - Dace})$$

$$RM = \frac{(N_D^2 - 1)}{(N_D^2 + 2)} * \frac{M}{\rho} = \frac{(N_D^2 - 1)}{(N_D^2 + 2)} V \quad (\text{Formula de Lorenz - Lorenz})$$

Donde:

$N_D$  = Índice de refracción

M = Masa molecular

V = Volumen molecular de la sustancia a investigar



La refracción molecular es igual a la suma de las refracciones atómicas.

**Dispersión:** Anteriormente se tenía el concepto que la luz tenía solo una longitud de onda, o como suele decirse, que era luz monocromática “de un solo color”, sin embargo, la mayor parte de los haces son policromaticos, es decir, que están formados por una mezcla de ondas cuyas longitudes comprenden el espectro visible, la descomposición de esta luz monocromática se debe a que el índice de refracción del medio óptico atravesado es diferente para cada color que lo compone.

**Refracción atmosférica:** La velocidad de la luz en todas las sustancias materiales es menor que su velocidad en el vacío, y en un gas la velocidad disminuye cuando la densidad aumenta. Esta densidad en la atmósfera es máxima en la superficie de la tierra y disminuye con la altura, como resultado de esto, los rayos luminosos provenientes del sol o de las estrellas son desviados continuamente y siguen.

La desviación de la luz a causa de la refracción atmosférica disminuye al aumentar el ángulo de elevación de la luz sobre la horizontal, anulándose cuando la luz incide normalmente sobre la superficie terrestre, puesto que los rayos que provienen de la parte superior del disco solar inciden con un ángulo ligeramente mayor que los procedentes de la parte inferior, son refractados en menor grado. Esto explica la apariencia ligeramente aplastada del sol en la salida y en la puesta por ser elevada la porción inferior más que la superior.

**Arcoíris:** El arcoíris es producido por los efectos combinados de la refracción, dispersión y reflexión total de la luz del sol por las gotas de lluvia. Cuando las condiciones para su observación son favorables, pueden verse dos arcos: el



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

interior, llamado arco primario, es más brillante, es rojo al exterior y violeta al interior, mientras que en el arco exterior es más débil y los colores están invertidos.

**Diferencia refractométrica:** Es una derivada del índice de refracción, dicha característica representa la diferencia entre los valores del índice de refracción y de la semidensidad de la sustancia (esta magnitud es constante para los hidrocarburos de una misma serie homóloga).

Para los alcanos la diferencia refractométrica es igual a 1,046, para los alquenos 1,052, para los cicloalcanos 1,040 y para los árenos 1,063. Para los árenos y los cicloalcanos son sustituyentes alquílicos largos, la diferencia refractométrica tiene valores intermedios para los alcanos y los correspondientes cicloalcanos.

**Irridiscencia:** Puede estar relacionada con petróleo de cualquier color o gravedad, pero es más probable que sea observable para los más livianos, más específicamente los incoloros, petróleos donde las tinturas de aceite pueden estar ausentes, la irridiscencia sin coloración de petróleo o tinturas, puede indicar la presencia de petróleos livianos o condensados.

### **3.9.3. Equipos, materiales y reactivos a utilizar.**

- Cubeta de prueba de irridiscencia.
- Linterna
- Regla
- Probeta de 50 ml
- Beaker de 100 ml





**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- Muestra a evaluar

#### **3.9.4. Procedimiento.**

- Vierta 100 ml de agua en la cubeta de prueba de iridiscencia de tal modo que cubra totalmente el material sedimentario sobre un nivel de 2 cm aproximadamente.
- A continuación proceda a hacer el mismo paso en la sección B de la cubeta.
- Teniendo ya esto, vierta la muestra a examinar utilizando la probeta de 50 ml sobre la cubeta de prueba de iridiscencia.
- Logrando lo anterior, use la linterna con el fin de hacer incidir un rayo de luz monocromática sobre la cubeta y tome nota de lo que observa:
  - ✓ ¿Aparecen destellos de colores?
  - ✓ ¿Se pueden describir los colores?
  - ✓ ¿Permanecen invariables los colores?
  - ✓ ¿Si no aparecen colores, que observa?
  - ✓ Explique por qué ocurre esto.
- Tome varios tipos de muestra de 15, 25, 35, 50 ml y haga el mismo análisis comparando con la primera muestra “de referencia”, tome nota de los colores y asócielos con los colores en que se descompone la luz monocromática.
- A manera de ejercicio, haga incidir el haz de luz sobre la cubeta con ángulos de 90, 60, 45 y observe.
  - ✓ ¿Sucede lo mismo?



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

✓ ¿A qué se debe esto?

- Una vez terminado esto, vierta el contenido de la cubeta de prueba de irridiscencia a una cubeta de desechos y limpie adecuadamente la cubeta eliminando los rastros de cada muestra. Este paso se deberá hacer cada vez que se corra una prueba.

**3.9.5. Reporte.**

Tome los datos obtenidos y consígnelos en una tabla comparativa, dando como resultado si infiere o no el tipo de hidrocarburos y si intervienen las fuerzas de cohesión en este fenómeno (refracción molecular).

Compare los datos obtenidos en la sección A con los de la sección B y diga cuál es más irridiscente entre las pruebas corridas y explique por qué.



## **4. CONCLUSIONES**

4.1. El éxito en una perforación y por ende el éxito de un Ingeniero de Petróleos en el campo laboral puede depender del buen examen de una muestra de rípios de perforación, es por eso que debemos prepararnos cada día más, para ser competitivos en el saturado mercado de la ingeniería de petróleos.

4.2. En el mundo del Petróleo toda operación que se vaya a realizar en el campo laboral, anteriormente debe haber sido elaborada o simulada con el fin de disminuir al máximo el porcentaje de riesgo que podamos presentar al momento de llevar a cabo la operación, puesto que en la industria del Petróleo un error de operación puede llegar a costar varios millones que llegan a ser totalmente perdidos en la mayoría de los casos.

4.3. Este trabajo es de suma importancia desde el punto de vista académico y laboral de todos los estudiantes de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana, toda vez que le abre las puertas a un nuevo conocimiento y le brinda esa experiencia adquirida desde la Universidad para llevarla a cabo en la Industria Petrolera.

4.4 De este trabajo tenemos muchas cosas por rescatar, como el fiel apoyo que le brindaron algunos estudiantes a una noble causa como lo era la implementación de pruebas de laboratorio en la Geología del Petróleo, y que al final fueron de gran ayuda para lograr culminar este trabajo.

4.5 El presente trabajo debe dejar un sentimiento de visión entre los estudiantes, con el fin de que ellos retomen esta idea y la mejoren cada vez más para el engrandecimiento del laboratorio de Geología de la Universidad Surcolombiana y



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

para el mejoramiento en los conocimientos recibidos durante su paso académico por este claustro estudiantil.

4.6 Las pruebas que fueron elaboradas están para su completa realización, lo que no ocurrió con algunas otras que no se pudieron realizar por su elevado costo, el difícil acceso a la información requerida y porque no eran de la mayor relevancia para la formación como Ingeniero de Petróleos.



## **BIBLIOGRAFIA**

- CRAFT and HAWKINS. Applied Petroleum Reservoir Engineering. Prentice Hall. 1991.
- GUILLEMOT, J. Geología del Petróleo. 2 ed. Madrid. Paraninfo 1982.
- HAWKER, David. Hydrocarbon Evaluation and Interpretation. Datalog. Calgary, Alberta, Canada 1997.
- HERRON, M. M. Future applications of elemental concentrations from geophysical logging: Nuclear Geophysics. 1987
- HERRON, M. M. Mineralogy from geochemical well logging: Clays and Clay Minerals. 1986
- HERRON, M. M. and GRAU, J. A. Clay and framework mineralogy, cation exchange capacity, matrix density, and porosity from geochemical well logging in Kern Country. California. 1987
- HYNE, Norman J. Geology for petroleum exploration, drilling and production. New York. McGraw Hill Book Company. 1984
- KOERTH, John D. Identification of Cutting Samples. Core Laboratories 1979. Dallas Texas.
- PIRSON, Sylvainj. Geologic well log Analysis. 3 ed. Houston. G.P.C. 1983



**CONSTRUCCION Y MONTAJE DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LA ASIGNATURA  
SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO DEL PROGRAMA DE INGENIERIA DE PETROLEOS**

- PROSKURIAKOV, V. A. and DRABKIN, A. E. Química del petróleo y gas. Moscú 1981. Editorial Mir Moscú.
- VAES, Juan. Ensayos no destructivos en materiales procedentes de ripios de perforación. CNEA (Comisión Nacional de Ingeniería Atómica)
- VARGAS, Roberto. Fundamentos de Geología del Petróleo. Neiva 1999.
- Manual de pruebas de laboratorio para ripios de perforación. Geoservices
- Manual de pruebas de laboratorio para ripios de perforación. Schlumberger Geoquest

# ANEXO A



## Tabla de contenido

CAPÍTULO 1 .....	8
PROCESOS SEDIMENTARIOS.....	8
I.1.  METEORIZACIÓN DE LAS ROCAS .....	8
1.1.1  Agentes o Factores Que Inciden en La Meteorización.....	9
1.1.2  Tipos de meteorización .....	11
I.2.  EROSION .....	21
I.3.  PROCEDENCIA, TRANSPORTE Y DEPOSITACIÓN DE LOS SEDIMENTOS.....	22
1.3.1  Origen De Los Sedimentos .....	22
1.3.2  Volumen Total De Los Sedimentos .....	22
1.3.3  Procedencia De Los Sedimentos .....	22
1.3.4  Ablación Y Transporte .....	23
1.3.5  Ley De Stokes .....	24
1.3.6  Ley De Impacto.....	26
I.4.  SEDIMENTACIÓN O DEPOSITACIÓN .....	27
1.4.1  Depositación De Sedimentos No Clásticos.....	28
1.4.2  Depositación De Sedimentos Clásticos: .....	32
I.5.  LITIFICACIÓN Y DIAGENESIS .....	36
1.5.1  Litificación .....	36
1.5.2  Diagénesis.....	38
I.6.  OROGÉNESIS.....	50
1.6.1  Tipos De Orogénesis.....	51
1.6.2  OROGÉNESIS ACTUALMENTE .....	54
1.6.3  Orogénesis En La Historia De La Tierra .....	54
1.6.4  Aplicación De La Orogénesis A La Ingeniería De Petróleos.....	57
1.6.5  CICLOS OROGÉNICOS DE FORMACIÓN DE CORDILLERAS .....	58
1.6.6  Teorías Orogénicas:.....	59
I.7.  EPIROGÉNESIS .....	59
1.7.1  Isostacia.....	60
1.7.2  Hipótesis De Pratt.....	60
1.7.3  Hipótesis De Airly .....	61

Capítulo 2 .....	63
COMPONENTES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS .....	63
2.1    COMPONENTES ALÓTIGENOS (Terrígenos).....	63
2.1.1    Minerales detríticos: .....	63
2.1.2    Procesos de diagénesis.....	64
2.2    FRAGMENTOS DE ROCAS .....	65
2.2.1    COMPONENTES AUTÍGENOS .....	65
Capítulo 3 .....	67
PROPIEDADES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS .....	67
3.1    TIPO DE ORIGEN .....	67
3.2    ROCAS CLÁSTICAS O DETRÍTICAS .....	67
3.3    ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN ARENAS Y ARENISCAS .....	68
3.3.1    Proceso:.....	68
3.3.2    Análisis Estadístico .....	69
3.3.3    Histograma de frecuencias.....	70
3.3.4    Curva de frecuencias .....	70
3.3.5    Oblicuidad .....	70
3.3.6    Curva acumulativa de frecuencias .....	70
Capítulo 4 .....	72
CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLASTICAS .....	72
4.1    CLASIFICACION SEGÚN KRUMBEIN Y SLOSS.....	73
4.2    CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN DOTT 1964.....	74
4.2.1    Reino de las Arenitas.....	74
4.2.2    Reino de las vacas. Con matriz entre el 10 y el 70 % .....	74
4.2.3    Reino de los lodos .....	75
4.3    DESCRIPCION DE LAS ROCAS CLASTICAS.....	76
4.3.1    RUDITAS.....	76
4.3.2    ARENISCAS.....	77
4.3.3    MINERALES DE ARCILLA .....	79
4.3.4    PELITAS .....	81
4.3.5    ARCILLAS.....	83

CAPÍTULO 5 .....	97
ROCAS CARBONATADAS .....	97
5.1 GENERALIDADES.....	97
5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS CARBONATADAS: .....	97
5.2.1 CLASIFICACIÓN TEXTURAL Y PETROGRÁFICA DE LAS CALIZAS.....	97
5.2.2 CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LAS CALIZAS:.....	99
5.3 ROCAS DE FORMACION ESPECIAL .....	101
5.3.1 GENERALIDADES.....	101
5.4 EVAPORITAS .....	101
5.4.1 SALINIDAD.....	102
5.4.2 ORDEN DE PRECIPITACION DE LAS SALES MINERALES( Clarke 1924 ).....	102
5.4.3 PALEONTOLOGIA.....	103
5.4.4 PETROGRAFIA.....	103
5.4.5 CUENCA EVAPORITICA.....	105
5.4.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	105
5.4.7 SELLOS DE LOS YACIMIENTOS: .....	105
CAPÍTULO 6 .....	106
GEOLOGIA DELPETROLEO .....	106
6.1 ROCA GENERADORA.....	107
6.2 TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA A PETRÓLEO. ....	108
6.3 Diagénesis.....	109
6.4 TIPOS DE KEROGENO.....	109
6.4.1 kerogeno Tipo I.....	110
6.4.2 KerógenoTipo II .....	110
6.4.3 Kerogeno tipo III.....	110
6.4.4 Kerogeno Tipo IV .....	111
6.5 POTENCIAL GENERADOR DE HIDROCARBUROS PIRÓLISIS (ROCK-EVAL). ....	111
6.6 ROCAS ALMACEN .....	112
6.6.1 Porosidad.....	112
6.6.2 Permeabilidad .....	113
6.7 TRAMPAS DE HIDROCARBUROS.....	114

6.8 Domos de sal .....	119
6.8.1 Exploración de los domos de sal .....	119
6.9 Formación de un yacimiento de petróleo .....	120
6.10 Origen .....	121
6.11 Expulsión .....	121
6.12 Migración .....	122
6.13 Acumulación.....	123
6.14 Roca sello .....	123
6.15 EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS.....	124

## **INTRODUCCIÓN**

### **SEDIMENTOLOGIA Y GEOLOGIA DEL PETROLEO**

La Petrología sedimentaria es la ciencia que se encarga del estudio de los procesos que conllevan a la formación de las rocas sedimentarias como también al estudio textural y composicional de éstas para llegar a una clasificación.

El conocimiento de las características físicas y químicas de las rocas sedimentarias y de los procesos bajo los cuales se formaron se aplica directamente en el campo teórico y científico del área de prospección de hidrocarburos. Dicho conocimiento garantiza un eficaz desempeño profesional del Ingeniero de Petróleos.

### **SEDIMENTOLOGIA**

Es la rama de la geología que se encarga de estudiar los procesos de:

- Formación
- Transporte
- Depositación

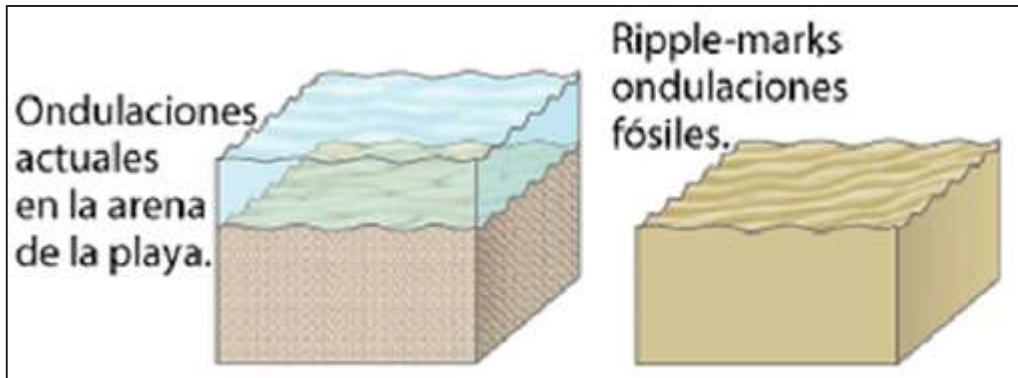
Del material que se acumula como sedimento en los ambientes continentales y marinos y de transición y que posteriormente forman rocas sedimentarias.

El conocimiento de las características físicas y químicas de las rocas sedimentarias y de los procesos bajo los cuales se formaron se aplica directamente en el campo teórico y científico del área de prospección de hidrocarburos. Dicho conocimiento garantiza un eficaz desempeño profesional del Ingeniero de Petróleos.

La sedimentología está estrechamente ligada a la estratigrafía:

- La estratigrafía describe los estratos y la Sedimentología interpreta los procesos y ambientes de formación de las rocas sedimentarias.
- La sedimentología estudia el por qué un sedimento está donde está y qué procesos lo llevaron hasta allí.

## PRINCIPIO DEL ACTUALISMO O UNIFORMISMO



Este principio fue formulado por James Hutton en 1778. Postuló que en el pasado debieron actuar los mismos mecanismos geológicos que lo hacen en el presente.

**“El presente es la clave del pasado”**

La sedimentología consiste en interpretar y reconstruye los ambientes sedimentarios del pasado observando los procesos que ocurren en el presente.

# CAPÍTULO 1

## PROCESOS SEDIMENTARIOS

Los procesos que conllevan a la formación de una roca sedimentaria son:

- Meteorización
- Erosión
- Transporte
- Depositación
- Litificación
- Diagénesis
- Orogénesis
- Epirogénesis

### 1.1. METEORIZACIÓN DE LAS ROCAS

La parte exterior de la corteza terrestre, formada por diferentes tipos rocosos que en profundidad son sólidos, frescos y resistentes, en la superficie generalmente se encuentran agrietados, muy fragmentados y descompuestos, formando generalmente fragmentos rocosos de diferentes tamaños que componen el llamado regolito o suelo.

La atmósfera cargada de humedad penetra en las fisuras y poros del manto rocoso y esto origina cambios que conducen a la formación de la mayor parte del regolito o suelo. Las rocas próximas a la superficie terrestre están sujetas a condiciones que finalmente alteran su forma física y su composición química. Los factores mecánicos químicos y biológicos que producen la alteración y destrucción de las rocas se conocen como Meteorización.

La Meteorización es la desintegración y descomposición de rocas y minerales en la superficie de la Tierra como resultado de acción física y química. La meteorización produce fragmentos de rocas y minerales, así como otros productos residuales y solubles, que pueden ser transportados y depositados a otros niveles, lo que deja nuevas superficies expuestas a la meteorización. Los cambios son mayormente in situ y los movimientos de materiales meteorizados genera la erosión, debilitando la roca y haciéndola más susceptible a procesos gravitacionales y remoción por otros agentes de erosión.

La Meteorización se puede presentar en dos fases:

⇒ **DESINTEGRACIÓN:** Por efectos físicos se manifiesta la disgregación de la roca.

⇒ **PUTREFACCIÓN:** Por efectos químicos manifiesta la descomposición mineralógica.



### 1.1.1 Agentes o Factores Que Inciden en La Meteorización

El modelado del relieve se produce, en gran medida, por la acción de la meteorización sobre los materiales preexistentes. El modelado, por tanto, vendrá condicionado por los mismos factores que controlan la meteorización. De estos factores los más importantes son el tipo de materiales (litología) y el clima (temperatura, humedad vientos y radiación solar), roca madre, pero existen otros factores que contribuyen a exagerar o suavizar los efectos que marcan los factores básicos estos son la variable estructura y la variable tiempo.



**Fotografía 1** Meteorización Física y Química en rocas volcánicas de la formación saldaña(Paicol –Huila)

#### 1.1.1.1 Litología

Partiendo del hecho que el relieve es el conjunto de formas que adoptan los materiales y rocas de la corteza terrestre, se podría decir que este factor es el más importante que influye en el modelado del relieve, debido precisamente que es allí donde se producen todos los procesos de la meteorización, aunque para que sé de la meteorización es importante contar con otras variables como temperatura, agua, viento para que se produzca las diferentes fragmentaciones, descomposiciones de la roca, todos estos agentes son los encargados de provocar los relieves que podemos observar hoy día. (Véase fotografía 1).

### **1.1.1.2 Clima**

El clima de la Tierra ha cambiado muchas veces a lo largo del tiempo geológico. Esta variación es debida principalmente a cambios naturales que se han producido en el equilibrio energético entre la energía solar entrante y la energía reemitida por la Tierra hacia el espacio.

El planeta se está recalentando y el clima está cambiando. El aumento exponencial del calentamiento global está provocando cambios extraordinarios en el clima. Los trastornos del Fenómeno del Niño y de La Niña, sequías, inundaciones, olas de calor, derrumbes, avalanchas son cada vez más fuertes y más frecuentes. Se presentan condiciones climáticas extremas que no hemos visto nunca antes, aumentando las lluvias en algunas regiones del continente y ocasionando severas sequías en otras, teniendo efectos negativos en la agricultura, la silvicultura y la pesca en todas las regiones.

Entre las causas naturales de esas variaciones se pueden mencionar: los cambios en la órbita de traslación de la Tierra, los cambios en el ángulo del eje de rotación de la Tierra con respecto al plano sobre el que se traslada, las erupciones volcánicas, y las variaciones en la composición de la atmósfera. Otras causas menores pueden ser las radiaciones excesivas del sol generada por cambios en el comportamiento de este, obstrucción en la salida de los rayos infrarrojos debido a la capa generada por la excesiva emisión de gases por combustión de orgánicos e inorgánicos.

Una apreciación general con base en datos científicos considera que en el 95% del calentamiento global es causado por procesos naturales y un 5% por causas antrópicas.

Por esto a lo largo de todo el tiempo geológico las rocas han estado expuestas a estos cambios climáticos de periodos glaciales e interglaciares produciendo muchos tipos de meteorización física y acelerando otros de meteorización química.

### **1.1.1.3 Tiempo**

El tiempo que un relieve está sometido a los agentes erosivos y a la meteorización hace que lo consideremos más maduro o evolucionado o con formas más "juveniles". El tiempo transcurrido desde su formación habrá permitido que los agentes geológicos externos hayan modelado a través de las crisis climáticas los relieves surgidos. Por tanto, es más probable que las estructuras antiguas hayan sufrido más fases de reexistencia y, por tanto, su relieve sea más suave, que las estructuras surgidas en épocas geológicas más recientes.

### **1.1.1.4 Roca Madre**

Diferencias en resistencia de roca madre - controladas por resistencia de sus minerales, ej: cuarzo en arenisca y cuarcita.

Resistencia al ambiente local, ej. calizas y mármol (mayormente calcita)-solubles en climas húmedos (con aguas carbonatadas), muy resistentes en áridos

Rasgos (ej: estratificación, diaclasamiento, porosidad) afectan: permiten percolación de H<sub>2</sub>O a través de roca

Importancia de roca madre disminuye a medida que el residuo de meteorización cambia a un producto (suelo).

### **1.1.2 Tipos de meteorización**

“La meteorización es un fenómeno de amplio espectro cuyo estudio reviste una importancia fundamental tanto para la geomorfología y la pedología, como para otras disciplinas afines. En general, suele definirse la meteorización como el resquebrajamiento y alteración de los materiales que se encuentran cerca de la superficie terrestre, y a su conversión a productos que están más en equilibrio con las nuevas condiciones fisicoquímicas a que han quedado expuestos dichos materiales (Ollier, 1977)”. Dicho de otra manera LA METEORIZACION implica la alteración física y química de las rocas y minerales que se encuentran en, o cerca de la superficie terrestre, en razón de que las condiciones de temperatura, presiones, humedad, aireación, biológicas, etc., que prevalecen en la superficie, son muy diferentes a las del medio en que las rocas se formaron. Así, las rocas y sus minerales componentes se alteran y transforman originando compuestos o formas de mayor estabilidad bajo las condiciones ambientales que rigen en la interface atmósfera- litósfera.

Se reconocen y definen tres (3) tipos principales de meteorización:

**Meteorización Física:** que se define como el conjunto de fenómenos en virtud de los cuales la roca original sufre un proceso mecánico de desintegración o fragmentación a materiales más finos o de menor tamaño, sin que se produzcan cambios significativos en su composición química y mineralógica.

**Meteorización Química:** que se define como un conjunto de procesos que inducen a cambios en la composición química y mineralógica de las rocas y de sus minerales constitutivos.

**Meteorización biológica:** Algunos seres vivos contribuyen a transformar las rocas. Así, las raíces de las plantas se introducen entre las grietas actuando de cuñas. Al mismo tiempo segregan sustancias que alteran químicamente las rocas, También algunos animales, como las lombrices de tierra, las hormigas, las termitas, los topos, etc., favorecen la alteración in situ de las rocas en la superficie. A ese tipo de alteración, a veces química, que realizan los seres vivos la llamamos meteorización externa.

#### **1.1.2.1 Meteorización Física**

Se define como el conjunto de fenómenos en virtud de los cuales la roca original sufre un proceso mecánico de desintegración o fragmentación a materiales más finos o de menor tamaño, sin que se produzca cambios significativos en su composición química y mineralógica.

Normalmente se citan como responsables de este tipo de meteorización:

- ⇒ Las variaciones de temperatura.
- ⇒ Los procesos de erosión y depositación (agua, hielo, vientos, olas del mar, gravedad).
- ⇒ La cristalización de soluciones salinas en las grietas de las rocas.

⇒ La presión, abrasión y otros efectos producidos por los animales y plantas.

En la literatura geomorfológica aparecen descritos con nombres específicos un gran número de estos procesos:

#### 1.1.2.1.1 La Crioclastia O Gelifracción:

En la actualidad se considera este proceso el más eficaz para el caso de las fragmentaciones mecánicas, consiste en la ruptura de las rocas como consecuencia de la congelación, y el deshielo del agua acogida en los huecos o fisuras superficiales existentes en ellas, siendo por lo tanto una clastia de origen térmico pero en las que las variaciones de la temperatura no actúan directamente sino a través del comportamiento en relación con ellas de un agente, el agua [\(vease fotografía 2\)](#). Ello producto de que el agua al pasar del estado líquido al sólido sufre un aumento de volumen del orden del 10%, de tal manera que la congelación producida por el descenso de la temperatura por debajo de los 0° somete a las paredes de los poros y diaclasas de las rocas a unas presiones que pueden llegar a los 15 gr/cm<sup>2</sup>, estos efectos mecánicos son capaces de separar fragmentos de la roca o de producir la disyunción de los elementos o granos. Los fragmentos producidos por las heladas se acumulan en forma de canchales.



**Fotografía 2**(Crioclastia O Gelifracción) Fuentes: [Wikipedia](#) y Apuntes de clase Publicado por Jesús García

#### 1.1.2.1.2 La Termoclastia



Se denomina termoclástica la fragmentación o desagregación superficial de una roca coherente como consecuencia directa de los cambios de temperatura, estos son capaces de provocar una alternancia de fenómenos de dilatación y retracción que al afectar de forma desigual a la masa rocosa, se traducen en tensiones mecánicas mientras que en los niveles externos se registran variaciones de volumen (véase fotografía 3). La masa interna no afectada por las pulsaciones de la temperatura ambiente se mantiene volumétricamente estable. Este diferente comportamiento es susceptible de desembocar en un efecto de separación de las partículas superficiales que puede manifestarse en una desagregación granular (desprendimiento de granos o elementos pequeños), en una descamación o en un cuarteamiento (fragmentación superficial de clastos de tamaño medio).



**Fotografía 3** Canto perteneciente a un gran abanico aluvial colgado, afectado netamente por la termoclástica, desierto de Atacama, Chile Fuentes: [Wikipedia](#) y Apuntes de clase Publicado por Jesús García

- ⇒ **Efecto de las Quemas:** El efecto es similar al de la "Insolación" .
- ⇒ **FISILIDAD (Sheeting):** Consiste en la división de la roca en láminas, a través de planos de unión preexistentes aproximadamente paralelos a la superficie (véase fotografía 4). Común en zonas periglaciares con basamento cristalino y en áreas de tectonismo activo. vease fotografía 4



**Fotografía 4 FISILIDAD (Sheeting)**

- ⇒ **El Descargue (Unloading):** Es un proceso originado por la expansión de las masas rocosas originada por levantamiento o por la erosión y da origen al desarrollo de grietas. Ocurre en masas de granito y areniscas masivas en grandes masas de conglomerado y calizas.
  
- ⇒ **El Astillamiento (Spalling):** Fragmentos que se separan de las paredes rocosas como resultado de compresiones que actúan paralelamente a la superficie "descargada" y de fracturas, originadas por compresiones ejercidas paralelamente a las paredes.

#### **1.1.2.1.3 La Haloclastia**

Es la fragmentación superficial de las rocas debido a los esfuerzos mecánicos derivados del crecimiento de los cristales de sal acogidos en las fisuras o los poros de las rocas. Dichos cristales proceden de la evaporación del agua salada que ha penetrado en dichas discontinuidades, por lo que se trata de un proceso que sólo actúa allí donde la salinidad es un aspecto básico del medio ambiente, concretamente en ciertas áreas áridas y sobre todo en las franjas litorales.

#### **1.1.2.1.4 Hidroclastia**

Este proceso es el de mayor importancia causada por la acción directa del agua, recibe el nombre de hidroclastia por el cuarteamiento o la desagregación superficial de ciertas rocas como consecuencia de variaciones marcadas en su contenido de humedad. Algunos minerales que constituyen las rocas en especial los de naturaleza arcillosas, son altamente higrófilos pudiendo en relación con esta capacidad absorber agua hincharse incrementando significativamente su volumen, igualmente al desecarse por evaporación, tiende a recuperar su volumen inicial mediante una dinámica de retracción.



De ello se derivan tensiones en el espesor rocoso alcanzado por la humedad y los cambios térmicos ambientales, capaces de generar importantes sistemas de rupturas (véase fotografía 5). La actividad de este proceso se limita, a las rocas en cuya composición entran las arcillas o minerales susceptibles a transformarse en arcillas.



**Fotografía 5** hidroclastia (Guataqui – Cundinamarca)

#### **1.1.2.1.5 Desleimiento (Slaking)**

Originado por procesos alternos de humedecimiento y secamiento. Este fenómeno que suele ser un importante agente de meteorización, suele atribuirse a la presión molecular ejercida por el "ordenamiento del agua". El ordenamiento es originado por el carácter polar de la molécula de agua. El extremo positivamente cargado de la molécula de agua es traído por la superficie negativamente cargada de la arcilla o de cualquier material. Se estima que procesos repetidos de humedecimiento y secamiento dan como resultado una superposición ordenada de moléculas de agua, de naturaleza "cuasicristalina" que ejerce una fuerza expansiva que golpea contra las paredes que encierran el agua.

#### **1.1.2.1.6 Abrasión**

La abrasión mecánica de las rocas y minerales puede ser ocasionada por la fricción de ellas entre sí cuando ocurren deslizamientos o cuando los granos minerales transportados por el viento o por el agua, friccionan las rocas que se encuentran a su paso.

Generalmente, este tipo de meteorización física representa una etapa preparatoria de la meteorización y su principal contribución consiste en aumentar la superficie específica del material y por consiguiente la reactividad y/o susceptibilidad a la descomposición.

### **1.1.2.2 METEORIZACION QUÍMICA**

El concepto de meteorización química tiene un significado muy amplio y se opera por igual tanto en el "sólum" o espesor superficial del suelo en donde ocurren primordialmente los procesos típicamente pedogenéticos, como por debajo del sólum donde prevalecen procesos que actúan principalmente como productos de material parental.

El interés del pedólogo se limita principalmente a los procesos que ocurren en el espesor superficial comprendido entre 1.0 y 1.50 metros y que normalmente comprende el perfil del suelo. Para el geomorfólogo en cambio, son igualmente importantes el perfil del suelo y un espesor considerable que continúa por debajo hasta profundidades variables que pueden alcanzar hasta 100 metros. A este espesor se le da el nombre de "Perfil de Meteorización".

Con base en lo anterior se ha propuesto dividir el término general "Meteorización Química" en dos diferentes tipos de procesos:

a. Meteorización Geoquímica: Se aplica a los procesos que tienen lugar en el material parental (debajo de sólum), en el horizonte C, o en capas más profundas, antes de que inicie la formación del suelo,

b. Meteorización Pedoquímica: Se aplica a los procesos que tienen lugar dentro del sólum del perfil de los suelos (horizontes A y B) que implican una modificación y descomposición química de los minerales y que ocurre simultáneamente con todos los fenómenos biológicos y demás procesos de formación del suelo.

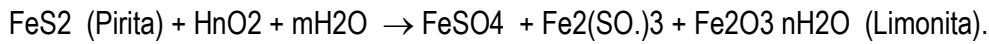
#### **1.1.2.2.1 METEORIZACION GEOQUÍMICA**

##### **OXIDACIÓN**

La oxidación de minerales y rocas en la naturaleza tiene lugar bajo la presencia de Oxígenos libres generalmente cuando el agua está también presente. La oxidación es más intensa en el caso de elementos que poseen diferentes valencias (Fe, Mn, S). El  $Fe^{2+}$  (Hematita), Limonita ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ) y Goethita ( $FeO \cdot OH$ ). Estos procesos están relacionados con un cambio de color de tonos oscuros (verde gris oscuro) a rojizo pardo. Tales coloraciones son una señal para la meteorización por oxidación.



Un ejemplo típico de oxidación en la zona de meteorización es la interacción de Oxígeno y agua con los Sulfatos que se desarrollan en un ambiente reductor.



Esta es la forma como la Pirita da origen a la Limonita, el compuesto de Hierro que es más estable en la superficie de la tierra.

La oxidación se encuentra en el suelo solamente sobre el nivel freático. La zona de oxidación de yacimientos de minerales ricos en hierro (sulfuros, carbonatos y óxidos) se llama "sombrero de hierro". Los carbonos que están cerca a la superficie pasan por oxidación a CO<sub>2</sub>.

## GOSSANS

Con este nombre de gossan, también llamados sombreros de hierro, se denominan los afloramientos de rocas, que originalmente contenían sulfuros y que han sido sometidas a un proceso de alteración supergénica [\(vease figura 1\)](#). La característica más llamativa de los gossan es su aspecto de colores rojizos, como consecuencia de la transformación de los sulfuros originales, principalmente los ricos en hierro, en compuestos oxidados. Estos procesos producen la alteración de los sulfuros, disolución y precipitación de otros minerales y una lixiviación importante en las rocas.

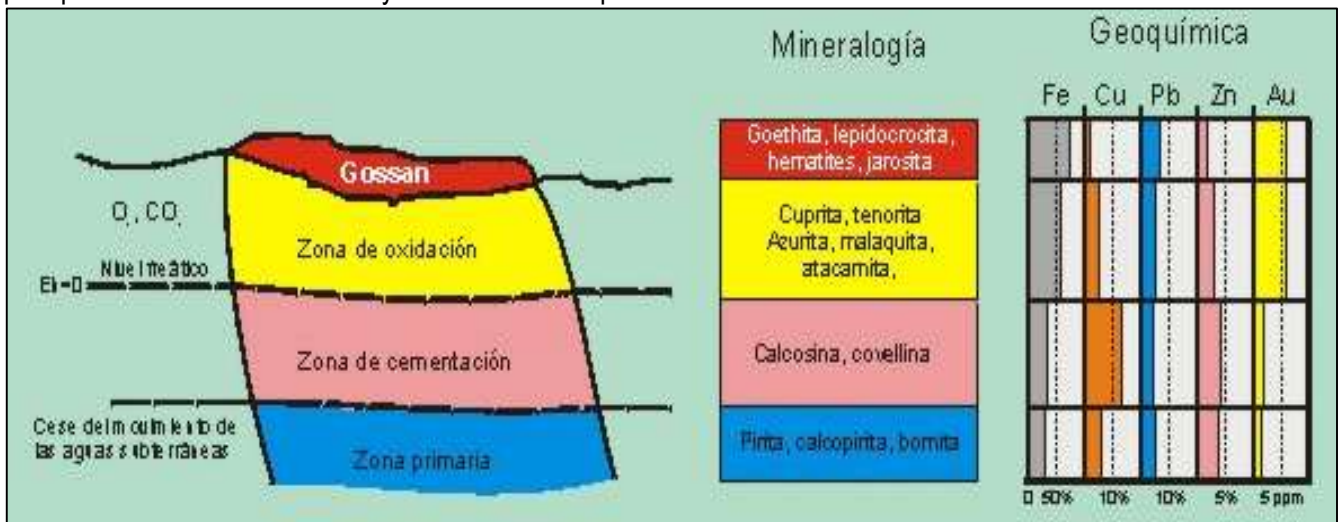


Figura 1 Gossan fuente geología Mckeen

## REDUCCIÓN

Es el proceso inverso de la Oxidación. Ocurre por tanto en ausencia de Oxígeno, en materiales saturados con agua quieta o carente de oxígeno disuelto (en los suelos, por debajo del nivel freático).

El Fe<sup>++</sup> es extremadamente soluble y puede ser eliminado del perfil por las aguas de drenaje. Si Fe<sup>++</sup> permanece, da a los materiales coloraciones gris verdosas, azuladas o grises olivas.

## REDOX

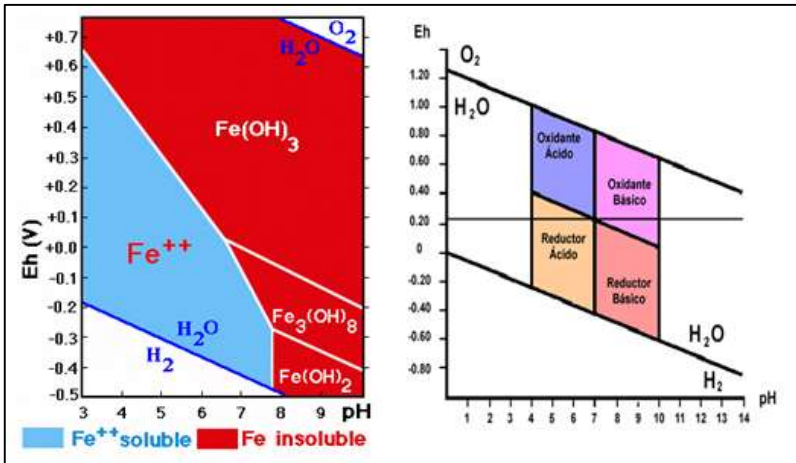


Figura 2 redox fuente libro química general Chang

## HIDRATACIÓN Y DESHIDRATACIÓN

En estos procesos las moléculas de agua o grupos de hidróxidos se adicionan o remueven de un mineral dando origen a la formación de uno nuevo, sin producir una modificación sustancial de mineral o compuesto original.



