

CURSOS 2006



CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO
INGENIERÍA PETROLERA PARA NO
PETROLEROS
CA 499

MODULO II
GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

EXPOSITOR: ING. JAVIER ARELLANO GIL
DEL 23 AL 24 DE JUNIO DE 2006
PALACIO DE MINERÍA



...: Ingeniería Ambiental



BIBLIOGRAFÍA

Schatzinger A. R. and Jordan F. J., 1999 *Reservoir Characterization- Recent Advances*. Memoir 71, American Association of Petroleum Geologists (AAPG)

Schumacher Dietmar and Abrams A. Michael 1996 *Hydrocarbon Migration and its Near-Surface Expression*. Memoir 67, American Association of Petroleum Geologists (AAPG)

Tucker Maurice, 1990 *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, United States of América

Vera Torres, J.A., 1994 *Estratigrafía, Principios y Métodos* Editorial Rueda, Madrid

Walker G. Roger and James P. Noel, 1994 *Facies Models*. Geological Association of Canadá. Second Printing, Ontario

Wright V. P. and Burchette T.P., 1999 *Carbonate Ramps*. The Geological Society, Special publication No. 151, United States of América



INTRODUCCIÓN

OBJETIVO:

∴ El participante explicará que es un yacimiento petrolero y sus principales características.

CONTENIDO:

- ∴ Definición de yacimiento petrolero
- ∴ Partes de un yacimiento petrolero
- ∴ Tipos de yacimientos petroleros



PETRÓLEO

Del Latin *PETRAM* (*PETRA*, piedra y *OLEUM*, aceite).

Es una mezcla de hidrocarburos que en forma natural se encuentran en la corteza terrestre como gas, líquido o sólido; puede existir en una o varias formas en el mismo lugar y su color puede variar de negro hasta incoloro.

Contiene cantidades menores de Nitrógeno, Oxígeno, Sodio, Azufre, etc., como impurezas.



HIDROCARBURO

CARBONO "C"

- ∴ Sólido
- ∴ Grupo IV en la Tabla Periódica de los elementos
- ∴ Numero atómico: 6
- ∴ Tetravalente (4 valencias)
- ∴ Porcentaje del "C" en los hidrocarburos: 82-87 %

HIDRÓGENO "H"

- ∴ Gas
- ∴ Grupo I en la Tabla Periódica de los elementos
- ∴ Numero atómico: 1
- ∴ Valencia: 1
- ∴ Porcentaje del "H" en los hidrocarburos: 13-18 %



CLASIFICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS ECONÓMICOS DE HIDROCARBUROS



YACIMIENTO: Es la acumulación natural en la corteza terrestre de gas y/o aceite de la misma composición, comprendida en los mismos límites y sometida a un mismo sistema de presión en una trampa petrolera

CAMPO: Comprende dos o más yacimientos de hidrocarburos relacionados a una determinada condición geológica (cuenca sedimentaria, estructura, formación).

PROVINCIA: Comprende varios campos localizados en una región geológico-petrolera, en la cual los yacimientos se formaron en condiciones geológicas similares, por lo que presentan características generales parecidas



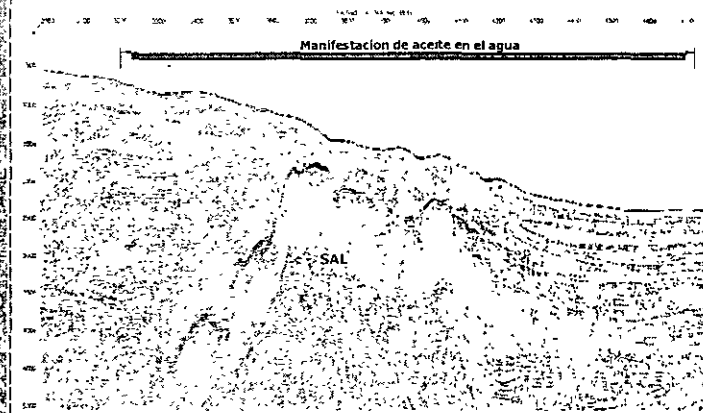
YACIMIENTO



Sección Sísmica GL93-74

NW

SE

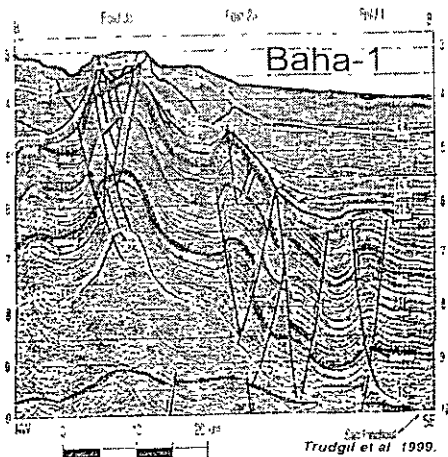


YACIMIENTO



Sección Sísmica del extremo norte del Cinturón Plegado Perdido en los EUA, donde se perforó el pozo Baha-1 en un domo salino. Se penetraron 3,400 m, encontrándose hidrocarburos en el intervalo 3,260-3,290 m.

El tirante de agua en ese punto es de 2,300 m.



Trudgil et al. 1999.



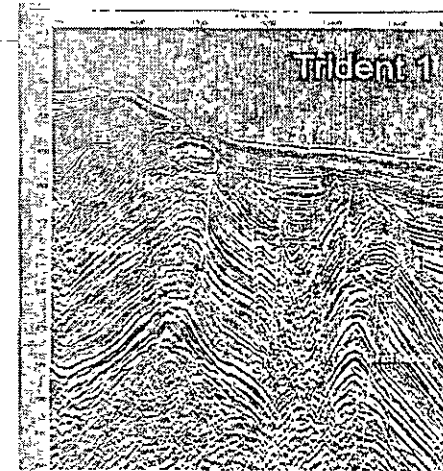
YACIMIENTO

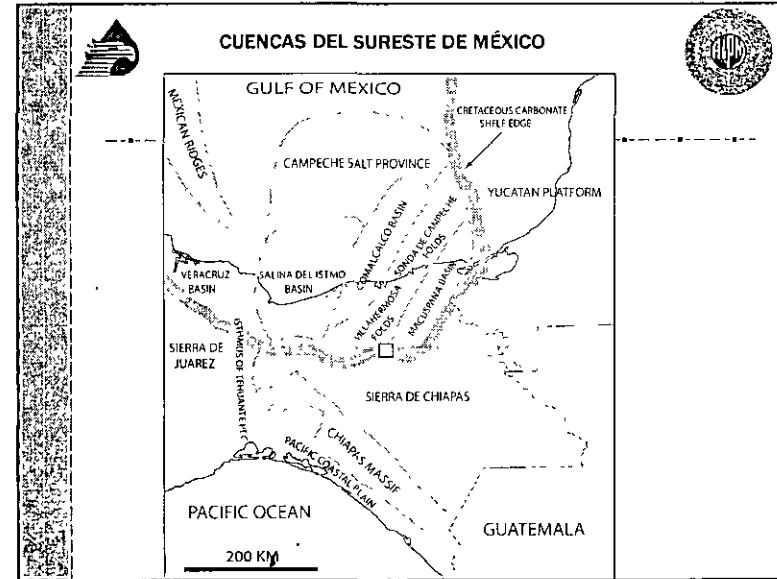
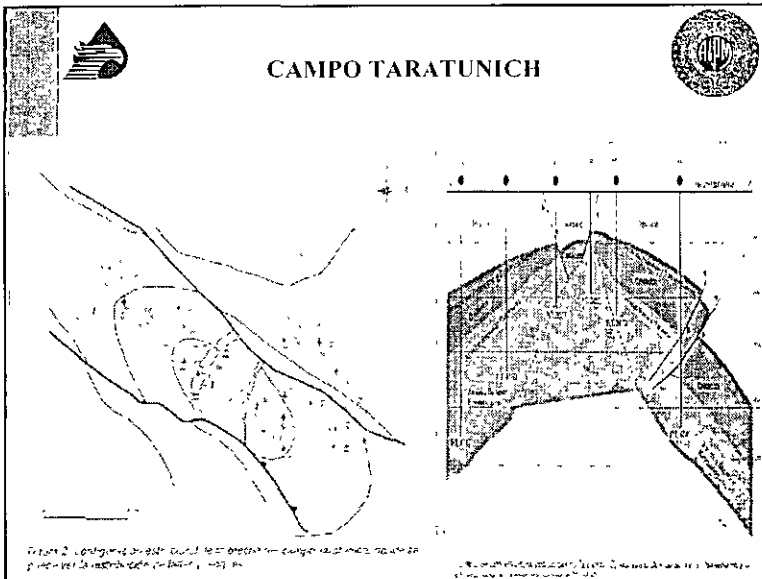
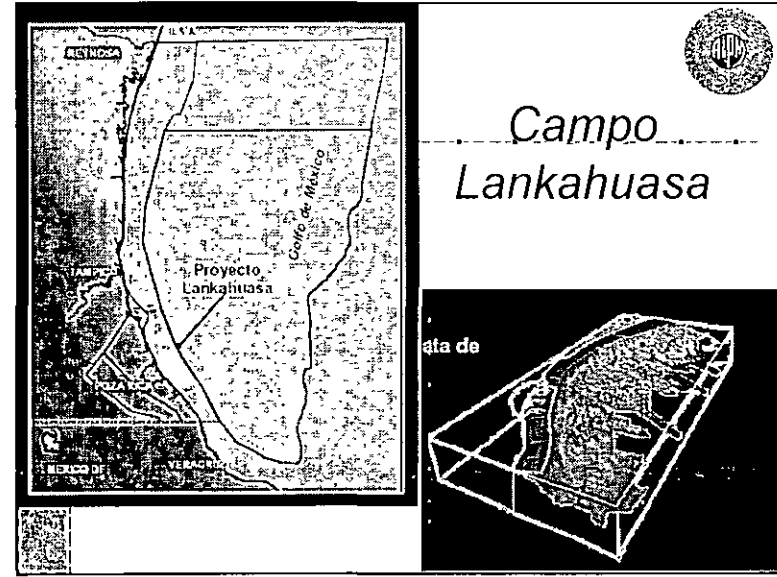
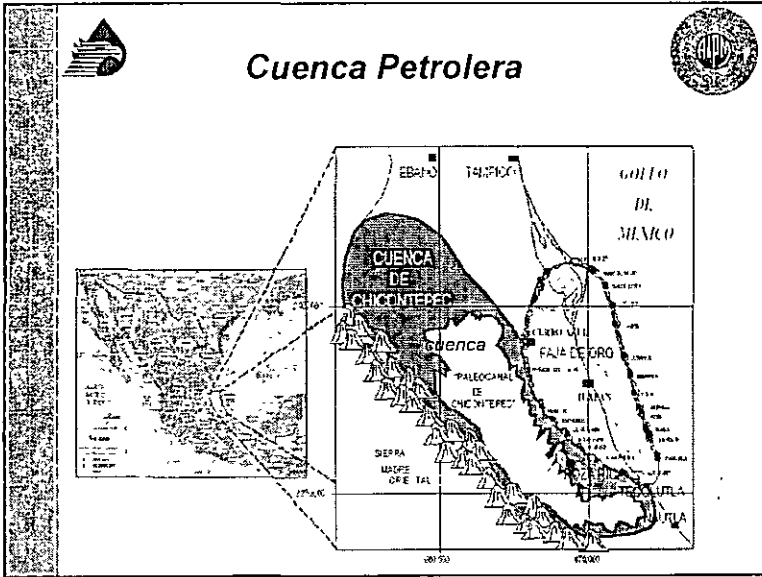