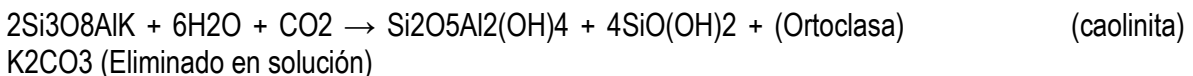
Hematita	Goethita	Limonita
Color rojo	gris	Color amarillo

La hidratación es también un proceso coadyacente a la formación de arcilla. El agua al ser absorbida en la superficie de los minerales y en particular la asociación del agua y de los hidróxidos a los iones Si y Al que ocupan las posiciones extremas de algunos silicatos laminares (ej. micas), induce transformaciones sustanciales de los mismos. La hidratación de los cationes (Ej.  $\text{Ca}^{++}$ ) ubicados en el borde del paquetes de láminas, origina una expansión preliminar del espacio interlaminares, con lo cual queda abierta una puerta de entrada para los iones hidronio ( $\text{H}^+$ ) y para el consiguiente desalojo de otros cationes (ej.  $\text{K}^+$ ) del espacio interlaminares de las micas. Procesos de esta índole constituyen la etapa preliminar del proceso de hidrólisis.

## HIDRÓLISIS

Los silicatos sufren meteorización hidrolítica. Se fundamenta en la disociación electrolítica del agua en  $\text{H}^+$  y  $(\text{OH}^-)$ . Bajo la acción del agua y del Dióxido de Carbono, los feldspatos se descomponen según la siguiente reacción:

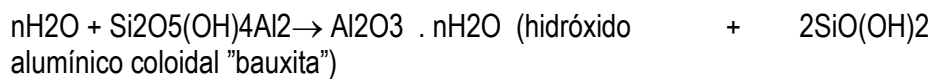
## ROCAS GRANÍTICAS GNEISES



De las plagioclasas se obtienen productos similares excepto que se forma  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  a partir de la Albita y  $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$  a partir de la Anortita.

El pH juega papel importante en la disolución, si es reacción ácida (pH 4-6) se forma el feldespato alcalino caolinita; si es reacción básica (pH 8-9) entonces aparece montmorillonita. Otros minerales de arcilla son illita, vermiculita y halloysita. La formación de minerales de arcilla se llama también meteorización sialítica (Si-Al).

El producto final de la descomposición de feldespatos no es siempre caolinita. Bajo condiciones apropiadas, a saber, suficiente humedad y  $\text{CO}_2$  combinados con temperaturas elevadas, la descomposición continúa un paso más. Esto puede ser observado en regiones tropicales o subtropicales.



Esta es la meteorización alítica (Al) ocurre generalmente bajo un pH=7. Es así como se forma la bauxita, que también puede derivarse por meteorización de calizas que contienen arcillas. Junto con el hidróxido de Al casi siempre hay mezclas de Oxido o hidróxido de Fe, los cuales dan a la bauxita un tono rojo (lateritas). Extracción de Al.

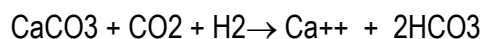
La descomposición de minerales ferromagnesianos que es más intensa que la de los aluminosilicatos, comprende la formación de un número de productos intermedios, tales como montmorillonita ferruginosa, beidelita ferruginosa, minerales cloríticos y otros minerales de los cuales el Si y el Fe son constituyentes importantes.

Esquemáticamente se representa si la descomposición de minerales intermedios ópalo minerales ferromagnesianos (montmorillonita limonita + agua + anhídrido ferruginosa, sales carbónico beidelitas solubles ferruginosa) de Ca, Mg parcialmente Fe.

## SOLUCIÓN

La meteorización por disolución ataca preferiblemente sales alcalinas y alcalinotérreas de combinaciones minerales de NaCl, KCl y semejantes. Menos solubles son los sulfatos, yeso y anhidrita.

La disolución de las calizas es posiblemente uno de los casos más comunes del proceso de disolución. Es poco afectada por el agua pura (0.014 g  $\text{CaCO}_3$  por un litro de  $\text{H}_2\text{O}$  a  $20^\circ\text{C}$ ), pero cuando esta contiene  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  de la caliza se disuelve lentamente y se elimina en forma de bicarbonato cálcico  $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$ .



Por ser la presión de CO<sub>2</sub> mayor en zonas cubiertas de vegetación, la solubilidad del CaCO<sub>3</sub> en éstas áreas es por lo general mayor que en zonas desnudas.

La disolución de la caliza y dolomita produce en la superficie de estas rocas, formas llamadas Karst.

## **QUELACION**

Ciertas estructuras de origen orgánico (agentes quelantes) al entrar en contacto con las rocas o con sus minerales componentes pueden formar complejos con sus iones metálicos individuales, dándose así un proceso de meteorización de la roca.

Los agentes quelantes son sustancias formadas por procesos biológicos y excretadas por líquenes que crecen sobre la superficie de la roca. Según Lehman (1963), el mecanismo que origina los complejos consiste en la formación de varios enlaces entre el catión metálico y la sustancia quelante, con la consiguiente formación de una estructura cíclica o anillo que encierra el metal.

## **CARBONATACION**

Consiste en la capacidad del dióxido de carbono para actuar por si mismo, o para disolverse en el agua y formar ácido carbónico en pequeñas cantidades. El agua carbonatada reacciona con rocas cuyos minerales predominantes sean calcio, magnesio, sodio o potasio, dando lugar a los carbonatos y bicarbonatos.

Con bajas temperaturas (el agua a bajas temperaturas contiene más dióxido de carbono)

Con altas presiones (a 2000 m., en aguas profundas, se disuelven los esqueletos calcáreos)

Cuando hay muchos restos vegetales, que proporcionan mucha concentración de CO<sub>2</sub> (selvas tropicales y ecuatoriales, sobre todo por la noche; llega a influir más la vegetación que la lluvia).

### **1.1.2.3 METEORIZACION BIOLÓGICA**

La meteorización orgánica biológica no es tan importante en la naturaleza. Pero también cumple su función. Especialmente los ácidos producidos por plantas podrían afectar las rocas. El rol de algunas bacterias también podría ser importante.

Se debe a la acción de vegetales, en concreto a la acción de las raíces que entran en el terreno en forma de cuña y van partiendo las rocas y disgregando el suelo.

#### **1.1.2.3.1 La Acción De Los Vegetales**

Las plantas superiores, que tienen raíces, ejercen una labor intensa de excavación mecánica del suelo, en busca del agua que necesitan para su subsistencia. Algunas de estas raíces son capaces de atravesar sustratos de rocas blandas o, incluso, romper otras más duras.

Los líquenes, es quizás todavía más importante, hasta el punto que se les considera los verdaderos indicadores o pioneros de la formación de los suelos. En efecto, los líquenes actúan sobre las rocas desnudas, empiezan su descomposición y permiten que otros organismos mayores continúen la tarea.

### 1.1.2.3.2 La Acción De Los Animales

Pequeños invertebrados como los gusanos y algunos insectos airean el suelo, pero también contribuyen al proceso de meteorización de la roca madre al permitir la entrada de aire y agua, así como de microorganismos productores de secreciones que reaccionan químicamente con la roca, transformándola y erosionándola.

Los animales ejercen una erosión mecánica con la excavación o construcción de nidos y madrigueras, así como por el paso de grandes manadas por las mismas sendas. Finalmente, producen secreciones y excreciones de materiales que tienen un alto poder corrosivo y pueden descomponer las rocas, facilitando la acción de otros agentes.

## 1.2. EROSION

La erosión es el desprendimiento y movimiento de las partículas de suelo por efecto de las fuerzas erosivas (viento o agua). (véase figura 3)

El suelo es desprendido y transportado de un lugar y depositado en otro. Aunque la erosión puede controlarse, es imposible detenerla completamente. Es un proceso que se da en tres etapas:

- Desprendimiento (impacto de la gota sobre la superficie del suelo).
- Transporte (escurrimiento superficial).
- Depositación.

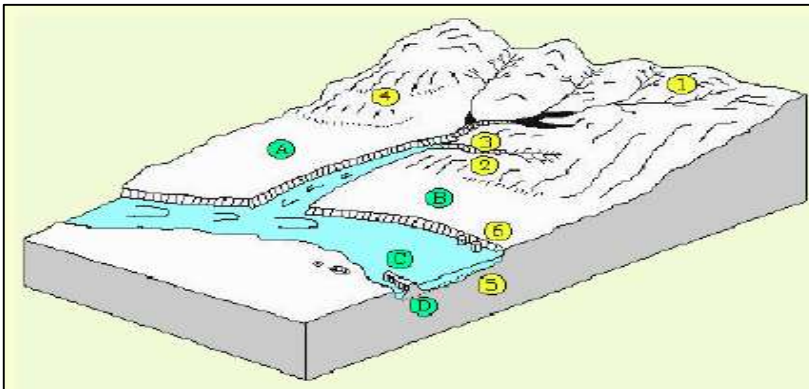


Figura 3 Tipos De Erosión Y Sedimentación geología Mckeen

### EROSIÓN

Laminar  
En Surcos  
En Cárcavas  
Movimiento En Masa  
En El Lecho  
En Talud

### SEDIMENTACION

A. En la base de pendientes Pronunciadas  
B. En Los Valles  
C. En Barras  
D. En El Lecho Del Cauce

## 1.3. PROCEDENCIA, TRANSPORTE Y DEPOSITACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

### 1.3.1 Origen De Los Sedimentos

El origen de las rocas sedimentarias a primera vista parece sencillo, vemos como se forman las arenas en las barras de canal y cómo son transportados por los ríos, desde el continente hasta el mar.

Las rocas se dividen en tres clases: Ígneas, Metamórficas y Sedimentarias.

Los sedimentos pertenecen simultáneamente a uno, dos o los tres tipos de roca, genéticamente existen dos tipos rocosos:

- ⇒ **ROCAS EXOGENAS** Fragmentarias o clásticas a las cuales pertenecen la mayoría de los sedimentos en volumen, como también hacen parte de estas las rocas ígneas piroclásticas por ser similares en su dinámica de depositación.
- ⇒ **ROCAS ENDOGENAS** se encuentran las rocas ígneas cristalinas y los materiales amorfos y cristalinos precipitados a partir de soluciones.

### 1.3.2 Volumen Total De Los Sedimentos

Las rocas sedimentarias constituyen en volumen solamente el 5% de la litósfera conocida (capa externa 1-16 Km.) mientras las rocas ígneas y metamórficas constituyen un 95%.

Así también las rocas sedimentarias afloran en mucha más proporción que las otras ocupando el 75% de la superficie terrestre.

La cobertura sedimentaria puede alcanzar hasta 10 Km. en el continente (Colombia 6 Km.), 5 Km. en el talud continental y 1.5 Km. en los océanos.

De las muchas rocas sedimentarias que existen en la corteza, sólo tres ocupan el 99% de esta.

- Areniscas 16 %
- Lutitas 70 %
- Calizas 13%
- Fosfatos, Haluros, etc., 1%

### 1.3.3 Procedencia De Los Sedimentos

Es importante en un análisis sedimentológico, conocer la naturaleza y el carácter de las rocas generadoras de las cuales se derivan los sedimentos.

Los sedimentos clásticos son fundamentalmente residuos, estos residuos están constituidos por los materiales insolubles dejados por la descomposición química y la desintegración mecánica de rocas pre existentes.

La composición del residuo depende en gran parte de la naturaleza de la roca madre, por ejemplo:

ROCAS GRANITICAS	Cuarzo arenitas
ROCAS VOLCÁNICAS	Rocas clásticas inmaduras
ROCAS BASICAS	Arcillas y sedimentos ferruginosos

Por lo común la erosión interrumpe el proceso de meteorización en la mitad de su curso (pendientes) especialmente en zonas de relieve abrupto.

El material erosionado incluirá entonces fragmentos de rocas (FR) y minerales que han escapado a la alteración, o han sido parcialmente alterados

La composición de los residuos de la meteorización y de los sedimentos resultantes son entonces el efecto de la acción combinada del relieve y el clima sobre las rocas parentales.

Cualquier conclusión referente a estos dos factores así como al tipo de rocas debe ser hecha a partir de las características químicas y mineralógicas del sedimento.

### **1.3.4 Ablación Y Transporte**

El material que origina las rocas sedimentarias es arrancado y transportado por cualquiera de los agentes de la gliptogénesis, es decir, que se desplaza únicamente por efecto de la gravedad, a menos que sean arrancados por el hielo, el viento o el agua.

#### **Nociones De Hidrodinámica**

La posibilidad de transporte o competencia de cada uno de estos agentes es esencialmente función de su velocidad. De esta posibilidad de desplazamiento depende la carga o capacidad del agente de transporte - cantidad de material sólido por litro - o incluso su caudal sólido, que designa la cantidad de materia sólida transportada por unidad de tiempo.

#### **Movimiento De Las Partículas**

La posibilidad de transporte de cada uno de los agentes de la gliptogénesis es esencialmente función de la velocidad y depende de dos factores:

⇒ Velocidad de arrastre

⇒ Tamaño de las partículas (a mayor distancia, mayor ablación)



La figura 4 muestra las curvas que delimitan los dominios de la erosión, transporte y sedimentación, en función de la velocidad de una corriente de agua (ordenadas) y del tamaño de los componentes (partículas, granos, fragmentos) (diagrama en coordenadas bilogarámicas).

La curva superior muestra el mínimo de velocidad de la corriente necesaria para erosionar un sedimento con un tamaño determinado de partículas.

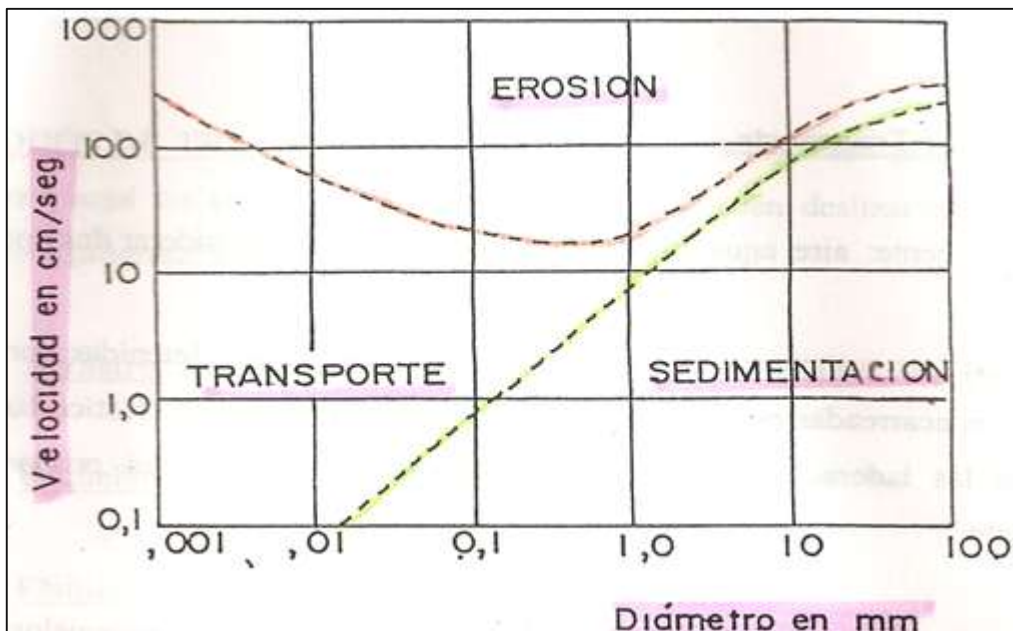


Figura 4 curvas que delimitan los dominios de la erosión, transporte y sedimentación en función de la velocidad de una corriente

La curva inferior muestra la velocidad de la corriente mínima para que se deposite un sedimento.

La distancia entre las dos curvas muestra una gama de velocidades para que una vez erosionado el material siga siendo transportado.

El gráfico muestra por ejemplo que los sedimentos gruesos son casi inmediatamente depositados.

La posibilidad del desplazamiento depende de la carga o capacidad del agente del transporte, cantidad de material sólido por litro etc.

Sin embargo, se debe precisar que la velocidad raras veces es constante, existiendo dos tipos posibles de flujo. El flujo se denomina laminar cuando las velocidades varían de modo continuo de un punto a otro, sin que exista discontinuidad. Este régimen tranquilo tiene lugar en aguas que discurren sobre grandes superficies y también en los fluidos viscosos, como las coladas volcánicas. La velocidad de los granos transportados por una corriente laminar se rige por dos leyes:

### 1.3.5 Ley De Stokes

Determina la velocidad de las partículas pequeñas. Esta velocidad es directamente proporcional a la diferencia entre las densidades de la partícula y del fluido; inversamente proporcional a la viscosidad del fluido; directamente proporcional a la esfericidad de la partícula y directamente proporcional al cuadrado del diámetro de la partícula (Véase figura 5 y 6):



figura 5 ley de Stokes fuente geología Mckeen

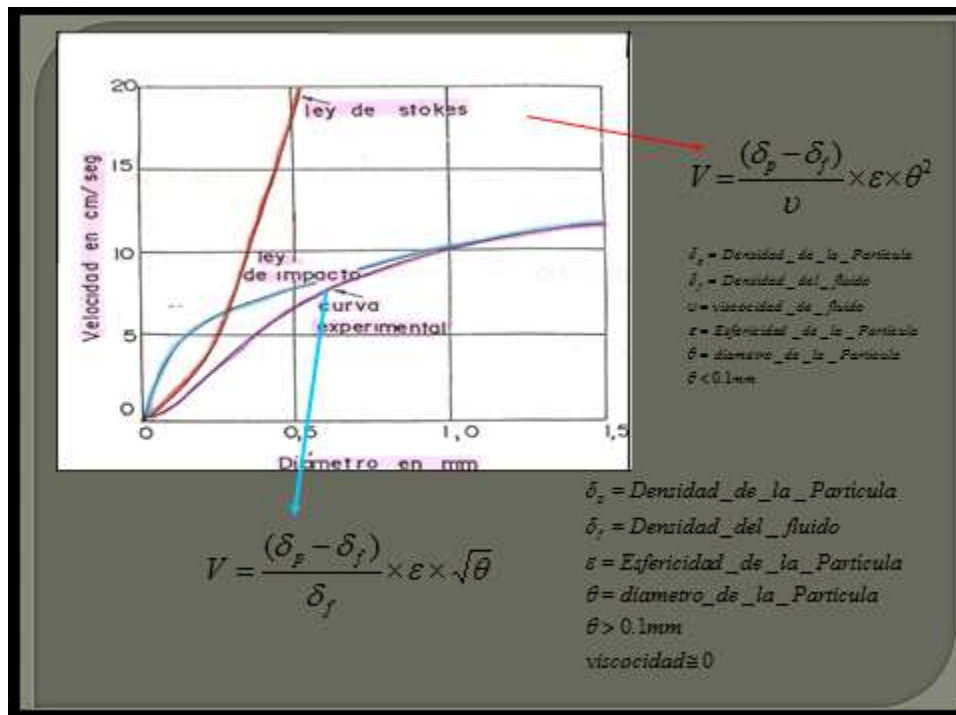


Figura 6 velocidad de desplazamiento en función del tamaño

### 1.3.6 Ley De Impacto

Determina la velocidad de las partículas grandes, sobre las cuales la influencia de la viscosidad del fluido portador es despreciable. La velocidad es, en este caso, directamente proporcional a la diferencia entre las densidades de la partícula y del fluido divididas por la densidad del fluido; directamente proporcional a la esfericidad de la partícula; directamente proporcional a la raíz cuadrada del diámetro de la partícula:

(Véase Gráfico No 9)

$$v = C_2 \sqrt{d} \quad (C_2 \text{ comprende los factores citados}).$$

#### EN RESUMEN

La velocidad de asentamiento de las partículas depende:

Del tamaño, esfericidad, densidad, clase, flujo.

La velocidad de los sedimentos cuyo diámetro es inferior a 0.1 mm. es aplicable la Ley de Stokes.

Los sedimentos mayores a 1 mm. es aplicable a la Ley de Impacto.

Para los sedimentos con tamaño entre 0.1 y 1 mm. la velocidad está sometida a la influencia de las dos leyes.

El flujo se convierte en turbulento cuando la velocidad aumenta. Se define como la magnitud relativa de las fluctuaciones transversales de la velocidad de la corriente.

#### Modos De Transporte

Varía con el agente: aire, agua, hielo, gravedad y se pueden considerar dos tipos:

#### Difuso:

Las sustancias disueltas y partículas que no son retenidas por las plantas vivas, son acarreadas por las aguas de percolación y el manto freático hacia la parte baja de las laderas, este acarreo se produce a una velocidad proporcional a la pendiente.

Así mismo las fracciones finas del suelo son arrastradas por arroyuelos localmente truncadas por el revestimiento forestal.

Al desplazamiento de las partículas en las películas de agua hay que agregar el saltamiento por goteo de lluvia.

También la propia masa del suelo es desplazada en forma fragmentada como desprendimiento y mantos de solifluxión.

Los desprendimientos ocurridos en laderas rocosas con pendientes mayores de 40° ocasionan los depósitos de derrubios de ladera.

#### Solifluxión

Movimientos de reptación de los suelos de baja granulometría por efecto de la gravedad. Estos suelos saturados de agua se deslizan por pendientes comprendidas entre 5 y 30 grados a una velocidad del orden de algunos metros por año.

En pendientes mayores de 30 y con espesores de suelo de hasta mas de 1 metro pueden ocurrir desprendimientos instantáneos originados por fallas rotacionales.

#### Modos De Transporte Colectivos

Ocasionado por los agentes agua y viento, aquí los elementos (partículas, granos) pueden deslizarse unos sobre otros, rodar o progresar a saltos sucesivos.

Arrastre: por corrientes da forma de redondez y esfericidad a la partícula.

Saltación: depende de la velocidad del flujo.

Flotación: principalmente en minerales laminares

Suspensión: Partículas finas.

Hasta aquí hemos considerado dos fases bien diferentes que son:

#### El Fluido Portador

#### Los Elementos Transportados

La interacción de estas dos fases y en especial la concentración de material en suspensión en una corriente aumentan su velocidad y densidad; se denomina corrientes de densidad de dos tipos:

- Flujos o corrientes de lodo (Laháres)

- Flujos de escombros comunes en el continente (río Páez, Armero)

### 1.4. SEDIMENTACIÓN O DEPOSITACIÓN

El destino final del material transportado ya sea llevado por el agua, por el viento o por el hielo, es el mar pero dicho material puede temporalmente depositarse en el continente persistiendo durante varios periodos geológicos, determinados así, dos ambientes de depositación: Continentales y Marinos y a su vez un gran número de subambientes.

La depositación puede ser Mecánica o Química.

El material llevado en suspensión o en otras formas por el agua, el viento o hielo se deposita cuando el medio del transporte está sobrecargado ó, cuando su velocidad es disminuida o cuando sufre un cambio físico o químico.

"Un sedimento posee características que indican las condiciones fisicogeográficas (biotopo) de su instalación y a partir de las características litológicas y faunísticas (facies) que posee en toda su extensión, se puede reconstruir el paisaje (ambiente) del depósito.

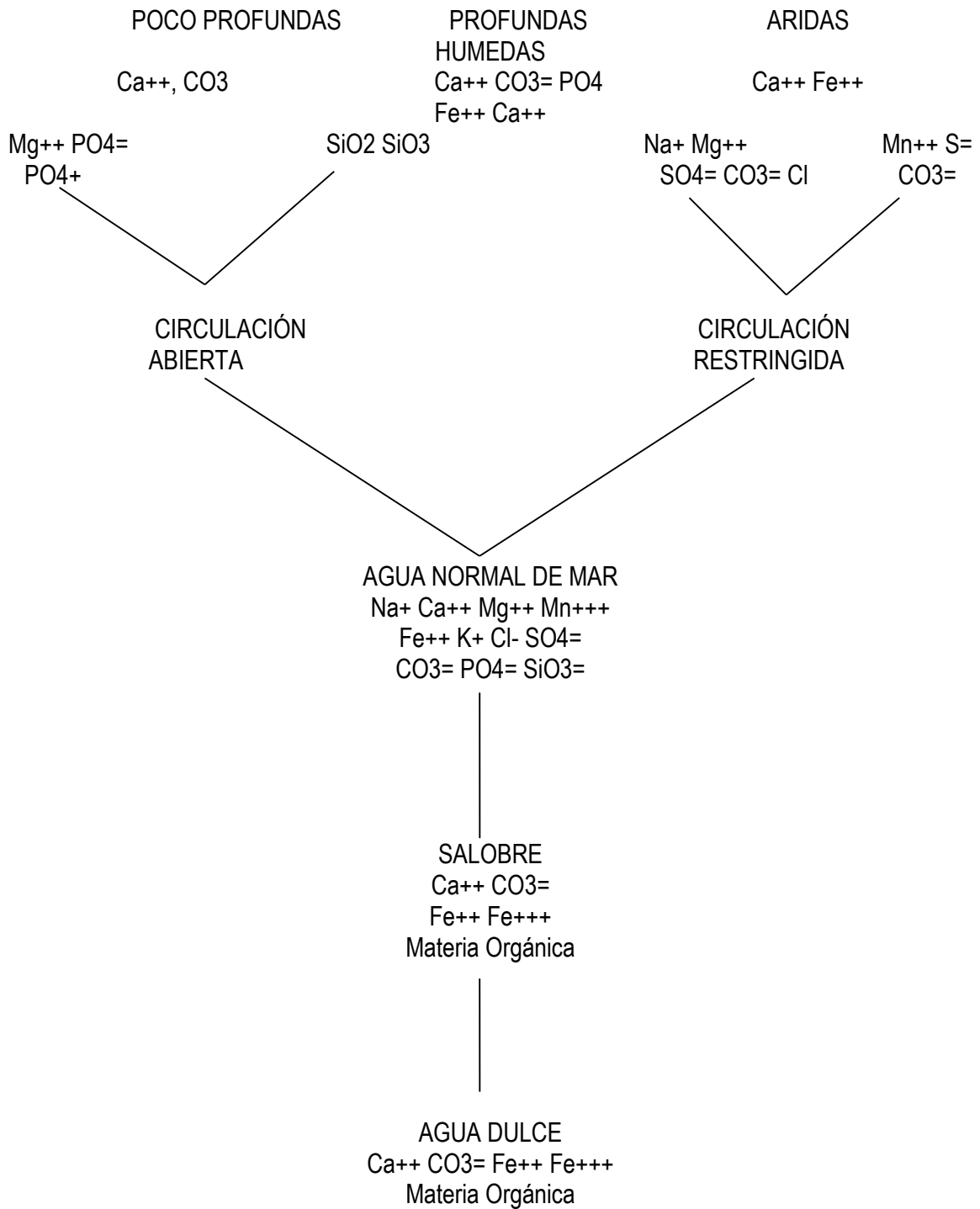
**FACIES:** Conjunto de características litológicas y/o paleontológicas que indican las condiciones ambientales en que se formó la roca.

#### **1.4.1 Depositación De Sedimentos No Clásticos**

Formados por agentes químicos y/o biológicos a partir del material que va en solución y/o organismos.

Las condiciones fisicoquímicas y bioquímicas del medio desempeñan un papel más importante que los factores puramente físicos como la turbulencia.

El agua del mar es el medio químico más importante en el cual se forman la mayoría de los sedimentos, **el cuadro 1** muestra las diferentes variaciones que pueden ocurrir en el agua del mar dependiendo de sus diferentes condiciones fisicoquímicas y los iones que pueden originar sedimentos.



**Cuadro 1** Diagrama de iones importantes en la sedimentación no clástica para condiciones variables de concentración y circulación. fuente geología Mckeen

#### 1.4.1.1 Circulación Abierta O Libre

Sin restricción en las corrientes se forman sedimentos normales de mar abierto, de acuerdo a la profundidad se forman:

- ⇒ **SEDIMENTACIÓN POCO PROFUNDA:** Más o menos 200 mts, se forman calizas bioquímicas (corales, briozoos, braquiópodos, etc.), calizas inorgánicas, roca fosfórica, chert.
- ⇒ **SEDIMENTACIÓN EN AGUAS PROFUNDAS:** principalmente sedimentos silíceos orgánicos (fangos de diatomeas, radilarios, foraminíferos, etc.)

#### 1.4.1.2 Circulación Restringida

Indica aislamiento del mar por barreras o factores fisiográficos, tectónicos o biológicos (arrecifes, dependiendo de las condiciones climáticas se puede dividir en:

- ⇒ **ZONAS ARIDAS:** Cuencas cerradas donde la evaporación es mayor que la precipitación, la asociación de rocas evaporíticas (sal, yeso, anhidrita) son ejemplos característicos de este ambiente.
- ⇒ **ZONAS HUMEDAS:** cuencas cerradas con poca oxigenación, propicio para la formación de sulfuros y minerales de hierro, el ejemplo más claro lo tenemos en el mar muerto.

#### 1.4.1.3 Controles Químicos De La Depositación No Clastica

En la depositación no clástica, en ambientes, principalmente marinos los controles químicos son el pH que controla las condiciones de acidez y alcalinidad, y el Eh que controla las condiciones oxidantes y reductoras (potencial REDOX).

La figura 5 muestra el diagrama de barreras que indican las relaciones de los sedimentos químicos a los controles del pH y Eh para las condiciones normales de agua, los corchetes indican áreas hipersalinas (Tomada de Krumbein y Garrels).

La barrera de la caliza con un pH de 7.8 y sin controles de Eh separa una región a la derecha en la cual puede formarse abundante calcita de otra a la izquierda, la cual es menos favorable para su precipitación.

La barrera del óxido de hierro y carbonatos de Fe y Mn separa regiones en que favorece la precipitación de limonita y hematita de la siderita.



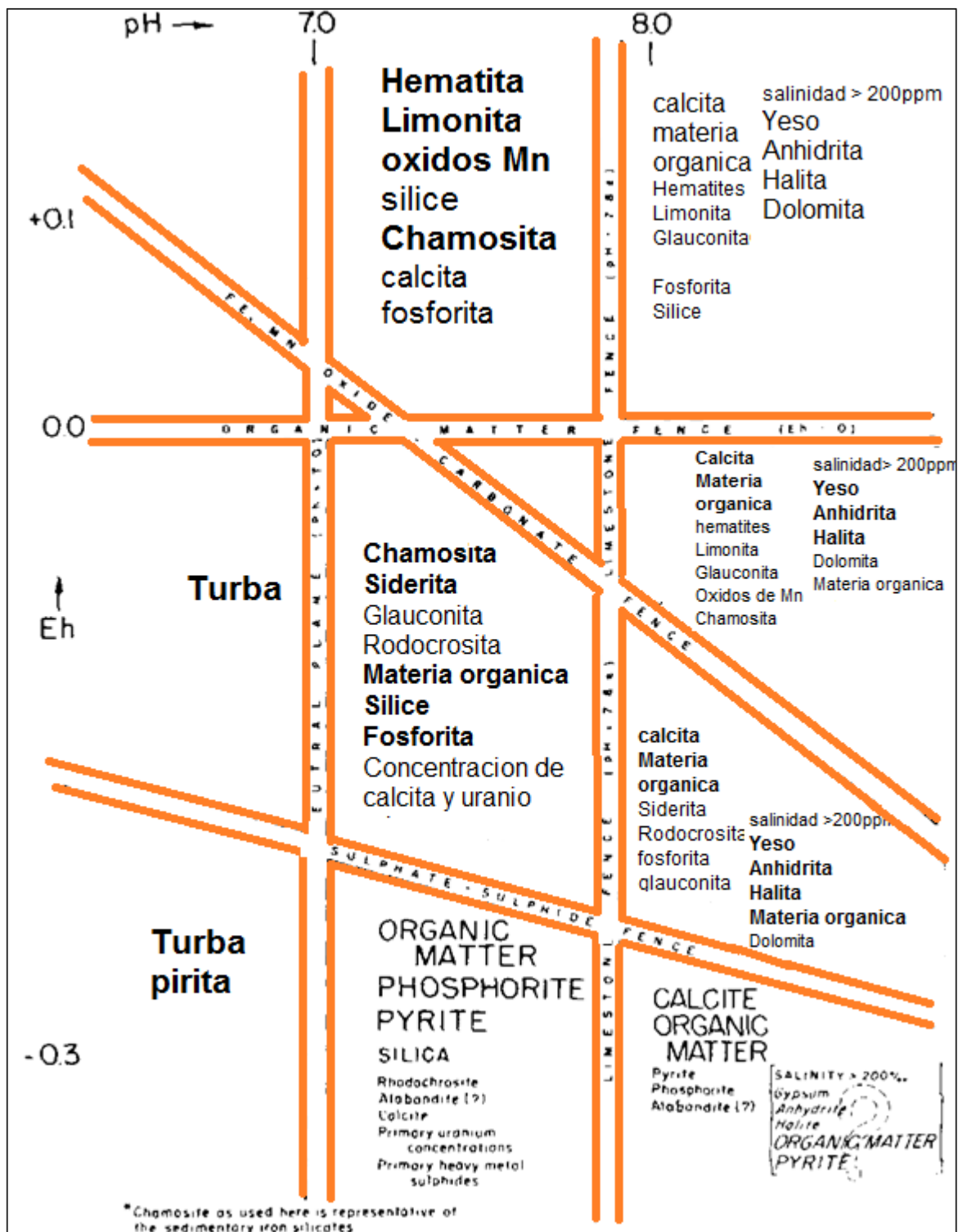


Figura 5 muestra el diagrama de barreras que indican las relaciones de los sedimentos químicos a los controles del pH y Eh. (Tomada de Krumbein y Garrels).

## 1.4.2 Depositación De Sedimentos Clásticos:

Las rocas sedimentarias que se forman en la superficie de la tierra o en los fondos marinos y formadas por los llamados PROCESOS SEDIMENTARIOS tienen un gran número de ambientes en los cuales pueden formarse. A continuación se enumeran estos:

### 1.4.2.1 Ambientes Continentales

Los ambientes continentales se pueden dividir en terrestres que son aquellos que se forman sobre la superficie de la corteza, estos son:

- ⇒ **Ambiente Glacial:** Sedimentos formados en zonas de hielo formando depósitos clásticos como las Morrenas y Tillitas.
- ⇒ **Ambiente Eólico:** formados en áreas de alta montaña y zonas desérticas encontrándose principalmente arenas y depósitos de Loess.

### Depósitos eólicos

Son los depósitos formados por la erosión que causa el viento (véase figura 6) .

La erosión avanzada es la expresión máxima de los procesos erosivos, dentro de ésta tenemos:

- Dunas
- Loess
- Médanos
- Manchones

#### **DUNAS:**

Fracción principal: arena

Granos bien redondeados o casi esféricos

Puede haber estratificación

Siempre en movimiento: California 12 m/a, Sahara 100 m/a

Su material formativo es la arena arrojada por el mar con algo de conchillas, se observan en áreas de la costa Atlántica.

Suelo suelto.

No son aptos para fundación.

Son de granulometría fina (redondeada).

Forma de deposición en forma longitudinal o media luna.

Nivel freático bajo.

Permeabilidad media o baja.

Angulo de fricción nulo.

Color gris claro.

No es plástica.



Figura 6 Diferentes tipos de dunas, la flecha indica la dirección de vientos predominante (modificado de McKee, 1979)

### Loess:

Fracción principal: limo

Muy poroso

No tiene estratificación pero estratos masivos (hasta cientos de metros de espesor)

Densidad seca: 1.3 g/cm<sup>3</sup>

Color amarillo

Es un producto del soplo del viento en las áreas con depósitos glaciáricos, que se forman después del retiro del glaciar

Compactados ligeramente.

No son aptos para fundación.

Son de granulometría muy fina (cuarzo).

Forma de deposición en mantos.

No tiene nivel freático.

Permeabilidad baja o nula (impermeable).

Angulo de fricción interna nula.

Es plástica.

### Médanos:

Acumulaciones de material de suelo con un 80% de arena.

### Manchones:

Áreas desprovistas de vegetación de forma aproximadamente circular.

## 1.4.2.2 Ambientes eólicos principales

### Grandes desiertos (sand seas de los autores de habla inglesa):

Resultan acumulaciones esencialmente arenosas que cubren extensiones considerables y constituyen los grandes desiertos del planeta. Se restringen a áreas de régimen árido severo.

### Acumulaciones eólicas intermontana:

También de naturaleza arenosa incluye a fajas de dunas y mantos de arena desarrollados en cuencas intermontanas que se asocian estrechamente a acumulaciones fluviales o de lagos efímeros. Aunque

individualmente poseen mucha menor extensión que los grandes desiertos son frecuentes en zonas montañosas áridas y semiáridas.

#### **1.4.2.3 Ambiente Fluvial**

Depósitos formados por corrientes de ríos, formando depósitos clásticos de gruesos a finos.

#### **1.4.2.4 Ambiente Lacustre**

Depósitos formados en lagos y lagunas y representados por depósitos clásticos finos principalmente arcillas.

#### **1.4.2.5 Ambientes Marinos**

Los ambientes marinos se clasifican de acuerdo a las diferentes zonas batimétricas, como también a la capa de agua y vida de organismos (véase figura 7).

Con respecto a la capa de agua, en un ambiente marino se pueden hablar de dos reinos:

- **Reino Nerítico 0-200 metros:** mares epicontinentales, bahías someras, se encuentra sedimentación química y orgánica.
- **Reino oceánico > 200 metros:** son depósitos clasificados de acuerdo a las zonas batimétricas.

Con respecto a la vida de organismos, el ambiente marino se puede clasificar en:

- **Región Bentónica:** Sedimentos formados por organismos que viven fijos al sustratos (algas, esponjas, pólipos).
- **Región Pelágica:** Son los organismos nadadores y forman el llamado plancton, como las diatomeas, radiolarios y foraminíferos.

De acuerdo a las zonas batimétricas, los depósitos marinos, se pueden dividir en:

- **Ambiente de Plataforma (de 0 a 200 mts):** conocido también como ambiente mixto entre continente y mar y está conformado por las regiones supralitoral que va de 0 a 20 metros, conformado principalmente por arenas y evaporitas, el ambiente litoral representado por las llamadas playas de arena, y el ambiente sublitoral que va hasta los 200 metros con depósitos de carbonatos, sedimentos silíceos y fosfatados.
- **Ambiente Batial (200 a 2000 mts):** Conformado por depósitos terrígenos finos, turbiditas, etc.

- **Ambiente Abisal (2000 a 6000 mts):** Conformado por depósitos finos, clásticos y químicos, como las arcillas rojas nódulos de Mn, fangos silíceos, etc.
- **Ambiente Hadal:** correspondiente a las llamadas fosas marinas y caracterizadas por depósitos finos, principalmente fangos y nódulos.

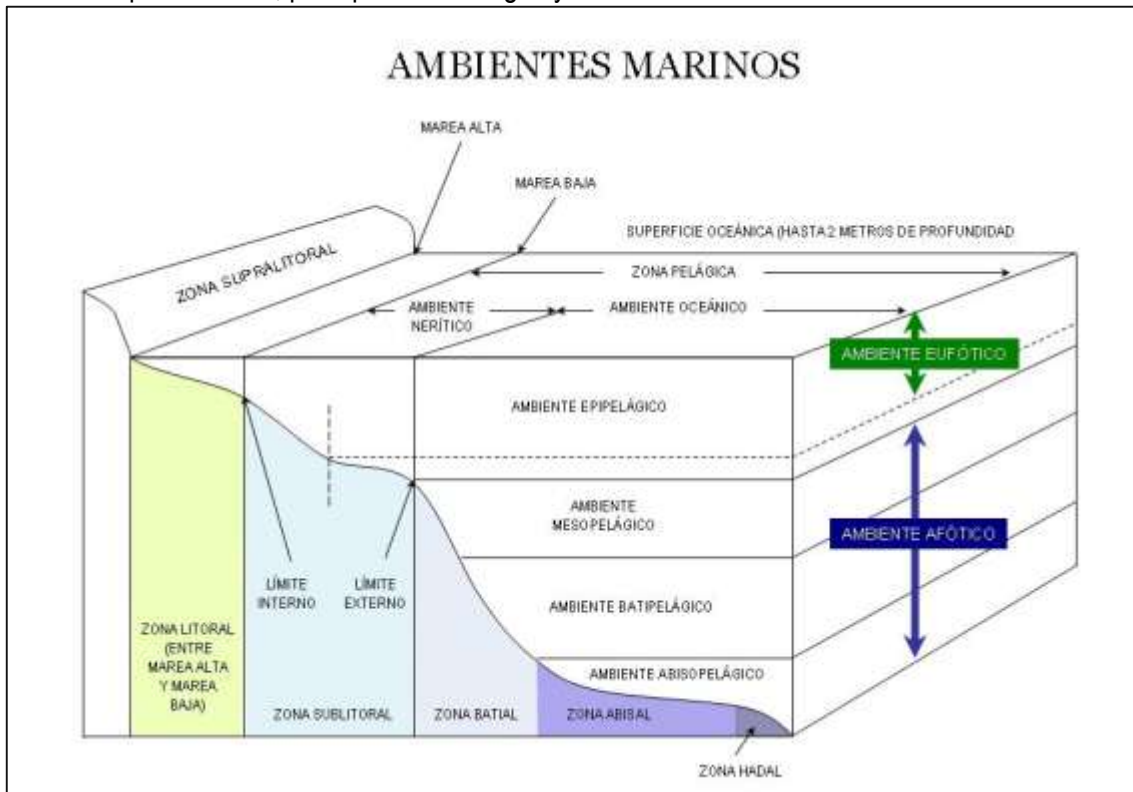


Figura 7 ambientes marinos referencia Geología de McKee, 1979

Clasificación por profundidad (véase figura 8)

Ambiente marinos	Profundidad
Litoral de Plataforma	0-200 m
Batial	200-2000 m
Abisal	2000-6000 m
Hadal	Fosas marinas

clasificación por distancia del continente:

- **Hemipelágico:** cerca del continente
- **Pelágico:** lejos del continente

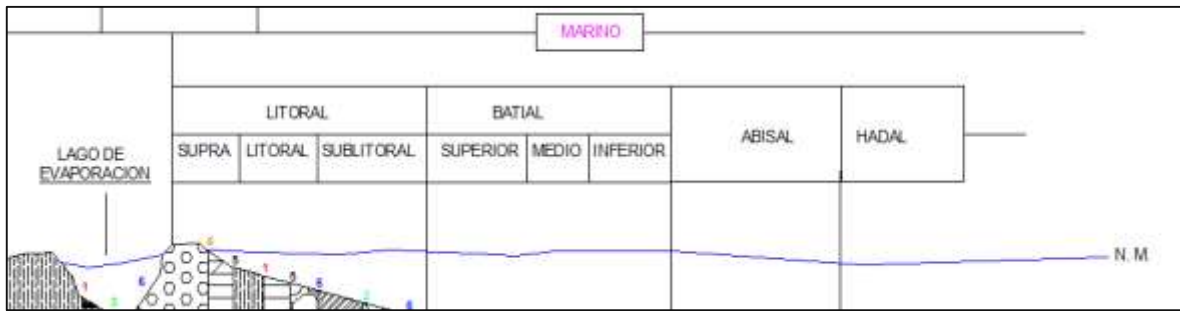


Figura 8 ambiente de transición referencial (Geología de McKee)

## 1.5. LITIFICACIÓN Y DIAGENESIS

### 1.5.1 Litificación

Es esencialmente un complejo de procesos que convierten un sedimento recientemente depositado en un material duro o consolidado (véase figura 9).

La litificación puede ser parcialmente o incompleta, puede producirse poco después de la depositación o puede ser concurrente con ella; ocurrido mucho después.

En su origen los sedimentos se precipitan casi siempre saturados de agua a medida que se inicia la litificación, el contenido de agua se reduce a profundidad (compactación, reducción de volumen, aumento de densidad) (figura 9 sobre la movilidad de los fluidos durante las diferentes etapas de litificación).

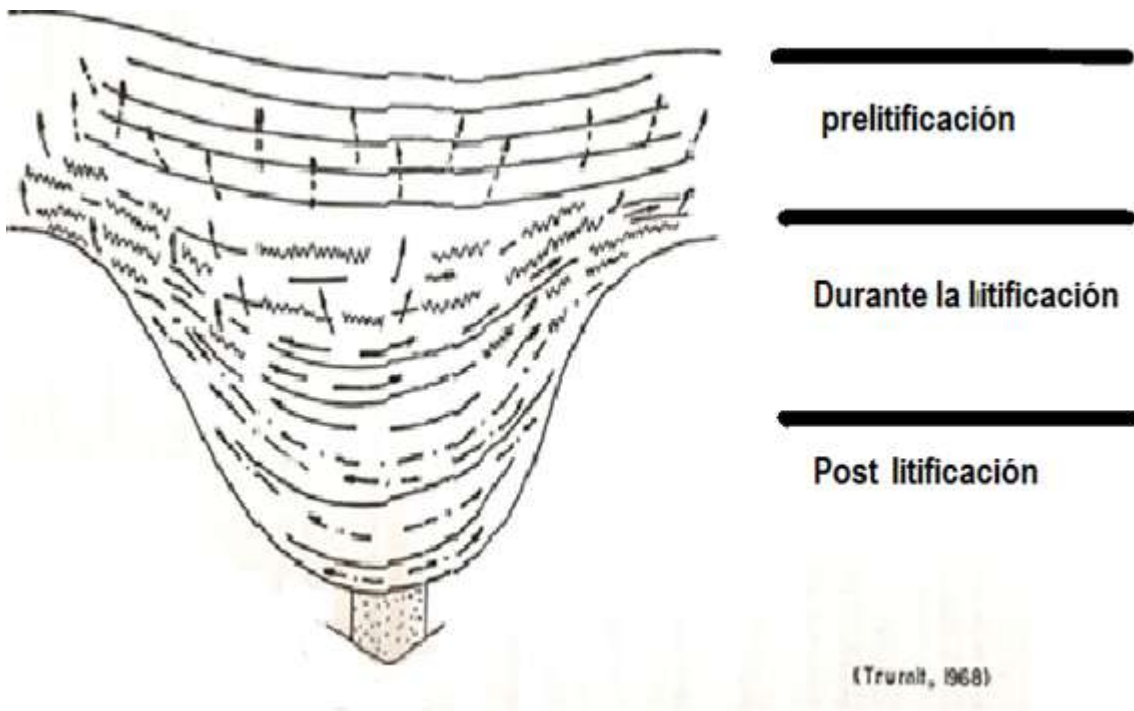
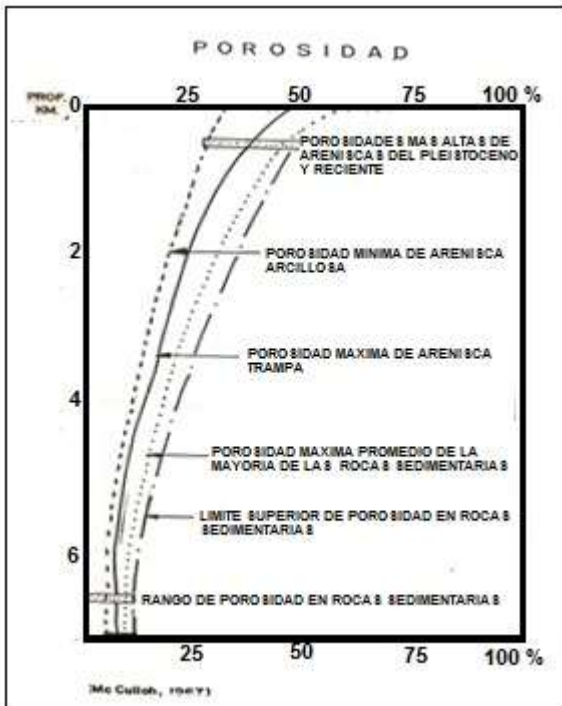


Figura 9 Movilidad de fluidos en relación a las diferentes etapas de litificación durante el sepultamiento referencia( Geología de McKee)

### 1.5.1.1 Grado De Compactación

En la figura 10 se refleja entre otros "la pérdida de la porosidad" y depende ante todo de la granulometría del sedimento. Es tanto, más importante cuanto más finos sean los sedimentos.





**Figura 10** variación porosidad con la profundidad referencia Geología de McKee

Ejemplo:

Arcilla (porosidad inicial 72-90%, a 500 mts 35%, a 2000 mts 13%)

La Porosidad es en efecto función de la profundidad como puede notarse en la Fotografía No16, la cual muestra en diferentes tipos de rocas sedimentaria las variaciones de la porosidad en referencia al aumento de la profundidad en una relación exponencial como lo presenta la siguiente fórmula:

$$P = p (e^{-bx})$$

P = Porosidad a una profundidad x

p = Porosidad en superficie

b = Constante

e = Relación exponencial máxima al principio y estática a mayor profundidad.

La porosidad disminuye con el plegamiento.

### **1.5.2 Diagénesis**

Es el proceso sedimentario en el cual un sedimento una vez depositado, enterrado y parcialmente litificado y debido al aumento progresivo de factores fisicoquímicos como temperatura, presión y fluidos sufre cambios texturales y mineralógicos que conllevan a la formación de las rocas sedimentarias (véase fotografía 6).

Se refleja principalmente en las reacciones que tienen lugar dentro del sedimento entre un mineral y otro o entre los fluidos presentes, posee varias etapas:



Fotografía 6 diagénesis

#### **1.5.2.1 FASE I: HALMIRÓLISIS:**

Fase sindiagenética que empieza con reorganizaciones y sustituciones que tienen lugar en el sedimento cuando aún está en contacto con el ambiente de depósito y cuando las partículas pueden ser removidas por ella, solo afecta la parte superior del depósito y ocurre actividad bacteriana intensa.

#### **1.5.2.2 FASE II: SINDIAGENESIS O AUTOGENESIS:**

Fase reductora y con vida anaeróbica, debido a la actividad reductora de las bacterias, en esta etapa se originan sulfuros así:

- pH = 7      Marcasita
- pH < 7     Pirita
- pH > 9     Movilización de sílice

### 1.5.2.3 FASE III: REACCIONES REDOXOMÓRFICAS:

Fase de compactación con expulsión de fluidos y da lugar a cambios en el aspecto geométrico original del sedimento, así como a transformaciones mineralógicas. Ocurren reacciones reversibles sindiagenéticamente, por ejemplo:

$Fe^{+2} \rightleftharpoons Fe^{+3}$

Hematita + calcita +  $Mg^{+2}$  ⇌ Siderita + ferrodolomita + dolomita

Hematita + arcilla + sílice ⇌ clorita

Hematita + clorita ⇌ chamosita

Hematita + illita ⇌ glauconita

Bauxita + sílice ⇌ caolinita

Diáspora + sílice ⇌ arcilla

Diáspora + sílice +  $K^{+}$  ⇌ glauconita

Bauxita + hematita + sílice ⇌ arcilla + pirita

Caolinita +  $K^{+}$  ⇌ Illota

Biotita ⇌ glauconita

Feldespatos ⇌ arcilla + pedernal

Vidrio volcánico ⇌ montmorillonita + pedernal.

### 1.5.2.4 FASE IV: FASE LOCOMÓRFICA:

Durante esta fase se acelera la precipitación de minerales en los poros y la introducción de cemento, se presentan neoformaciones y crecimientos secundarios cristalinos. Son reacciones metasomáticas y ocurren durante la litificación.

Aragonita ⇌ Calcita

Calcita ⇌ Dolomita

Carbonatos ⇌ cuarzo o pedernal

Cuarzo o pedernal ⇌ carbonatos

Feldespatos ⇌ carbonatos

Cuarzo, pedernal, arcilla ⇌ carbonatos

Ópalo ⇌ cristobalita metaestable ⇌ calcedonia ⇌ pedernal ⇌ cuarzo

Sílice en solución ⇌ pedernal o cuarzo.

Cambios O Reacciones Filomórficas

Son cambios iónicos que ocurren en cualquier estado litogenético.

Minerales de arcilla ⇌ moscovita o Biotita

Montmorillonita ⇌ clorita

Minerales de arcilla ⇌ clorita

Arcilla +  $Fe^{2+}$  ⇌ Biotita

Arcilla + pedernal ⇌ clorita

Arcilla + sílice ⇌ Sericita

Caolinita + glauconita o illita +  $Mg^{2+}$  ⇌ clorita +  $K^+$

Glauconita ⇌ feldespato

illita o glauconita ⇌ clorita + moscovita

Caolinita + illita + glauconita + Calcita +  $Mg^{2+}$  ⇌ moscovita + Biotita + feldespatos + Dolomita + clorita

Illita o glauconita + Calcita +  $Mg^{2+}$  ⇌ micas + feldespatos + Dolomita

Feldespatos ⇌ Sericita

Plagioclasa ⇌ clorita + pedernal.

### 1.5.2.5 Agentes De La Diagénesis

- ⇒ **Compactación:** Reducción de volumen y aumento de la densidad o reducción de los espacios libres y expulsión del agua que se encontraba en ellas. Intercambios Líquidos-Sólidos: Son muy importantes las propiedades fisicoquímicas del agua en el depósito, estas varían con la profundidad (véase figura 10).
- ⇒ **Cementación:** Material secundario que precipita de los fluidos (calcita, siderita, fosfatos óxidos de hierro, sílice, etc.).
- ⇒ **Recristalización:** Sustitución mineralógica de una serie polimorfa como por ejemplo el aragonito que cristaliza en el sistema ortorrómbico puede ser transformado en calcita cristalizando en el sistema hexagonal.
- ⇒ **Metasomatismo:** Es la reacción química que supone el reemplazamiento de un mineral por otro diferente. Calcita + aguas hidrotermales → siderita
- ⇒ **Concreciones:** Tipo de rocas sedimentarias formadas por precipitación química dentro de la corteza durante los procesos diagenéticos y son formadas alrededor de un núcleo de atracción, como un grano o un fósil creciendo de adentro hacia afuera.

## **ALGUNAS EVIDENCIAS DE COMPACTACIÓN**

1. Contacto tangencial



2. Contacto planar



3. Contacto concavo y convexo



4. Contacto suturado



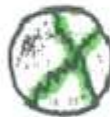
5. Granos distorsionados



6. Fracturas radiales



7. Fracturas diagonales



8. Ruptura y desplazamiento



9. Desmoronamiento



10. Estilolitización



11. Deformación de estructuras primarias



12. Fallamiento



13. Diapirismo de arcillas y evaporitas



14. Diques de arena



Figura 10 evidencias de compactación referencia apuntes geólogo Roberto Vargas

### 1.5.2.6 Factores Que Influyen En Los Procesos De Diagénesis

- ⇒ **Geográficos:** Clima, humedad, materia orgánica, composición, resultante del agua.
- ⇒ **Geotectónicos:** Grado de erosión y depósito, morfología costera, emersión e inmersión, provincia tectónica en particular.
- ⇒ **Geomorfológicos:** Cuenca, laguna, velocidad de la corriente, tamaño de las partículas, grado de clasificación, grado de dispersión.
- ⇒ **Geoquímicos:** Hipersalino, marino normal.
- ⇒ **Grado De Acumulación Del Sedimento:** Halmirolisis, transferencia iónica, preservación de materia orgánica, zonación bioquímica.
- ⇒ **Composición Original De Los Sedimentos:** Aragonito, calcita hipermagnesiana, calcita de bajo contenido de magnesio.
- ⇒ **Tamaño Del Grano:** Contenido de materia orgánica, número de bacterias, grado de difusión.

### 1.5.2.7 Estructuras Diagenéticas

Se generan en cualquiera de las fases de la diagénesis mediante procesos de precipitación y/o disolución química.

### 1.5.2.8 Estructuras de precipitación

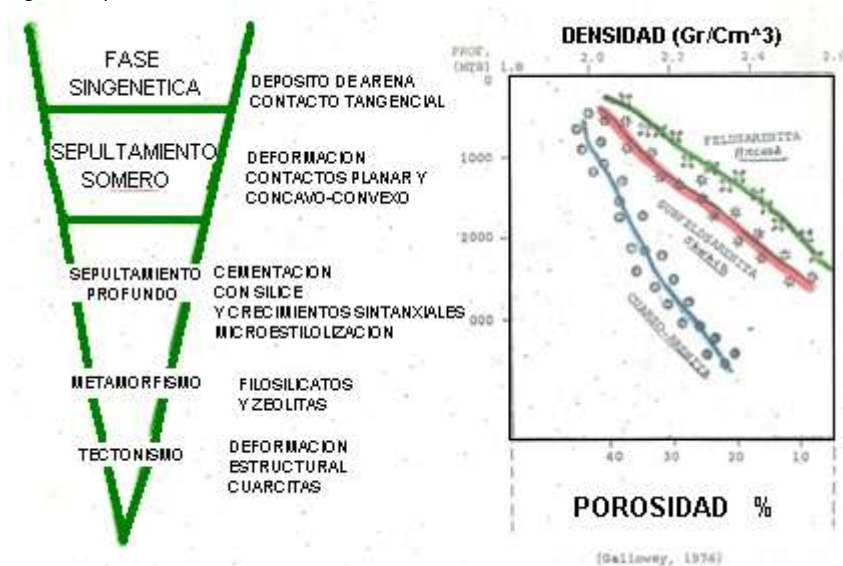
Concreciones: según Pettijohn involucran.

- **Nódulos:** Tiene forma irregular, superficie rugosa, carentes de estructura interna, pueden ser aplanados, tienen algunos cms de diámetro.
- **Concreciones en sentido restringido:** Se originan en sedimentos detríticos y permeables, por precipitación alrededor del núcleo, de forma esférica, suelen tener estructura concéntrica.
- **Rosetas:** Típicas en sedimentos detríticos y permeables. Las más comunes son de baritina, calcita, yeso, marcasita y pirita; formando racimos de cristales euédricos dispuestos con cierta simetría.
- **Esferulitas:** De forma esférica, desde bolitas vistas solamente en microscopio hasta algunos cms de diámetro, estructura radial y se generan a partir de uno o más núcleos. Compuesta por varios minerales, más comunes calcedonia y calcita.
- **Geodas:** Caracterizadas por su forma subesféricas a aplanada, interior hueco y cubierta parcial o totalmente por calcedonia.
- **Septarias:** Subesféricas, tamaño entre 15 o 40 cms, presenta dos sistemas de grietas: uno radial y otro concéntrico.

### 1.5.2.9 Estructuras De Disolución

- **Estilolitos:** Pueden generarse a partir de presiones no homogéneas dejando formas de conos aplanados o agudos. Su origen es discutido, pues para unos estos se generan antes de la consolidación del sedimento y para otros es tectónico.

**CONCLUSION:** Las estructuras diagenéticas nos revelan parte de la historia de un sedimento, luego de su depositación, sus características físicas (porosidad, permeabilidad) y químicas (composición, procesos químicos) y finalmente nos indica mineralizaciones de importancia económica (véase figura 11)



**Figura 11** Apuntes Geología Geólogo Roberto Vargas Cuervo

### Importancia De La Diagénesis

El estudio de la diagénesis tiene una importancia económica considerable. Los cambios diagenéticos que experimenta un sedimento determinan si la roca formada atraparé el petróleo crudo o lo dejaré pasar. De hecho, buena parte de la investigación en este campo realizada en las últimas décadas la han llevado a cabo las compañías petrolíferas, interesadas en determinar qué rocas tienen la porosidad y la permeabilidad adecuadas para convertirse en buenos depósitos o conductores de crudo.

La diagénesis es importante para la roca del reservorio porque acostumbra a reducir la porosidad de la roca, reduciendo así el volumen de hidrocarburos que es capaz de retener.

Los efectos de la diagénesis pueden ser reconocidos en el microscopio como poros saturados ó como una deformación o fusión parcial de granos minerales. Por ejemplo, la calcita (CaCO<sub>3</sub>) puede ser precipitada directamente del agua salada para saturar los poros de las rocas del reservorio, como areniscas o calizas. La naturaleza cristalina de la calcita diagenética y diferente de los granos minerales de la matriz, y estas se pueden diferenciar en un microscopio. El dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), mismo compuesto que forma el cuarzo mineral, de lo que esta compuesto los granos de arena en su mayoría, también pueden ser precipitado de las aguas que fluyen a través de las rocas de los reservorios y de los poros saturados, mas comúnmente en las areniscas.

En resumen los agentes de la diagénesis son:



Compactación: Reducción de volumen y aumento de la densidad por reducción de los espacios libres y expulsión del agua que se encontraba en ellas. La Fotografía No19 muestra la relación de la variación de la porosidad con la profundidad en diferentes tipos de rocas clásticas

Los intercambios líquidos sólidos: Son muy importantes las características fisicoquímicas del agua en el depósito, estas varían con la profundidad, la Fotografía No19 muestra la movilidad de los fluidos en relación a las diferentes etapas de litificación durante el sepultamiento.

La cementación: Material secundario que precipita de los fluidos (Calcita, siderita, fosfatos, óxidos de hierro, sílice, etc.)

La recristalización: Sustitución mineralógica de una serie polimorfa como por ejemplo, el aragonito que cristaliza en el sistema ortorrómbico puede ser transformado en Calcita cristalizando en el sistema hexagonal.

Metasomatismo: Es la reacción química que supone el reemplazamiento de un mineral por otro diferente, ejemplo:



Calcita + aguas hidrotermales → Siderita

Calcita → Dolomita

Concreciones: Tipo de rocas sedimentarias formadas por precipitación química dentro de la corteza durante los procesos diagenéticos y son formadas alrededor de un centro o núcleo de atracción, como un grano ó un fósil, creciendo de adentro hacia afuera.

Estudios Regionales En Secuencias Diagenéticas:

En estudios de exploración geológica en cuencas petrolíferas es de gran importancia conocer las características sedimentológicas en la formación ó génesis de los depósitos sedimentarios así como sus procesos diagenéticos. A continuación se describen algunos ejemplos de investigaciones realizadas en cuencas sedimentarias en relación a campos petrolíferos:

Secuencia Diagenética En Sedimentos Recientes En Las Costas De California (Según Rittenberg, 1952)

El contenido de agua se reduce a profundidad, siendo mayor en los sedimentos más finos.

La compactación de los elementos no está limitada por su permeabilidad, sino por la resistencia de los granos a la deformación o al reacomodo.

El pH en la superficie de los sedimentos es menor, y tiende a incrementarse en profundidad. La zona de menor pH está relacionada con la mayor actividad bacterial.

El potencial Eh (oxidación) es generalmente positivo en la superficie del sedimento (condiciones de oxidación), y es negativo a profundidad (condiciones de reducción).

El potencial Eh disminuye al escapar el Oxígeno a estratos superiores y debido a la acción reductora de las bacterias sobre los sulfatos, precipitándose sulfuros.

El Nitrógeno y el Carbón orgánicos disminuyen a profundidad, desapareciendo más rápido el primero. La materia orgánica en los sedimentos finos es más baja cerca de la costa que lejos de ella, también es más baja en el talud continental y en la cuenca oceánica, cuando el grado y velocidad de sedimentación son bajos, debido a que permite la oxidación de la materia antes que esta sea sepultada.

La falta de actividad bacteriana y la ausencia de Oxígeno en ciertos lugares de depósito, se refleja por la relación C/N que puede ser constante, en condiciones superficiales o profundas.

Los procesos de diagénesis están controlados por condiciones locales dentro de una misma cuenca sedimentaria.

9. Los grados de oxidación - reducción en general se manifiestan por ser:

Fuertemente reductoras: H<sub>2</sub>S

Reductoras: Carbonatos y sulfuros de hierro

Débilmente reductoras: siderita

Neutrales: clorita

Débilmente oxidante: Glauconita

f. Oxidante: hematita y limonita.

Factores Mayores Que Influyen En Los Procesos De Diagénesis:

GEOGRAFICOS: Clima, humedad, lluvia, materia orgánica, tipo de intemperismo, composición resultante del agua.

GEOTECTONICOS: Grado de erosión y depósito, morfología costera, emersión e inmersión, provincia tectónica en particular.

GEOMORFOLOGICOS: Cuenca, laguna, velocidad de la corriente, tamaño de las partículas, grado de clasificación, grado de dispersión.

GEOQUIMICOS Hipersalino, marino normal, etc.

GRADO DE ACUMULACION DEL SEDIMENTO: Halmirólisis, transferencia iónica, preservación de materia orgánica, zonación bioquímica.

COMPOSICION ORIGINAL DE LOS SEDIMENTOS: Aragonito, Calcita hipermagnesiana, Calcita de bajo contenido de Mg, contenido de elementos de traza y de isótopos estables 018/016, C13/C12.

TAMANO DEL GRANO: Contenido de materia orgánica, número de bacterias, grado de difusión.

Factores Que Favorecen La Compactación De Arenas.

Factores Dinamicos

Presión encajante: alta - sepultamiento profundo.

Temperatura: gradiente geotérmico alto.

Presión de los fluidos contenidos en los poros: baja en fluidos estáticos.

Factores Propios Del Sedimento

Tamaño: Pequeño.

Clasificación: Partículas moderadamente a bien clasificadas.

Grado de empacamiento: Empacamiento inicial, alto, por procesos superficiales tales como bioturbación.

Mineralogía: Composición de los sedimentos propios de altas presiones y temperaturas.

Forma

Fábrica.

Factores Inhibidores (Presepultamiento)

Cementación: Temprana mínima

Recristalización

Reemplazamiento

Factores Que Controlan Y Afectan El Proceso De Compactación En Arenas Y Areniscas

INCREMENTAN

Incremento de arcilla y micas

Con arcillas fácilmente deshidratables

Gran profundidad de emplazamiento

Tiempo geológico considerable

Presencia de discordancias

Intercalaciones de capas de grano fino y grueso

Estructuras sedimentarias unidireccionales

Fluidos intersticiales en desequilibrio con los sedimentos

Presión hidrostática solamente

Cementación tardía

Deposición lenta.

DISMINUYEN

Ausencia de arcilla o mica

Con arcillas difícilmente deshidratables

Poca profundidad de emplazamiento

Tiempo geológico corto

Ausencia de discordancias

Ausencia de intercalaciones de grano fino

Estructuras sedimentarias polidireccionales

Fluidos intersticiales en equilibrio con los sedimentos

Presencia de presiones de formación anormalmente altas

Cementación temprana

## Deposición rápida.

### 1.6. OROGÉNESIS

Conjunto de procesos que conducen a la formación de cadenas montañosas por medio de acortamiento, plegamiento o levantamiento de cinturones móviles de la corteza (véase figura 12).

Oros → montaña

Genes → nacimiento

#### Tafrogénesis:

Formación de grandes estructuras de expansión, distensión que produce depresiones corticales importantes, manifestadas por sistemas de graben (Rhin Europa)

Taphros - depresión

Genes - nacimiento

Estos dos términos forman la llamada:

#### Tectogénesis:

Deformaciones corticales de la corteza, ya sea por distensión o acortamientos, que pueden ser plásticos o de ruptura.

Los procesos orogénicos son de corta duración y están registrados por franjas estrechas y alargadas a partir de los cuales se generan regionalmente nuevos niveles, también de corta duración.

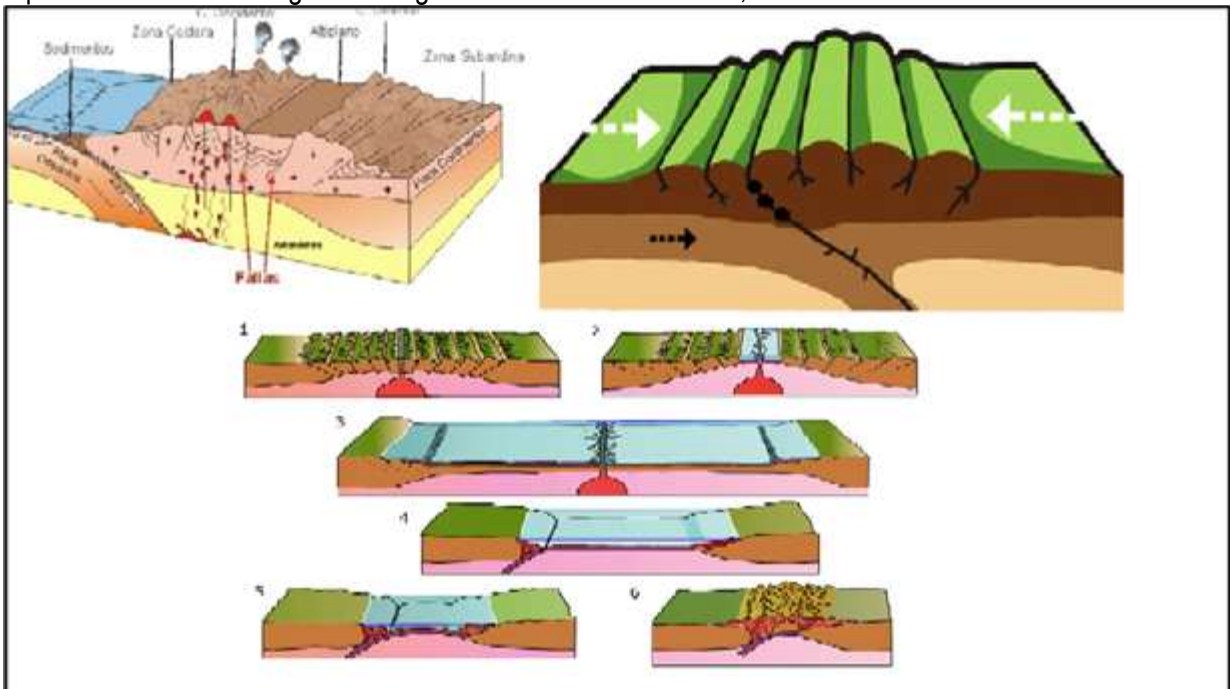


Figura 12 procesos orogénicos referencia geología McKee

### 1.6.1 Tipos De Orogénesis

- Orogénesis térmica u ortotectónica
- Arcos de islas
- Cordilleras marginales
- Orogénesis mecánica o paratectónica
- Orogénesis Térmica U Ortotectónica

#### 1.6.1.1 orogénesis térmica

Se llama orogénesis térmica por la importancia de los fenómenos magmáticos, incluidos los volcánicos, que se ponen en marcha como consecuencia de la fricción entre placas. La litosfera que subduce es invariablemente de tipo oceánico y arrastra y deforma los materiales acumulados en un geosinclinal, los cuáles subducen en parte con la litosfera oceánica; en el límite entre las dos placas se encontrará normalmente una fosa oceánica. En la otra placa la litosfera puede ser inicialmente oceánica o directamente continental, y de ello dependen la modalidad (véase figura 13).

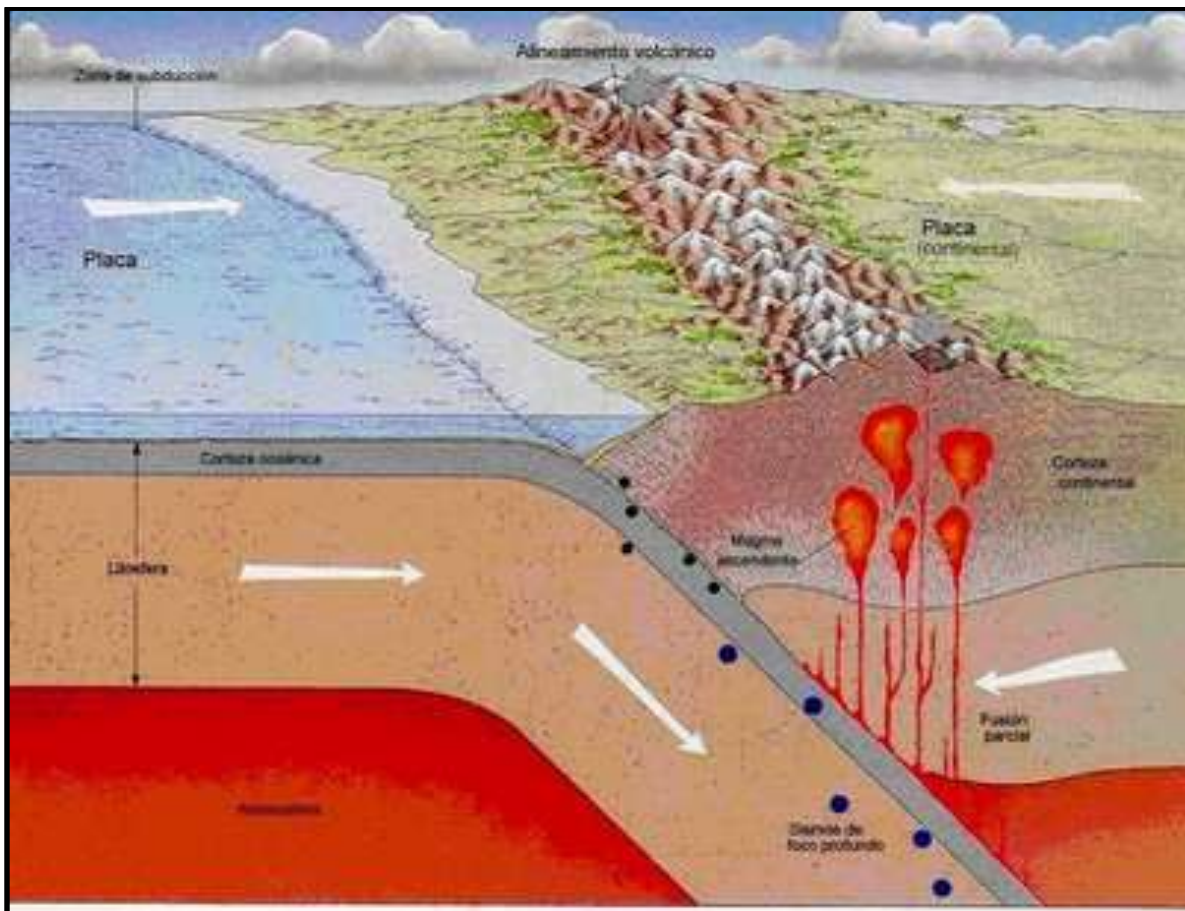


Figura 13 orogénesis térmica referencia geología McKee

### 1.6.1.2 Arcos De Isla

Son archipiélagos en arco rodeados por el lado convexo por una fosa que marca el límite entre las dos placas. Están formados por islas volcánicas. Por detrás del arco, en su cara cóncava, la propia subducción puede desencadenar procesos generadores de litosfera oceánica, ampliando la cuenca continental (véase figura 14).

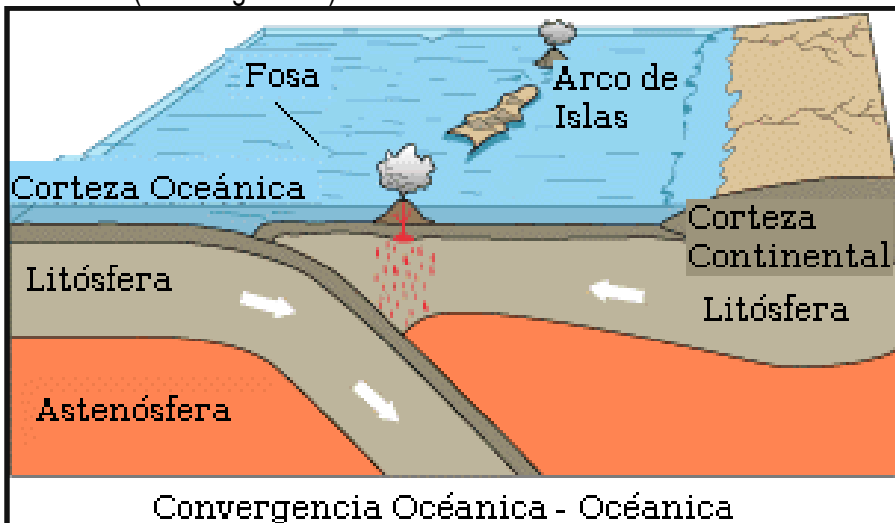


Figura 14 Arcos De Isla referencia geología McKee

### 1.6.1.3 Cordilleras Marginales

La subducción puede arrancar cuando la compresión rompe la litosfera oceánica junto al borde de un continente, poniendo en marcha una convergencia y una subducción que levantan una cordillera en el borde del continente (véase figura 15).