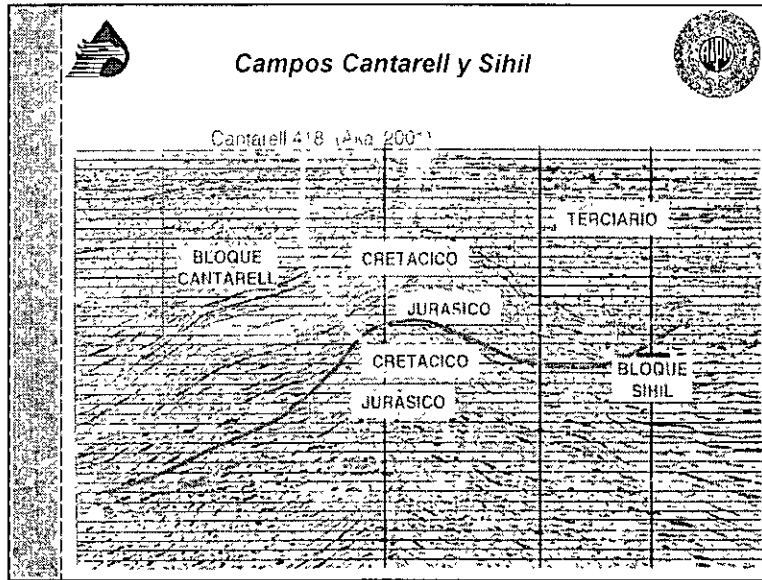
Sección Sísmica del Cinturón Plegado Perdido en los EUA, donde se perforó el pozo Trident-1 en un anticlinal con núcleo de sal, casi simétrico.

Se descubrieron acumulaciones de petróleo ligero en el intervalo 5,800-5,900 m

El tirante de agua en ese punto es de 2,900 m.



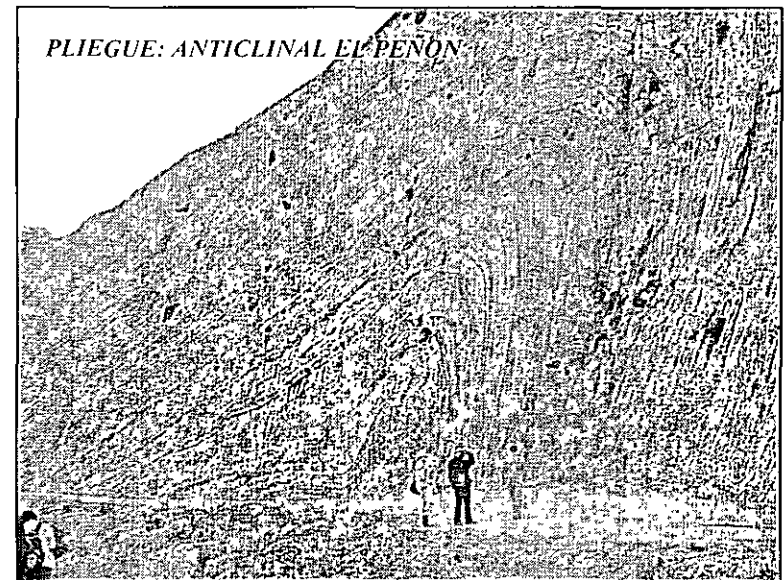
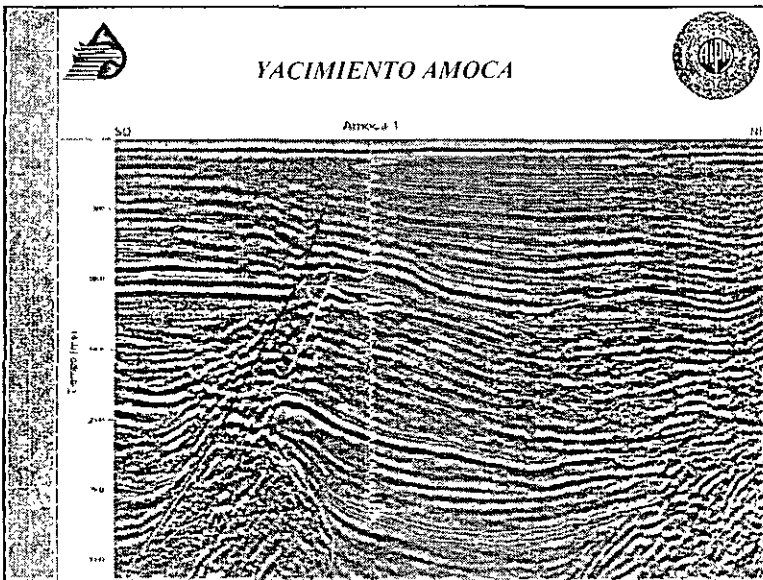
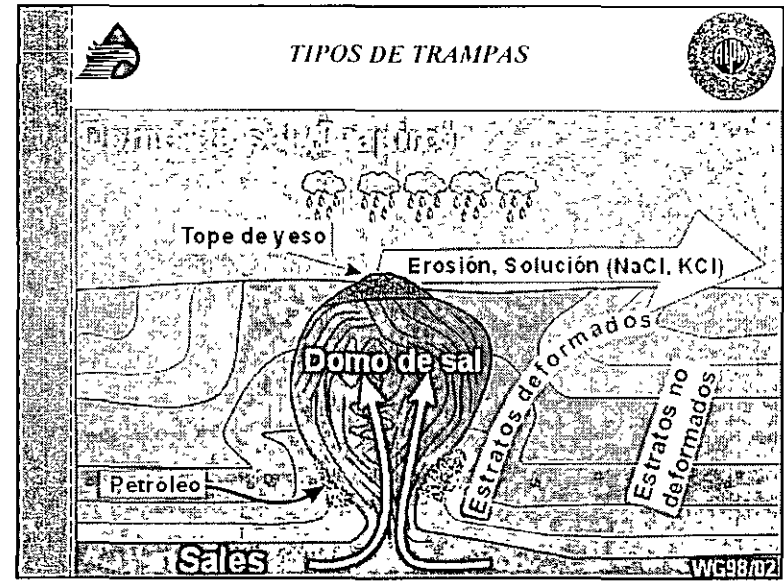
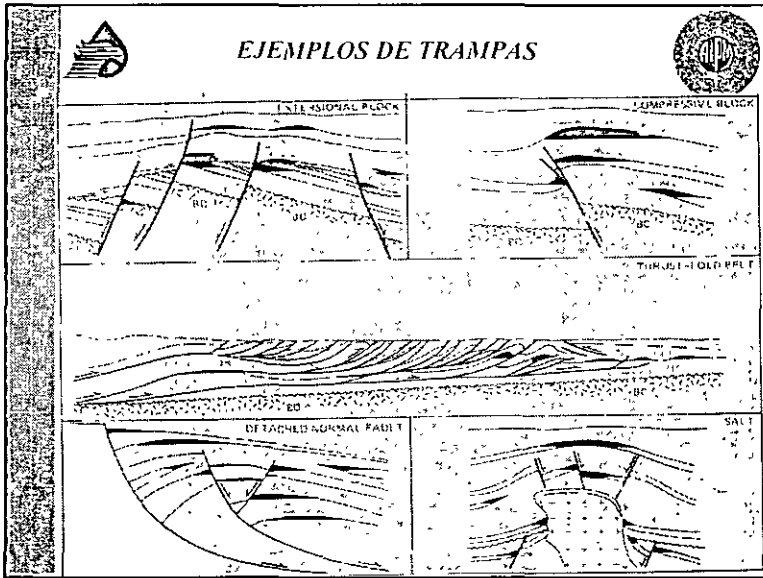