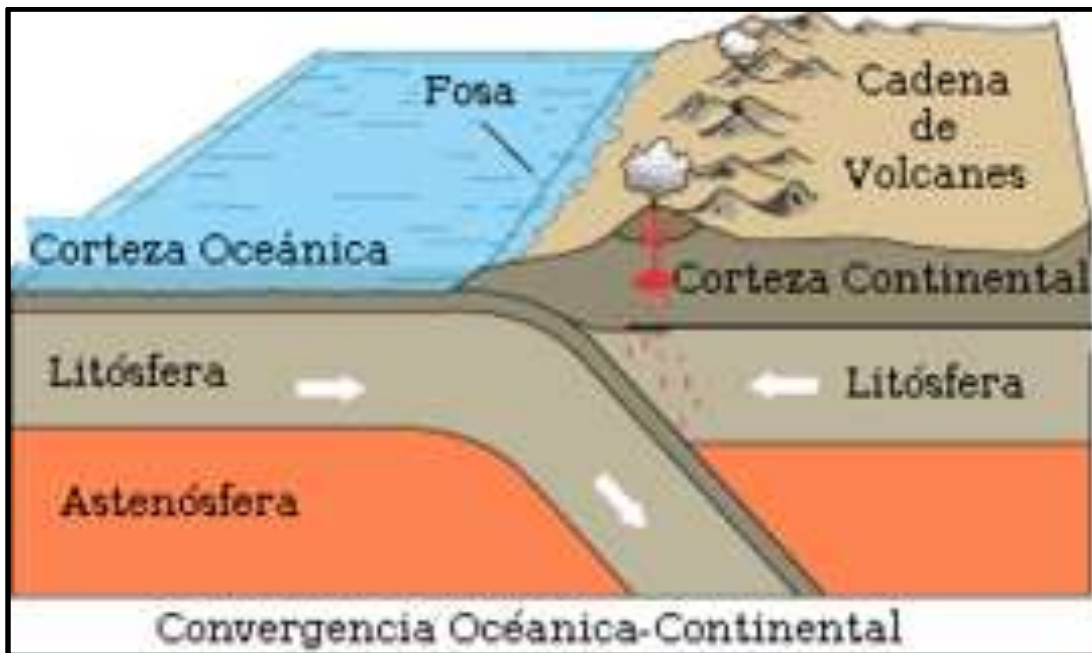


Figura 15 Cordilleras Marginales referencia geología McKe

#### 1.6.1.4 Orogénesis Mecánica O Paratectónica.

Cuando el movimiento convergente de dos placas tectónicas arrastra un fragmento continental contra otro. Las fuerzas y movimientos predominantes son horizontales (paratectónicos) y de origen propiamente tectónico (mecánico), con muy pequeña participación de procesos específicamente volcánicos o, más generalmente, magmáticos. Para que la colisión pueda llegar a producirse es preciso primero que la subducción absorba la cuenca oceánica entre dos placas continentales, lo que implica que siempre hay una fase de orogénesis térmica antes de que se produzca la colisión continental. Se llama orógenos de colisión a los que se forman por el mecanismo de orogénesis mecánica o paratectónica. (véase figura 16).



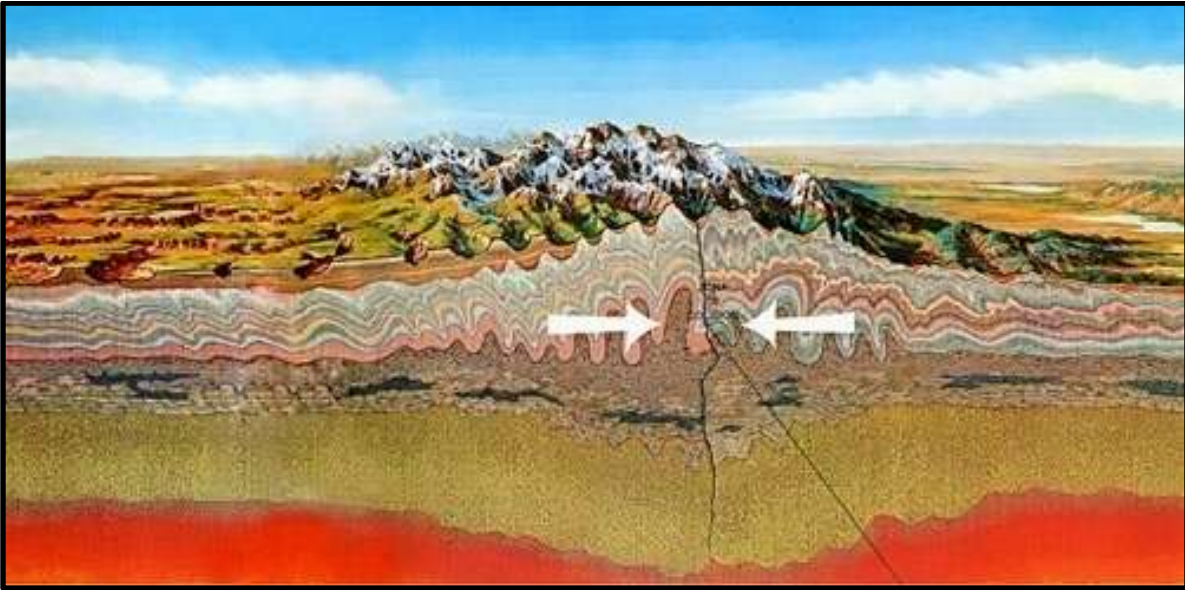


Figura 16 orogénesis mecánica o paratectónica referencia geología McKee

## 1.6.2 OROGÉNESIS ACTUALMENTE

En esta fase de la evolución geológica la orogénesis se concentra en dos grandes líneas o cinturones orogénicos. Estos conectan entre sí en el Caribe y el Sudeste asiático. Caracterizados por cordilleras de montañas, arcos insulares, mares interiores. Son las sedes de sismicidad y vulcanismo mundial.

Cinturón orogénico peripacífico (continente americano, asiático y australiano).

Cinturón orogénico mesogeico (entre cratones septentrionales de Eurasia y América del norte y meridionales de América del sur, África e India).

## 1.6.3 Orogénesis En La Historia De La Tierra

La intensidad de la orogénesis no se ha mantenido homogénea en el tiempo y en cada periodo de tiempo puede afectar diferentes partes de la corteza continental.

Las principales orogenias o periodos donde se construyó o se formó el relieve, ocurrieron en su mayoría en el fanerozoico; éstas son:

### 1.6.3.1 Caledoniana

La orogenia caledoniana o caledónica fue un proceso de formación de montañas (orogénesis) que se produjo en Escocia, Irlanda, Inglaterra, Gales y el oeste de Noruega durante los periodos Silúrico y Devónico (Paleozoico), aproximadamente hace 444-416 millones de años. Su denominación proviene de "Caledonia", nombre latino de Escocia (véase figura 17).

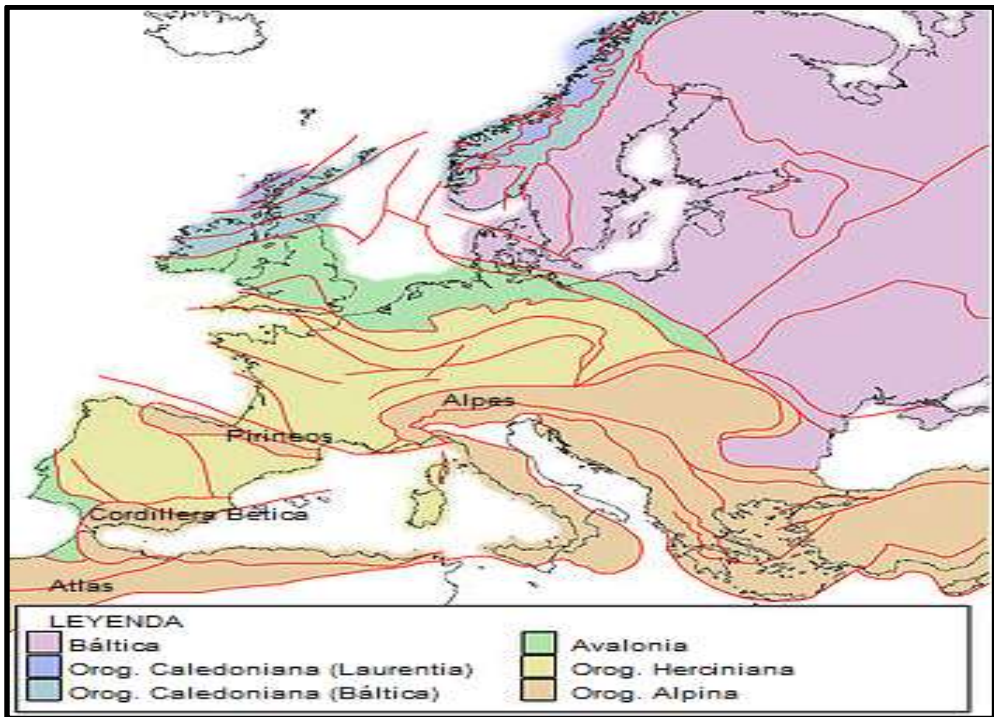


Figura 17 Caledonia fuente GEOLOGÍA. DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LA TIERRA Escrito por MONROE J, Manuel Pozo Rodríguez

**1.6.3.2 Hercínica o Varisca**

La orogenia varisca o hercínica es un evento geológico de formación de montañas, debido al movimiento de las placas tectónicas sobre el manto terrestre, que se produjo al final del Paleozoico, entre finales del Devónico (hace unos 380 millones de años) y mediados del Pérmico (unos 280 millones de años), durando en total unos 100 millones de años. Fue el producto de la colisión entre las grandes masas continentales de Euramérica (o Laurussia) y Gondwana, incluyendo las masas más pequeñas de Armórica y Avalonia, y supuso una parte significativa en la integración del supercontinente Pangea. En las zonas donde los continentes colisionaron se estima que se debieron formar sistemas montañosos de similar altitud al actual Himalaya. (véase figura 18).



**Figura 18** hercínica o varisca fuente GEOLOGÍA. DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LA TIERRA Escrito por MONROE J, Manuel Pozo Rodríguez

### 1.6.3.3 Alpina

La Orogenia Alpina es una etapa de formación de montañas (orogenia) que se produjo durante el Mesozoico, cuando África, el subcontinente indio y la pequeña placa de Cimmeria chocaron contra Eurasia. Formó las principales cadenas montañosas del Sur de Europa y Asia, comenzando en el Atlántico, pasando por el Mediterráneo y el Himalaya y terminando en las islas de Java y Sumatra. En concreto, se formaron de oeste a este: Atlas, Rif, Cordilleras Béticas, Cordillera Cantábrica, Pirineos, Alpes, Apeninos, Alpes Dináricos, Pindo, Montes Cárpatos, Montes Balcanes, Montes Tauro, Cáucaso, Montes Elburz, Zagros, Hindu Kush, Pamir, Karakórum e Himalaya. (véase figura 19).



**Figura 19** Alpina fuente GEOLOGÍA. DINÁMICA Y EVOLUCIÓN DE LA TIERRA Escrito por MONROE J, Manuel Pozo Rodríguez

#### **1.6.4 Aplicación De La Orogénesis A La Ingeniería De Petr6leos**

Debido que la orogénesis crea distintas formaciones y una de estas consecuencias es la formación de fallas, las cuales atribuyen a la instauración de reservorios, Por ejemplo, en el llano se encuentran muchas fallas de cabalgamiento las cuales son influyentes en el entrapamiento de hidrocarburos. Teniendo en cuenta que por medio de la orogénesis, podemos tener conocimiento de que hay en el subsuelo, debido a las distintas formaciones de la superficie, se pueden proyectar estas formaciones hacia el subsuelo y así tener una ubicación hipotética del crudo, para aplicar los estudios apropiados a aquel lugar supuesto, para obtener una mayor concepción de lo planteado.



### 1.6.5 CICLOS OROGÉNICOS DE FORMACIÓN DE CORDILLERAS

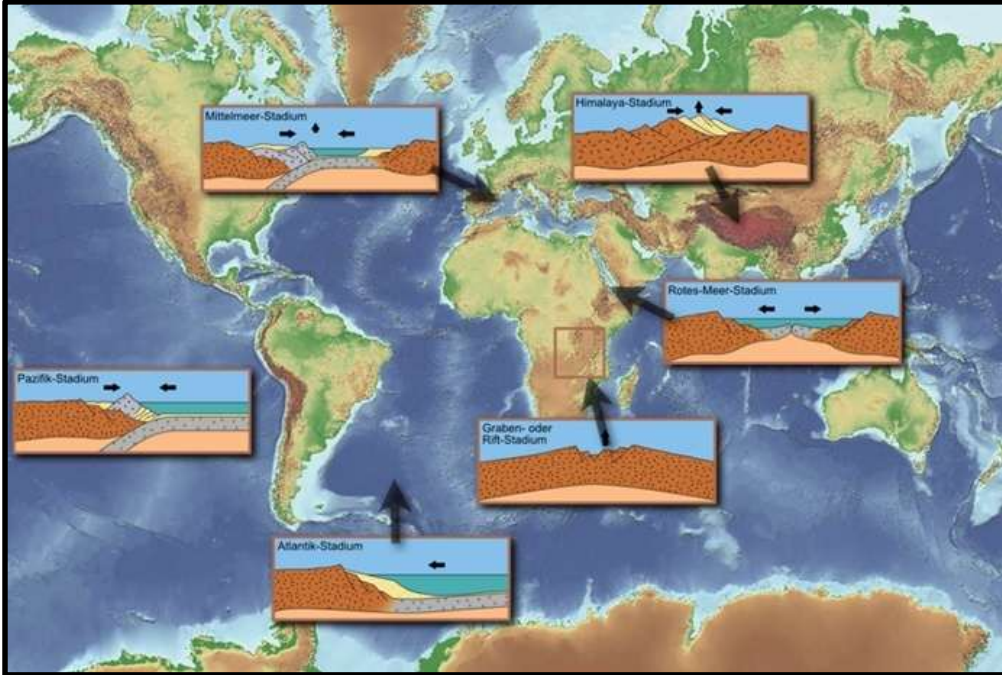


Figura 20 ciclos orogénicos de formación de cordilleras fuente geología. dinámica y evolución de la tierra escrito por monroe j,manuel pozo rodríguez

ERA	PERIODOS	MILLONES AÑOS	FORMAS DE VIDA	PRINCIPALES EVENTOS
Antropozoica (Cuaternaria)	Holoceno	0.01	Hombre moderno	Glaciaciones
	Pleistoceno	2	Hombre primitivo	
Cenozoica (Terciaria)	Plioceno	12	Primates	Erosión Orogenia Alpina
	Mioceno	25		
	Oligoceno	40	Árboles	
	Eoceno	60		
	Paleoceno	70	Hierbas	
Mesozoica (Secundaria)	Cretácico	135	Extinción Dinosaurios Primeros mamíferos	Depositos marinos
	Jurásico	180		Transgresiones
	Triásico	225	Grandes reptiles	
Paleozoica (Primaria)	Pérmico	270	Insectos, coníferas	Orogenia Herciniana
	Carbonífero	350	Helechos arborescentes	Orogenia
	Devónico	400	Peces	Caledoniana
	Silúrico	440	Primeros corales	Geosinclinales
	Cámbrico	600	Tribolites	
Azoica (Pre-cámbrica)		4.500 (Formación de la Tierra)	Seres unicelulares  Inexistentes	Atmósfera Rocas ígneas Escudos y zócalos

cuadro 2 ciclos orogénicos de formación de cordilleras fuente geología. dinámica y evolución de la tierra escrito por monroe j,manuel pozo rodríguez

### 1.6.6 Teorías Orogénicas:

Son de dos categorías:

#### Hipótesis Movilistas

Abogan por movimientos primarios tangenciales de masas corticales .

#### Hipótesis De Los Fixistas

Movimientos verticales de deriva continental y tectónica de placas (exposición).

### 1.7. EPIROGÉNESIS

Movimientos (regionales) corticales de amplitud regional, especialmente verticales algunos consideran la epirogénesis como el fenómeno de consolidación de los continentes (proceso de cratonización).

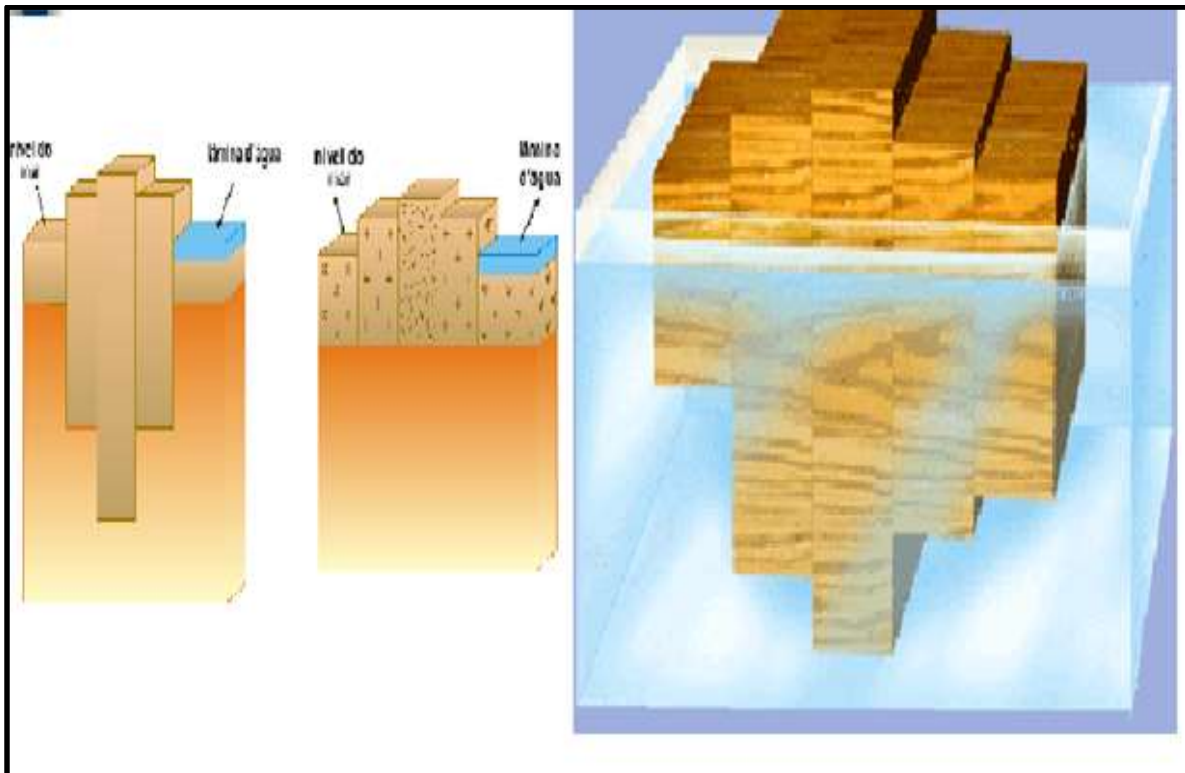


Figura 21 isostacia fuente geología. dinámica y evolución de la tierra escrito por monroe j,manuel pozo rodríguez

Los movimientos epirogénicos conducen a abombamientos o depresiones corticales.  
Ej. El levantamiento de la península escandinava a partir de la última glaciación.

### 1.7.1 Isostacia

Nivel de equilibrio o nivel de compensación de masas.

En la corteza existen grandes desniveles, montañas con más de 8 msnm , fosas hádales de más de 10.000 msnm, anomalías gravimetrías + (fosas) - m. (véase figura 21).

Existen dos hipótesis:

### 1.7.2 Hipótesis De Pratt

Propone la existencia de un nivel de compensación a una cierta profundidad en el manto, en este nivel la diferencia de volumen de la corteza quedaría compensado. Para que esto sea cierto, la corteza terrestre debería estar formada por bloques prismáticos de diferente densidad. (Véase figura 22).

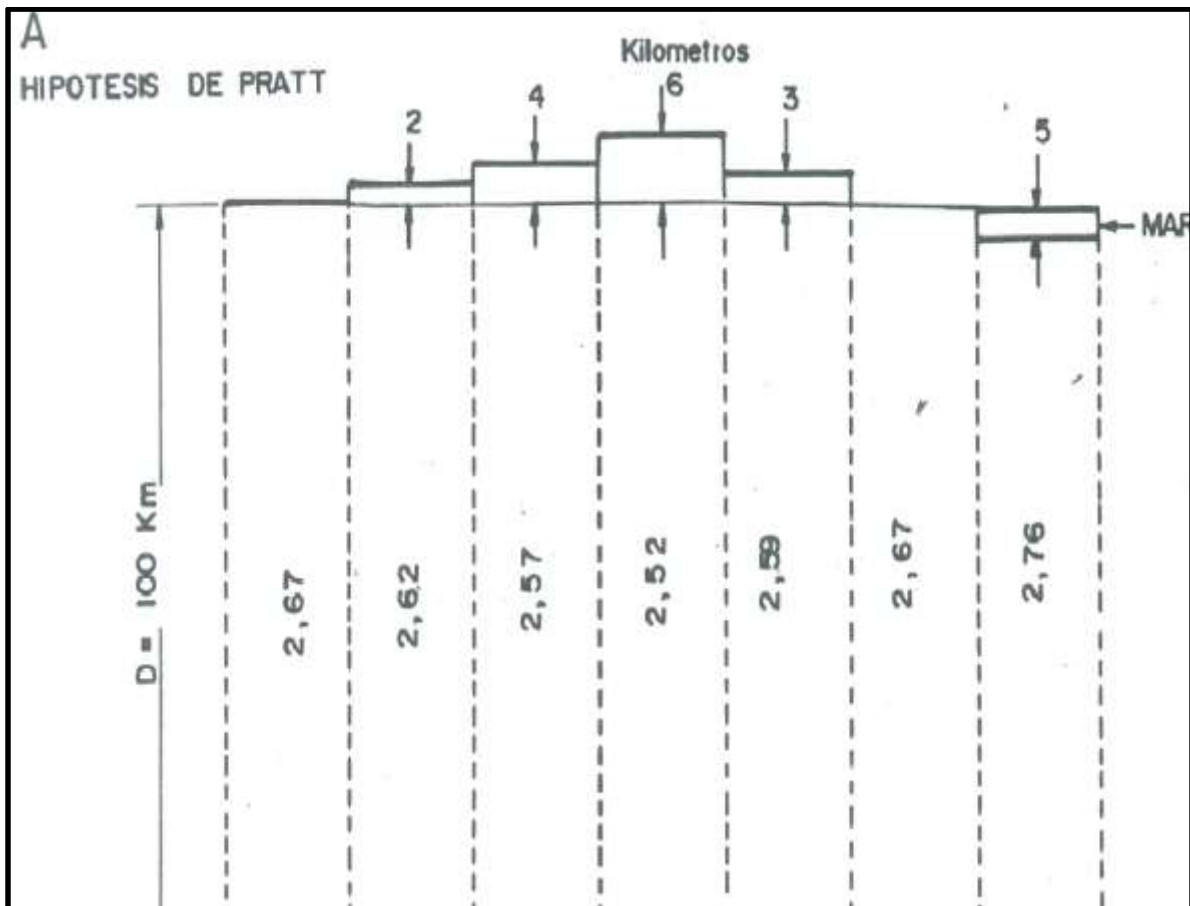


Figura 22 Hipótesis De Pratt fuente geología. dinámica y evolución de la tierra escrito por monroe j,manuel pozo rodríguez

### 1.7.3 Hipótesis De Airly

La corteza terrestre estaría formada por bloques de igual densidad pero diferente altura. Raíces profundas corresponden a altas montañas y raíces delgadas corresponden a cuencas marinas. (Véase figura 23).



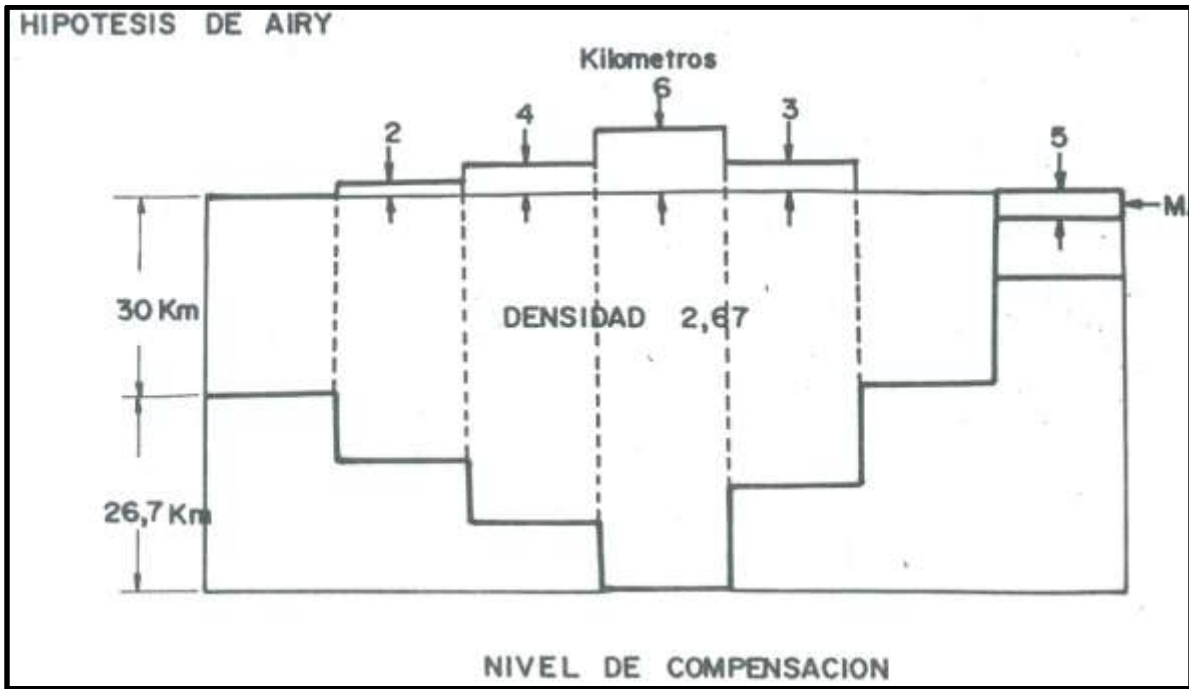


Figura 23 Hipótesis De Airy fuente geología. dinámica y evolución de la tierra escrito por monroe j,manuel pozo rodríguez

# Capítulo 2

## COMPONENTES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias están compuestas por minerales y fragmentos de rocas provenientes de diversas fuentes por efecto de los procesos sedimentarios y bajo condiciones fisicoquímicas que las hacen diferenciar.

De acuerdo a su origen se distinguen dos tipos de componentes:

### 2.1 COMPONENTES ALÓTIGENOS (Terrígenos).

Son aquellos materiales que han sufrido largo transporte desde afuera hacia la cuenca de sedimentación y pueden ser:

- Componentes Clásticos. Resultado de procesos sedimentarios físicos.
- Materiales Piroclásticos. Provenientes de erupciones volcánicas.
- Elementos Meteóricos. Polvo cósmico provenientes del espacio y se aplican en estratigrafía como capas guías.
- Asociaciones minerales: (Véase cuadro 3)

#### Cuadro 3 Asociaciones minerales

A continuación se describen los principales minerales detríticos más comunes en las rocas sedimentarias.

#### 2.1.1 Minerales detríticos:

- Minerales silíceos: Cuarzo, Chert
- Feldespatos: K, Na, Ca
- Micas: Muscovita, Flogopita, Clorita, Glauconita
- Minerales de arcilla: Caolinita, Montmorillonita, Bentonita
- Minerales pesados: Zircón, Sulfuros.
- Fragmentos de rocas: Ígneas, sedimentarias y metamórficas

### 2.1.1.1 Cuarzo

Es el más importante constituyente de las rocas sedimentarias clásticas principalmente areniscas, debido a su estabilidad ante la meteorización física y química. El cuarzo puede ser re TRABAJADO durante varios ciclos tectónicos.

El Cuarzo proviene de granitos y Gneisses y que han sufrido poco transporte, son en general angulares y caras con brillo vítreo que a la luz polarizada se observa con extinción ondulatoria.

Otros minerales de sílice son: El ópalo, el vidrio volcánico, Ágatas, calcedonias, jaspe, jade, etc. (formación Yaví y Gualanday en el Valle Superior del Magdalena).

### 2.1.1.2 Feldespatos

No soportan dos ciclos de sedimentación o uno con mucho transporte, debido a su inestabilidad, a la meteorización química los más estables son la ortoclasa y albita, es decir los que cristalizan a menor temperatura.

La abundancia o presencia de feldespatos en rocas clásticas principalmente areniscas es indicativo de zonas de gran actividad tectónica en las que la erosión es intensa y el transporte es corto, de manera que los feldespatos no alcanzan a descomponerse (rocas inmaduras).

La abundancia o presencia de feldespato en una roca clástica nos indica:

- ⇒ Composición de la roca fuente.
- ⇒ Tipo de meteorización.
- ⇒ Abrasión y solución durante el transporte.

## 2.1.2 Procesos de diagénesis.

El cuadro 4 muestra la utilización de feldespatos para determinar características tectónicas.

El cuadro 4 Utilización de feldespatos para determinar características tectónicas.

### 2.1.2.1 Micas

Son minerales pertenecientes al grupo de los filosilicatos caracterizados por su hábito hojoso que los hace fácilmente transportables, su presencia en rocas clásticas, nos permite correlacionar unidades rocosas y determinar zonas e aporte:

- ⇒ **Muscovita:** Presenta la mayor estabilidad preservándose notoriamente en areniscas.
- ⇒ **Biotita:** Se degrada fácilmente en partículas finas.
- ⇒ **Clorita:** Su preservación es mínima en rocas clásticas debido a su inestabilidad.
- ⇒ **Glaucónita:** Es indicativo de ambientes marinos someros.

### 2.1.2.2 Minerales de arcilla

Constituyentes esenciales de la matriz de rocas clásticas gruesas.

- ⇒ **Caolinita:** Meteorización intensa en climas templados y húmedos.
- ⇒ **Montmorillonita:** Producto de alteración de rocas volcánicas o rocas básicas
- ⇒ **Gibbsita:** Climas tropicales, húmedos.

## 2.2 FRAGMENTOS DE ROCAS

Común en rocas sedimentarias clásticas inmaduras.

- ⇒ **Grupo argiláceo.** Chert, pizarra, filitas, esquistos.
- ⇒ **Rocas volcánicas:** vidrio volcánico.
- ⇒ **Rocas silíceas:** Cuarzo, Chert
- ⇒ **Rocas carbonatadas:** calizas, dolomías.

### 2.2.1 COMPONENTES AUTÍGENOS

Son aquellos componentes de las rocas sedimentarias formados por precipitación química o bioquímica que han sufrido poco transporte y presentan poca estabilidad tectónica. Los principales minerales son:

#### 2.2.1.1 Carbonatos

Calcita y Dolomita, Siderita y Ankerita, formando depósitos orgánicos, arrecifes, fósiles, como también pueden hacer parte del cemento y la matriz de una roca clástica.

#### 2.2.1.2 Sulfatos

Se presentan principalmente como material cementante y son minerales secundarios de yeso, anhidrita, barita, en este caso la presencia de estos sulfatos en rocas clásticas no es indicador de ambiente evaporíticos.

#### 2.2.1.3 Fosfatos

Representado por el apatito sedimentario principal componente de la roca fosfórica y característico de ambientes marino de plataforma. En el capítulo séptimo se presenta una amplia descripción de este tipo de rocas.

#### 2.2.1.4 Minerales de hierro

Hematites, Oligisto, Ilmenita.

#### **2.2.1.5 Caustobiolitas**

Rocas combustibles fósiles representadas principalmente por el Carbón y todas sus clases.

#### **2.2.1.6 Silicatos**

Provenientes de la meteorización química de rocas preexistentes, como también originado a partir de soluciones durante la diagénesis. En el cuadro No. 3 se muestra el origen de la sílice en los sedimentos y el cuadro No. 4 muestra la formación de feldespatos autógenos.

# Capítulo 3

## PROPIEDADES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias poseen características texturales y composicionales, que son la base para su reconocimiento y posterior clasificación. Estas características le proporcionan propiedades específicas como porosidad y permeabilidad, parámetros de gran importancia para la acumulación, entrapamiento y migración de hidrocarburos.

Los principios básicos para el reconocimiento de las rocas sedimentarias son:

### 3.1 TIPO DE ORIGEN

- ⇒ **Clástico:** Rocas exógenas cuyos componentes alotígenos son originados principalmente por procesos físicos.
- ⇒ **Químico:** Rocas endógenas compuestas por materiales amorfos o cristalinos precipitados a partir de soluciones.
- ⇒ **Bioquímico:** Rocas endógenas biogénicas originadas por acumulaciones de organismos.

### 3.2 ROCAS CLÁSTICAS O DETRÍTICAS

Formadas por los Procesos Sedimentarios de Meteorización física, erosión, transporte, sedimentación-litificación y diagénesis. Los parámetros básicos para su reconocimiento son:

- **Textura:** Describe o muestra la dimensión forma y disposición (empaquetamiento y fábrica) de los elementos constituyentes de una roca clástica (propiedades geométricas).
- **Armazón:** Disposición geométrica de los constituyentes (granos y fragmentos).
- **Tamaño:** Parámetro fundamental de rocas clásticas y es regido por la escala internacional de "Wentworth". Las dimensiones de los fragmentos o granos que constituyen un sedimento o roca sedimentaria clástica se determinan por análisis granulométrico midiendo los porcentajes por lo general en peso de las diversas clases granulométricas que existen en el sedimento o

en la roca clástica.. Cada clase granulométrica agrupa los granos cuyas dimensiones están comprendidas entre dos valores límite. La determinación de los porcentajes de cada clase granulométrica se realizan de distintas formas así:

- a. **Para Fragmentos:** Los conglomerados y rocas clásticas con fragmentos mayores a 2 mm se les puede determinar su clase granulométrica por diferentes métodos:
  - Por tamizado o por Cribado. Utilizando tamices con diferentes tamaños de mallas, donde se retienen los fragmentos de cada clase granulométrica.
  - Método manual. Se suelen medir las tres (3) dimensiones más representativas de los fragmentos, por lo general el máximo, el medio y el mínimo, obteniéndose la media. Después de una selección de mediciones, se ubica la clase granulométrica a la que corresponde.
- b. **Para Granos:** Se procede a un tamizado en una columna decreciente de tamices con luz de malla decreciente, de arriba hacia abajo, siguiendo la escala de Wentworth y pesando después las fracciones retenidas en cada tamiz, obteniendo así la clase modal.
- c. **Para Partículas:** Se emplean métodos analíticos basados en la diferente velocidad de sedimentación o asentamiento de partículas en un medio líquido en función del diámetro (Ley de Stokes) análisis de la pipeta o el hidrómetro.

### 3.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN ARENAS Y ARENISCAS

En un análisis sedimentológico y con el interés de determinar algunas de las características de las principales rocas almacenadoras de hidrocarburos como son las areniscas, se realiza un ensayo de laboratorio por el método del tamizado de acuerdo a la siguiente metodología:

A los resultados de un análisis granulométrico o sea los porcentajes de las diferentes clases granulométricas se les puede dar una representación estadística y su interpretación nos dará conclusiones acerca del ambiente de su depositación.

#### 3.3.1 Proceso:

En un análisis granulométrico tradicional de arenas, areniscas o ripios de perforación se preselecciona la muestra y por métodos físicos se deja el material sin cohesión. El proceso utilizado en laboratorio es sencillo y debe cumplir los siguientes pasos:

- 1.) Se escoge la muestra, esta se cuartea se separando de 300 a 500 gr dependiendo del contenido de materiales arcillosos, que será igual al peso 1 =) W1

Determinación de la Humedad. La Humedad se determina de acuerdo a los siguientes parámetros:



$$\% H = \frac{A-B}{A} * 100$$

A: Muestra sin desecar (Peso en gramos). La muestra se somete a un horno al vacío a una temperatura de 250°C por 24 horas.

B: Muestra seca

3.) Proceso de tamizado. Los tamices utilizados convencionalmente por la Industria Petrolera, son los tamices americanos correspondientes principalmente a los números 10 - 14 - 16 - 18 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 100 - 120 - 150 y Fondo.

4.) Peso de cada tamiz =) W2. Se inicia el proceso con el peso en balanza analítica de cada tamiz.

5.) Tamizado. Después de tener una columna de tamices con luz de malla decreciente de arriba hacia abajo, se procede a vaciar la muestra sobre el tamiz superior y con un vibrador por espacio de cinco minutos o el proceso manual de balanceo giratorio por espacio de quince minutos hasta tener la muestra fraccionada en los diferentes tamices. Posteriormente se separan los tamices pesándose cada tamiz con el porcentaje de muestra:

W3 =) Peso cada tamiz con la muestra

W = Peso retenido =) W3 - W2

Con base en el peso final (W) se determina lo siguiente:

- Porcentaje retenido
- Porcentaje retenido acumulado
- Porcentaje en peso que pasa

6.) Porcentaje de error es igual al peso total más, el peso retenido sobre el peso total, el cual debe ser menor del 1% para que sea válida la prueba:

$$E\% = \frac{(W_t - W_f)}{W_p} * 100 < 1\%$$

Se realiza el análisis composicional por fracciones. Cada muestra debe ser analizada mineralógica y texturalmente para la determinación del mayor porcentaje de los minerales esenciales.

### 3.3.2 Análisis Estadístico

Para poder interpretar en forma gráfica, los resultados de las diferentes clases granulométricas se realizan un análisis estadístico

### 3.3.3 Histograma de frecuencias

Es un diagrama en el que los límites entre las clases granulométricas se llevan sobre el eje de las abscisas y en las ordenadas se plotean Los porcentajes que contiene la muestra de cada clase granulométrica.

El histograma muestra la clase modal (el grano más frecuente) el diámetro que tiene más alto porcentaje.

### 3.3.4 Curva de frecuencias

Unión de la parte superior de los rectángulos, es de forma acampanada también determina la moda y que puede expresarse como la medida del diámetro medio del sedimento y está en relación directa con la intensidad del agente de transporte, en el ambiente sedimentario que se ha depositado.

### 3.3.5 Oblicuidad

Determinada por la curva de frecuencias, marca la asimetría de la curva.

(+) hay predominio de fracciones gruesas más que la moda.

(-) hay predominio de fracciones de grano más finos que la moda.

### 3.3.6 Curva acumulativa de frecuencias

Gráfico que se construye en un sistema de coordenadas en las que el eje de las abscisas se representa los tamaños a escala semilogarítmica y en las ordenadas se representa los porcentajes retenidos acumulados.