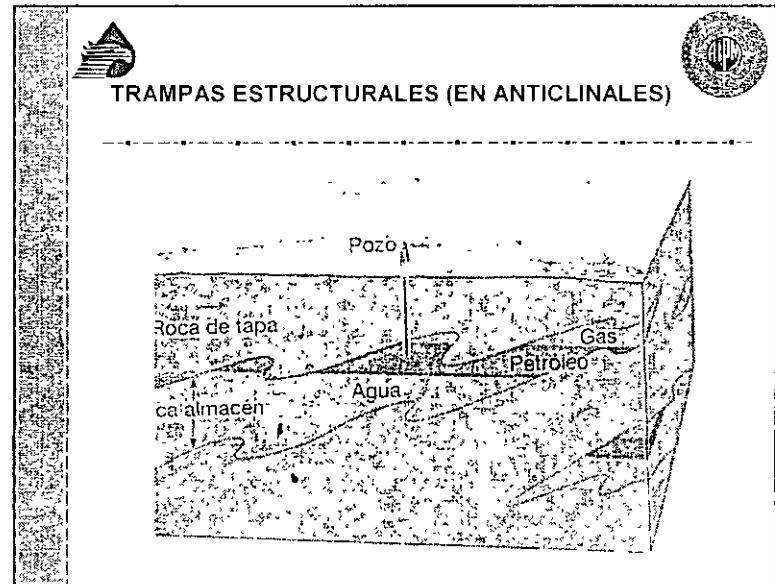
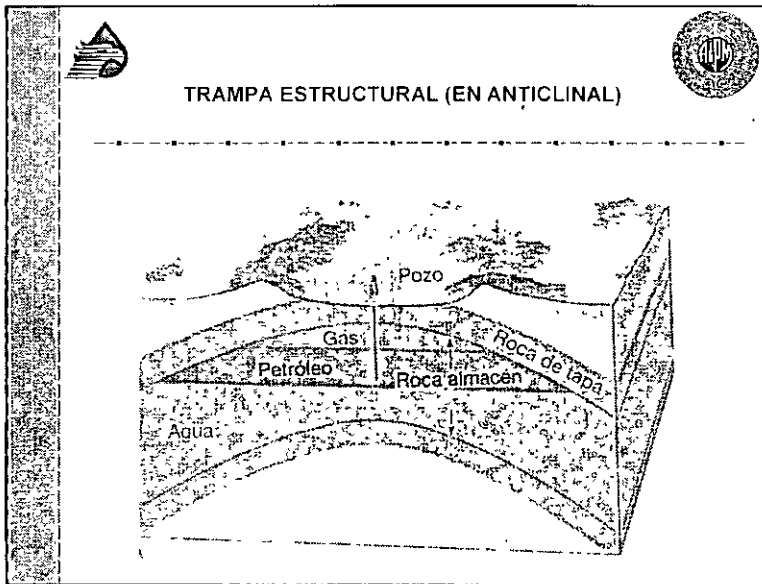
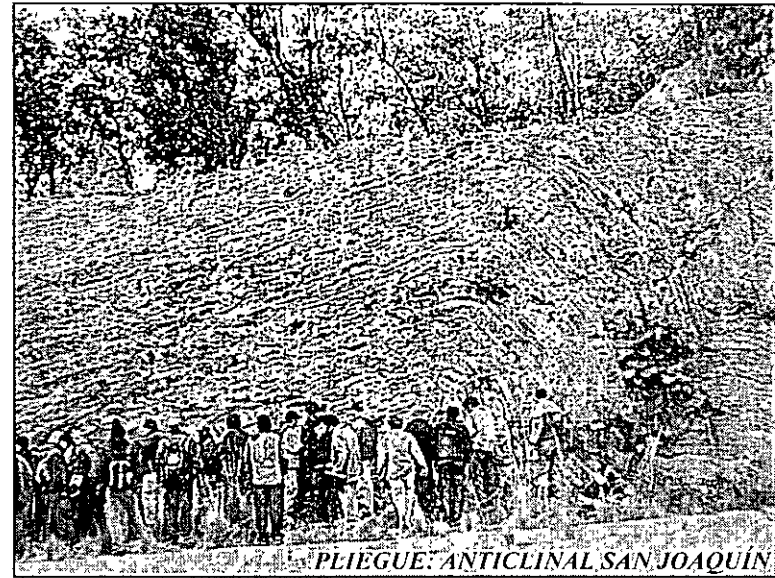
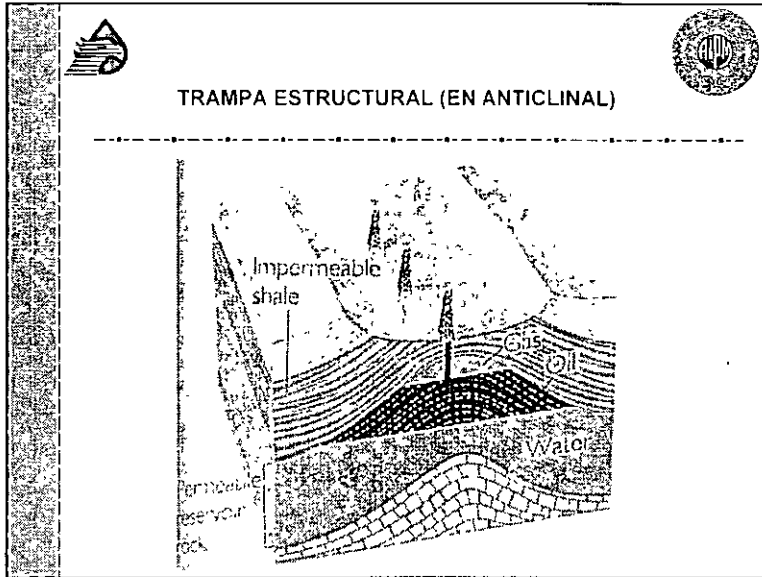


TRAMPA PETROLERA

Es una característica geológica que permite que el aceite y/o gas se acumule y conserve de manera natural durante un cierto periodo de tiempo. Son receptáculos cerrados en la corteza terrestre que cuentan con rocas almacenadoras y rocas sello en posición tal que permiten se acumulen los hidrocarburos. Las trampas petroleras tienen una determinada forma, tamaño geometría, cierre y área de drenaje

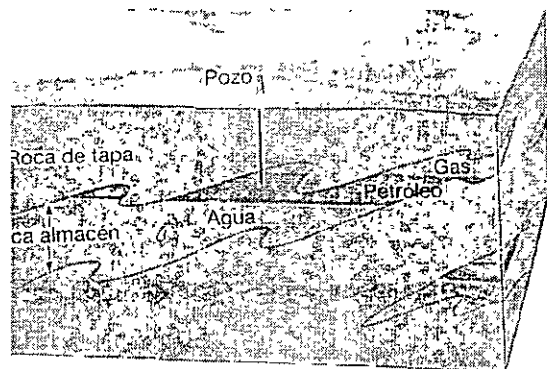
- ## CLASIFICACION DE TRAMPAS
- | | |
|---|---|
| TRAMPAS ESTRUCTURALES | <ul style="list-style-type: none"> a) Pliegues anticlinales b) Domos y diapiros. c) Fallas normales d) Fallas inversas. |
| TRAMPAS POR VARIACION DE PERMEABILIDAD
(SE INCLUYEN A LAS TRAMPAS ESTRATIGRAFICAS) | <ul style="list-style-type: none"> a) Cambios de facies. b) Discordancias: angulares y Paleogeomórficas c) Variación causada por aguas subterráneas. d) Variación causada por truncamiento. |
| TRAMPAS MIXTAS | <ul style="list-style-type: none"> e) Combinación de elementos estructurales con variación de permeabilidad. f) Hidrodinámicas. |



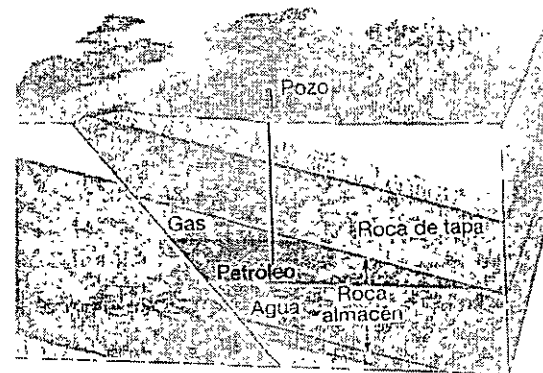




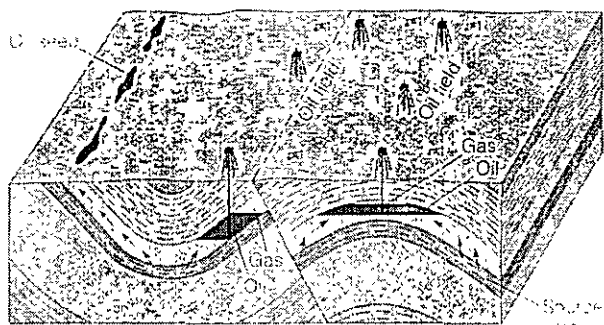
TRAMPAS ESTRUCTURALES (EN ANTICLINALES)