Con esta curva podemos determinar:

1. Moda: Q - 50

2. Coeficiente de oblicuidad

$$Co = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{2}$$

Valor útil para reconstruir las características dinámicas del ambiente sedimentario

3. Coeficiente de uniformidad:

$$Cu = \frac{P_{90}}{P_{40}} \quad \text{Análoga a la selección}$$

- I hay unif.  
- no hay

4. Coeficiente de sorteamiento: Medida del grano de dispersión de los granos

$$So = \sqrt{Q1} \quad (23)$$

$\overline{Q3}$  (73)

5. Forma: Se expresa mediante dos términos:

a.) Redondez: Se refiere a la forma de la superficie, mide el grado del transporte, se relaciona con la agudeza de las aristas y vértices de un grano.

b.) Esfericidad: Depende del carácter cristalino del grano o mineral.

Estos parámetros pueden expresarse por parámetros numéricos planteando la redondez contra la esfericidad.

Muy angular: 0.15 forma cristalina fresca, perfecta

Angular: 0.2 aristas y vértices agudos no muestra pruebas de desgaste

Subangular: 0.3 Efectos de desgaste los granos mantienen su forma primitiva, caras intactas, vértices - subordinados

Subredondeado: 0.4 - 0.5 muestra considerable desgaste las aristas y vértices son redondeadas, caras reducidas pero aún se observa la forma primitiva del grano.

Redondeado: 0.6 - 0.7 caras originales totalmente destruidas algunos relictos

Muy redondos: 0.8 - 0.9 Totalmente desgastados

c.)

$$IR = \frac{\text{Radio medio de esquinas y bordes}}{\text{Radio de la 1 máxima escrita}}$$

Selección:

Frecuencia del tamaño de granos o fragmentos y organización dentro de la roca = sorteamiento

"No es básica la redondez para hablar de buena selección"

0.35 muy bien sorteada

0.5 bien sorteada

1.0 moderadamente sorteada

2. pobremente sorteada

> 2 muy " "

Madurez textural cuadro:

Matriz: material de granos y partículas apilados en los intersticios dejados por el armazón.

Cemento: material precipitado químicamente entre los granos o fragmentos que conforman el

armazón: sílice Calcita, Dolomita, siderita, FeO, FeS.

Todos estos elementos texturales nos definen los conceptos de porosidad y permeabilidad.

# Capítulo 4

## CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS CLASTICAS

Las rocas sedimentarias clásticas se clasifican según su textura y la composición mineralógica. El análisis mineralógico ya sea macro o microscópicamente, determina los porcentajes de los minerales esenciales o dominantes que son representados en un tetraedro fundamental que se descompone en 4 triángulos cada uno con los vértices ABC ploteado al 100% (Véase figura 24). Varios autores con base en este criterio han dado la clasificación de las rocas clásticas, a continuación se presenta las clasificaciones más usadas en la industria petrolera:

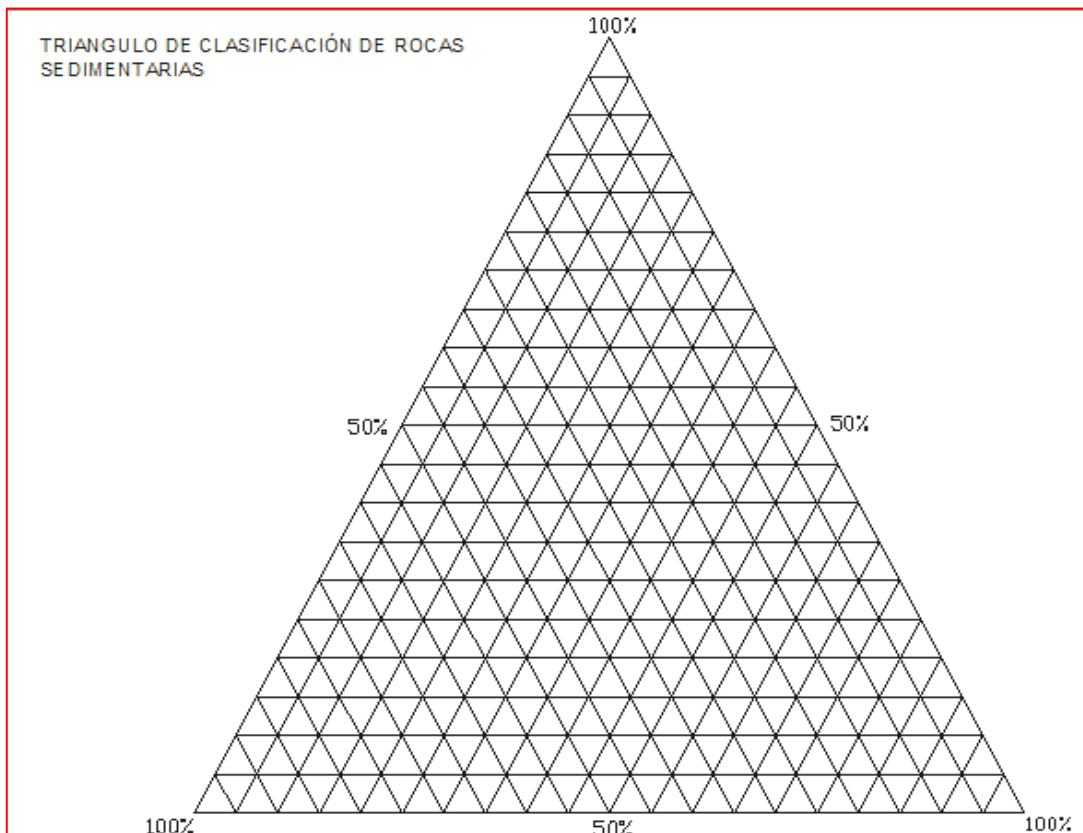


Figura 24 triángulo clasificación rocas sedimentarias



5. Arcilla conglomerática
6. Arenisca
7. Arenisca arcillosa
8. Arcilla arenosa
9. Arcilla

## **4.2 CLASIFICACIÓN DE ARENISCAS SEGÚN DOTT 1964**

La clasificación de Dott tiene en cuenta el porcentaje de matriz aparte de los minerales esenciales que son Cuarzo, Feldespatos, y Fragmentos de roca representados en tres triángulos, de acuerdo a la siguiente descripción:

### **4.2.1 Reino de las Arenitas**

- |                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| - Cuarzoarenita                  | 0 - 10 % matriz |
| - Arenisca feldespática (arcosa) | 0 - 10 % matriz |
| - Arenisca lítica                | 0 - 10 % matriz |

### **4.2.2 Reino de las wacas. Con matriz entre el 10 y el 70 %**

- Grawacas cuazosas
- Grawacas feldespáticas
- Grawacas líticas



Para los tipos b. y c., Folk utiliza un triángulo adicional en el cual plotea el tipo de feldespato y para los tipos d., e., f. y g., utiliza los triángulos dependiendo del tipo de roca parental (Ígnea, Metamórfica o Sedimentaria). (Véase figuras 27 y 28).

Así también Robert Folk presenta la clasificación textural de rocas clásticas, tal como se muestra en la figura 17B.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS CLÁSTICAS

A continuación se presenta una descripción de las rocas clásticas de acuerdo a criterios texturales y composicionales:

#### 4.3.1 RUDITAS

Sus constituyentes están conformados por fragmentos de rocas. Se trata principalmente de formaciones continentales de zonas montañosas, de desiertos fríos (morreras), de desiertos cálidos (cantos descarnados y regs), ríos rápidos (aluviones), regímenes de gran turbulencia (avalanchas) y en la franja litoral (ambiente mixto).

##### 4.3.1.1 Clasificación:

- ⇒ Conglomerados
- ⇒ Fanglomerados
- ⇒ Brechas
- ⇒ Tillitas

##### 4.3.1.2 Descripción litológica:

###### ◆ Conglomerados con buena clasificación litológicamente homogéneos.

- ⇒ **Composición** ⇒ 90% de cantos y guijarros de cuarzo y / o perdernal.
- ⇒ **Matriz y cemento** ⇒ arena limpia bien clasificada, introducida después de la depositación. Puede ser de sílice y/o calcita.
- ⇒ **Fósiles** ⇒ Escasos, fragmentos rotos.
- ⇒ **Textura** ⇒ Tamaño → guijarros medianos a finos, buena redondez y esfericidad.
- ⇒ **Carácter del conjunto** ⇒ Color claro estratificación cruzada y paralela.



⇒ **Origen** ⇒ Terrenos estables graníticos o metamórficos típicos de depósitos basales de secuencias transgresivas.

◆ **Conglomerados mal clasificados litológicamente homogéneos, conglomerados arcósicos.**

⇒ **Composición:** cantos y guijarros de granito con granos de cuarzo y feldespato, micas y producto de alteración como caolín, sericita y clorita.

⇒ **Textura:** Tamaño cantos a gránulos, Feldespato < Cuarzo).

⇒ **Matriz y cemento:** Arena y limo de cuarzo y feldespatos.

⇒ **Fósiles:** Muy raros.

⇒ **Caracter del conjunto:** El color depende de la roca origen granito potásico rosado, cuarzodioritas, sienitas grises con estratificación cruzada y trasversal.

⇒ **Origen:** Rocas ígneas: forma cuñas. áreas tectónicamente activas en condiciones de transporte fluvial y hundimiento rápido.

⇒ **Clasificación:** Conglomerados y brechas intraformacionales.

◆ **Conglomerados de mala selección, litológicamente heterogéneos, conglomerados de Grawaca.**

⇒ **Composición:** Fragmentos de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias.

⇒ **Textura:** Cantos, gravas, arenas y limos.

⇒ **Matriz y cemento:** mezcla de arena, arcilla, y limo. Cemento de sílice secundaria.

⇒ **Fósiles:** Escasos y fragmentarios.

⇒ **Caracter del conjunto:** Color gris - verdoso, estratificación masiva a gradual.

⇒ **Origen:** Abanicos aluviales (fanglomerados), áreas de depositación y hundimiento estables.

#### 4.3.2 ARENISCAS

Todas sus clasificaciones (Dott, Krinine, Pethyjhon, Folk) describen 3 tipos de arenas: Cuarzosas, Feldespáticas (arcosas) y Líticas.

#### 4.3.2.1 Descripciones

◆ Areniscas Cuarcíticas:

⇒ **Composición:** Cuarzo > 90%, minerales pesados (Turmalina, Zircón, Magnetita).

⇒ **Textura:** Arenisca media a gruesa buena selección.

⇒ **Matriz y cemento:** < 5% limo. Cemento silíceo, calcita o dolomita.

⇒ **Fósiles:** Fragmentos.

⇒ **Carácter del conjunto:** Color claro estratificación cruzada transversal y masiva.

⇒ **Origen:** Condiciones estables de sedimentación con hundimiento suave durante la acumulación. Transporte largo, característico de plataformas continentales en secuencias transgresivas. Ejemplo: Formación. Caballos y Formación Monserrate.

◆ Arcosa:

⇒ **Composición:** Dominan el cuarzo y el feldespato > 25% - 50%

⇒ **Textura:** Selección regular y forma deficiente.

⇒ **Matriz y cemento:** Arcillas (caolín) o limo fino. Cementado por óxidos.

⇒ **Carácter del conjunto:** Rosado a gris, estratificación gruesa a masiva.

⇒ **Origen:** Aluviones graníticos, cuencas de rápido hundimiento y erosión rápida.

◆ Grawaca feldespática lítica

⇒ **Composición:** Cuarzo 30 - 40% , Feldespatos 10-50% y Fragmentos de Roca. 5-10%

⇒ **Matriz:** > 20%

⇒ **Textura:** Mala selección y mala forma.

⇒ **Matriz:** Clorita, sericita e illita.

⇒ **Cemento:** Sílice secundaria.

⇒ **Carácter del conjunto:** gris a gris vierdoso, capas masivas a gradadas.

⇒ **Origen:** Zonas de hundimiento rápido y depositación rápida son condiciones típicas de algunas facies de depositación geosinclinales indica alzamiento fuerte del área de aporte sedimentos tipo Flysh (areniscas, arcillas, calizas, margas). Facies típicas de corrientes de turbidez.

◆ **Subrawacas:**

⇒ **Composición:** Cuarzo, feldespatos < 10% Fragmentos de Roca < 10%, matriz > 10%

⇒ **Textura:** Clasificación moderada Tamaño medio a grueso. Forma mala.

⇒ **Matriz:** > 20% en arcillas.

⇒ **Carácter del conjunto:** Gris amarillo, estratificación fina.

⇒ **Origen:** Zonas de hundimiento lento. y depositación rápida localmente por encima del nivel de base, depósitos tipo molasa.

### 4.3.3 MINERALES DE ARCILLA

Los minerales de arcilla son esencialmente silicatos laminares microcristalinos aluminico hidratados (ocasionalmente magnesio o hierro), que tienen una estructura escamosa en capas.

Los suelos arcillosos son agregados de minerales de arcilla y partículas de minerales no arcillosos como Cuarzo, Feldespatos, Carbonatos y Micas, cuyas propiedades están determinadas en gran manera por las propiedades de minerales de arcilla.

La estructura atómica de los minerales de arcilla está generalmente formalizada en términos de modelo de Pauling para silicatos laminares. Este modelo incorpora dos (2) unidades estructurales básicas, la primera comprende una lámina doble formada por unidades de iones de seis (6) hidroxilos (u oxígeno) en coordinación octoédrica con iones de aluminio, hierro o magnesio y la segunda comprende una estructura silicatada laminar. Cuando el magnesio o hierro ferroso están presentes en la primera estructura, todas las posiciones en la unidad del octaedro básico están satisfechas y la unidad estructural es conocida como brucita.  $Mg(OH)_2$ . Esta unidad forma la estructura básica de minerales laminares, serpentina, talco, biolita, flogopita y vermiculita. Cuando iones de aluminio o iones férricos están presentes, con el fin de obtener una neutralidad eléctrica cada tercer espacio aniónico está vacío.

Esta unidad es conocida como gibbsite, y forma la estructura básica de muscovita y algunos minerales de arcilla.

En las capas estructurales de silicatos laminares, los tetraedros silica-hidroxilo están acomodados en láminas hexagonales que se expanden de tal forma, que la base de cada

tetraedro está en el mismo plano y los ápices en la misma dirección. El cristal básico del mineral silicatado laminar está formado por la ligazón de estos iones de oxígeno con la estructura laminar de la brucita, ya sea a través de un enlace covalente, enlace de hidrógeno o unión catiónica intercambiable.

El tipo y continuidad del enlace determina la estabilidad del cristal.

Un ejemplo típico de un grupo de minerales de arcilla formado por láminas alternantes de gibsita y tetraedros de sílica son las canditas donde el cristal resulta de la combinación de los ápices de los tetraedros y una de las capas de la lámina de gibsita. a razón de esto es fácilmente aparente, puesto que las dimensiones longitudinales de las unidades estructurales individuales y el espesor de las láminas son similares.

En la capa común, los hidroxilos compartidos vienen a ser átomos de oxígeno y el enlace es efectivamente covalente. El mineral

caolinita que tiene la fórmula estructural  $(\text{OH})_8 \text{Al}^4 \text{O}_{10}$  es un ejemplo.

Los cristales actuales están formados de una serie de cristales básicos de doble capa sostenidos todos por el hidrógeno enlazante entre hidroxilos y oxígenos en unidades adyacentes. Este enlace es fuerte y aunque las superficies pueden considerarse como planos de clivaje, la tendencia al clivaje es pequeño y los cristales bien formados de caolinita tienden a ser relativamente grandes, estables y difíciles de caolinita son pseudo-hexagonales, 0.3-4  $\mu\text{m}$  de diámetro y 0.5-2  $\mu\text{m}$  de espesor.

En la naturaleza, muchas partículas de caolinita están menos bien formados y el enlace de hidrógeno entre las unidades cristalinas es débil. Esto permite la adsorción del agua y consecuente dispersión más fina a lo largo del clivaje de la unidad en estos cristales pobremente formados de pequeñas cantidades de sustitución isoforma del aluminio por el hierro o titanio, originándose así una deficiencia de carga unitaria y reducción del tamaño del cristal.

Una composición estructural semejante a la de la caolinita se encuentra en las haloisitas, la principal diferencia está en que las haloisitas normalmente ocurre en una forma parcial o totalmente hidratada que tiene una fórmula estructural:  $(\text{OH})_8 \text{Al}_4 \text{Si}_4 \text{O}_{10}$ .

$n\text{H}_2\text{O}$  donde  $n$  puede ser igual a cero, dos o cuatro.  $n\text{H}_2\text{O}$  representa una sola capa molecular de agua entre las capas de las unidades cristalinas de la colinita.

Los cristales de haloisita, sin embargo, generalmente se presentan como varillas huecas probablemente debido a la debilidad del enlace entre capas que acentúa la ligera diferencia en curvatura de las láminas de silicato y gibsita. Su estabilidad depende del grado de hidratación, con formas hidratadas parcialmente ( $n=2$ ) siendo la menos estable.

Probablemente los minerales arcillosos más importantes en un contexto ingenieril son las mortmorillonitas e illitas. Las dos son formadas de unidades estructurales que comprenden

una capa de octaedro central de gibsita entre dos láminas de silicatos de tal forma que los ápices de los tetraedros de silicatos penetran ambas capas de hidroxilos de gibsita.

Los cristales de montmorilonita se forman por capas sucesivas de estas unidades sostenidas todas por un enlace muy débil entre átomos de oxígeno y las unidades adyacentes. ésta configuración estructural hace que el clivaje sea una característica potencialmente dominante por lo que el espacio entre las unidades estructurales sea propenso a la penetración del agua y otras moléculas polares.

Los cristales de montmorilonita pueden por tanto acomodar espesas capas interlaminares de agua absorbida en la estructura. El espesor de estas láminas depende de cierto grado del tipo de catión intercambiable presente, particularmente sutamaño y la fuerza del enlace iónico ejercida entre los cationes y los átomos de oxígeno. Este enlace es el menor (y por tanto la dispersión es la más grande) cuando el sodio es el catión intercambiable que une.

Aunque la fórmula estructural básica para la montmorilonita es  $(OH)_4 Al_1O Si_8 O_2 nH_2O$ , esta será invariablemente alterada por la substitución de varios elementos tales como magnesio por aluminio en la estructura de la gibsita, aluminio por sílica en el tetraedro - y por la presencia de cationes solubles enlazantes. La illita es en varios aspectos un caso especial de la montmorillonita excepto que algunos de los silicios que están reemplazados por iones, aluminio y de potasio están presentes entre las capas de la unidad cristalina. La estructura que tiene la fórmula  $(OH)_4 Al_4 K_2 (Si_6 Al_2) O_2O$ , es estable en variedades bien formadas del mineral pero es inestable en variedades pobremente cristalizadas.

Otros minerales de arcilla importantes son:

Alofana, una aglomeración estructural variable e irregular de octaedros y tetraedros; Clorita, una serie de brucita y capas silicatadas laminares similares a la serpentina; Vermiculita y Attapulgota; basadas en estructuras de doble cadena. Algunas de las principales características de los minerales de arcilla importantes se resumen en la figura ... según Lambe y Whitman (1969). Una clasificación tabular de minerales de arcilla y algunas notas sobre esta clasificación se encuentran en Fayed y Attewell (1965).

#### **4.3.4 PELITAS**

Son los sedimentos más comunes, más o menos la mitad de la columna ( estadísticamente 40% - 56% - 70%)

Rocas de granulometria fina lima 1/16 - 1/256 - 0.062 - 0.004 arcillas < 1/356

Lutitas - shalis

argilitas

Arcillas: material de granulometria muy fina que se vuelve plástica al embeberse en agua que son definidas como tierras plásticas integrados por silicatos de aluminio hidratado (minerales de arcilla, montmorillonitas, caolinita, illita)

Inicialmente las arcillas poseen alta porosidad (capilaridad) baja cohesión e impermeable.

La composición de los sedimentos arcillosos reduce drásticamente su porosidad, al tiempo que aumenta su peso específico.

Las arcillas son rocas impermeables y extremadamente porosas pudiendo alcanzar 90 - 95% de porosidad, pero sus poros son de tamaño subcapilar y las fuerzas de tensión superficial que se oponen al desplazamiento del agua hasta que una arcilla saturada no permita el paso del agua.

Algunos de los procesos involucrados en la diagénesis de arcillas (lodos terrígenos)

#### 1. Deshidratación:

Inicialmente el 80 - 90% de agua en las arcillas les da una apariencia semilíquida sin consistencia, no existe equilibrio entre los componentes sólidos, líquidos y gaseosos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  -  $\text{H}_2\text{S}$ )

Existe primeramente una interacción de sedimentos con gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  -  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ) que empobrecen el sedimento en oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

En este proceso de deshidratación se propicia la formación de minerales autógenos como yeso, siderita, halita, hidróxidos de hierro- sulfuros.

#### 2. Compactaciones:

El proceso de deshidratación lleva el 40 - 95 % - Los procesos diagenéticos se ven influenciados por la velocidad de enterramiento (profundidad) y temperatura ° es común que la coalinita desaparece en los 200 mts p.

La montmorillonita a los 1500 m, La clorita y vermiculita se incrementan a profundidad.

Residuales: formadas "IN Situ" forman el suelo su composición depende del tipo de roca parental, clima, geografía, altitud, latitud, las calizas en suelos áridos: caliches. (limo) rocas Fe Mg - lateritas

Transportadas: Derivan sus componentes de tres fuentes:

1. Productos de abrasión (limo)
2. Productos finales de la meteorización (arcillas residuales)
3. Formaciones químicas y bioquímicas

Dos tipos.

Pelitas transportadas

- continentales,
- marinas

Continentales: ambientes lagos, ríos, desiertos, Loess: limo poco consolidado homogéneo sin estratificación constituido por partículas finas (10 - 100 m) de Qz y caliza ( $\pm$  10 - 20%) y arcillas - ambientes glaciales - morrinas finas.

Marinas: Poco comunes en zonas de profundidad < 40 mts se encuentra en zonas aisladas y dimensiones y formas diferentes.

Se depositan por una parte a causa de las disminuciones de las corrientes (de fluido) fluvial en zonas del taicas, por otra parte se depositan por aumento de la salinidad y del Ph del medio.

A profundidades mayores de 40 mt empieza el mayor desarrollo de las pelitas.  
 En la zona litoral (Aureola terrigena), depósitos continentales mezclados con diminutos fragmentos de organismos.  
 Depósitos de alta mar talud continental. 400-2000 mts, batiales, abisales, hadales.  
 barros azules terrígenos (reductores).

Barros rojos agrupan el 35% de la superficie total de los sedimentos pelágicos.  
 Pelitas ricas en materia orgánica - generan hidrocarburos con condiciones de TPY time.  
 Ventana de generación.  
 en una cuenca sedimentaria comnica la generación de hidrocarburos a los 120° F (50) y termina 350°F (175) pir encima gas biogénico (metano) grisú, por debajo gas timal.

∇; 1°C - 33 m  
 1.4 °F - 100 p

### 4.3.5 ARCILLAS

El término arcilla se aplica a las sustancias terrosas naturales, formadas principalmente por silicatos aluminicos magnésicos hidratados y que pueden contener cantidades variables de hierro, potasio, sodio y otros elementos. De acuerdo con esto, arcilla no es un mineral, sino un agregado de minerales, y sustancias coloidales. Los constituyentesa son del orden de los 0.002 milímetros de diámetro y generalmente se emplean rayos equis (X) en el estudio de su composición.

**TABLA 5 GRUPOS DE MINERALES ARCILLOSOS SEGUN BATEMAN (1961)**

GRUPO	COMPOSICION
<b>A. CAOLINITA</b>	
1. Caolinita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
2. Diquita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
3. Nacrita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
4. Anauxita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
5. Haloisita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4$
6. Endelita	$Si_2 O_5 Al_2 (OH)_4 \cdot 2H_2O$
<b>B. MONTMORILONITA</b>	
1. Montmorilonita	$Si_2O_6Al_1 Mg_2 (OH)_{12} (Na_2.Ca)$
2. Nontronita	$Si_{2.2}O_6Al_2Fe^{+3}(OH)_{12}(Na_2 .Ca)$
3. Saponita	$Si_2_2Al_2O_6Mg_{1_8}(OH)_{12} (Na_2)$
4. Beidelita	$Si_{1_9}Al_5O_6_oAl_{1_3}(OH)_{12}(Na_2)$
5. Hectorita	$Si_{2_4}O_6_oLi_2Mg_{16} (OH)_{12} (Na_2)$

### C. MICAS HIDRATADAS

1. Illita  $K_2(Si_6 .Al_2 )Al_4 O_2$

### D. VARIOS

1. Attapulgita  $Si_8 O_2 \text{ ó } Mg_5 .(OH)_2 4H_2 O$   
2. Sepiolita  $Si O_2 Mg_6 (OH)_4.nH_2O$   
3. Alofana  $SiO_2 + Al + H_2 O$

Los constituyentes principales de las arcillas son los minerales arcillosos, que de acuerdo a Bateman (1961, p. 752), pueden ser divididos en los grupos de la tabla.

El valor y uso de una arcilla está generalmente determinado por el grado o cantidad de impurezas que contenga. Entre estas impurezas encontramos: Fragmentos de roca, cuarzo, mica, feldespato, óxido de hierro, carbonatos, minerales de titanio, yeso, materia orgánica y otros.

Las impurezas afectan las propiedades de las arcillas, por ejemplo, el cuarzo disminuye la plasticidad y contribuye a que una arcilla sea refractaria; la sílice en forma coloidal aumenta la plasticidad; la alúmina hace que la arcilla sea refractaria y el óxido de hierro es un poderoso agente colorante, Bateman (1961, p. 753), considera que las propiedades físicas importantes de las arcillas.

1. Plasticidad, que permite que la arcilla en bruto sea moldeada antes de someterla a la acción del fuego;
2. Resistencia transversal;
3. Retracción, tanto durante el secado como mientras está en el horno; y
4. Fusibilidad, la cual se inicia a los 1.000° C con las arcillas de bajo grado y llega a 1.300 ó 1.400°C para las arcillas refractarias.

#### 4.3.5.1 USO E IMPORTANCIA ECONOMICA

La arcilla es uno de los minerales más empleados desde la antigüedad. A través de toda la historia y más ahora, la civilización moderna, ha advertido su abundancia, su facilidad y bajo costo de extracción y además su adaptabilidad a decenas de usos; por ésto, la arcilla tiene tantas aplicaciones en una sociedad industrializada como la del siglo XX.

El valor económico de la arcilla depende de la posibilidad de usarla cerca de su yacimiento, más que del mismo material en sí; es decir, el valor está detrmnado en gran parte por el costo del transporte. Además, las arcillas se utilizan casi escencialmente en la forma que se extraen.



Es tal la cantidad de usos y aplicaciones de la arcilla y sus productos, que es imposible enumerarlos en forma discriminada y total. Los principales usos son: Cerámica, porcelana, utensilios de cocina. En la industria eléctrica se emplea para tuberías de conducción, cajas de enchufes y aisladores; en la construcción para hacer ladrillos, tanto vitrificados como esmaltados, tejas para techar y para tuberías de conducción de agua, baldosas y bloques de cimentación. Es usada también con fines refractarios, para producir ladrillos, revestir hornos, hacer crisoles, retortas, etc.; en equipos para fundición de vidrios; para agregar a las arenas de fundición. En la industria del petróleo para producir lodos de perforación y revestimientos de pozos; además, se emplea en la industria del papel y cemento, algunas variedades son usadas para filtrado y blanqueo de fluidos.

Las características y propiedades intrínsecas de los grupos que conforman las arcillas, son diferentes y determinan su empleo y su aplicación. Mas adelante y en forma discriminada relacionaremos los diferentes usos para cada tipo de arcilla.

#### **4.3.5.2 METODOS GENERALES DE EXPLOTACION**

La mayoría de los yacimientos de arcilla son explotados a "cielo abierto" (open pit) esto requiere generalmente usar grandes equipos para remover la sobrecarga y extraer el material arcilloso.

Las arcillas comunmente después de extraídas no son sometidas a tratamiento, salvo para la eliminación de fragmentos de roca de tamaños considerables. Actualmente la tendencia general es someter las arcillas a centrifugado, flotación en aceite y blanqueo, para obtener grano fino y eliminar impurezas.

Dependiendo del uso que se les vaya a dar, las arcillas pueden ser sometidas a otros procesos simples, para obtener la calidad necesaria.

#### **4.3.5.3 ORIGEN Y TIPOS DE YACIMIENTOS**

La mayoría de autores (Alvarado y Royo y Gómez, 1936; Bateman, 1961; Petrascheck, 1965; Hosterman, 1970; entre otras) consideran que hay dos tipos principales de yacimientos de arcilla, los cuales se describen a continuación:

##### **4.3.5.3.1 Arcillas Residuales o de Residuo**

Se forman por la descomposición debida a la meteorización de los componentes aluminicos de rocas ígneas, especialmente de los feldspatos. Estos productos de descomposición permanecen en su lugar, originando yacimientos arcillosos. Ejemplos de estas arcillas residuales son el caolín y la bentonita principalmente.

#### **4.3.5.3.2 Arcillas Sedimentarias**

Generalmente las partículas arcillosas formadas por la meteorización de rocas ígneas alumínicas son arrastradas por corrientes de agua u otro agente y posteriormente depositadas, formando bancos conocidos con el nombre de arcillas sedimentarias. De acuerdo al ambiente en donde se depositan, las arcillas sedimentarias pueden ser:

##### - Arcillas Marítimas

Estas arcillas se forman a partir de la depositación de materiales arcillosos transportados en suspensión por aguas tranquilas, a cierta distancia de la playa. Estos yacimientos pueden ser de gran extensión, de considerable espesor y de composición bastante uniforme, aunque presentan variaciones laterales debidas a las distintas corrientes que acarrear los materiales.

##### - Arcillas de Estuario

Depositadas en brazos de océanos a poca profundidad. La extensión de estos depósitos está limitada por el tamaño del brazo de océano y presentan muchas capas de arena.

##### - Arcillas Lacustres

Se forman en cuencas reducidas; generalmente se presentan en alternancia con materiales gruesos. Son épocas recientes y abundan en las regiones glaciares.

##### - Arcillas de Pantanos

Generalmente se encuentran infrayaciendo yacimientos de carbón; los depósitos tienen forma de lentejones y son arcillas refractarias muy plásticas y relativamente puras. A estas arcillas, Pettijohn (1970, p. 491) les da el nombre de "sotoarcilla".

##### - Arcillas fluviales

Se depositan en llanuras de inundación, durante los períodos de crecimiento de los ríos. Los yacimientos tienen forma de lentejones y varían lateralmente hasta convertirse en arenas. A veces los ríos depositan también arcillas en los deltas.

Otras arcillas poco conocidas son las depositadas por glaciares y por acción del viento.

#### **4.3.5.4 TIPOS DE ARCILLA**

De acuerdo al uso y características, las arcillas pueden ser agrupadas en seis tipos especiales, los cuales son: Caolín, arcillas grasas, arcillas refractarias, bentonita, arcillas blanqueadoras y

arcillas misceláneas. Esta clasificación es similar a la tomada por la Oficina de Minas de los Estados Unidos (U.S. Bureau of Mines), Murray (1960), y otros.

#### - Caolín

El caolín es un material terroso de color blanco y de poca plasticidad. Su principal constituyente es la caolinita y en menor proporción la haloisita. Hosterman (1970, p. 124), considera que el caolín puede tener tres orígenes: hidrotermal, por meteorización in situ (catamorfismo) y/o sedimentario; aunque algunos consideran que puede ser por combinación de uno y otro.

Petrasccheck (1965, p. 274), afirma que la sedimentación de caolín es rara y que cuando ella se produce da origen a capas de arcillas caoliníticas de poca extensión, pero de gran valor. Los caolines hidrotermales se forman por soluciones calientes ascendentes que disuelven la roca y precipitan algún mineral de grupo de la caolina. Estas arcillas así formadas se encuentran algunas veces asociadas con depósitos de sulfuro.

Los principales consumidores de caolín son las industrias de cerámica y jabonería. También se utiliza en la elaboración de papel, porcelanas, en la industria del petróleo, en la fabricación de loza, pedernal y cemento blanco entre otros.

#### - Arcillas Grasas

Las arcillas grasas son arcillas refractarias, sedimentarias, de buena calidad y plásticas. Se usan principalmente en cerámica y alfarería y se agregan a otras arcillas para aumentar la plasticidad y cohesión.

#### - Arcillas refractarias

Las arcillas refractarias denominadas también "fire clay", son principalmente de origen sedimentario y algunas de ellas no son plásticas. Su nombre deriva de la propiedad que tienen de resistir altas temperaturas, por lo que se utilizan en la fabricación de toda clase de productos refractarios. Las de mejor calidad se encuentran infrayaciendo capas de carbón, ya que debido al ácido húmico de la materia vegetal el hierro es lixiviado y el álcali de los feldespatos solubilizado. Los usos más importantes son la fabricación de ladrillos y morteros refractarios y materiales para las fábricas de fundición y acero. Algunas especies semirefractarias se emplean en alfarería y cerámica.

#### - Bentonita

El constituyente principal es la montmorillonita y en menor proporción la beidellita. Es de color claro y se origina por desvitrificación y alteración química de vidrio volcánico presente en tobas o flujos volcánicos.

Su característica principal es la facilidad para absorber grandes cantidades de agua, acompañado de un enorme incremento en volumen (hinchándose hasta 21 veces su volumen original). Se utiliza para reacondicionar ardenas de moldeo, para lubricación de lodos de perforación, para preparados medicinales, cosméticos e insecticidas, y como mezcla en el hormigón. También es empleada para eliminar el agua de la pulpa de madera.

#### - Arcillas blanqueadoras

Las arcillas blanqueadoras llamadas también "tierra de batán" o "fuller searsh", son arcillas por naturaleza blanqueadoras, que poseen una notable capacidad de absorción, por lo que son utilizadas para filtrar y decolorar aceites, grasas y sebos. Los minerales arcillosos que la constituyen son principalmente montmorillonita y paligorsquita.

Se diferencian de las arcillas ordinarias por tener un alto porcentaje de agua y poca o ninguna plasticidad. Puede considerarse como una bentonita que no absorbe agua. (Bateman, 1961; Petrascheck, 1965). Se forma probablemente como un depósito residual, por descomposición in situ de rocas tales como tobas y flujos volcánicos, en donde existen procesos de desvitrificación.

#### - Arcillas Misceláneas

Las arcillas misceláneas constituyen el tipo más corriente, son de cualquier color y pueden contener grandes cantidades de impurezas. El mineral predominante en su composición es la illita. Se forman estas arcillas como resultado de material meteorizado que ha sido erosionado, transportado por corrientes, y que generalmente ha sido depositado en áreas con ambientes marinos cercanos a la costa. Se usan para abrasivos, en pinturas, para empaquetar dinamita en los hoyos de explosión, para taponar pozos de petróleo y gas, en la fabricación de ladrillos y tejas para construcción, alfarería y cerámica, en la industria del cemento y para muchos otros usos.

### **4.3.5.5 PRINCIPALES YACIMIENTOS**

Los principales yacimientos se clasificaron en arcillas, caolín y bentonita. El primer grupo comprende todos aquellos materiales arcillosos heterogéneos no considerados industrialmente como caolines o bentonitas.

#### - Arcillas

Geológicamente los yacimientos de arcilla en Colombia se asocian a rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de muy diversas edades. Los depósitos autóctonos se presentan como yacimientos residuales, provenientes de la meteorización de rocas ígneas y metamórficas y algunos suelos arcillosos provenientes de yacimientos cuaternarios tales como los aluviones, terrazas aluviales, yacimientos de piedemonte, etc. Los alóctonos o sedimentarios se asocian con arcillolitas de edades cretácica, terciaria y algunas del Cuaternario.

Dentro de los principales yacimiento de arcilla en el país, podemos enumerar los siguientes:

1. Sabana de Bogotá: Los municipios de Bojacá, Bosa, Engativa, Fontibón, Funza, Madrid, Mosquera, Soacha, Suba, Subachoque, Usaquén, que cubren un 55% de la zona con posibles reservas de arcilla industrial dentro de la Sabana de Bogotá, poseen reservas de 3.500 millones de toneladas; el Valle de Sopó-Tocancipá-Gachancipá, contiene reservas de aproximadamente 377 millones de metros cúbicos y los municipios de cajicá, Chía, Cota, Tabio, Tenjo y Zipaquirá, presentan un volumen de 1.016 millones de metros cúbicos de arcilla.

Por ser la Sabana de Bogotá una región agrícola y ganadera, este volumen de arcillas no puede ser aprovechable en su totalidad. Todos los municipios de la Sabana, estudiados por Carter y Tenjo (1962), Carter y Torres (1962-1963), tienen la ventaja de contar con buenas vías de acceso, lo cual facilita el transporte del producto final a su principal centro de consumo, que es Santafé de Bogotá. Estas arcillas de la Sabana de Bogotá son usadas generalmente para la fabricación de ladrillos, tejas, y tubos de gres; Algunos como las arcillas de Tabio sirven para la fabricación de cerámicas finas y ladrillos refractarios de segunda clase.

Las arcillas de la Sabana de Bogotá están asociadas a la formación de la Sabana de edad cuaternaria.

2. Existen arcillas refractarias y misceláneas, es la faja que se extiende desde Pacho Cundinamarca, hacia el norte las cuales han sido utilizadas para la siderúrgica de Corradine, situada hacia el occidente de Pacho.

3. En San Miguel (carretera Santafé de Bogotá-Fusagasugá), se encuentran arcillas que son explotadas por la compañía Azulejos Corona, dichas arcillas parecen pertenecer a la formación Bogotá o eventualmente a la formación Usme de la edad terciaria.

4. El Grupo Guayabo y la formación León, formados por arcillolitas y/o shales son fuente inagotable de arcilla para la fabricación de ladrillos, tejas y otras industrias que pueden desarrollarse en la región de Cúcuta. Las arcillas de la formación León tienen bajo contenido de arena y apariencia coloidal lo que las hace aprovechables en la industria cerámica.

5. En el sector occidental de los departamentos de Valle del Cauca, Cauca, Caldas y Risaralda, abundan arcillas rojas, las cuales son el producto de la descomposición de basaltos y de diabasas que son las rocas predominantes en ese sector. Cuando ellas con residuales no muestran mayor plasticidad, pero cuando han sido transportadas, llegan a adquirirla, debido a la eliminación de la arena y residuos no alterados, durante el recorrido hasta el nuevo sitio de descomposición. Sus tintes rojos se deben al hierro en diferentes estados de oxidación. Estas arcillas son empleadas en la elaboración de materiales de construcción, artículos de cocina, y en terracotas artísticas.