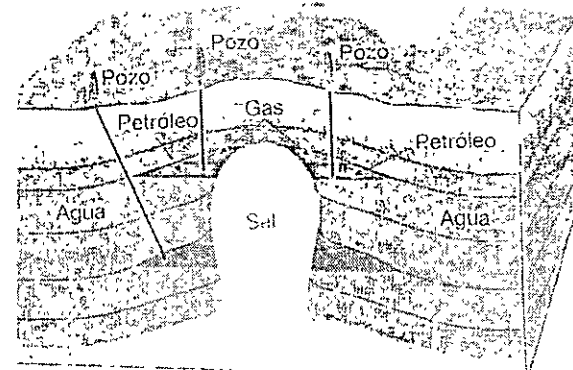
TRAMPA ESTRUCTURAL (POR FALLA INVERSA)

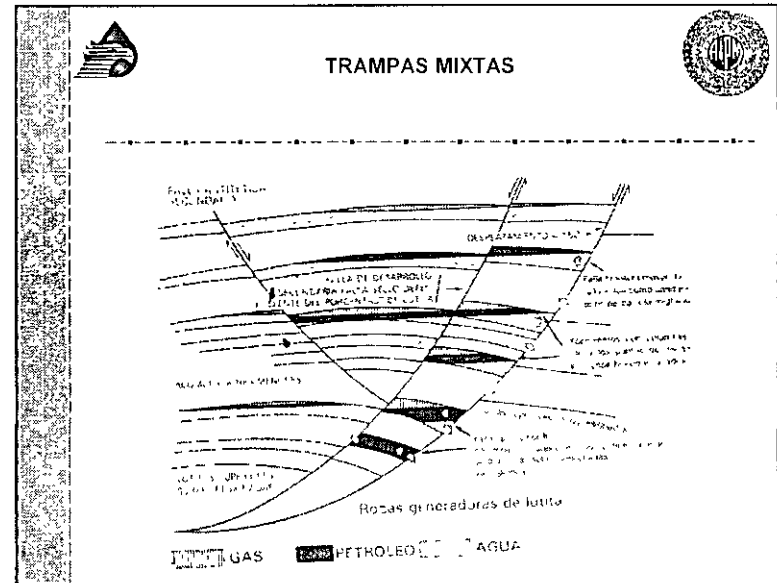
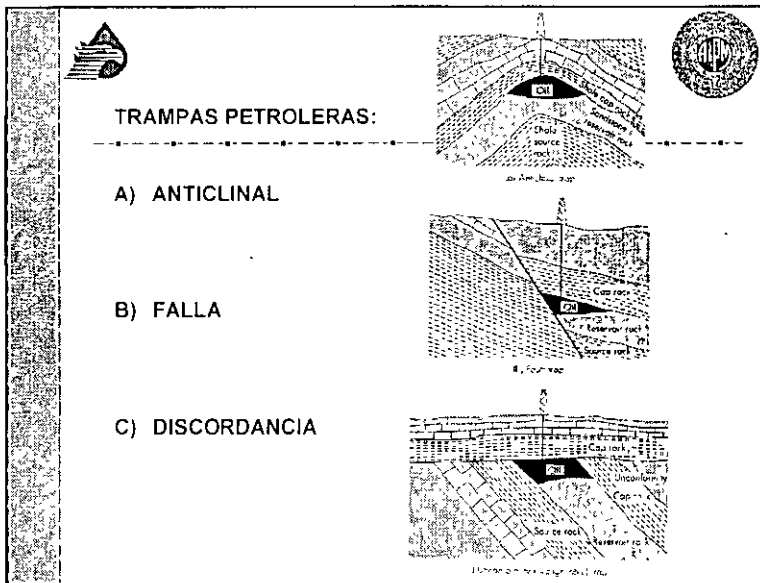
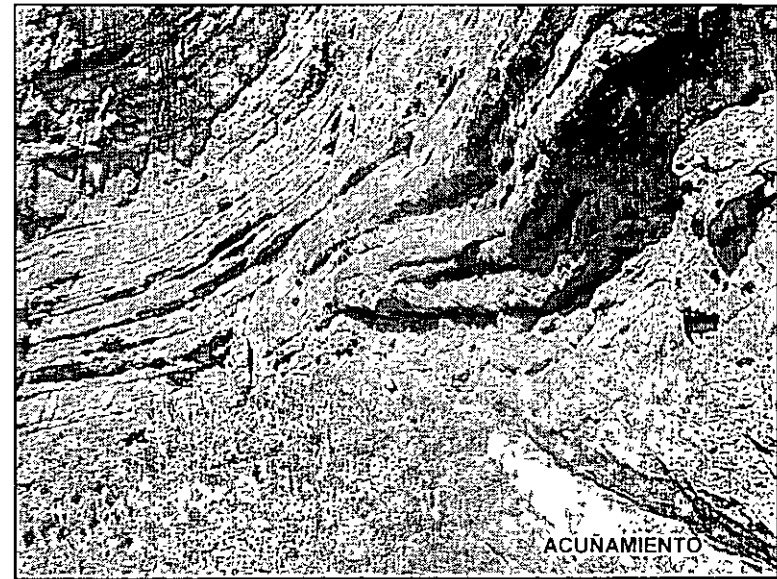
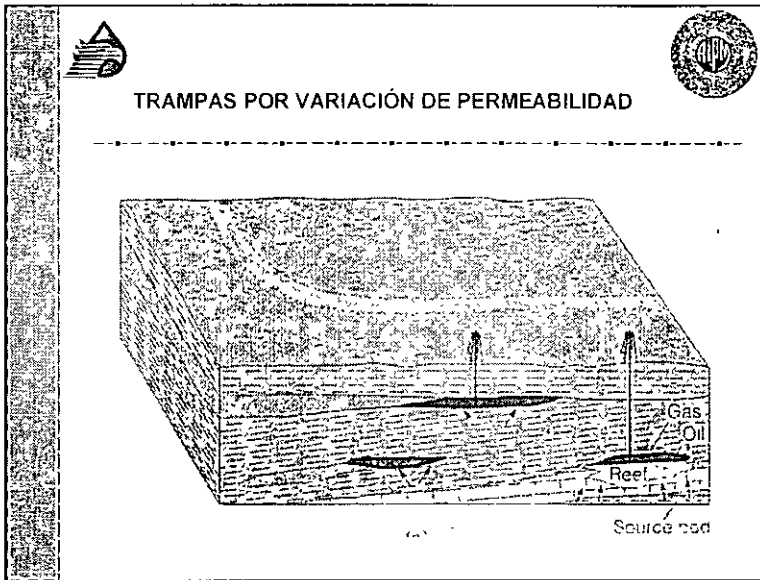


ANTICLINAL DISLOCADO POR FALLA NORMAL



TRAMPA ESTRUCTURAL (EN DOMO SALINO)







CONCEPTOS SEDIMENTOLÓGICOS

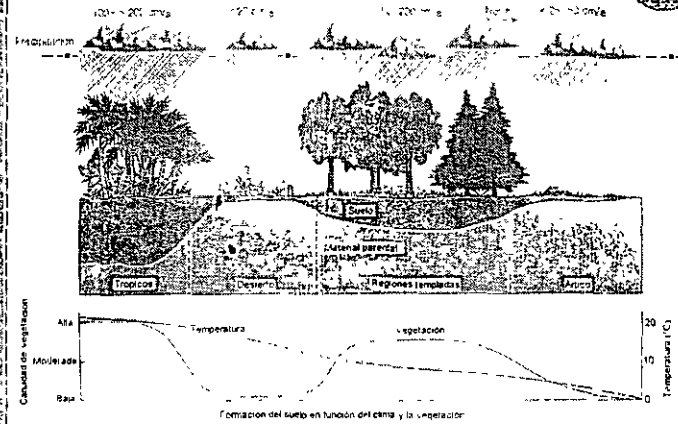


OBJETIVO GENERAL:

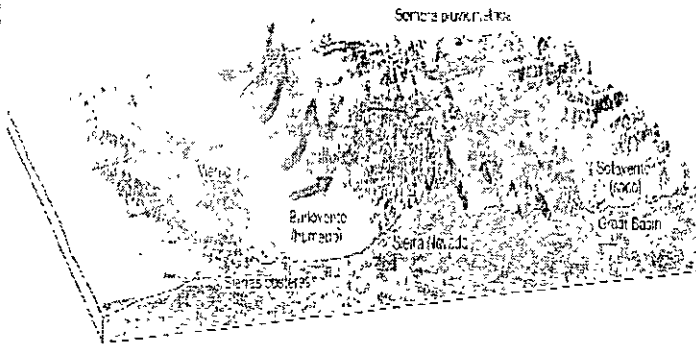
- Explicar los procesos que dan lugar a la formación de sedimentos; Conocer y describir sus características. Reconocer los cambios que experimentan las partículas desde su origen hasta que se depositan en las cuencas sedimentarias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