6. Arcillas coloidales, usadas como carga en la fabricación de jabón, son explotadas en el Alto de las Cruces (a 12 km. de Cali), en Yaconal (10 Km. al oeste de Cali) y al oeste de Popayán.

7. En la margen del río La Vieja (Valle del Cauca-Quindío) se encuentra frecuentemente terrazas constituidas por arcillas de gran plasticidad y muy aptas para la fabricación de artículos ordinarios de cerámica.

8. En el antiguo camino Santa Rosa- Manizales, sobre la quebrada el molino, se encuentra la terraza aluvial compuesta por arcillas azulosas aptas para la fabricación de productos refractarios.

9. Las arcillas para ladrillería en el departamento del Huila son abundantes, Buitrago 1976, menciona localidades más promisorias, de acuerdo a su buena localización, reservas de material y calidad de arcillas.

## INTERCAMBIO BASICO Y ABSORCION DE AGUA EN MINERALES DE ARCILLA

La variación composicional a través de la sustitución iónica o isomorfa dentro de una red cristalina de mineral de arcilla (particularmente predominante en montmorilonitas y vermiculitas)

de aluminio trivalente por sílica tetravalente pueden dejar la unidad estructural con una carga negativa neta. La sustitución también reduce el tamaño del cristal y altera su forma. Grupos de hidroxilo expuestos y enlaces superficiales rotos pueden llevar también una carga negativa neta a las unidades estructurales.

La presencia de esta carga negativa neta significa que cationes solubles (también posiblemente insolubles) pueden ser atraídos o absorbidos sobre las superficies de las unidades estructurales de mineral de arcilla. Sin alterar la estructura básica del mineral de arcilla. Estos cationes pueden intercambiarse por otros cationes como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

Hay también algunos casos donde las cargas netas positivas causadas por enlaces rotos y superficies de partículas pueden atraer aniones intercambiables, pero esto tiene un significado ingenieril menor. La capacidad de intercambio catiónico (CEC) tiene sin embargo un significado mayor para determinar propiedades de minerales de arcilla, particularmente la facilidad con que ellos absorben agua.

La CEC, medida en términos miniequivalentes del peso atómico del solvente por gramo, varía ampliamente para los varios tipos de minerales de arcilla.

### capacidad de intercambio Catiónico (Miniequivalentes por 100 gm) según Grim (1953)

---

	Kaolinita	3-15
Haloisita $2\text{H}_2\text{O}$	5-10	
Haloisita $4\text{H}_2\text{O}$	10-40	
Montmorinolita	80-150	
Illita	10-40	
Vermiculita	100-150	
Clorita	10-40	
Sepiolita/Attapulgita	20-30	

---

Dependiendo principalmente si las fuerzas atractivas resultan de enlaces rotos (caolinita, haloisita) o de substitución reticulares (montmorilonita, vermiculita). Así la caolinita tiene una CEC bajo, absorbiendo pequeñas cantidades de cationes junto con agua asociada sobre las superficies de partículas minerales.

Las montmorilonitas de otra parte, tiene una alta CEC, absorbiendo cationes solubles (y agua asociada) sobre las superficies interlaminares de la unidad estructural. Potencialmente por tanto, las estructuras de la montmorilonita y vermiculita pueden absorber mucho más cantidad de agua, con implicaciones obvias que tienen que ver con la estabilidad y plasticidad de una roca o suelo que contiene estos minerales.

El agua absorbida sobre las superficies interlaminares de la unidad estructural está físicamente en un estado diferente del agua líquida ordinaria o agua de poros y agua en las superficies de las partículas.

Los iones solubles absorbidos con el agua en la superficie interlaminar pueden afectar el acomodamiento del agua absorbida de muchas formas. Principalmente aquellos actúan como enlaces de diferentes fuerzas que atraen las unidades estructurales entre sí y controlan el espesor del agua absorbida. Su efectividad dependerá del tamaño y carga. Así  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  tendrá a ser débil y los sistemas arcilla-agua que contienen estos iones, tales como montmorilonitas sódicas o  bentonitas , serán capaces de absorber grandes cantidades de agua.

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , de otra parte, tendrán enlaces más fuertes y los sistemas arcilla-agua que los contienen poseerán sustancialmente más bajos contenidos de agua. La inclusión de  $\text{Fe}^{3+}$  o  $\text{Al}^{3+}$ , reducirá por supuesto, el contenido de agua y la plasticidad y esto es en efecto la base del método electro-osmótico de la estabilización de la arcilla donde la dispersión de anodos de hierro o aluminio en el suelo da al suelo una fuente de  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Al}^{3+}$  al suelo para reemplazar iones más débilmente enlazados. En general, el poder de reemplazamiento de cationes intercambiables aumenta al aumentar la valencia y la fuerza de enlace.

Un orden frecuentemente anotado (Grim, 1953) del poder de reemplazamiento es sodio, potasio, hierro, aluminio. Aunque este orden puede variar con diferentes combinaciones de mineral de arcilla y condiciones experimentales, es generalmente verdadero que el sodio puede ser reemplazado por cualquier otro excepto lito; calcio y magnesio son reemplazables con dificultad y aluminio y hierro son virtualmente irremplazables.

Grim anota el valor PH como un parámetro útil para comprobar in situ la naturaleza del catión intercambiable, siendo para el sodio 9, 7.5 para el calcio y menos de 7 para el hidrógeno, cuando el aluminio o hierro están presentes invariablemente en la posición de intercambios.



La gran importancia que tienen los filosilicatos es debida, en parte, a que los productos de meteorización de las rocas y por tanto los constituyentes de los suelos, son en su mayoría de este tipo estructural.

La liberación y la retención de los alimentos de las plantas, la acumulación de agua en los suelos de las estaciones húmedas a las secas y la accesibilidad del el suelo a los gases atmosféricos y los organismos, dependen en gran medida, de las propiedades de los silicatos hojosos.

Se presentan asociadas con arcillolitas de edad terciaria y cuaternaria (formación Gualanday y Honda). Entre los principales yacimientos tenemos: Mina activa de Rioneiva en el municipio de Campoalegre, en la vereda el Juncal (municipio Palermo), vereda la Caraguaja (municipio de Yaguará), vereda El Dave (municipio de Tesalia), vereda la Morena (municipio de la Plata).

10. Suescún, et al., 1966, agrupa en tres tipos los yacimientos de arcilla en Antioquia:

- a. Residuales, situados en las rocas plutónicas metamórficas y volcánicas
- b. Transportados, depositados en el terciario carbonífero
- c. Aluviales.

Los del primer tipo ocupan las regiones más altas, hacia el eje de cordillera central y occidental; estas arcillas provienen de la descomposición de filitas, serpentinas, tonalitas, granitos y dioritas. Los yacimientos de mayor importancia en este grupo son los de la Unión, el Carmen y el de Sonsón que es el de menor extensión.

Las arcillas transportadas o secundarias se depositaron en la cuenca del rio Cauca, formando parte de la secuencia carbonífera terciaria, en dos áreas principales: la del sur (Angeolópolis, Amagá, Fredonia, Titiribí y Venecia) y la del norte (Ebéjico y Sopetrán).

Los yacimientos aluviales depositados en los valles de los principales ríos se caracterizan por su topografía plana, casi al nivel actual de las aguas, y por las terrazas que presentan distintos niveles. Entre estos depósitos tienen interés para la explotación y estudio de arcillas, el de Rionegro y el de Llano de Ovejas, al suroeste de San Pedro. Los demás no son aprovechables por la proximidad al área urbana o porque han sido destruídos por la explotación de minas auríferas.

11. Durante la elaboración del mapa de ocurrencias minerales del departamento del Quindío, Mosquera y Buitrago (1970), visitaron 80 prospectos de arcillas en ese departamento, de los cuales los de interés son: Vereda Riogris, Paraje la Quebrada, Municipio de Pijá, todos estos yacimientos son de arcillas residuales.

12. Las arcillas industriales del departamento del Tolima son residuales y sedimentarias. Las primeras se asocian a rocas ígneas y metamórficas meteorizadas y a suelos desarrollados sobre depósitos de derrubios y algunos aluviones; la segunda se hallan asociadas a rocas sedimentarias estratificadas de edad terciaria pertenecientes a las formaciones Honda, Mesa y Gualanday, ocasionalmente a rocas cretácicas de la formación Guadalupe.

Estudios realizados por Buenaventura (1975-1976), Buitrago y Buenaventura (1975), señalan como sitios de interés para arcillas en el departamento del Tolima, los siguientes: Vereda el Sociego (Líbano); vereda la Manta (Falán); vereda la Juanita (casablanca); área del Espinal - Guamo - Coello; Santa Ana - El Salado (Ibagué); yacimiento relacionados con el abanico aluvial de Chaparral. Estos lugares presentan yacimientos de arcillas autóctonas, formados por meteorización de rocas aflorantes.

Entre los yacimientos de arcilla asociados a rocas estratificadas, en el departamento del Tolima, encontramos: Carregimiento de Padilla (Lérida); vereda Las Lomas y Cerro Penagos (Mariquita); vereda San Miguel (Fresno); estos yacimientos se encuentran dentro de las rocas de las formaciones Honda y Mesa; vereda Cunira (Coello), asociado a arcillolitas de la Formación Gualanday; en San Luis y Gualanday, también se presentan yacimientos de arcillas relacionados a la formación Gualanday.

13. Hasta donde Tschanz, et al., (1971, p. 31) pudieron determinar, ninguno de los depósitos de arcillas dentro de las áreas montañosas de la Sierra Nevada de Santa Marta tienen potencial económico significativo. Sin embargo, según los mismos autores, las rocas sedimentarias de edad cretácica, terciaria y cuaternaria, pueden ser reservas potenciales para extraer arcillas para ladrillo, cemento y otros usos.

De acuerdo a todo lo anterior, podemos concluir que en Colombia los yacimientos de arcilla industrial son considerables y se hallan ampliamente distribuidos en el territorio nacional, es decir, no se restringen a regiones determinadas. Falta un estudio general de arcillas en Colombia, para poder dar una cifra que se aproxime al potencial explotable.

#### - Caolín

Existen en el país abundantes yacimientos de Caolín, principalmente en las cordilleras Central y Oriental. Proviene de la descomposición de rocas ígneas y se presentan como yacimientos de caolín y/o en areniscas caoliníticas.

Los principales yacimientos de caolín y caolinita en el país son:

1. Lutitas caolinitas asociadas a rocas sedimentarias cretácicas pertenecientes a las formaciones Villeta y Guadalupe que son fuente de Caolín en los departamentos de Cundinamarca, Huila y Tolima.

2. Caolines formados a partir de la meteorización de rocas lávicas y piroclásticas se encuentran en el departamento del Huila en los siguientes sitios: Vereda de Pinares; municipio de Neiva; vereda Upar; municipio de Palermo; veredas El Tigre y El Viso, municipio de Yaguará.

3. Yacimientos caoliníticos asociados a rocas plutónicas se han localizado en los departamentos de Tolima y Antioquia. En el primero de ellos, se debe más que todo a yacimientos formados a partir de la meteorización de rocas cuarzo-granodioríticas del Batolito de Ibagué; en Antioquia, se presentan buenos yacimientos de caolín asociados a rocas de Batolito Antioqueño, en los municipios de Yamural, Medellín - San Cristobal - Envigado, Santuario - Carmen - Cocomá - Marinilla - La Unión.

4. Otros sitios de interés para la explotación de caolín son: Sierra Nevada de Santa Marta (entre Ciénaga y Sevilla); Nariño (Patía, San Pablo, La Cruz, San Lorenzo - El Tambo, Pasto y Funes); Boyacá (Santa Rosa - Duitama - Paipa - Tuta); Sabana de Bogotá (bosa, parte sur de la ensenada Madrid - Corso, Valle de Guasca). (Nicholls, 1961).

#### - Bentonita

Desde el punto de vista geológico, y debido a que referencias sobre yacimientos importantes de este material no son conocidas, es de suponerse, de acuerdo a Wokittel (1960, p.301), que pueden encontrarse depósitos de bentonita en las cordilleras Central y Occidental, en donde afloran rocas volcánicas y cuaternarias (tobas y cenizas), principalmente en los departamentos de Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Quindio, Risaralda, Tolima y Valle. Lo que dificultaría la explotación de estos posibles yacimientos de bentonita, sería asu ubicación, que en muchos casos es inaccesible y la carencia de vías de comunicación que lleguen hasta los sitios de los depósitos. Esto conllevaría a un aumento en los costos de producción, lo cual podrá poner en su explotación desventaja con las importaciones.

### **PROBLEMAS POR RESOLVER**

El poco conocimiento que se tiene sobre el potencial de arcillas de que dispone el país, obliga a un incremento en los estudios relacionados con estos tipos de yacimientos.

La información que sdebe consignarse en un uinforme geológico sobre manifestaciones de arcillas, tirne que ver con la mineralogía, pureza, espesor del yacimiento si es un estrato, distribución areal, sobrecarga y usos potenciales. Además, el informe debe contener datos sobre la distancia de yacimiento a los centros de consumo, estado de las vías de comunicación o penetración al yacimiento y otros factores que tienen que ver con el presio del producto utilizado en las fábricas.

Es conveniente también que antes de iniciarse la explotación de un yacimiento se hagan estudios acerca del mejor o mejores métodos de laboreo; unas reglas que deben observarse, son las expuestas por Suescún etal. (1966; p. 46):

1. Planificar oportunamewnte la línea de ataque inicial, de tal forma que a medida que el trabajo progresa no se presenten interferencias en la recolección y eliminación de las aguas superficiales que impidan el avance del frente.

2. Si la arcilla se presenta en capas, debe estudiarse detenidamente su posición estructural y relación con las otras capas para eludir hundimientos y derrumbes.
3. Los desechos deben ubicarse en lugares donde no estorben los trabajos presentes y futuros, ni mucho menos las vías de acceso a los frentes de trabajo.
4. Las instalaciones mecánicas deberán localizarse en las zonas de menor laboreo minero y en donde no entorpezcan las labores.
5. Deben construirse bodegas o lugares de almacenamiento en donde se proteja a la arcilla de la erosión y contaminación por agua superficiales y de lluvia.

# CAPÍTULO 5

## ROCAS CARBONATADAS

El grupo de rocas carbonatadas está constituido por calizas  $\text{CaCO}_3$ , dolomitas  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  y calizas ferruginosas  $\text{FeCO}_3$  (siderita).

El 75% de la corteza terrestre está constituido por rocas sedimentarias (Cámbrico al reciente) y una quinta parte corresponde a calizas más o menos 26 %

### 5.1 GENERALIDADES

En las rocas carbonatadas además de calcita, dolomita y siderita se encuentran partículas de origen terrígenos (arenas, limos, arcillas).

La cantidad de limo, arcilla y arena varía en rangos muy amplios, en rocas con más del 50% de  $\text{CaCO}_3$  corresponde a calizas.

Con frecuencia las rocas calcáreas contienen sílice en las variedades de ópalo, calcedonia y anhidrita.

Las rocas carbonatadas forman secuencias sedimentarias de potente espesor, o estratos y lentes aislados.

En el proceso de diagénesis de las rocas detríticas (Shales) con frecuencia se forman nódulos y concreciones calcáreas.

⇒ **Roca caliza:** Constituida con más del 50% de  $\text{CaCO}_3$  en forma de calcita o rara vez aragonito. Presenta colores que van desde gris claro a oscuro, blancos, rosados, azules dependiendo de sus impurezas.

### 5.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS CARBONATADAS:

Las rocas carbonatadas se pueden clasificar de acuerdo a su origen, a sus características texturales, como también a su ambiente deposicional.

#### 5.2.1 CLASIFICACIÓN TEXTURAL Y PETROGRÁFICA DE LAS CALIZAS

Texturalmente las rocas carbonatadas han sido descritas por varios autores. En la Industria Petrolera la clasificación de Robert Folk es una de las más aplicadas. Esta clasificación está basada en los constituyentes mineralógicos esenciales de este tipo de rocas y que se consideran como el parámetro básico para su descripción.

Las rocas carbonatadas están formadas por tres constituyentes:

⇒ Constituyentes Aloquímicos

⇒ Constituyentes Ortoquímicos

⇒ Constituyentes Terrígenos

### 5.2.1.1 CONSTITUYENTES ALOQUÍMICOS

(Alo. Fuera de lo común). Incluyen todos los materiales que se han formado por precipitaciones químicas y/o bioquímicas dentro de la cuenca de sedimentación y están organizados en cuerpos particulares y la mayor parte de estos han sufrido transporte.

Los materiales aloquímicos son el constituyente esencial de las calizas y conforman su armazón. Existen 4 tipos principales:

**a.) Intraclastos.** Son fragmentos de sedimentos carbonatados, calizas o dolomitas débilmente consolidados y que han sido erodados, retrabajados y redepositados para formar un nuevo sedimento; por lo general son redondeados de formas alargadas o discoidales y pueden contener fósiles, pellets y oolitos.

**b.) Oolitos.** Partículas de estructura radial o concéntrica, compuesta por calcita microcristalina.

**c.) Fósiles.** Todos los fósiles sedentarios y transportados se agrupan como constituyentes aloquímicos excepto para corales.

**d.) Pellets.** Cuerpos esféricos y redondeados, elípticos o agregados ovalados compuestos por calcita microcristalina, por lo general carentes de estructura interna, su tamaño varía entre 0.3 y 1.5 mm.

### 5.2.1.2 CONSTITUYENTES ORTOQUÍMICOS

Incluyen todos los precipitados de carbonatos formados dentro de la cuenca de sedimentación y muestran poca o ninguna evidencia de transporte. Pueden ser de dos tipos:

⇒ **Esparita:** Cristales de hasta 10 micras, se caracteriza por su color claro y sirve como material de relleno de poros.

⇒ **Micrita:** (Caliza Ooze). Cristales de 1 hasta 4 micras, oscuros, pueden conformar la matriz o el cemento de una roca calcárea o formar rocas calizas oscuras.

### 5.2.1.3 CONSTITUYENTES TERRÍGENOS

Son materiales provenientes desde afuera de la cuenca, principalmente de tipo clástico y su porcentaje en menor proporción no implican criterios para su clasificación.

La clasificación de Robert Folk se encuentra basada en la proporción de los elementos aloquímicos y ortoquímicos como se muestra en la figura No. 18A.

Al plotear los elementos aloquímicos en un vértice del triángulo y la micrita y esparita en los otros dos vértices, se pueden determinar tres familias de las rocas carbonatadas:

- **Familia I.** Con marcado dominio de aloquímicos aglutinados por cemento esparítico.
- **Familia II.** Con abundancia de aloquímicos con cemento micrítico.
- **Familia III.** Con abundancia de lodo calcáreo o micrita.

Para determinar la importancia volumétrica de los aloquímicos, el proceso continúa plotando un segundo triángulo con los componentes aloquímicos como se observa en la figura No. 18B.

Los nombres de las rocas se obtienen de la combinación de los atributos texturales con terminos composicionales, para dar lugar a 16 tipos de rocas como se observa en la figura No. 19.

### 5.2.2 CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LAS CALIZAS:

Anteriormente las calizas se dividían en orgánicas e inorgánicas, hoy en día es muy difícil hacer esta apreciación pues se puede considerar que todas las calizas tienen alguna influencia orgánica.

De acuerdo a su origen las calizas se dividen en:

#### 5.2.2.1 CALIZAS BIOGÉNICAS U ORGANOGÉNICAS

A este grupo pertenecen las calizas constituidas en más del 50% por esqueletos de organismos u otros restos de origen orgánico.

Las formas de acumulación de las rocas orgánicas más comunes son:

⇒ **Arrecifes:** Son importantes construcciones organogénicas construidas por polipos coralinos (animales marinos que vienen en colonias adheridos a las rocas).

Cada individuo construye su propio esqueleto y/o cámara habitacional (cámara coralina).

Crecen hacia arriba formando colonias de diferentes formas (Arbolecentes) los espacios entre los corales son cementados por algas coralinas (Matisporas)

Para la existencia de corales son necesarias determinadas condiciones ambientales:

1. Fondo peñascoso más o menos plano
2. Salinidad normal más o menos 35.000 ppm
3. Rata de sedimentación baja
4. Profundidad entre 4 y 5 m (zona fótica) El espesor de grandes secuencias se explica por la subsidencia.
5. Climas áridos temperaturas entre 23 - 25°C

Por sus dimensiones forma y disposición en la cuenca, los arrecifes de coral se dividen en:

- **Costaneros:** la construcción se extiende por una línea a lo largo de la costa separada por una delgada franja de aguas poco profundas. El ancho de las fajas puede ser hasta esta un kilómetro.

- **De barrera:** construcción coralina de grandes dimensiones situados a considerable distancia de la costa (mas o menos 300 Km) con lagunas intermedias generalmente radiadas y formando anillos irregulares.

**Atolones:** Forma anular pero sin isla central generalmente se localizan sobre montes marinos y guyot. Los arrecifes de barrera y atolones se encuentran a mayores profundidades y esto se explica por la subsidencia de las islas volcánicas.

**Biostromas:** construcciones de poco espesor en forma de lentes o bancos (100 x 200) formados por fragmentos de esqueletos.

**Bio hermes:** Construcciones en forma de montículos se originan por una rápida subsidencia que causa el crecimiento hacia arriba de los corales.

**Velocidad de acumulación de las calizas:** las calizas biogénicas constituyen la mayor parte de las rocas carbonatadas debido a que poseen alta velocidad de acumulación.

Banco Bahamas - 100 millones de años → 4500 mts

1000 años 4,5 cmt

otros areas → 4 - 6 cm

promedio → 4 mm / año

### 5.2.2.2 CALIZAS HIDRÓGENAS O QUIMICAS:

calizas formadas por precipitación química de rocas preexistentes

Calizas oolíticas

**Calizas detriticas** Calcoruditas, alco arenitas, calco lutitas

Calizas mitas: Calizas constituidas por componentes de diferente origen S. Caliza murítica con fósiles



Calizas criptogenas : calizas cristalinas formadas durante la diagénesis o epigénesis de acuerdo al tamaño de los cristales se dividen en:

muy fina 0.01 - 0.1 mm  
fino 0.1 - 0.25 mm medio 0.25 - 0.50 mm  
gruesa 0.50 - 1 mm  
muy gruesa > 1 mm

### **5.3 ROCAS DE FORMACION ESPECIAL**

#### **5.3.1 GENERALIDADES**

De acuerdo a su origen se agrupan en tres categorías:

##### **PRECIPITADOS PRIMARIOS:**

- Evaporitas.
- Fosfatos.
- Sed. Silíceos.
- Iron Formation (minerales de hierro).

##### **SEGREGACIONES:**

- Son el resultado de las reacciones químicas, después de la acumulación del sedimento: Nódulos, concreciones, etc.

##### **BIOLITAS:**

- Acumulaciones orgánicas: Caustobiolitas o rocas combustibles, carbonos y bitúmenes.

### **5.4 EVAPORITAS**

Se denominan evaporitas a depósitos de salinos formados por precipitación de sales de soluciones concentradas (salmueras) debidos a la evaporación. Luego son sedimentos de origen no clástico o sedimentos químicos, no llevando registro de su procedencia pero si reflejando su ambiente de origen.

La fuente original de la salmuera es el agua normal de mar, pudiendo formarse de ella por evaporación de un brazo semi o totalmente aislado en una región árida o en cuencas continentales igualmente áridas donde fluyen aguas que obtuvieron sus sales de sedimentos marinos o cuando las aguas de los lagos salados se evaporan, lo cual indica condiciones restringidas. En casos raros se forma por reacción entre aguas ácidas sulfatadas y calizas, formando anhidrita o yeso de reemplazo.

Con frecuencia las evaporitas contienen impurezas de material arcilloso y calcáreo, óxidos de hierro y materia orgánica discriminada. Los depósitos evaporíticos poseen alta plasticidad y fluidez ocasionada por la presión o profundidades y por efecto de su menor peso específico con relación a las rocas encajantes formando cúpulas o la sal (Diapiros de sal), tectonismo salino (halakinesis).

En el registro estratigráfico se presentan desde el precámbrico. Muchos perfiles de evaporitas son cíclicos (Sloss), el estrato más bajo es una caliza normal seguida por una dolomía anhidrítica y está por las evaporitas propiamente dichas. Los domos (cuerpos intrusivos de sal) constituyen una estructura tectónica. La sal es una roca propensa a fluir desde estratos profundos aún a presiones y temperaturas relativamente bajas, debido a su densidad. Dentro del domo la sal presenta lineaciones y pliegues que señalan su flujo ascendente.

Dado que solo en ausencia de tectonismo se llevan a cabo los procesos de fraccionamiento químico, las evaporitas requieren superficie estable o mantenimiento de una profundidad crítica sobre un umbral.

#### **5.4.1 SALINIDAD.**

La salinidad comúnmente se define como clorinidad (tanto por mil de cloro). El agua de mar contiene cerca de un 3.5% de sales disueltas, es decir esta subsaturada por lo que deberá evaporarse un gran volumen para producir una salmuera cuyas sales precipiten. Las sales alcanzan sucesivamente sus límites de concentración en el orden de sus solubilidades; la cristalización de la salmuera es muy compleja dependiendo tanto de la solubilidad como de su concentración y temperatura.

Se han conocido cerca de 40 minerales de sales, la mayoría muy raros restringiéndose su importancia a la halita, el yeso y la anhidrita. Según Sloss los carbonatos evaporíticos indican aguas penesalinas.

#### **5.4.2 ORDEN DE PRECIPITACION DE LAS SALES MINERALES( Clarke 1924 )**

1. Hidróxidos de Fe y Al -----? Al doblarse la salinidad.  
( Pequeñas cantidades de  $\text{CaCO}_3$   $\text{SiO}_2$  )

2. Yeso -----? Si el volumen de agua es 1/5 del original.

3. Anhidrita -----? Con  $T > 34^\circ\text{C}$  precipita sin previo depósito de yeso.

4. Sal ( Halita ) -----? Si el volumen de agua es 1/10 del original.

5. Sales higroscópicas de K y Mg -----? Desecación externa.  
( KCl, silvina, carnalita).

De 3.5% de sales disueltas se tiene la siguiente composición de las SALES OCEANICAS :

SALES	%
NaCl	77.76
MgCl <sub>2</sub>	10.88
MgSO <sub>4</sub>	4.74
CaSO <sub>4</sub>	3.60
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2.46
CaCO <sub>3</sub>	0.35
MgBr <sub>2</sub>	0.21

#### 5.4.3 PALEONTOLOGIA.

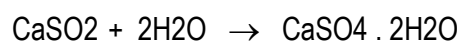
La fauna es confiable como guía para la salinidad; la biota es escasa o desaparece en casos de salinidad mayor que la normal. La vida planctónica y nectónica llevada a la cuenca por corrientes parece instantáneamente. No es de extrañas, pues la casi inexistencia de fósiles en las evaporitas debido a la alta salinidad de las aguas en que cristalizaron los depósitos. Las asociaciones coralinas pueden construir un umbral o barrera aisladora de la cuenca de evaporitas. Algunas veces se asocia Bitumen (laminaciones) debido a plancton arrastrado hasta allí. Los depósitos formados en aguas penesalinas normalmente no son fosilíferos.

#### 5.4.4 PETROGRAFIA.

Yeso y Anhidrita: CaSO<sub>4</sub> ( H<sub>2</sub>O ). Generalmente el yeso varia desde cristalino grueso hasta granular fino, puede presentarse estratificado, en forma lenticular o en forma homogénea, formando nódulos, venas y películas en las arcillas, dolomías y SS.

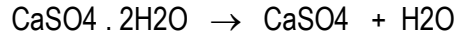
Las anhidritas como el yeso aparece en algunas partes con estratos potentes y extensos, granular y poco fibroso asociado al yeso.

En el subsuelo el yeso y la anhidrita se transforman recíprocamente por efecto de hidratación y deshidratación. Cerca de la superficie la anhidrita se transforma en yeso (hidratación).



Este proceso involucra un cambio de volumen de un 30 a 50%, también se producen efectos notables como plegamientos de sal y efectos de la roca encajante.

El yeso en profundidad origina anhidrita por deshidratación.



A profundidades mayores de 300-500m. ya no es posible encontrar el yeso.

Halita : NaCl.

También conocida como sal de roca, es un material macizo, grosero, cristalino, carece de diaclasas, en algunos depósitos esta laminada. Asociadas a anhidrita y yeso.

Silvina y Carnalita : ( evaporitas KMg ).

Generalmente asociadas y mezcladas con halita, tienen color naranja, rojo, pardo rojizo debido a impurezas de hematita.

La sal es una roca propensa a fluir a temperaturas ( 32° - 50° ) y presiones bajas. Estratos profundos, pueden ascender como un tapón penetrante o domo.

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS Y PROSPECTOS DE YESO EN COLOMBIA		
DEPARTAMENTO	YACIMIENTOS	PROSPECTOS
ANTIOQUIA BOYACA	Macanal, Paez, Miraflores	Fredonia, sopetran Sachica, piedecuesta
CUNDINAMARCA GUAJIRA SANTANDER TOLIMA	Tocaima Uribia Los Santos Valles de San Juan, Rovira	Chaparral
PUTUMAYO		Puerto Asís ( orito )

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS Y PROSPECTOS DE SAL EN COLOMBIA			
	DEPARTAMENTOS	YACIMIENTOS	PROSPECTOS
	BOLIVAR CUNDINAMARCA	Galerazamba	Nemocón, sesquille, Tausa
	GUAJIRA MAGDALENA	Manaure	( Pozos colorados ) Santa Marta
	META	Cumaral, upin	

#### **5.4.5 CUENCA EVAPORITICA.**

Las rocas salinas se originan a expensas de soluciones iónicas, cuando estas se conviertan en sobresaturados.

Las sales disueltas en agua se depositan en función inversa a su solubilidad.

A mayor solubilidad mas difícil su precipitación. A menor solubilidad mayor precipitación ( yeso anhidrita ).

Ejemplo: En un 1 metro cubico de agua marina a salinidad normal empieza a evaporarse.

Cuando tiene 53 centímetros cúbicos (1/2 volumen) precipita los carbonatos y  $Fe_2O_3$ .

19cm (1/5 volumen) yeso anhidrita

10cm (1/10 volumen) HCL

Luego Cloruros de Potasio y magnesio.

#### **5.4.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA**

Explotan yeso, sal, bromuros, etc., para la industria.

En Hidrocarburos:

Como Trampas:

Diapiros de Sal: Una estructura con núcleo de sal. Es aquella en que las presiones de la corteza terrestre han forzado a los depósitos de sal normal estratificados a fluir lateralmente y ascendente en forma plástica, primero abombando y después rompiendo dos sedimentos que suprayacen a la sal.

Un alto porcentaje del petróleo mundial procede de estructuras con núcleos de sal entre otras Rumania, Alemania y Rusia.

Las estructuras con núcleo de sal son:

1. Anticlinal de Sal: Estructura localítica en la que la sal estratificada aumenta longitudinalmente de espesor por plasticidad, pero no rompe los estratos suprayacentes.
2. Diapiros: Intrusiones salinas que cortan la estratificación de las sedimentarias superiores. Formas cilíndricas, formadores de trampas de hidrocarburos.

Los yacimientos de gas y petróleo, pueden tener tres posiciones respecto al núcleo de sal:

1. En el sombrero.
2. En los altos planos de intrusión.
3. En las rocas arqueadas sobre la columna de sal.

#### **5.4.7 SELLOS DE LOS YACIMIENTOS:**

La sal es uno de los minerales más importantes de todos los minerales sedimentarios.

Generalmente la anhidrita es la que actúa como sello en un flanco de domos. El yeso por lo compacto también es bueno.

# **CAPÍTULO 6**

## **GEOLOGIA DEL PETRÓLEO**

Para que existan hidrocarburos en una cuenca sedimentaria, deben de estar presentes una serie de elementos y procesos que van a conformar una provincia petrolífera, detallados en la figura 27 se muestran los Elementos y procesos que conforman una provincia petrolífera

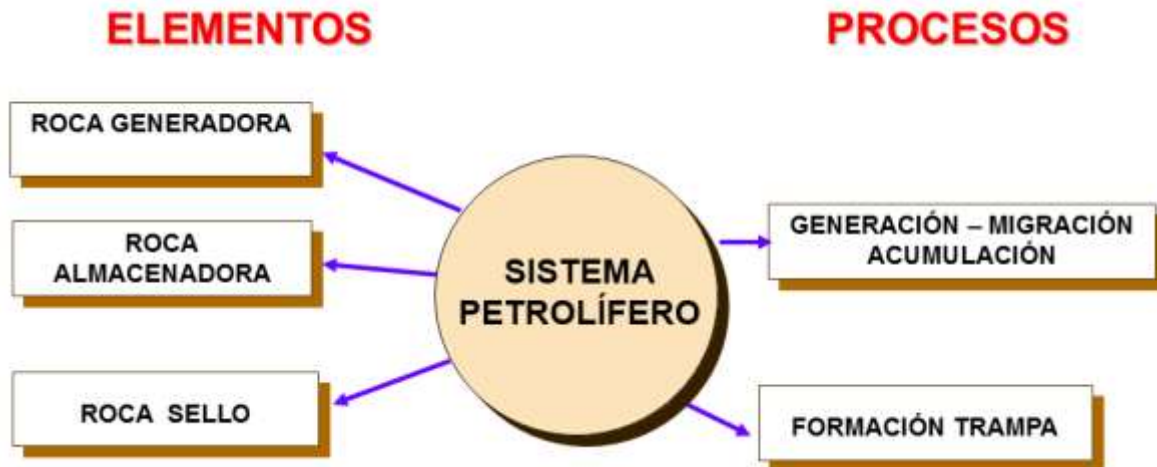


figura 27 elementos y procesos que conforman una provincia petrolífera

## 6.1 ROCA GENERADORA

Rocas madre de petróleo (ambientes productores). Por roca madre 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 tengamos una abundante masa de agua y abundantes aportes orgánicos a un subambiente reductor, Estas zonas pueden ser:

- ⇒ Lagos: 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: 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 (figura 28).

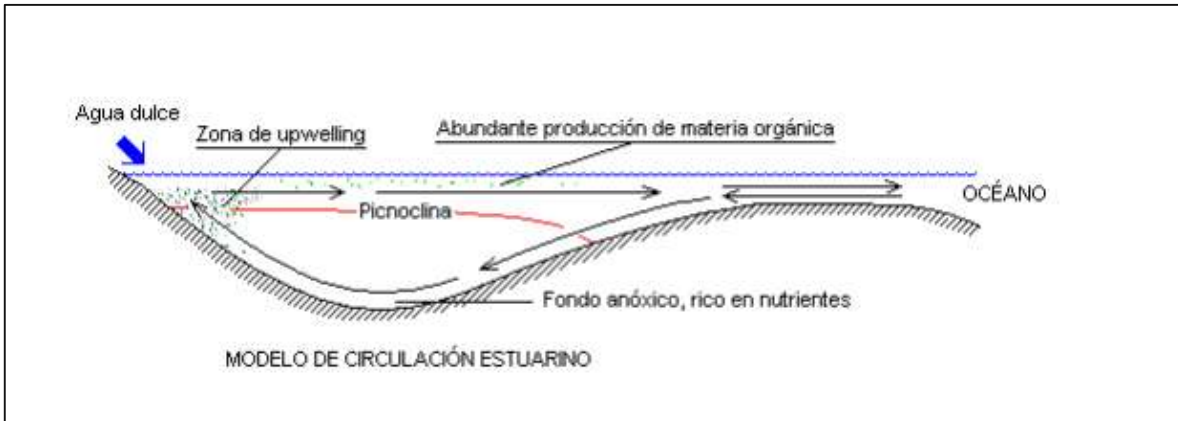


Figura 28 modelo de circulación de estuario

- ⇒ Cuencas marinas abiertas, en zonas de upwelling, donde se produce una zona de mínimo oxígeno .
- ⇒ En plataformas y cuencas profundas en periodos de máxima trasgresión.

## 6.2 TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA A PETRÓLEO.

Partimos de la existencia de un sedimento orgánico llamado kerógeno, que se acumula en una roca madre que por procesos geológicos sufre las consecuencias de la presión, la temperatura y el tiempo, dando lugar según el grafico que sigue a las siguientes transformaciones:

Figura 29 ventana de generación de hidrocarburos en función de la profundidad( izquierda y especificacando las etapas de transformación de materia organica ( derecha

Ventana de generación de hidrocarburos:

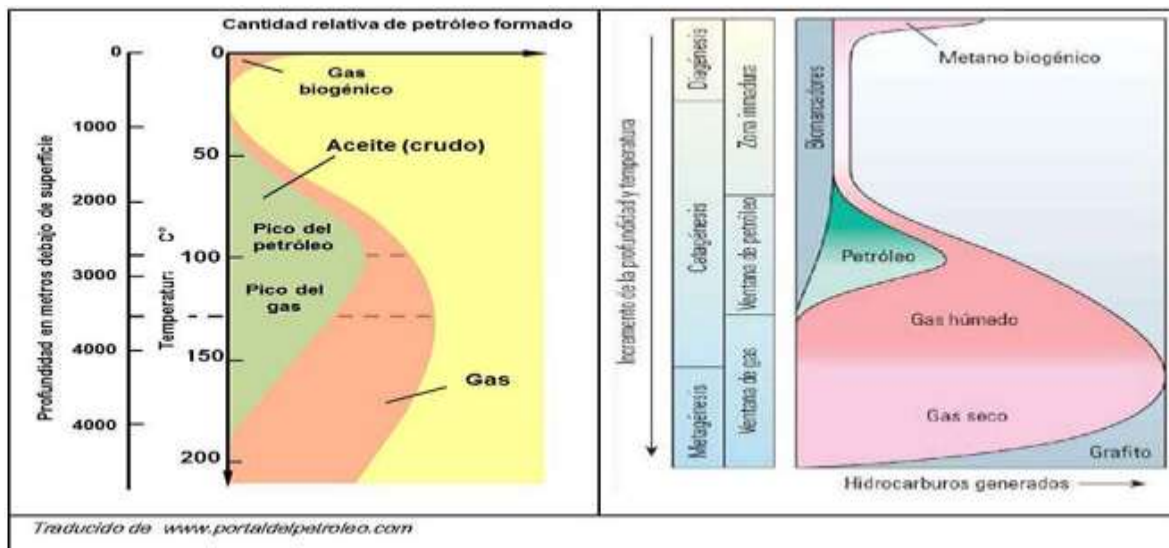


Figura 29 ventana de generación de hidrocarburos en función de la profundidad y etapas de transformación de la materia organica



### 6.3 Diagénesis

Es el inicio de transformación de la materia orgánica que ocurre profundidades someras donde se desarrollan los procesos de alteración biológica, física y química, ocurriendo la pérdida principal de los productos oxigenados por lo que se genera principalmente CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> biogénico.