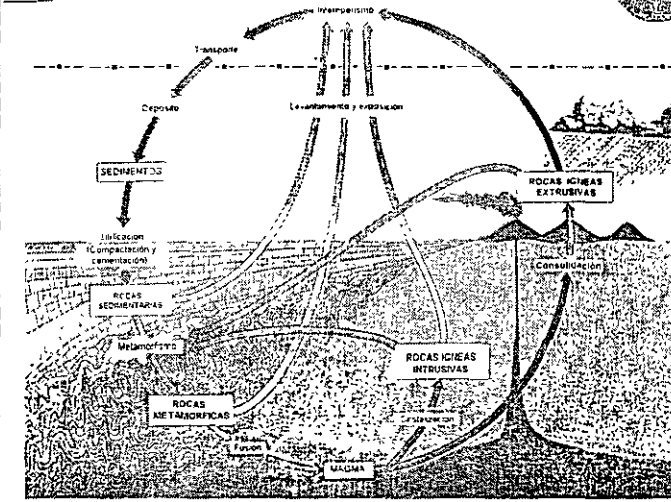
- Conocer y explicar el Ciclo sedimentario.
- Conocer y explicar la dinámica de sedimentación.
- Conocer y explicar el origen de las rocas siliciclásticas.
- Conocer y explicar el origen de las rocas carbonatadas.
- Conocer y explicar las principales estructuras sedimentarias.
- Conocer y explicar las principales características de los ambientes sedimentarios.
- Conocer y explicar los distintos tipos de facies.
- Conocer y explicar los procesos diagenéticos.

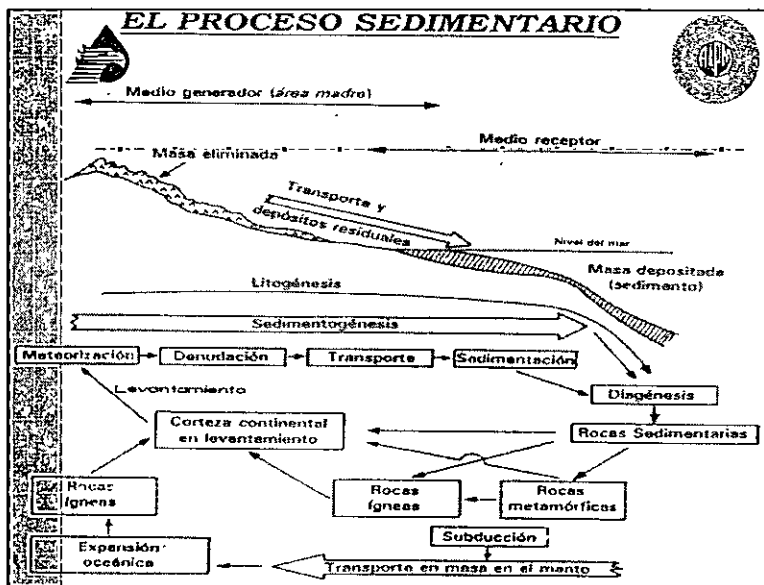


El aire que desciende por la ladera de sotavento es mucho más seco. Las montañas que separan eficazmente el lado de barlovento de las fuentes de humedad, producen un desierto de sombra pluviométrica.



El ciclo de las rocas

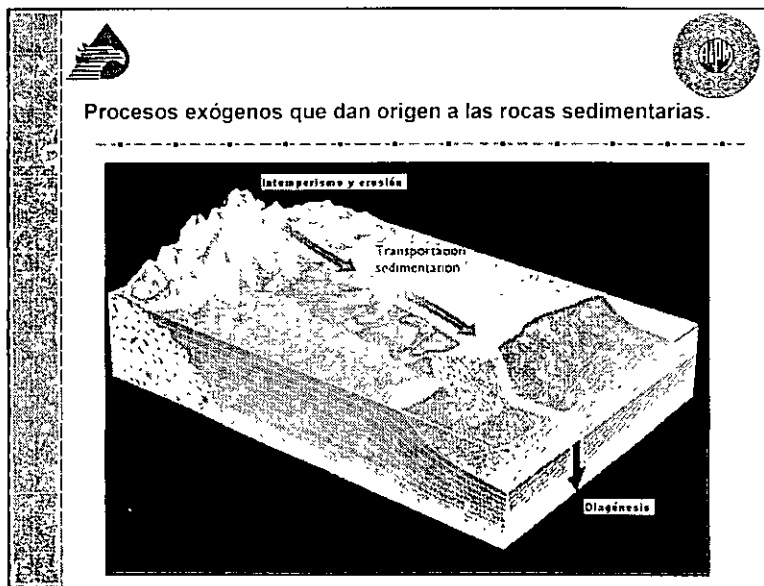




ROCAS SEDIMENTARIAS

Procesos de formación

- Intemperismo
- Erosión
- Transporte
- Depósito
- Acumulación
- Litificación
- Diagénesis
- Disolución y precipitación



INTEMPERISMO

Es la descomposición superficial de las rocas, es el desgaste físico y alteración química de rocas y minerales en o cerca de la superficie de la Tierra.

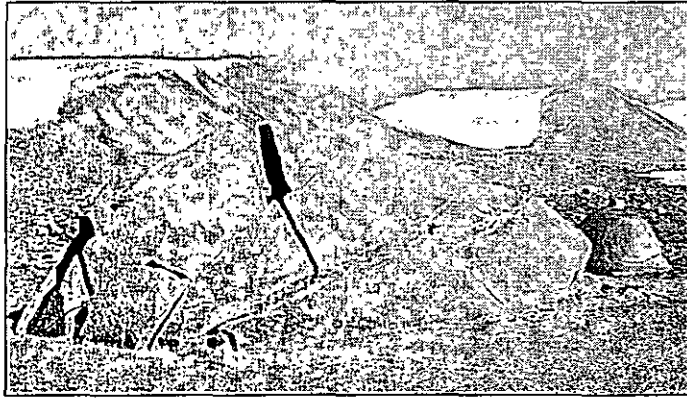
Todas las rocas que por alguno o algunos procesos geológicos quedan expuestas en la superficie de la Tierra interactúan con la atmósfera, la hidrósfera y la biosfera.

El intemperismo puede ser: Físico, Químico o Biológico.



•EL INTEMPERISMO FÍSICO

•se debe principalmente a variaciones de temperatura, heladas, insolaciones o pérdida de carga



*EL INTEMPERISMO QUÍMICO

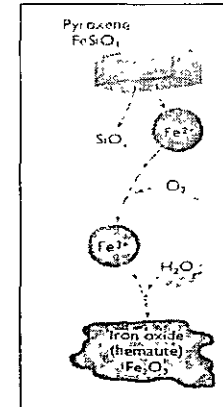
disgrega a la escala de la molécula o ión, por la acción de soluciones



EJEMPLO El piroxeno contiene fierro, el cual se disuelve liberando moléculas de óxido de silice y fierro ferroso en la solución.

El fierro ferroso es oxidado por moléculas de oxígeno para forma fierro férrico.

El fierro férrico se combina con agua para precipitarse en un sólido en forma de óxido de fierro en la solución.



*EL INTEMPERISMO BIOLÓGICO.

Ocurre debido a procesos orgánicos que reúne caracteres tanto físicos (acción de raíces, organismos del suelo, etc.) como químicos (biológicos) señalados por la solución de materiales por la acción de bacterias, ácidos húmicos, etc.



EROSIÓN



Es la disgregación de las rocas formando partículas (sedimentos), las cuales sufren un transporte. Remoción de materiales intemperizados desde su área de origen.

Sedimentos.- Agregado de sólidos derivado de rocas preexistentes o de sólidos precipitados de soluciones por procesos químicos inorgánicos o extraído de la solución por organismos.

Son los productos del intemperismo depositados por los agentes de erosión y pueden ser: *solubles e insolubles*



TRANSPORTE



- Mecanismo en el cual el material intemperizado se mueve de un lugar a otro, generalmente por la acción de corrientes de agua, viento y glaciares.
- El transporte de sedimentos es la consecuencia de la interacción dinámica entre las partículas detriticas y el movimiento de un fluido en un medio determinado



FORMAS Y AGENTES DE TRANSPORTE

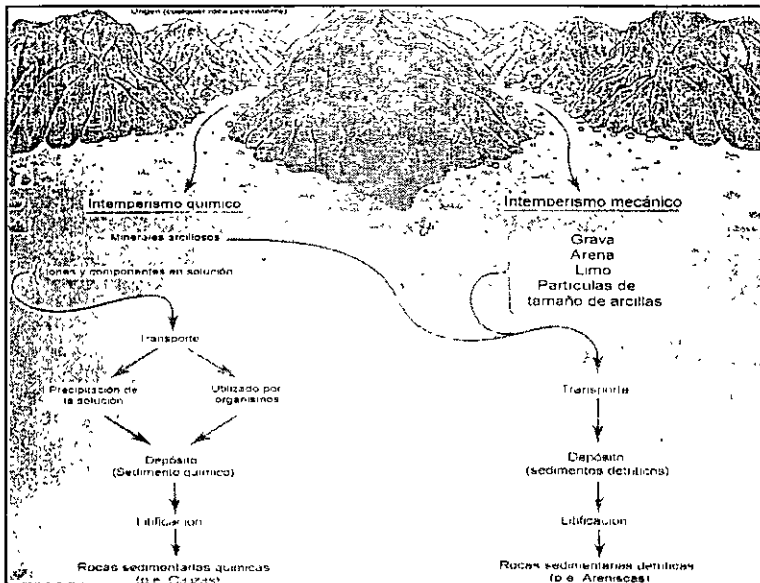


El material sedimentario es transportado normalmente en una de estas cuatro formas

- *SOLUCIÓN
- *SUSPENSIÓN
- *TRACCIÓN
- *SALTACIÓN

Los principales agentes de transporte son.

- *ACARREO POR VIENTO
- *ACARREO POR AGUA
- *ACARREO POR GLACIAR
- *ACARREO GRAVEDAD



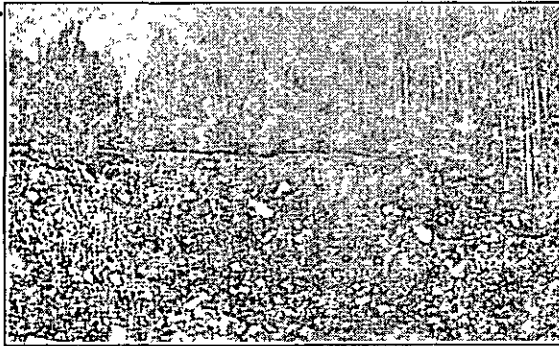
TRANSPORTE*Acarreo por agua



El agua remueve partículas y las transporta a otros lugares



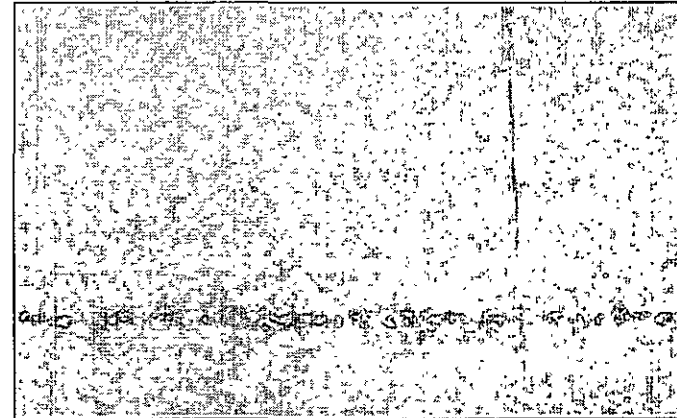
TRANSPORTE* *Acarreo por hielo*



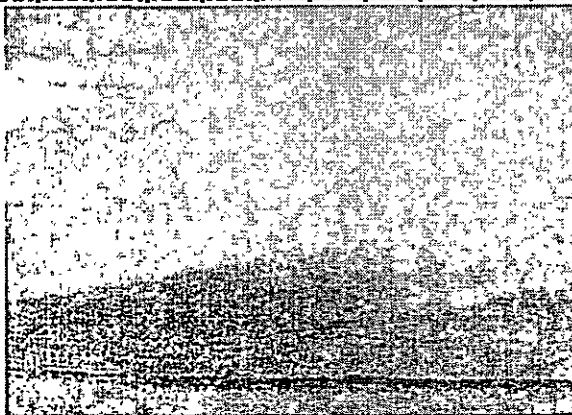
Cuando el transporte es a través de las masas de hielo, se origina un material con mala clasificación textural y mineralógica, debido a que se origina una gran fricción, que pule y abrasa el lecho rocoso.



TRANSPORTE* *Acarreo por viento*



El medio de transporte de los sedimentos eólicos es la atmósfera.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



TRANSPORTE* *Acarreo por gravedad*



Cuando la pendiente de la roca es escarpada, se forman cuñas de fragmentos angulares de roca que se acumulan y producen los depósitos de talud



SOLUCIÓN

Los productos más solubles del intemperismo entran en solución y son llevados por las aguas subterráneas o por las superficiales, a los ríos y lagos y finalmente al mar.

Durante la etapa de este viaje puede ocurrir que:

- Existan reacciones químicas con otros materiales en solución.
- Precipitación debida a la evaporación.
- Precipitación por cambios en el equilibrio fisicoquímico.
- Materiales extraídos por organismos.



SUSPENSIÓN

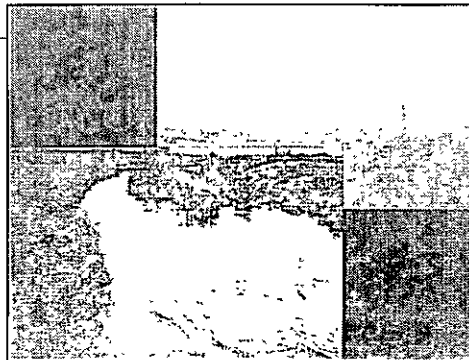
Las partículas que no se asientan fácilmente en el fondo en un fluido (agua ó viento), se dice que están en suspensión.

Este proceso se debe a que:

- Las partículas de tamaño pequeño se asientan con lentitud y permanecen en suspensión por más tiempo que los granos mayores.
- Los granos de mayor peso específico se asientan con más rapidez que los ligeros.
- Las partículas esféricas asimismo se asientan más rápidamente que las irregulares de igual masa.



SUSPENSIÓN



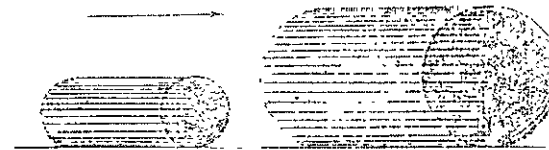
Las dos fotografías muestran como las partículas pequeñas no se asientan fácilmente en el fondo de un fluido (agua ó viento) debido a su baja densidad. La turbulencia es un factor adicional que tiende a conservar los sedimentos en suspensión, los cuales reciben impulsos repetidos hacia arriba que retardan su asentamiento.



TRACCIÓN

La forma más simple de tracción se presenta cuando las partículas esféricas descansan sobre una superficie lisa. En este caso, la fuerza del agua o viento se aplica directamente contra el lado aguas arriba de las partículas.

Debido a la fricción en el fondo y a que la corriente que actúa en sus cimas fluye más rápidamente que la de abajo, las partículas tienden a rodar.



Las líneas horizontales representan la dirección de flujo. Influencia del tamaño de las partículas sobre la velocidad que requieren para que rueden en el fondo.



SALTACIÓN



El sedimento que se mueve por saltación parece saltar o brincar a lo largo del lecho de la corriente. Esto ocurre cuando los clastos son propulsados hacia arriba por las colisiones o levantados por las corrientes y luego transportados corriente abajo una corta distancia hasta que la gravedad los empuja de nuevo hacia el lecho de la corriente.



DDEPÓSITO



Existe un momento durante el transporte en que los agentes ya no pueden seguir llevando la carga de sedimento, ya que disminuyen su velocidad por diversas causas, por lo tanto, los granos acaban por precipitar o acumularse en algún ambiente deposicional.

El depósito final de los distintos tipos de sedimentos en un momento determinado, ocurrirá en las superficies topográficamente deprimidas de nuestro planeta. Tanto en el Mar como en el Continente se pueden acumular importantes espesores de materiales sedimentarios. El área donde se acumulan los sedimentos tendrá ciertas condiciones físicas, químicas y biológicas.



DEPÓSITO



Cuando las zonas de deposición ocupan extensiones areales regionales, se denominan cuencas sedimentarias.

Es frecuente que en nuestro planeta se desarrollen condiciones para la deposición continua o discontinua de espesores importantes de sedimentos, que pueden alcanzar varios miles de metros.



DEPÓSITO



DEPÓSITO

AMBIENTES SEDIMENTARIOS

Los sedimentos pueden ser depositados en los continentes, en el mar y en zonas de transición entre tierra y mar.

ORIGEN A LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS

ORIGEN A LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS

Weathering and Erosion

Land Transport of Sedimentation by rivers, wind, ice

Beds and Lithification into sedimentary rock



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 2

INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



OBJETIVO

Conocer las principales características de los diferentes tipos de sedimentos.



SEDIMENTOS

Es el material transportado en suspensión, solución, tracción o saltación depositado en forma de material sólido, por cualquier sustancia móvil (agua, aire, hielo, etc.), sobre la superficie de la tierra.



SEDIMENTOS

Cuando el sedimento se deposita, ya sea por una decantación física, por precipitación química o por crecimiento orgánico, ocurre el proceso de sedimentación, y cuando los sedimentos se litifican reciben el nombre de roca sedimentaria.



SEDIMENTOS

INSOLUBLES

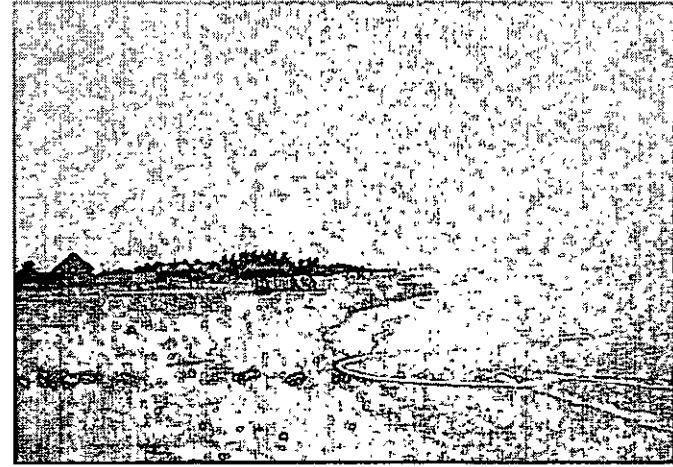
Fragmentos de roca, minerales (cuarzo, feldespatos, etc.) minerales arcillosos.