Dentro de esta etapa, las sustancias orgánicas contenidas en la materia orgánica (biopolímeros) son consumidas por algunos organismos y atacados por microbios que usan enzimas para degradar a estas y transformarlas en biomonómeros, los cuales se condensan y forman complejas moléculas (geopolímeros), los cuales son los precursores del kerógeno.

Durante la diagenésis y bajo condiciones reductoras a temperaturas relativamente bajas (< 50 °C) se realizan las primeras reacciones químicas y biológicas para la formación de hidrocarburos.

#### Catagenesis

Es la etapa principal de rompimiento térmico del Kerógeno, para producir la formación de hidrocarburos líquidos de C<sub>15</sub> a C<sub>30</sub>. Esta es la etapa principal de formación de aceite, condensado y gas húmedo, conforme se incrementa la temperatura y la profundidad de sepultamiento.

Esta zona en que las rocas generan petróleo y lo expulsan es conocida como la "Ventana del petróleo" o "fase principal de formación de aceite".

Se encuentra en un rango de temperaturas de 60 °C a 175 °C, dentro del cual ocurre la generación principal de hidrocarburos líquidos, mientras que entre 175° a 225 °C se tiene la generación principal de gases húmedos.

#### Metagenesis

Es la etapa tardía de alteración de la materia orgánica, posterior a la generación de los hidrocarburos líquidos, la que se caracteriza por la formación principal de metano metagenético (gas seco) y un enriquecimiento de carbono que constituye un kerogeno residual.

La metagenésis ocurre a temperaturas entre 225° a 250° C; a estas temperaturas la relación H/C es menor de 0.4.

### 6.4 TIPOS DE KEROGENO.

El kerogeno se define como la fracción remanente (insoluble) de la materia orgánica después de que una muestra de roca ha sido pulverizada y atacada por ácidos orgánicos (peters y casa, 1994). Existen diferentes tipos de kerogeno dependiendo del tipo de materia orgánica que sufre el proceso de transformación (ver figura30)

La MO original en sedimentos recientes no es kerógeno, sino que éste se forma durante la diagénesis. Comienza a formarse en los sedimentos cuando los organismos mueren, Está constituido de moléculas complejas formadas aleatoriamente por la recombinación de moléculas biogénicas.

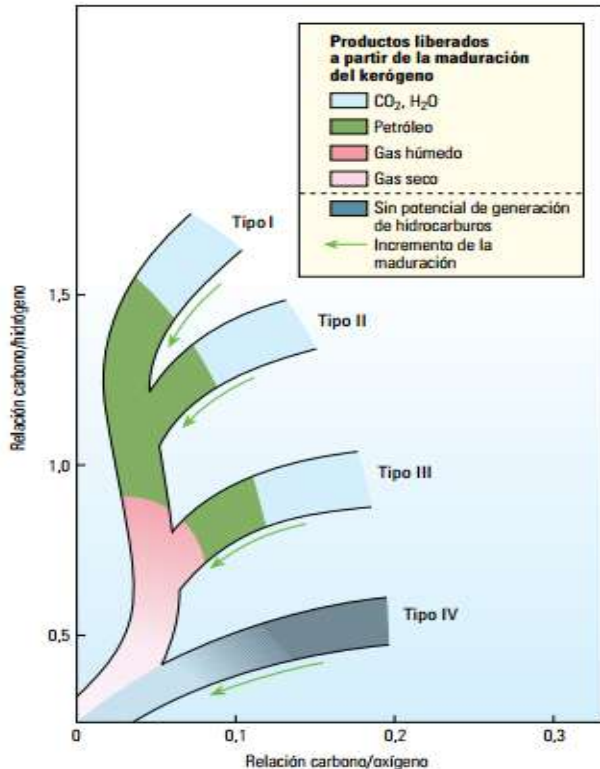


Figura 30 diagrama de van kleeven modificado, maduración del kerogeno

### 6.4.1 kerogeno Tipo I

se refiere a aquel con un alto contenido inicial de hidrógeno. Este tipo de Kerogeno tiene un predominio de lípidos debido principalmente a la acumulación de MO proveniente de algas. Este kerogeno es especialmente común en ambiente lacustre de agua dulce o hipersalinos

### 6.4.2 KerógenoTipo II

Es el más frecuente en muchas rocas generadoras del mundo; posee alto contenido de hidrógeno y bajo contenido de oxígeno. Este Kerogeno Normalmente se relaciona con sedimentos marinos donde se acumula MO derivada de fitoplancton, zooplancton y bacteria.

### 6.4.3 Kerogeno tipo III

Posee bajo contenido inicial de hidrógeno y alto contenido de oxígeno. Este Kerógeno normalmente se asocia a materia orgánica derivada de plantas continentales (superiores) y es comparativamente el menos favorable para la generación de petróleo.

#### 6.4.4 Kerogeno Tipo IV

Corresponde a "carbón muerto" o Inerte que posee un contenido inicial de hidrógeno muy bajo y sin ningún potencial generador. Este Kerogeno Proviene de otros Kerogenos que han sido retrabajados y oxidados

Índice de alteración térmica ( tai)

Según el color de la materia organica se puede determinar el color de la misma, asociado a este parámetro se puede usar el índice de reflectancia de los maderales como la vitrinita ( figura 31)

Nivel de evolución:	COLOR	TAI= 1-5	VITRINITE REFLECT- ANCE	
Inmadurez		1	0.5%	
		1+		
		2-		
		2		
Madurez. Fase principal de generacion de aceite		2+		
		3-		
		3		
		3+		
Sobremadurez. Fase principal de generacion de gas		4-		1.3%
		4		
		(5)		
		(5)		

Figura 31 índice de reflectancia de los maderales como la vitrinita

El O<sub>2</sub> se elimina rápidamente durante la diagénesis en forma de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

El H<sub>2</sub> se pierde más rápidamente durante la catagénesis y metagénesis por la generación de HC's.

Con la pérdida de H<sub>2</sub> en la capacidad de generar HC'S disminuye hasta agotar su potencial

El color cambia progresivamente: amarillo, dorado, naranja, café claro, café oscuro, negro.

#### 6.5 POTENCIAL GENERADOR DE HIDROCARBUROS PIRÓLISIS (ROCK-EVAL).

Este método (Espitalié, et. al, 1977) tiene la finalidad de caracterizar el potencial generador de la materia orgánica asociada a las rocas sedimentarias predecesoras a la generación de hidrocarburos.

Los resultados obtenidos de pirólisis de una muestra de roca permiten:

- Caracterizar el tipo de materia orgánica.
- Evaluar la madurez térmica de la misma.
- Calcular el contenido de hidrocarburos libres.

- Cuantificar el potencial petrolero residual.
- Determinar el contenido de carbono orgánico tot

## **6.6 ROCAS ALMACEN**

Todas las rocas tienen dos propiedades fundamentales. Estas propiedades básicas son composición y textura, las rocas consisten de ciertos minerales agregados en determinada forma. Todas las demás propiedades, como estructura, densidad, color, propiedades eléctricas, porosidad, permeabilidad son derivadas de éstas dos Características básicas.

### **6.6.1 Porosidad**

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.

Los métodos empleados para determinar porosidad experimentalmente se pueden dividir en dos clases: Los diseñados para medir la porosidad efectiva y aquellos para medir la porosidad total.

#### **6.6.1.1 Factores geológicos que afectan la porosidad**

La porosidad es una propiedad de las rocas de gran importancia en los yacimientos de gas y de petróleo, ya que determinan la capacidad de acumulación de fluidos. 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 porosidad intergranular:**

Es el espacio neto que queda después que la porosidad inicial ha sido reducida por agentes geológicos, como consolidación, cementación, recristalización, granulación, trituración, etcétera, en el caso de las areniscas.

- **Porosidad de las calizas:**

Se diferencia de las areniscas, mientras en estas se espera un alto grado de continuidad horizontal el desarrollo de porosidad en rocas de carbonato es de extensión limitada tanto horizontal como verticalmente. La porosidad promedio de una caliza es generalmente inferior a la de una arenisca. La porosidad en los carbonatos puede ser primaria o secundaria.

La porosidad primaria puede resultar de:

1. Vacíos intersticiales entre granos clásticos de una roca detrítica de carbonato, tal como en conglomerados, brecha, coquina, oolita, creta.
2. Vacíos formados de esqueletos cuando se remueve materia orgánica de corales y algas calcáreas.
3. Vacíos intercristalinos formados en calizas cristalinas a lo largo de planos de clivaje y por diferencia en el tamaño de los cristales.

Los yacimientos de petróleo y gas con porosidad primaria sólo son importantes en el caso de las rocas clásticas.

La porosidad secundaria puede originarse de:

1. Diaclasas causadas por consolidación, contracción, esfuerzos tectónicos o cambios mineralógicos. En las crestas de los anticlinales hay gran fracturación.
2. Acción de lixiviación por aguas subterráneas. La porosidad en la mayoría de los yacimientos de calizas se debe a este tipo.
3. Dolomitización. Sustitución de calcio por magnesio, aumenta la porosidad.

Las calizas tienen más de un sistema poroso, generalmente intergranular, de fracturas y vugular. La mejor forma de estudiar una roca almacén es por medio de núcleos obtenidos durante la perforación. Estos núcleos 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 cilindros. Estos cilindros se cortan paralela y normalmente a los planos de estratificación. La porosidad y restantes datos se determinan a partir de ellos.

## 6.6.2 Permeabilidad

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. Un medio tiene una permeabilidad de un milidarcy si deja pasar un milímetro por segundo de un fluido de 1 centipoise de viscosidad a través de una sección de 1 cm<sup>2</sup> de la roca bajo un gradiente de presión de 1 atm/cm.

#### **6.6.2.1 Factores geológicos que afectan la permeabilidad específica:**

La permeabilidad es una función del tamaño y forma de los poros y a su vez estos 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 clase de arcilla influye en la permeabilidad:

##### **Grado de fracturación de las rocas:**

- Fracturación debido al tectonismo, uno de los factores más importantes.
- Procesos diagenéticos.
- Compactación que afecta negativamente, debido a la carga de la sedimentación que hace que disminuya la porosidad con la profundidad.

Los procesos diagenéticos son los responsables de las transformaciones de los sedimentos carbonatados. Hay dos ambientes diagenéticos importantes:

1. **Subsuperficial:**  
Corresponde a cualquier alteración que le ocurren a las rocas por debajo de la zona de circulación de las aguas superficiales.
2. **Superficial:**  
Ocurren en la superficie o próximo a ésta, como vadosa, marina, meteórico y mixto. El más importante es el subsuperficial.

Como proceso principal está la fracturación, que afecta todas las rocas en mayor o menor intensidad. Las fracturas se dividen en tres generaciones atendiendo a su orden de aparición y tipo de relleno presente, sin profundizar en este aspecto se plantea que cada una juega un papel en la producción de los pozos. La fracturación y brechamiento es mayor en la cúpula que en los flancos de los pliegues.

##### **Compactación de las rocas:**

La compactación de las rocas aumenta con la profundidad y por ello la porosidad es un parámetro que es afectado, disminuyendo desde un 15 % hasta menos de un 5% principalmente a partir de los 8000 pies, siendo más intenso su efecto a partir de los 10000 pies de profundidad.

En las zonas de fallas las rocas se encuentran trituradas, y en algunos casos ocurre microbrechamiento, lo cual incrementa considerablemente la porosidad (25-30%) fundamentalmente a profundidades menores de 8000 pies.

## **6.7 TRAMPAS DE HIDROCARBUROS**

- **trampa:** Toda anomalía geológica, cuyo origen sea tectónico (pliegue anticlinal, flexión, falla), estratigráfico (acuñamiento, arrecife) o litológico (pérdida de permeabilidad) queda al techo del almacén comprendido en su sentido más amplio de zona donde la porosidad y permeabilidad desaparecen, una forma cóncava hacia la base, puede constituir una trampa (Levorsen, 1956).
- **Cierre estructural:** ("Structural Closure"), se define sobre el mapa estructural de la trampa: Es igual al desnivel entre el punto más alto de la trampa, su techo ("Top"), y la curva de nivel más baja que se cierra alrededor de él, (FS).

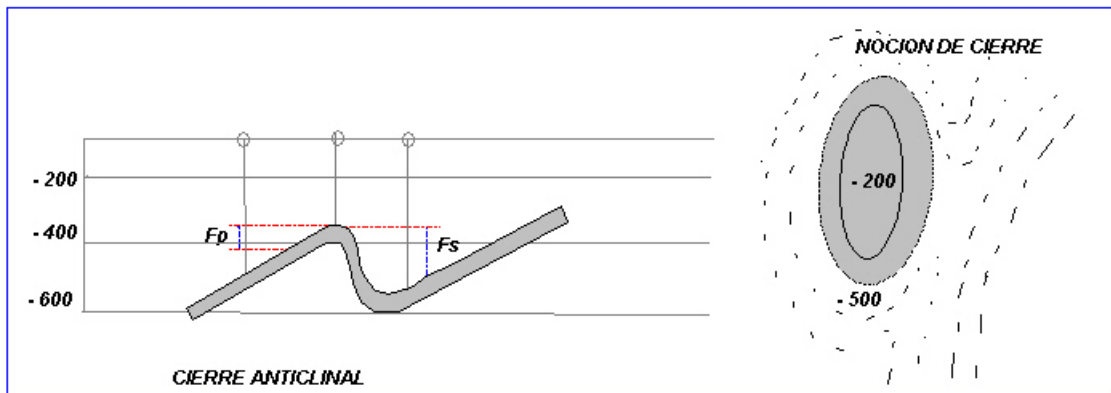


Figura 32 cierre estructural de plegamiento tipo anticlinal

- **Cierre práctico:** ("Oil column", "gas column", o bien "oil and gas column") que interviene más directamente en la valoración de las reservas, es igual al desnivel entre el techo del almacén y la superficie de separación agua-petróleo o agua-gas (Fp), corresponde a la altura máxima de la zona impregnada, susceptible de ser atravesada por un sondeo implantado en el techo de la trampa, suponiendo que el almacén sea ilimitado hacia la base.

De forma general las trampas son de tres tipos:

- ⇒ **Trampas estructurales:** Donde intervienen principalmente factores tectónicos, pliegues, fallas y sus combinaciones.
- ⇒ **Trampas estratigráficas:** donde la tectónica no juega un papel importante. Son debido, principalmente a fenómenos de tipo litológico (pérdida de permeabilidad), sedimentario (acuñamientos sedimentarios, lentes, arrecifes) y paleogeográficos (acuñamientos de erosión, paleocadenas).
- ⇒ **Trampas mixtas o combinadas:** donde intervienen, en partes sensiblemente iguales, las deformaciones estructurales y las variaciones estratigráficas o litológicas. En la categoría de las trampas estructurales, se sitúan:

Las trampas formadas por pliegue anticlinal: son las antiguas que se conocen con mayor antigüedad; son también las más simples, un pliegue anticlinal es una deformación de las capas, que les da pendientes contrarias, divergentes a partir de su posición más elevada, cóncava hacia la base.

El anticlinal: es una deformación más larga que ancha, el domo tiende a ser un círculo, si mira ambos en un mapa estructural.

Las dimensiones y forma, son el resultado a la vez, de la intensidad y orientación de las deformaciones, así con del espesor y naturaleza de las capas sedimentarias afectadas.

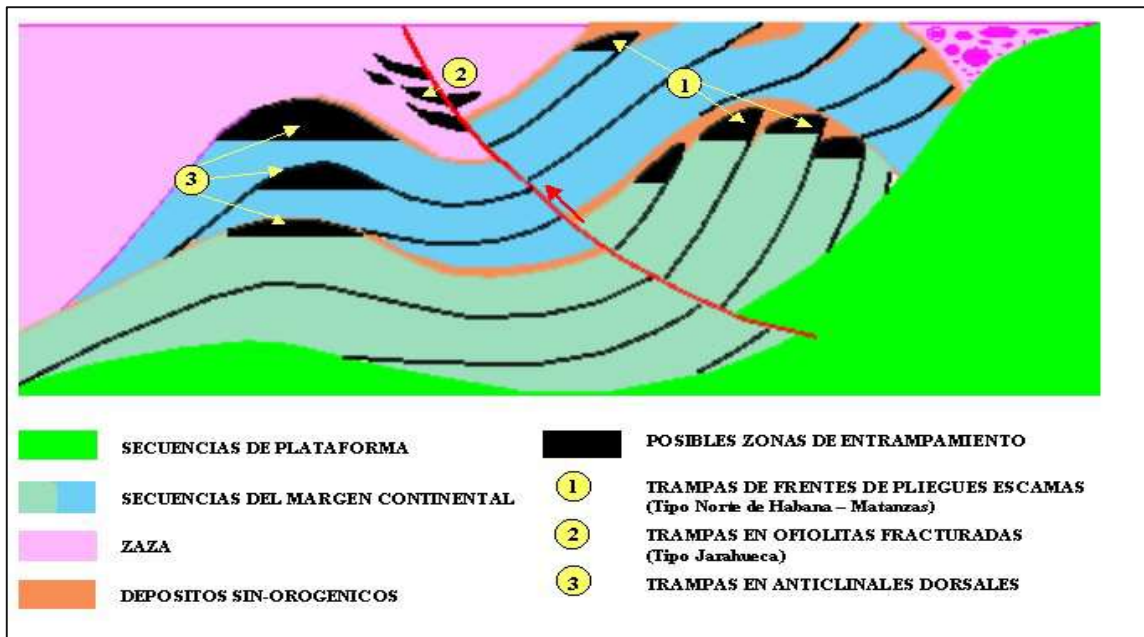


Figura 32 esquemas de diferentes tipos de trampas estructurales

Los fenómenos creadores de las deformaciones anticlinales pueden deberse a la tectónica tangencial. Se desarrolla en el borde de las cadenas montañosas, donde los esfuerzos tectónicos han sido particularmente importantes y han actuado sobre las series de relleno de las fosas y geosinclinales, la densidad de pliegues es en general muy grande.

Los anticlinales que resultan de una tectónica tangencial importante, son en general muy cerrados, estrechos y asimétricos, presentando buzamientos elevados. Hay niveles plásticos de despegue, cabalgamientos y las fallas numerosas. La estructura profunda es casi siempre más compleja que la estructura de superficie. Donde intervienen, en partes sensiblemente iguales, las deformaciones estructurales y las variaciones estratigráficas o litológicas.

Las trampas formadas por fallas pueden crear una trampa, al colocar los horizontes almacén en contacto con un terreno impermeable. Los yacimientos presentan la trampa afectada por fracturas. En regiones relativamente tectonizadas, compartimentan los pliegues.

Hay yacimientos provocados por fallas normales pero sólo lo mencionaremos. Las fallas inversas también forman trampas. Suelen aparecer en regiones fuertemente tectonizadas de estructuras complejas, dividiendo al almacén en compartimentos.

### Trampas que combinan Fallas y Anticlinales



Pueden existir trampas bien cerradas, en las zonas con estructuras en escamas o mantos de corrimientos.

### **Trampas Estratigráficas (Acumulación de hidrocarburos sin deformación estructural):**

Son el resultado de cierto volumen de roca almacén aislada por formaciones impermeables tanto vertical como lateralmente. Se debe a variaciones en la composición de los sedimentos o a la naturaleza litológica de las formaciones:

- ⇒ Variaciones de facies, con paso lateral gradual o brusco de un horizonte poroso y permeable a un conjunto compacto e impermeable (Cuerpo arenoso en una masa arcillosa, caliza arrecifal porosa que pasa lateralmente a facies más finas), (a, b).
- ⇒ Variaciones de los caracteres petrográficos de una formación que conserva sin embargo una litología sensiblemente similar (arena que se va haciendo arcillosa o se cementa) (c).
- ⇒ Acuñaamiento de un horizonte-almacén en una formación impermeable, transgresiva o discordante (d, e).
- ⇒ Aparición local de una zona porosa en un conjunto compacto, por efecto de una modificación química (dolomitización) (f) o de una alteración (Karstificación) (g).

Una trampa estratigráfica se referirá a una de estas anomalías o a la combinación de varias de ellas. A la categoría de trampa estratigráfica primaria está condicionada la presencia de un cuerpo poroso y permeable de tamaño limitado. La trampa existe desde el momento en que se acaba la sedimentación del almacén y los acontecimientos posteriores no tienen influencia en su propia existencia.

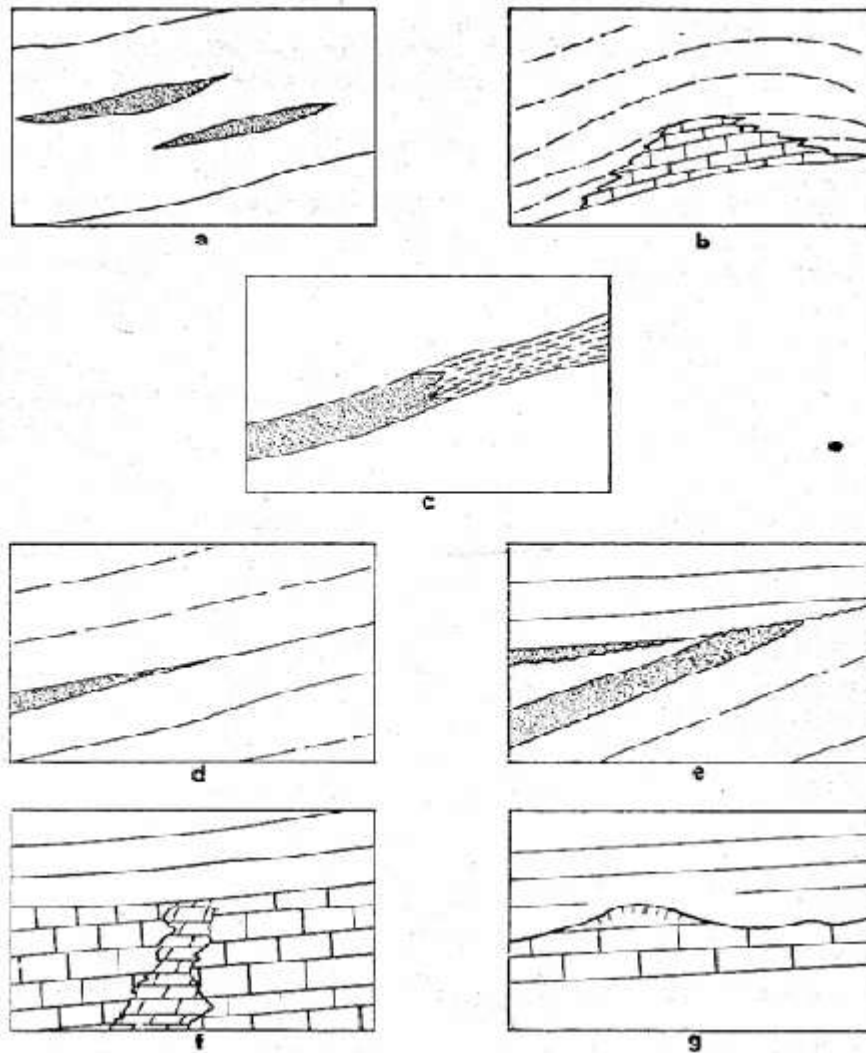


Figura 33 tipos de trampas

A la categoría de trampa estratigráfica primaria está condicionada la presencia de un cuerpo poroso y permeable de tamaño limitado. La trampa existe desde el momento en que se acaba la sedimentación del almacén y los acontecimientos posteriores no tienen influencia en su propia existencia.

Los cuerpos arenosos, pueden estar formados en condiciones diversas. Se clasifican en:

- ⇒ **Arenas fluviales:** Depositadas en medio fluvial propiamente dicho, canales y terrazas. Depositadas en medio mixto, estuarios y deltas.
- ⇒ **Arenas eólicas:** Arenas de playas. O Arenas que forman cordones o barras litorales. O Arenas depositadas en condiciones batimétricas más profundas, sobre o en la proximidad de relieves submarinos. O Arenas de medio profundo, llevadas por corrientes de turbidez.

### Trampas estratigráficas primarias en serie carbonatada

Las trampas estratigráficas están ligadas a la presencia de una roca con características primarias de porosidad y permeabilidad y estas a la formación bioquímica de las calizas. La mayor parte de los yacimientos atrapados estratigráficamente en calizas, se encuentra en realidad en formaciones calcáreas arrecifales.

Un arrecife es un conjunto de rocas sedimentarias, grande o pequeño, compuesto por restos de organismos de tipo colonial, que vivían cerca o bajo la superficie de las aguas, principalmente marinas. Se desarrolla verticalmente en proporciones relativamente más importante que los sedimentos encajantes. Los arrecifes están caracterizados por la ausencia de estratificación bien definida.

Otras trampas estratigráficas primarias: Son las que se encuentran en serpentinitas fracturadas, el aislamiento y su cierre, están asegurados por los sedimentos que la rodean.

Trampas estratigráficas Secundarias: Son resultados de fenómenos posteriores a la sedimentación y diagénesis, que crean bien la aparición de un almacén local en el interior de una formación inicialmente impermeable, o bien un cierre por depósito de una cobertura sobre un almacén existente, pero no protegido. Los dos fenómenos pueden combinarse.

En el primer caso se tiene un ejemplo por alteración de la caliza a dolomita. Yacimiento de Deep River en Michigan

Trampas mixtas: Se agrupan en los yacimientos de trampa mixta, todos los

Yacimientos en los que la acumulación está controlada en partes sensiblemente iguales por factores estructurales y estratigráficos. Ejemplo: La estructura anticlinal, controla la acumulación, pero el almacén ha sido creado en parte por una dolomitización tardía.

## **6.8 Domos de sal**

Cuando una capa de sal suficientemente potente se encuentra cubierta por un espesor considerable de sedimentos, puede encontrarse en desequilibrio, y si se presentan condiciones favorables, ascender hacia la superficie, dando lugar a los domos de sal, creadores de diversas trampas, los que aparecen solamente donde el espesor de sedimentos es grande, es decir, donde las posibilidades de formación de una cantidad notable de hidrocarburos son importantes.

### **6.8.1 Exploración de los domos de sal**

Los primeros yacimientos sobre domo de sal, fueron descubiertos gracias a la presencia de indicios superficiales, debido a las migraciones a lo largo de las fracturas que accidentan siempre los terrenos por encima de la sal. También por el abombamiento de la superficie o por el contrario por una depresión debido a la disolución de la sal.

La fotogeología permite delimitar las zonas circulares, debido al contraste de una diferencia de altitud de una variación en la vegetación.

La gravimetría por el contraste de densidad con los sedimentos vecinos da un mínimo gravimétrico. La sísmica pone en evidencia los domos profundos, gracias a las deformaciones de los terrenos que cubren la sal.

## 6.9 Formación de un yacimiento de petróleo

El petróleo es la respuesta a los cambios físico-químicos de la materia orgánica, soterrada en sedimentos, a través del tiempo geológico.

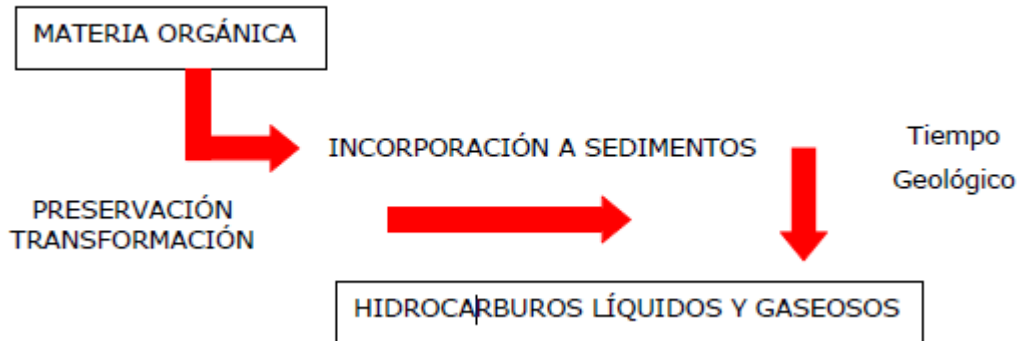


Figura 34 formación de un yacimiento de petróleo

Composición: El petróleo está compuesto de cuatro fracciones derivadas de la transformación de sustancias orgánicas presentes en el zooplancton, fitoplancton, algas, bacterias y plantas superiores

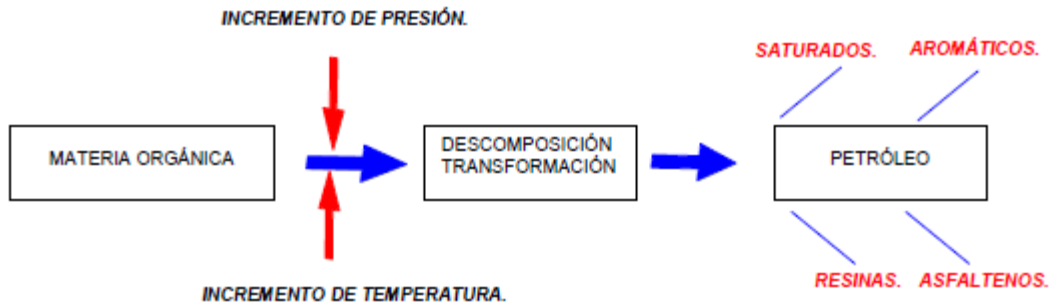


Figura 35 transformación de la materia orgánica en petróleo

### Característica de los hidrocarburos de origen marino:

- Mayor concentración de fracciones livianas.
- No parafinosos.
- Baja concentración de asfaltenos.

### Característica de los hidrocarburos de origen continental:

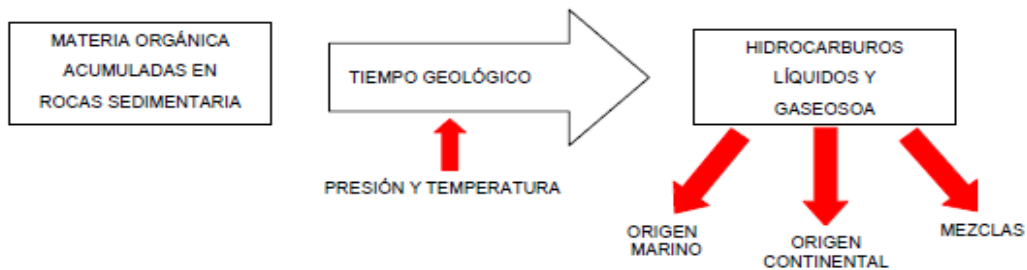
- Mayor concentración de fracciones pesadas.
- Generalmente parafinosos.
- Concentración de asfaltenos variables.

## 6.10 Origen

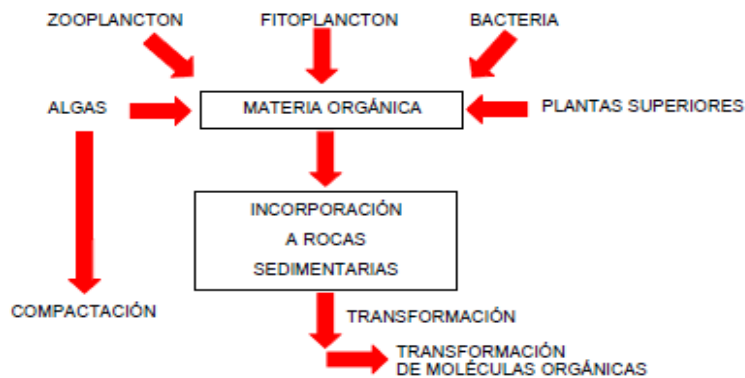
El petróleo tiene como fuente fundamental de origen a la materia orgánica acumulada en rocas sedimentarias (lutitas y calizas.) Esta materia orgánica, a través del tiempo geológico y como respuesta a cambios de presión y temperatura, comenzará a generar hidrocarburos líquidos y gaseosos, que tendrán características diferentes, de acuerdo a la materia orgánica que sirvió como precursora de las mismas.

En tal sentido, pueden encontrarse:

- Hidrocarburos de origen marino.
- Hidrocarburos de origen continental.
- Mezclas.



**Figura 41:** Clasificación de diversos tipos de hidrocarburos según su origen.



**Figura 36** clasificacion de diversos tipos de hidrocarburos según su origen

## 6.11 Expulsión

El proceso de expulsión tiene lugar cuando la materia prima que genera los hidrocarburos (Kerógeno), comienza a transformarse en los componentes del crudo (saturados, aromáticos, resinas asfaltenos) y en el gas natural. Este fenómeno genera sobrepresión en las lutitas o calizas que los contienen y como consecuencia se generan microfisuras, que permiten la expulsión de éstos compuestos, comenzando así la migración (véase figura 37).

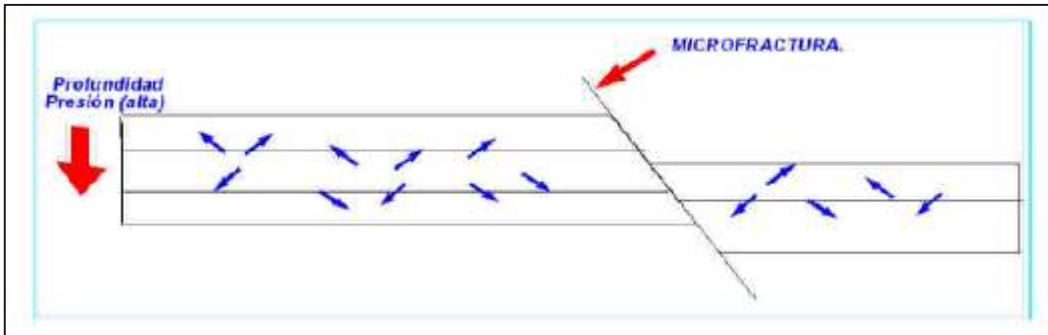


Figura 37 migración de petróleo

### 6.12 Migración

El proceso de migración tiene lugar inmediatamente después del proceso de expulsión. El proceso de migración está gobernado básicamente por tres factores principales. Diferenciales de presión (litostática).

- ⇒ Conductividad entre poros (porosidad , permeabilidad (k).
- ⇒ Estructuras geológicas (fallas).

Estos factores controlan el movimiento de los fluidos y por ende el llenado y ubicación en compartimientos de los yacimientos que conforman los campos petrolíferos. La determinación de las vías de migración de estos fluidos permite disminuir los riesgos en la exploración y explotación de yacimientos maduros (vease figura 38) .

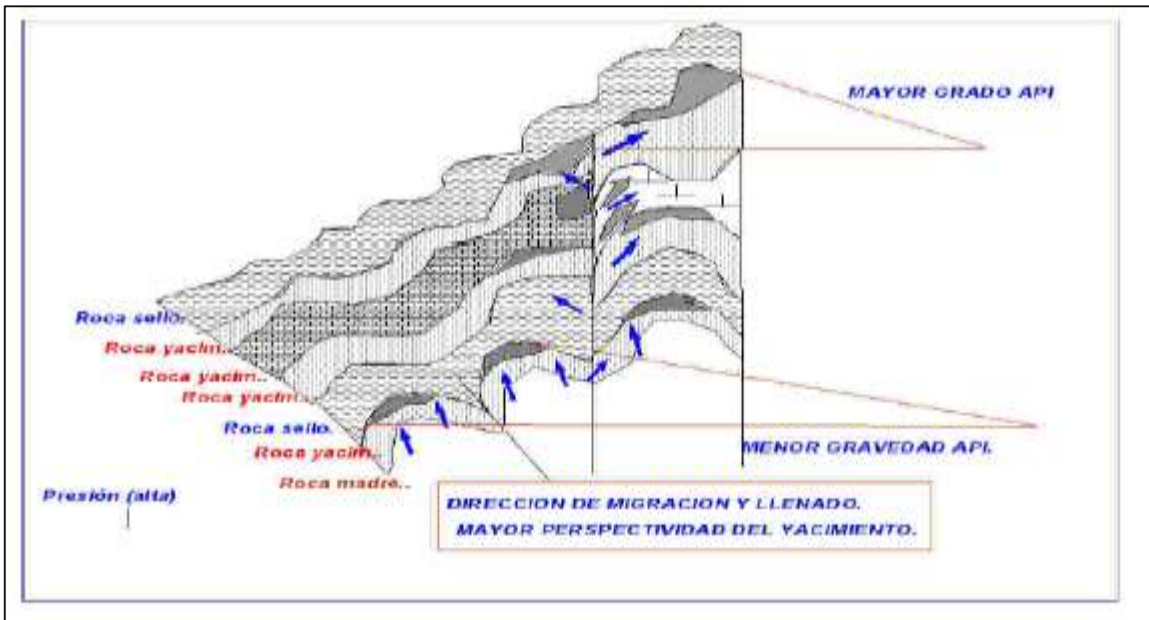


Figura 38 determinación de las vías de migración de fluidos

### 6.13 Acumulación

El proceso de acumulación tiene lugar inmediatamente después de los procesos de expulsión y migración y está relacionado con cambios de porosidad, permeabilidad ( $k$ ), asociado a cambios de facies sedimentarias y estructuras geológicas, la acumulación de hidrocarburos puede clasificarse como:

1. Estructural.
2. Estratigráfico.

Integración de procesos: Los procesos de generación de hidrocarburos, producen sobrepresión, lo que conduce al fracturamiento de la roca madre. Esto permite la expulsión de hidrocarburos, los que posteriormente migran por las fracturas, fallas o zonas de alta porosidad y permeabilidad, acumulándose contra barreras o zonas



Figura 39 proceso de acumulación hidrocarburos

A partir de la roca madre caliza o lutita. De ahí el hidrocarburo es expulsado y migra a través de fallas, fracturas o zonas de alta porosidad y permeabilidad, acumulándose en trampas de tipo estructural o estratigráfica.

### 6.14 Roca sello

El parámetro más importante para definir un sello es su impermeabilidad también su espesor es importante porque es difícil encontrarse las puras. Las rocas sellos más comunes son: arcilla, sal, anhidrita y las rocas densas de diferentes tipos.

⇒ **Roca de sobrecarga (enterramiento):** Son las rocas que cubren y van enterrando a todas las demás rocas en una cuenca para que se creen las condiciones de generación de petróleo (acción biológica y termal). Los procesos son:

1. Formación de la trampa: En un tiempo geológico y su relación con su preservación.
2. Generación-migración-acumulación: El cual debe ocurrir en un período breve

Después de haberse creado todas las condiciones anteriores (roca madre activa, roca reservorio, roca sello, roca de enterramiento, formación de la trampa).