SOLUBLES

Minerales precipitados a partir de materiales en solución acuosa.



SEDIMENTOS INSOLUBLES



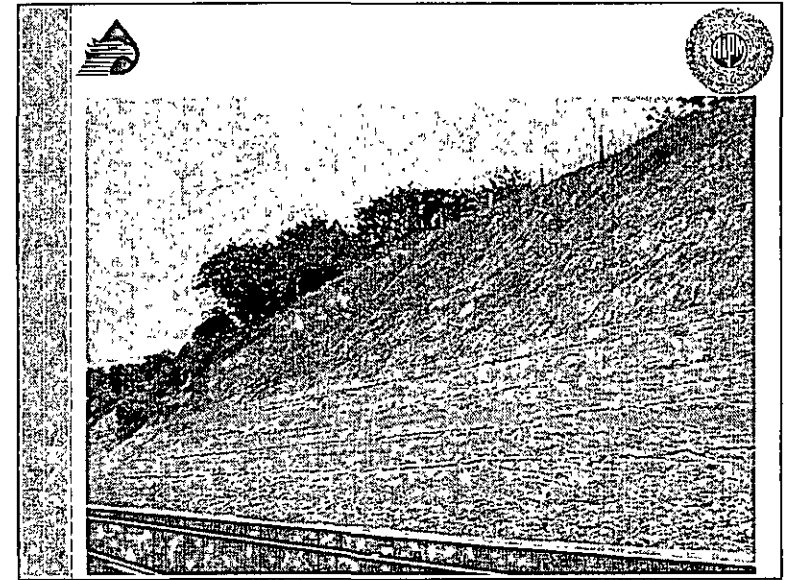
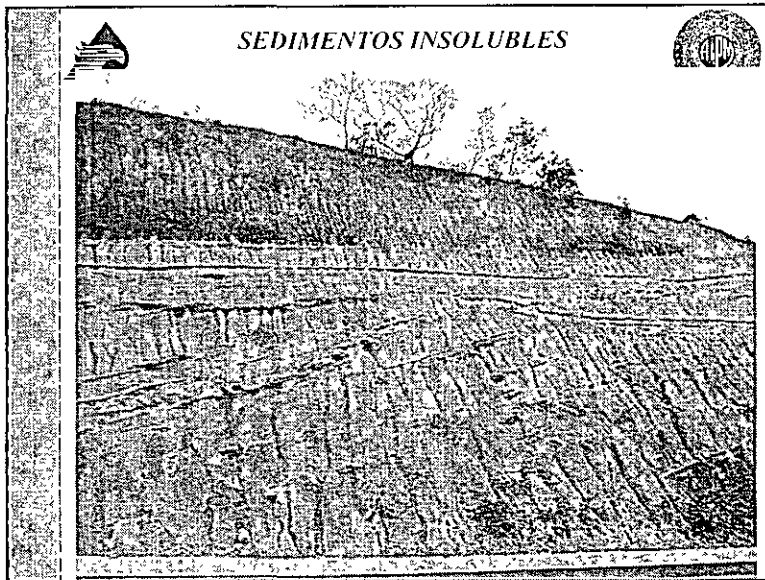
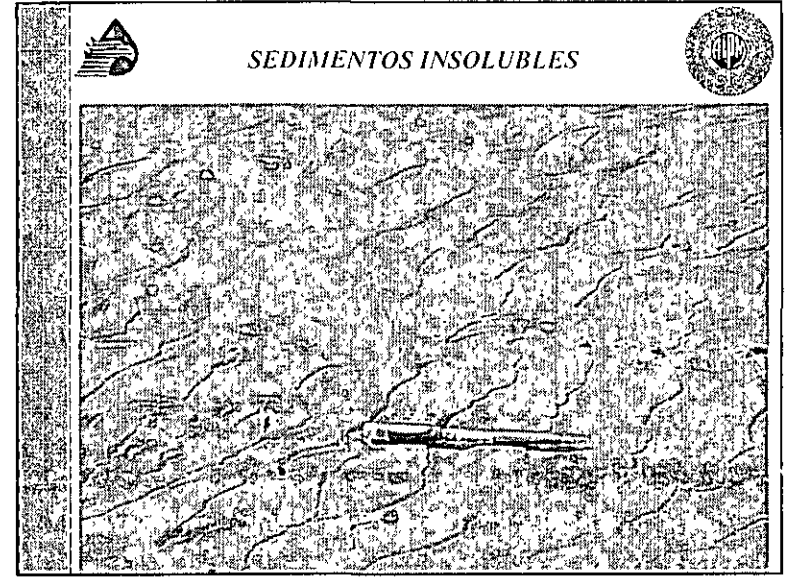
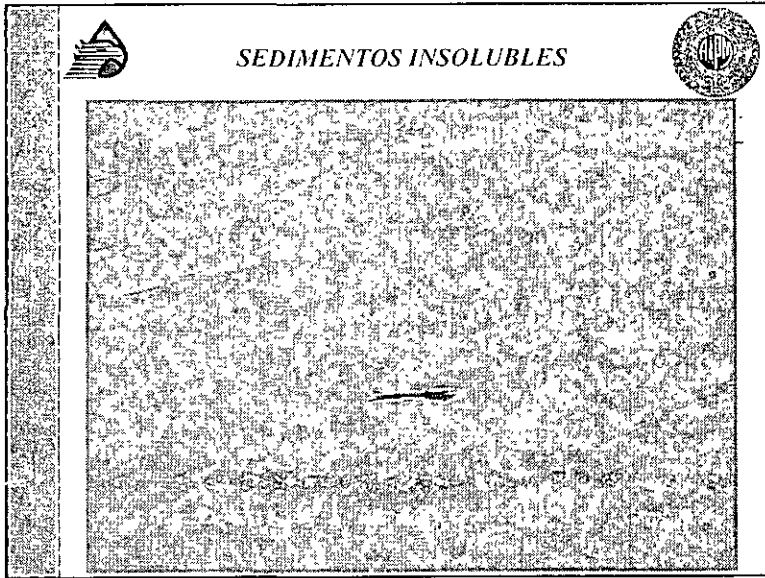
SEDIMENTOS INSOLUBLES