Si el proceso señalado ocurre antes de formarse la trampa o fallar alguna de las condiciones anteriores el petróleo se pierde y puede llegar a la superficie.

Tiempo de preservación:

El tiempo de preservación de un sistema petrolero comienza después que la generación – migración-acumulación ha sido completado, y este llega hasta nuestros días.

Momento crítico:

Es aquel punto en el tiempo seleccionado por el investigador que mejor representa la generación-migración-acumulación de la mayoría de los hidrocarburos en un sistema petrolero.

## **6.15 EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS**

Fases de la exploración petrolera.

Primera fase: Definición de la existencia de una cuenca sedimentaria con un espesor potente de sedimentos que permita la maduración y expulsión.

Esto se define a partir de estudios regionales o de reconocimiento de gravimetría y magnetometría (a escala pequeña), sísmica de reflexión, levantamiento geológico de superficie, se hacen pozos estratigráficos a otra categoría, levantamiento geomorfológico, para obtener los siguientes resultados

1. Confeccionar modelos preliminares de desarrollo de la cuenca, incluyendo los principales momentos de la tectónica, formación de las rocas madres, de los reservorios y de los sellos.
2. Establecer en el corte la edad y litología de los sedimentos que pueden constituir rocas madres, reservorios y sellos.
3. Establecer los tipos de trampas posibles.

El factor económico no es importante.

Segunda Fase: Definición del Sistema petrolero:

Se estudian las rocas madres, reservorio, sello, trampas a un grado de detalle mayor.

Después de definida la existencia del Sistema Petrolero, se pasa a la Tercera fase.

En la segunda fase el factor económico tampoco es importante.

Tercera Fase: Determinación de la existencia o no de varios plays.

Se realizan investigaciones geofísicas y geológicas de detalle, que permite establecer dentro de la región las distintas asociaciones de estructuras, reservorios y sellos que juntos constituyen la trampa, con su roca madre lo cual definirá el número de plays existentes.

Se realiza sísmica 2D. Después de definidos los diferentes plays presentes en el corte se realiza un análisis del sistema petrolero independiente para cada uno de ellos.

Play: Existencia de un grupo de reservorios y prospectos geológicamente similares, básicamente en cuanto a contener el mismo sistema de petróleo y gas, referente a la roca madre-reservorio-trampa.

En esta fase el factor económico es muy importante.

Cuarta Fase: Delimitación de los objetivos (Leads) y los prospectos en incluye la evaluación de los recursos y reservas probables.

Se realiza un estudio integral y multidisciplinario de los factores que inciden en esta evaluación o sea: Estructuración, reservorios y sellos, llenado de las trampas. Cada uno de ellos contempla la evaluación e interpretación de un conjunto de métodos e incluso la ejecución en el campo de algunos de ellos



como: Sísmica de detalle (3D), geomorfología, geología, geoquímica, propiedades de las rocas reservorios, ubicación de la cocina de petróleo y vía de migración. Se evalúan los recursos y reservas posibles.

Quinta Fase: Evaluación de las reservas probadas.

Después de definido los prospectos el próximo paso es la perforación exploratoria en el centro de la estructura, cuyo objetivo principal es demostrar la capacidad gas opetrolífera del prospecto revelado lo cual se realiza a través de ensayos durante la perforación y/o posterior a su conclusión y mediante la explotación experimental en un período tal que permita definir parámetros esenciales (Presión de capa, de fondo y otros).

### Correlación de pozos

La correlación es de especial valor para el estudio de las características y disposición de las formaciones encontradas en los pozos, éstas se pueden hacer a lo largo de líneas longitudinales o transversales.

Los registros eléctricos y radioactivos, son registros mecánicos que dan las características de cada capa, estas pueden ser copiadas y correlacionadas con otros pozos. En muchos casos el comportamiento de las rocas ante esos impulsos, se identifican más fácilmente que las características visuales y litológicas, además se pueden seguir lateralmente.

Con las muestras superficiales el geólogo rara vez ve el espesor de las capas, sin embargo con los registros geofísicos si se puede. También se puede identificar anomalías típicas. La combinación de muestras con los registros da al geólogo una poderosa herramienta para la correlación de varias capas.

La referencia más comúnmente usada en los registros para los esquemas de correlación es el nivel del mar. Por ejemplo todos los pozos cercanos se refieren a una profundidad determinada (-400 m), independientemente de la cota topográfica que tenga el pozo en cuestión.

Para estudios especiales en la geología histórica o para el estudio de aspectos individuales de la sedimentación y el medio ambiente deposicional puede ser conveniente el uso de una en particular u horizonte como dato de referencia. Esto proveerá de una información significativa sobre la relación deposicional de capas por arriba y por debajo de la capa de referencia. Por ejemplo uno puede elegir la discordancia entre una capa y otra como línea de referencia. Esto debe ilustrar la característica y configuración de las rocas que se depositaron antes y después de ocurrida la discordancia. Tal nivel de referencia no tiene en cuenta la actual disposición estructural o la altitud de las capas.

Construcción de los esquemas de correlación:

1. Se prepara en una pequeña plancheta y se ubican los pozos especificando, cuales fueron productores de petróleo, gas, seco.

2. Se colocan los pozos de este a oeste, de norte a sur o viceversa. Se inicia por un pozo base, después se continúa con los pozos adicionales de la cuenca.

Corrientemente se le da énfasis en la correlación a la sedimentación, la tectónica de la cuenca, todo lo cual son relacionados con la aparición de petróleo.

3. Se enlazan los pozos, no es aconsejable dibujar una línea recta y referir los pozos a ésta línea.

4. La escala horizontal debe ser lo más exacta posible. La escala vertical debe permitir ver todo el pozo perforado.

5. Se reflejan todos los datos de interés en el comienzo y otros datos al final registro copiado.

6. Se refieren los registros al nivel del mar.
7. Se identifican colores y grueso de punto las curvas que se vayan a utilizar en la correlación.
8. Se subdividen los espacios entre profundidades para cada pozo para poder ver rápidamente cualquier capa, espesor, etcétera.
9. Después se hace la correlación.

Método de correlación:

1. Mejor usar el registro original, después pasar a la correlación los resultados.
2. Mover los registros hasta detectar la correlación.
3. Los 2 registros que están siendo correlacionados deben ser situados sobre el nivel del mar y los correspondientes registros deben enfrentarse.
4. Para una correlación corriente, no deben correlacionarse todos los piquitos, o sea las capas finas.
5. En una secuencia normal las líneas de correlación son paralelas. Donde hay un engrosamiento o adelgazamiento local de las rocas, las líneas de correlación dejan de ser paralelas, pero aún son concordantes, símbolos de facies pueden ser usados. Aumento de espesor por cambios faciales se pueden presentar. Hay capas que se caracterizan por no variar su espesor. Se pueden presentar mezclas de materiales, por eso las curvas varían de un pozo a otro. Cualquier diferencia pequeña en espesor de un intervalo puede ser debido a pequeños cambios en la sedimentación. Sin embargo grandes diferencias en espesor, indicarán la existencia de una falla, levantamiento y erosión o error en la correlación.

Interpretación:

Generalmente la escala vertical en la correlación no guarda proporción con la escala horizontal y debe tenerse en cuenta.

Domos o levantamientos anticlinales son reflejados en la correlaciones y hundimientos regionales son claramente reflejados. Cambios de facies y su significación son de gran importancia y a menudo ellos requieren un mayor estudio. Cuidadosa atención a la composición mineral de cada capa correlacionada revelan cambios por ejemplo en las capas de caliza, a través de arenas calcáreas, dentro de las areniscas. De la observación de estos datos puede ser construida la forma de sedimentación.

Esquema de correlación que se cruce longitudinal y transversalmente ilustrarán las variaciones litológicas a través de toda un área.

Usos:

Los registros geofísicos en los esquemas de correlación es la manera mas expresiva de reflejar variaciones en la estratigrafía y la estructura entre los pozos, y por eso ellos son ampliamente usados en los estudios de correlación. En adición, estas secciones son fáciles de reconocer porque ellas son necesariamente exageradas con respecto a la escala vertical.

Los registros en los esquemas de correlación son preparados para entrecruzar un campo de petróleo en particular para ilustrar la geometría de un yacimiento. Ellos ilustran cambios regionales en las capas y señalan cambios e la dirección de su inclinación o buzamiento. Así ellos son útiles en la evaluación de las posibilidades petrolíferas de un área.

Los registros geofísicos:

1. Proveen medios de correlación.
2. Muestran cambios de facies.
3. Ilustran estructuras locales y regionales.
4. Localizan discordancias, fallas.

5. Muestran variaciones litológicas.

6. Ilustran variaciones en la naturaleza de los fluidos y señalan los contactos agua petróleo alrededor de un campo petrolífero.

7. Señalan límites de zonas de agua dulce si las camisas no han sido bajadas por debajo de ese límite.

Identificación y comportamiento de las curvas de registro ante las diferentes

litologías: Para determinar los intervalos colectores así como la litología en los pozos de exploración, evaluación y desarrollo, uno de los métodos es un software, conocido por las siglas HDS. (Hydrocarbon Data System) El cual procesa los registros geofísicos adquiridos en las corridas que se hacen en el pozo.

Este incluye los registros radioactivos: Gamma corregido (CGR), se le quita el efecto del Uranio, gamma total o espectral (SGR), incluye los isótopos de Uranio (U), Thorio (Th) y Potasio (K). Frente a las rocas carbonatadas fracturadas, el registro gamma total (SGR) es elevado, porque en las fracturas se deposita sales de Uranio (curva situada a la derecha, en la columna de los registros radioactivos)

El registro gamma corregido ante las rocas carbonatadas limpias (sin arcillas) es bajo, porque hay poco thorio y potasio (curva situada a la izquierda, en la columna de los registros radioactivos). El bajo valor también es debido a que las rocas carbonatadas cuando están poco fracturadas, hay poca oportunidad de depositarse el thorio y el potasio. Por eso ante los carbonatos estas curvas se separan. Frente a las arcillas éstas curvas radioactivas se pegan, y son altos o sea tienen valores parecidos y obviamente los valores de radioactividad son mayores. Las curvas de resistividad son dos  $R_t$  (resistividad de capa), y la otra es  $R_{xo}$  (resistividad de la zona invadida), se lee en escala logarítmica (0,2-2000 ohm/metro).

Puede ser (LLS) donde las curvas de corriente tienen un poder de penetración menor (LLD) donde las curvas de corriente tienen un poder de penetración mayor y registran un poco más alejado del caño del pozo, (MLL) microlaterolog en sus dos variantes, shallow (penetración menor), deep (penetración mayor). El valor de la resistividad está en dependencia del grado de fracturación, fluidos que saturan las fracturas, composición mineralógica, si la roca está fracturada la resistividad es menor, si la roca está saturada de agua la resistividad disminuye, ya que el agua es conductora. La porosidad se da en % con dos curvas que aumentan de derecha a izquierda, desde 0 a 50%, una es la porosidad efectiva (granular y de fractura) y la otra es la porosidad

total (incluye la de la arcilla). Los métodos aplicados en el pozo son el registro neutrónico y el registro de densidad. Para medir el volumen de agua real en los poros, así como para medir la saturación de agua total ( $S_{wa}$ ) se utilizan distintas fórmulas tales como:

Archie.

\_ Gráficos de Pirson.

\_ Gráficos de Pickett.

\_ Simandoux, Indonesian.

Cálculo de reservas.

El método más difundido hoy en día es el método volumétrico, fundamentado en la utilización de los datos sobre la distribución del petróleo y el gas dentro de los límites de la trampa, el volumen del espacio poroso de los colectores y el contenido de hidrocarburos en él mismo y de los datos de las propiedades de los fluidos que las saturan, este método no necesita de datos acerca de la explotación, por eso es el único método que puede utilizarse en cualquier etapa de los trabajos de exploración y desarrollo.

Este método se utiliza ampliamente en los yacimientos en explotación, obteniéndose muy buenos resultados en los colectores terrígenos y muy inexactos en los colectores carbonatados, agrietados-porosos, siendo este último el caso de la mayoría de los yacimientos de Cuba.

El método volumétrico se basa en la idea de que el petróleo yace en los poros de la capa colectora, y que el volumen de estos poros es posible determinarlo, sabiendo las dimensiones geométricas de esta capa saturada de petróleo y la porosidad de las variedades litofaciales que la componen. A continuación se muestra en la siguiente figura la confección de un mapa estructural para la ubicación posterior de las reservas.

Área a calcular (A): En los límites de la cual se desarrolla la capa colectora.

Se determina midiendo el contorno de la estructura ya delimitada por los pozos perforados (ensayos e investigaciones de los diferentes intervalos que componen la capa). La tarea se resume en definir los límites del depósito (límite de distribución del colector en el caso de variaciones litofaciales, líneas de acuñamiento, contacto agua petróleo, WOC)

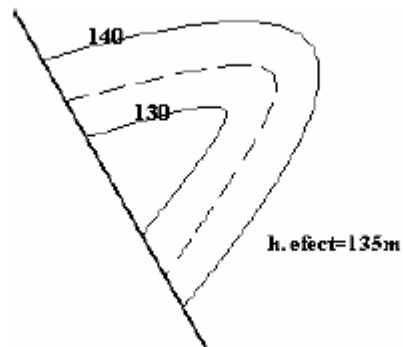
Si la trampa es de carácter estructural complicado la tarea es compleja, debiéndose ubicar las líneas de falla, sobrecorrimiento y límite de extensión de las capas, más las otras tareas ya señaladas. Los valores de las áreas se expresan en m<sup>2</sup>.

Espesor medio saturado (hef): Normalmente se determina el espesor vertical de la capa. La más exacta determinación de la potencia saturada se logra con la utilización conjunta de los datos de análisis de núcleo, registros geofísicos, resultados de ensayos que dan la posibilidad de establecer el contacto agua-petróleo.

La determinación de los espesores efectivos conlleva a la determinación de los espesores colectores saturados con petróleo móvil.

Se selecciona como efectivo y son objeto de cálculo aquel en que las pruebas de formación o ensayo hallan dado la entrada de petróleo, quiere esto decir que aquella parte del corte cuya capacidad gasopetrolífera no ha sido demostrada por ensayo o prueba de formación será también objeto de cálculo pero con carácter prospectivo.

Después de determinar el espesor medio saturado de la capa cuando esta ha sido totalmente ensayada, en tres o más pozos dentro de un yacimiento o bloque tectónico, puede pasarse a la confección del mapa de isopacas e iguales espesores, utilizándose para El cálculo cada una de las zonas que se sitúan entre dos líneas de isopacas de diferente valor.



## Mapa de isopacas

Hay consideraciones para en el caso de existir menos de tres pozos, para el caso de no estar totalmente el ensayo de la capa, siendo las más utilizadas el valor medio aritmético y el valor medio pesado. El valor de la potencia media saturada de petróleo se da en metros (m).

Valor medio aritmético se usa cuando:

- \_ Cantidad de pozos perforados en el área no es muy grande.
- \_ Espesor de la capa mantiene un amplio diapasón de variación.

Valor medio pesado se usa cuando:

- \_ Gran cantidad de pozos
- \_ Potencia de la capa varía de una forma homogénea en el área. Después de confeccionado el mapa de espesores iguales
- \_ El cálculo de la potencia media pesada para el área es según la fórmula.

## TECNICAS DE EXPLORACION DE HIDROCARBUROS

En la exploración de hidrocarburos se usan técnicas de exploración geofísica tales como :

- Método gravimétrico.
- Método Magnetómetro.
- Prospección geofísica.

## GUÍA DE LABORATORIO

### RECONOCIMIENTO DE LOS PRINCIPALES MINERALES Y ORGANISMOS PETROGENICOS

#### INTRODUCCION

Las rocas sedimentarias se distinguen por poseer dos tipos de componentes minerales respecto a su origen:

#### 1. COMPONENTES ALOTIGENOS O TERRIGENOS

Son los transportados desde afuera hacia la cuenca de sedimentación. Son llamados también minerales detríticos y consisten en minerales y/o partículas rotas y desgastadas que han sido llevadas al sitio del depósito por transporte mecánico.

La composición de la fracción detrítica depende de la clase de roca que le dio origen, del grado de interperismo que obró sobre ella, y de la distancia y procesos de transporte.

#### 2. COMPONENTES AUTIGENOS (NO TERRIGENOS)

Son los componentes que se formaron "in situ" en la cuenca de sedimentación pueden ser:

Orgánicos:

Son aquellos formados por constituyentes que alguna vez, se disolvieron en el agua y más tarde fueron extraídos por la actividad de animales y plantas (conchas p. Fe, etc.) y al morir formaron depósitos rocosos (calizas, fosforitas). Otros organismos al descomponerse en medios reductores forman carbones.

Químicos

Formados por precipitación química de sales y/o evaporación de aguas saturadas.

OBJETIVOS

Reconocer macro y microscópicamente los principales minerales y organismos petrogénicos presentes en muestras de arena.

Clasificar de acuerdo a su contenido y tipo los minerales autógenos y alotígenos.

Identificar de acuerdo a su abundancia el componente esencial, secundario y accesorios.

DESARROLLO DE LA PRACTICA

De cada muestra describa y determine porcentajes de los minerales presentes.

Describa los parámetros texturales.

Clasifique las muestras de acuerdo a sus componentes petrogénicos.

Describa que indicios demuestran el tipo de roca origen, transporte y distancia a la cuenca de depositación.

EQUIPOS

Microscopio

Imán

Lupas

HCL - 10%

GUIA DE LABORATORIO

## 10. ROCAS SEDIMENTARIAS

INTRODUCCION

El presente laboratorio trata acerca de las propiedades de las rocas sedimentarias, de su reconocimiento e identificación en muestras de mano y en el terreno.

Una sedimentita es la roca resultante del efecto de varios procesos:

1. Alteración de rocas y minerales, transporte y depósito de dichas partículas terrígenas;
2. Precipitación de sustancias en solución, bien por acción fisicoquímica o bioquímica.

Los procesos 1 y 2 se denominan SEDIMENTACION.

3. Consolidación o litificación de los depósitos sedimentarios formados por la acción 1 y 2, es decir sedimentación.

### 1. PROPIEDADES DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias se deben reconocer de manera precisa en sus propiedades básicas:

1. COMPOSICION
2. TEXTURA
3. ESTRUCTURA
4. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

Los minerales formados durante los procesos de sedimentación o de litificación SON MINERALES DE BAJA TEMPERATURA.

### II. DESCRIPCION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

En la descripción de las rocas sedimentarias se debe prestar especial atención en reconocer todos los elementos texturales que constituyen:

1. EL ARMAZON (Fábrica) de la roca, es decir, los granos que soportan el peso de los sedimentos, por ejemplo, granos de mayor tamaño, conchas de fósiles, etc.
2. LA MATRIZ o material de granos o clásticos finos que se amplían en los intersticios dejados por los granos que constituyen el armazón.
3. EL CEMENTO o material precipitado químicamente entre los granos que conforman el armazón de la roca.

### III. COMPOSICION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias para los fines de trabajo de campo, pueden separarse a grandes rasgos en dos grandes grupos: Las Rocas Detríticas, o mejor TERRIGENAS, es decir, aquellas sedimentitas en que los clásticos de silicatos exceden el 50% de los componentes de la roca, y las rocas NO TERRIGENAS, en las que los clásticos de silicatos constituyen menos del 50%.

En las rocas terrígenas, los clásticos del armazón consisten fundamentalmente de CUARZO, CHERT, FELDESPATOS Y LITICOS, o sea, fragmentos de otras rocas. Los intersticios del armazón pueden estar llenos con la matriz, o sea, partículas de menor tamaño, generalmente limo o arcilla, o arena en el caso de granos del armazón muy gruesos. Puede el resto del espacio quedar vacío (los poros), o quedar lleno con sustancias precipitadas químicamente, o sea, el cemento.

En el caso de las rocas no terrígenas puede existir cierto porcentaje de elementos terrígenos, si estos ocurren en proporción menor al 5% las rocas se consideran puras u ORTOQUÍMICAS.

En el caso en que las rocas no terrígenas contengan entre 5-50% de clásticos éstos pueden ser terrígenos, o materiales aloquímicos, (granos de organismos, pelets, oolitos, etc.).

El armazón de éstas rocas consistirá pues de:

1. Clastos terrígenos
2. Granos aloquímicos
3. Estructuras orgánicas que crecieron in situ: Ej. corales. La matriz en este caso podrá ser lodo calcáreo (nicrita, color oscuro); el cemento será calcita cristalina (esparita; color claro).

#### IV. TEXTURA DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

En las rocas terrígenas la textura se establece en función de la relación entre el tamaño de los clásticos predominantes así: GRUESA (granos mayores de 2 mm; las rocas se denominan colectivamente RUDITAS); MEDIANA (granos entre 0.0625-2 mm; ARENITAS); FINA (menores de 0.0625: LUTITAS).

En las rocas sedimentarias debe igualmente reconocerse la madurez de su textura; cuando el predominio de un tamaño de grano se evidencia se dice que la roca posee buena selección.

Se dirá que la textura de una sedimentita es INMADURA si existe porcentaje abundante de matriz, los granos son de tamaño diversos y además, no están redondeados.

Cuando se tiene poca matriz, el procedimiento de un tamaño de grano es evidente, es decir, hay buena selección; y los granos son redondeados y además son predominantemente de cuarzo, se dice que la textura es MADURA.

Las sedimentitas terrígenas cuya estructura es madura son el producto de varios ciclos de destrucción de rocas preexistentes y renovada acumulación de dichos materiales (especialmente cuarzo).

En las rocas no terrígenas la textura se establece por la relación entre la matriz y los granos del armazón que estén presentes. En el caso de estas rocas ortoquímicas o de origen mixto, es decir, químico mecánico, no se puede hablar de un índice de madurez; en el caso de estas rocas se habla de TEXTURA DE DEPOSITACION. La presencia de abundante lodo-calcáreo indica que los sedimentos se acumularon en un medio de aguas tranquilas.



La textura de las rocas sedimentarias está determinada por las características de dimensiones, forma y relaciones recíprocas de sus componentes, o sea por los fragmentos detríticos para las rocas clásticas y por los cristales de los distintos minerales (y más raramente por las partículas de materiales amorfos), en lo que respecta a las rocas de origen químico. En las rocas organogéneas se tienen en cuenta las características de las partes sólidas de los organismos que las componen.

Mayor variedad de interés ofrece la textura de las rocas clásticas, de la que es fácil deducir las condiciones del ambiente sedimentario en que se depositó el material detrítico originario. La textura de las condiciones en que se ha verificado la diagénesis, y las texturas eventuales que se han producido durante la sedimentación suelen desaparecer con mayor facilidad. La textura de las rocas organógenas puede indicar el origen local o la procedencia alóctona de los restos orgánicos.

Las dimensiones de los fragmentos que constituyen un sedimento o una roca sedimentaria clástica se determina por el análisis granulométrico, midiendo los porcentajes, por lo general en peso, de las diferentes clases granulométricas que existen en el sedimento o en la roca clástica. Cada clase granulométrica agrupa los fragmentos cuyas dimensiones están comprendidas entre dos valores límite, elegidos arbitrariamente pero dispuestos siguiendo una escala determinada, la más común es la escala de Wentworth, en la que los límites de cada clase son las potencias enteras de 2, ya sean positivas o negativas. La serie de valores empleadas generalmente en el análisis granulométrico por tamizado es, en milímetros, las siguientes: 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/18.

La determinación de los porcentajes de cada clase granulométrica se realiza de distintas formas, según el material que se deba analizar. Para las gravas se suelen medir 3 dimensiones de los granos (por lo general, los espesores máximo, medio, mínimo) y se obtiene la media; después se toman los valores obtenidos, los cuales estarán comprendidos entre los que definen cada clase granulométrica.

Para las arenas se procede a un tamizado, en una columna de tamices con luz de malla decreciente de arriba abajo

siguiendo la escala de Wentworth u otra cualquiera, y pesando después las fricciones retenidas por cada tamiz. Como en la práctica no es posible preparar tamices, ni trabajar con ellos, con luces de malla inferiores a 1/16 mm, para los materiales clásticos de tamaño inferior hay que emplear procedimientos analíticos basados en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas en un medio líquido, en función del diámetro (ley de Stokes). Los resultados del análisis granulométrico, o sea los porcentajes de las diferentes clases granulométricas que constituye un sedimento clástico, se expresan luego gráficamente de distintos modos, y se someten a cálculos e interpretación.

La forma gráfica más comprensible de la composición granulométrica de un sedimento clástico es el histograma, un diagrama en el que los límites entre las clases granulométricas se llevan sobre un eje horizontal, en general a escala logarítmica (de esta manera los límites entre las clases consecutivas son equidistantes, cuando corresponden a la escala de Wentworth o a otra escala logarítmica). Los porcentajes que contiene el sedimento de cada clase granulométrica se representa generalmente por un rectángulo, cuya base en el eje horizontal del histograma es el segundo que une los dos valores límite de cada clase granulométrica y cuya altura (en el caso considerado aquí) es proporcional al porcentaje de dicha clase. En el histograma son evidente las clases modal (osea la que contiene porcentaje más elevado) y la distribución general de las distintas clases granulométricas en un sedimento detrítico dado.

Otra representación gráfica bastante simple de la distribución granulométrica es la curva de frecuencia, que se asemeja a la descrita anteriormente; puede decirse que es un histograma construido por un gran número de clase granulométrica con límite muy próximo y con una línea que une la parte superior de los rectángulos que representan los porcentajes (o frecuencias) correspondientes a cada clase. En realidad, la curva de frecuencia se constituye también en los análisis granulométricos normales, por interpolación entre los pocos valores de secuencia obtenidos de análisis. La curva de frecuencia es de configuración acampanada: en correspondencia con el vértice de la curva se puede leer el eje de las abscisas, el valor del tamaño del gránulo más abundante en el sedimento analizado. Este valor, denominado moda o módulo puede expresarse como la medida del diámetro medio del sedimento, y está en relación directa con la intensidad del agente de transporte en el ambiente sedimentario en que se ha depositado.

Además del diámetro medio de las partículas que lo componen, un sedimento se define también por otras características granulométricas, las cuales se pueden expresar numéricamente midiendo sus diferentes representaciones gráficas también pero resultan evidentes de la forma que presenta la curva de frecuencia. Por ejemplo, en la curva de frecuencia la oblicuidad de la distribución granulométrica corresponde a un predominio de las fracciones de grano más grueso que la moda sobre las más finas (oblicuidad positiva), o viceversa (oblicuidad negativa), y constituye un dato muy útil para reconstruir las características dinámicas del ambiente sedimentario; la oblicuidad positiva puede ser debida al arrastre de las partes más finas de la carga detrítica transportadas por un corriente de velocidad considerable, mientras que la abundancia de las proporciones más finas que la moda debe atribuirse a la sedimentación en ambiente de gran turbulencia.

Otra propiedad granulométrica es el grado de selección, expresado por las curvatura, que indica el predominio de la clase modal sobre las fracciones más gruesas o sobre las más finas; las curvas de frecuencia de mucha curvatura tienen vértices muy agudos y son características de sedimentos que se han depositado en ambientes de notable energía dinámica (arenas costeras, etc), en tanto que las distribuciones granulométricas de propia curvatura son propias de sedimentos depositados en aguas tranquilas. Análoga es la clasificación granulométrica, que constituye la medida de la diferencia entre los tamaños máximo y mínimo presentes en el sedimento, que se pueden obtener de diversos modos en otras representaciones gráficas de la composición granulométrica de un sedimento, entre las cuales la que más se utiliza es la curva acumulativa.

La curva acumulativa consiste en la representación gráfica de una distribución natural (ej. la de la frecuencia de los fragmentos de distintos diámetros en un sedimento clástico), menos evidente que el histograma o la curva de frecuencia, pero que permite expresar varias características de la distribución granulométrica por medio de índices numéricos y por tanto de comparar cuantitativamente distintas distribuciones granulométricas. Este gráficos constituye por lo general en un sistema de coordenadas cartesianas idéntico al que se utiliza para trazar el histograma y la curva de frecuencia, o sea con escala logarítmica en el eje de abscisas, en el que se llevan los tamaños, y con escala aritmética en el eje de ordenadas en el que se representan los porcentajes.

La curva acumulativa puede construirse trazando un histograma en el que los rectángulos que representan la frecuencia de cada clase granulométrica no se apoyen en el eje horizontal, sino que

cada uno tenga su base a la misma altura que la parte superior del rectángulo anterior. Uniendo los puntos de contacto de los distintos rectángulos se obtendrá una curvatura acumulativa en forma de S. En esta curva se puede determinar el tamaño medio de sedimento, proyectado sobre el eje de abscisas, que corresponde al valor del 50% en el eje de ordenadas. Se puede medir también otras características de la distribución granulométrica, entre las cuales la más importante es la clasificación granulométrica; esta última resulta evidente a sí mismo por la forma de la curva acumulativa: Los sedimentos clásticos bien clasificados, en los cuales todos los fragmentos tienen diámetros aproximadamente iguales, dan lugar a una curva de ascenso rápido y casi vertical, en tanto que en el caso contrario, o sea de sedimentos constituidos por gránulos de tamaños muy variados, resulta una curva acumulativa aplanada, que tiende a desarrollarse de modo horizontal.

Muchas distribuciones granulométricas de los sedimentos clásticos, expresadas en función de los logaritmos (en base dada) del diámetro de los fragmentos, corresponden aproximadamente a la ecuación de Gauss, que se aplica también a otros fenómenos naturales (características biológicas de una población, etc.) e indica una determinada relación entre una variable dependiente (en este caso la frecuencia) y otra independiente (el logaritmo de diámetro). La curva de Gauss tiene forma de campana simétrica, más o menos abierta según la derivación tipo de la distribución granulométrica, que es una medida de clasificación.

Una importante excepción del tipo más corriente de distribución granulométrica consiste en la distribución polimodal o de tendencia polimodal, en las arenas es frecuente una curva de dos o más vértices, debida probablemente a fenómenos del transporte en masa (ej. el efectuado por los glaciares o por corrientes de turbulencia), con la consiguiente falta de clasificación de material detrítico; la distribución bimodal de una grava, con material arenoso subordinado, se debe, más a menudo a la infiltración de arena en los espacios entre los guijarros. Por el contrario, la distribución bimodal es rara en las arenas, incluso en las que han sido depositadas en las corrientes de turbulencia; cuando esta distribución existe, puede significar que en la muestra analizada se dan estratos de diferente granulometría. La curva de frecuencia presenta dos máximos, sólo cuando la diferencia entre los módulos es mayor que el intervalo elegido como límite entre las diferentes clases granulométricas. En el caso contrario, los dos máximos se funden en uno y la curva de frecuencia presenta una sola irregularidad, este caso es bastante común.

Los sedimentos más finos que las arenas, o sea los limos y las arcillas, tienen muchas veces una distribución granulométrica con tendencia bimodal curva de frecuencia con un solo máximo, pero para diámetros inferiores a unas 200 micras desciende con menor inclinación, debido a que la frecuencia de las fracciones finas es superior a la prevista, para cualquier muestra, por la ecuación de Gauss, este fenómeno se debe a una particularidad de la sedimentación de arcilla que consiste en fenómenos de floculación.

El tamaño de los fragmentos clásticos determina su comportamiento durante el transporte y la deposición, pero ésta función no puede definirse haciendo abstracción de la forma de estos fragmentos, excepto para los cuerpos esféricos, a los que pertenecen únicamente los oolitos y los granos de arena cuarzosa depositados en ambiente marino costero o en ambiente desértico. Por lo general, el resultado de análisis granulométrico de un sedimento está influido también por la forma de los fragmentos. En las gravas se suelen medir un diámetro convencional, que puede estar

representado por la medida entre la longitud, la anchura y el espesor de cada guijarro en posición de equilibrio estable, o bien por el diámetro de una esfera cuyo volumen fuese igual al del guijarro; en este último caso es evidente que el comportamiento de los dos guijarros del mismo volumen durante el transporte, que tiene lugar generalmente por arrastre, es muy diferente para una forma esférica que para una aplanada. Lo mismo sucede para las arenas, cuyo análisis granulométrico se realiza generalmente por tamizado; si se consideran los diámetros de un gránulo esférico, un plano y otro cilíndrico que pasan a través de la misma malla de tamiz, su comportamiento durante el transporte será bastante diferente.

Finalmente, los métodos de análisis granulométrico de las arcillas se basan en el supuesto de que la forma de los fragmentos sea esférica, y miden por tanto el llamado diámetro de sedimentación, que puede diferir de las dimensiones de los minerales de arcilla con forma laminar.

La forma de los fragmentos clásticos tiene gran influencia en la determinación de su comportamiento durante el transporte y la deposición, y constituye una importante característica de su textura. Esta se expresa mediante dos índices, el de esfericidad y el de redondeamiento. El índice de esfericidad de los fragmentos clásticos se refiere a su forma en conjunto, y se define como la raíz cúbica de la relación entre el volumen del fragmento y el de la mínima esfera circunscrita al mismo. Por lo general se determina por estimación visual con ayuda de tablas, y puede variar desde uno (granulo esférico) a cero (gránulos aciculares o laminares).

El índice de redondeamiento expresa las características de la superficie de los fragmentos, o mejor dicho, del contorno de estos fragmentos en posición de equilibrio estable, proyectado sobre el plano de apoyo. Se define como la relación entre el radio medio de los círculos inscritos en las asperezas del mencionado contorno, y el radio del círculo máximo inscrito en el mismo contorno. En la práctica se mide también por estimación visual, y varía a sí mismo entre uno (en el caso de granos de superficie completamente lisa) y casi cero (para los gránulos de superficie muy accidentada).

Entre otros índices de forma existe una relación, bastante imprecisa, debido a que los fragmentos más esféricos suelen ser también los más redondeados. Existe además cierta relación entre la forma y el diámetro; en efecto, en el mismo depósito clástico, las clases granulométricas más gruesas tienen índices de formas más elevados, ya que los granos más gruesos poseen mayor desgaste durante su transporte. Además, los índices de forma (más el redondeamiento) pueden variar mucho, sobretodo si se comparan con los valores originales en el sedimento recién depositado y en el curso de la diagénesis, a causa de los procesos de disolución parcial o de la deposición incipiente de un cemento químico en la superficie de los ángulos.

Los fragmentos no esféricos, que se encuentran en los sedimentos y en las rocas clásticas, a veces están depositados sin ningún orden, pero en general ofrecen una orientación de preferencia (textura orientada) que se forma en el momento de la sedimentación y corresponde a las características mecánicas del medio de transporte. Las orientaciones de preferencia de los gránulos de forma alargada o plana se pueden expresar en un sistema de la mayor dimensión [p0].

ra los fragmentos alargados, y de la perpendicular al plano de aplastamiento para los aplanados.

Estos datos se reflejan después en los oportunos diagramas, análogos para los que se emplean en el análisis textural de las rocas metaamórficas.

Una textura orientada muy común en las gravas y conglomerados que contienen fragmentos aplanados es la imbricación; consiste en la disposición superpuesta de los guijarros, de modo que recubran parcialmente el uno al otro; el plano de aplastamiento de los guijarros forma un determinado ángulo a la disposición de las tejas de un tejado. La imbricación se encuentra en depósitos de cantos formados en ambientes continentales fluviales y marinos neríticos, y se debe al transporte efectuado por arrastre; en cambio, no existe en los sedimentos transportados en masa. Esta textura permite deducir la dirección y el sentido de la corriente que la ha producido, puesto que los cantos planos están inclinados en la dirección de donde viene la corriente. La imbricación se encuentra también a veces en depósitos costeros, pero sin orientación constante.

## V. ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS

Por estructuras se entiende aquellas características de las rocas sedimentarias que son particularmente visibles en el terreno.

Entre las estructuras la primera y esencial es el PLANO O SUPERFICIE DE ESTRATIFICACION, que representa básicamente una superficie: a) De no sedimentación; b) De cambio abrupto en las condiciones de sedimentación; c) Puede representar una superficie de erosión. Solamente mediante el reconocimiento de las superficies de estratificación se pueden diferenciar las CAPAS.

Una capa es la unidad de sedimentación, o sea, un cuerpo de sedimentos (hoy litificados) acumulados bajo condiciones físicas similares, o uniformemente variables.

El plano de estratificación inferior de una capa se denomina MURO, YACENTE O BASE de la capa, mientras que el plano de estratificación superior se denomina TECHO.

Los planos o superficies de estratificación no tienen espesor, pero las capas, si en este caso el espesor puede ser cualquiera, sin embargo, la capa de espesor menor que puede reconocerse megascópicamente recibe el nombre de lámina.

La estratificación, o sea, la disposición y orientación de los planos de estratificación de una capa, puede ser PARALELA, NO PARALELA (CRUZADA), según las condiciones de su origen.

Ondulitas (ripple marks): Son formas onduladas manifiestas mejor sobre los planos de estratificación, pero determinables también en el cuerpo de la capa como láminas orientadas de modos diversos. Reflejan los movimientos ondulatorios del agua presentes en el medio en que se formaron las capas.

Bioturbación: Son las estructuras producidas en las superficies de estratificación, o dentro de una capa, debidas a la acción de organismos que vivieron durante la acumulación de los sedimentos.

Marcas direccionales: Producidas por objetos que se movieron en dirección sobre el fondo, hoy día plano o superficie de estratificación; aparecen cóncavas sobre el techo de la capa y convexas sobre el yacente de la capa superpuesta. El sentido de la corriente avanzó desde el sitio de mayor concavidad (o convexidad) hacia el de menor concavidad o convexidad.

## VI. POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

En términos generales la porosidad es el porcentaje de espacios vacíos que presenta una roca sedimentaria; en general tiende a ser mayor cuanto mayor sea la selección de los granos. Ej: Cuarzarenita.

La permeabilidad es la comunicación entre los poros, o la capacidad de dejar pasar agua, que posee una roca. Cuanto menos seleccionado es el grano de una roca y menor es el tamaño del grano, menor es la permeabilidad. Ej: Arcillolitas.

Los minerales más comunes en las rocas sedimentarias son los MINERALES ARCILLOSOS para las rocas TERRIGENAS y los CARBONATOS (calcita y dolomita) para las rocas no-terrágenas. Otros minerales que suelen ocurrir generalmente como cemento en ambos tipos de rocas, son el silíceo ( $\text{SiO}_2$ ); el ferruginoso, el glauconítico (silicato de Fe) y el fosfático. Para la estructura de las arcillas.