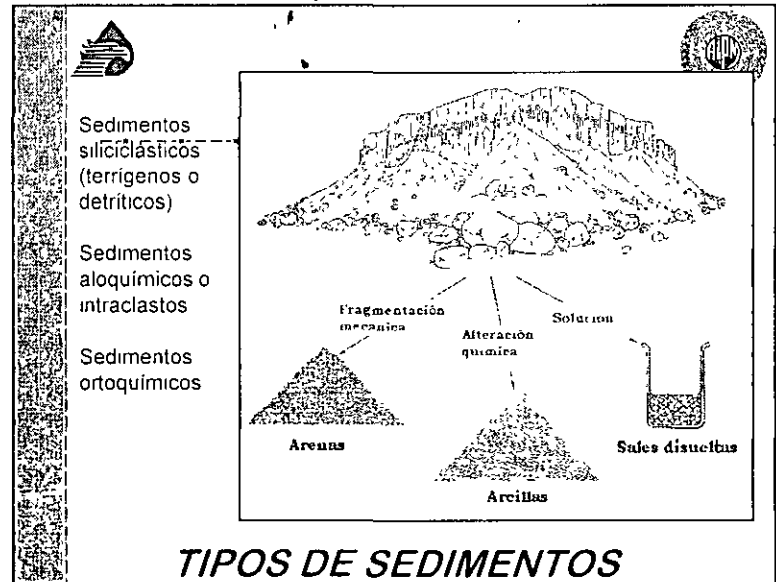
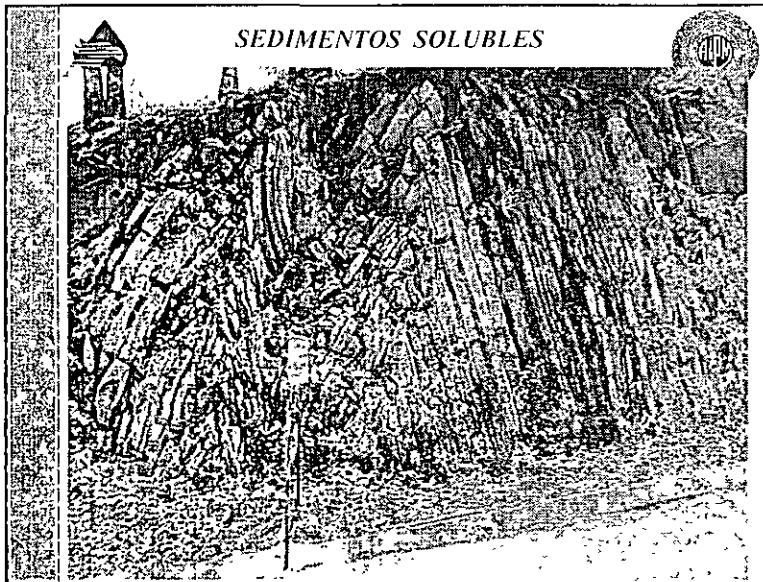
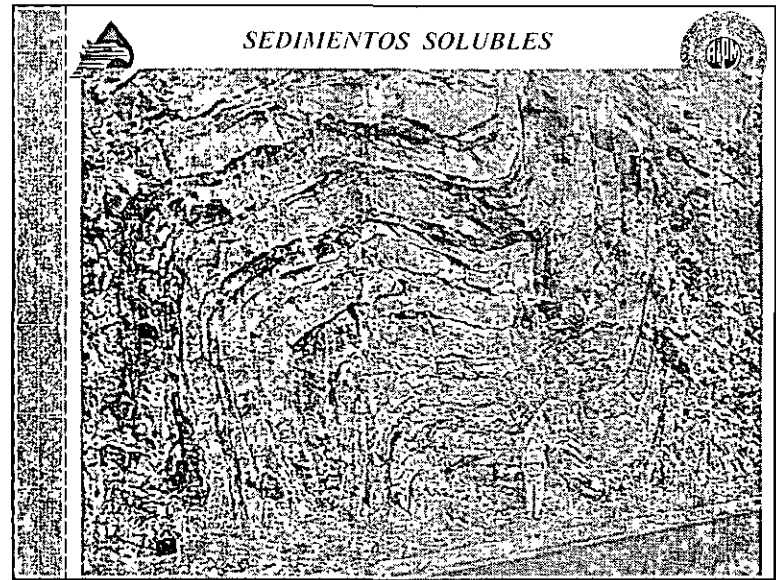
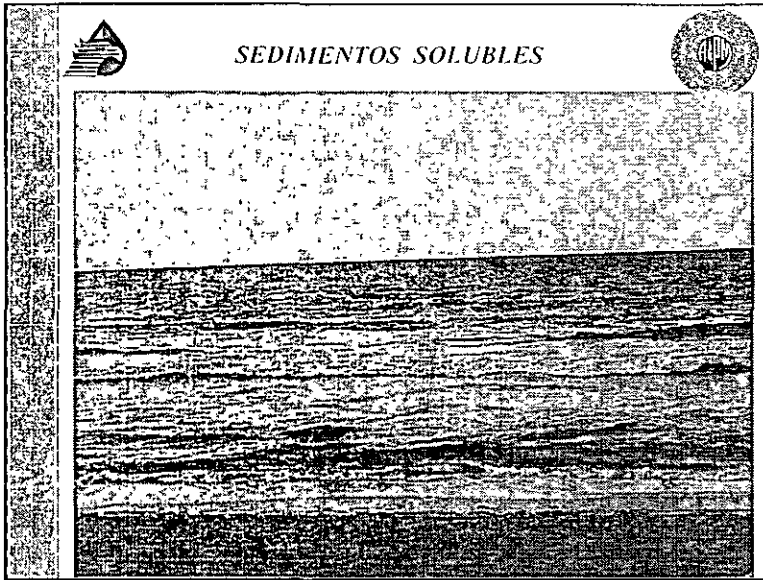
Nombre de la partícula	Tamaño (mm)	Nombre del sedimento	Nombre de la roca
bloque	> a 256	grava	conglomerado
Gujón (canto)	64 a 256	grava	conglomerado
Gujaro (gránulo)	2 a 64	grava	conglomerado
arena	1/16 a 2	arena	arenisca
limo	1/256 a 1/16	limo	limonita
arcilla	< a 1/256	arcilla	lutita



SEDIMENTOS INSOLUBLES









TIPOS DE SEDIMENTOS



Sedimentos siliciclásticos (terrígenos o detríticos)

Son fragmentos de roca sólidos o minerales derivados de la erosión de una masa continental manteniéndose durante toda su evolución como partículas sólidas, los cuales son transportados por algún agente.

Representan el residuo de una compleja historia de procesos, pudiendo haber sufrido algunos cambios químicos o mineralógicos.



TIPOS DE SEDIMENTOS



Sedimentos aloquímicos o intraclastos

Son fragmentos sólidos formados por precipitación química a partir de soluciones y posteriormente desplazados dentro de la misma cuenca de depósito en solución acuosa, dispersión coloidal, etc.

Los fragmentos o conchas enteras, fragmentos orgánicos, oolitas, peloides, etc., se consideran como sedimentos aloquímicos.



TIPOS DE SEDIMENTOS

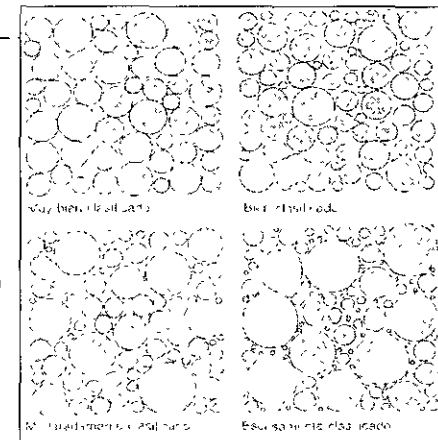


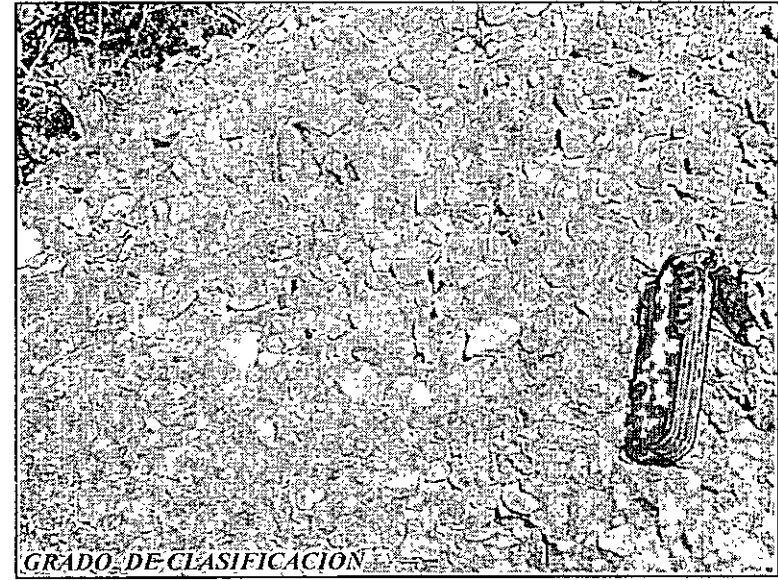
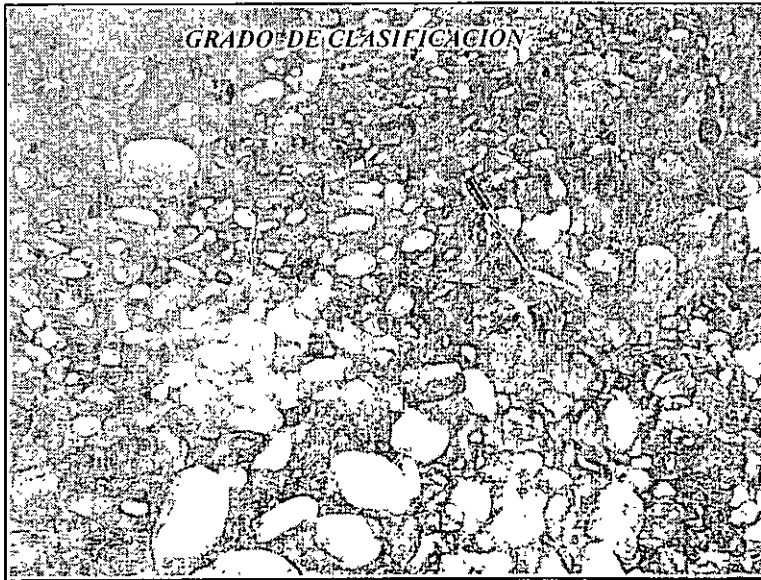
Sedimentos ortoquímicos



Son precipitados o bioquímicos "in situ" los más importantes son los lodos microcristalinos de calcita o dolomita, cemento calcáreo o silíceo, lodos de diatomeas o radiolarios, nanoplancton calcáreo o silíceo, sal yeso y anhidrita.



GRADO DE CLASIFICACIÓN O SELECCIÓN DE LOS SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS





DIAGÉNESIS

La diagénesis se refiere a todos aquellos cambios físicos, químicos y bioquímicos que suceden en un depósito sedimentario desde su acumulación original hasta el comienzo del metamorfismo o bien hasta el inicio del intemperismo.

Estos cambios se llevan a cabo en condiciones de presión y temperaturas propias (normales) de la superficie o parte externa de la corteza terrestre.



DIAGENÉISIS:

Se ha restringido a la transformación del sedimento a roca sedimentaria.



PROCESOS DE LA DIAGÉNESIS

Se consideran 6 procesos como los representativos de este fenómeno, estos son

- **COMPACTACIÓN**
- **CEMENTACIÓN**
- **RECRISTALIZACIÓN**
- **REEMPLAZAMIENTO**
- **SOLUCIÓN DIFERENCIAL**
- **AUTIGÉNESIS**



PROCESOS DE LA DIAGÉNESIS

COMPACTACIÓN: es una reducción de volumen del sedimento, ocasionada principalmente por las fuerzas verticales ejercidas por una capa de recubrimiento creciente, a medida que es soterrado el sedimento.

CEMENTACIÓN: depositación de minerales en los intersticios entre los granos de un sedimento. Es uno de los cambios diagenéticos más comunes y produce la rigidez de un sedimento, uniendo a las partículas unas con otras.

Los *materiales cementantes* más comunes son: calcita, dolomita, siderita y sílice.



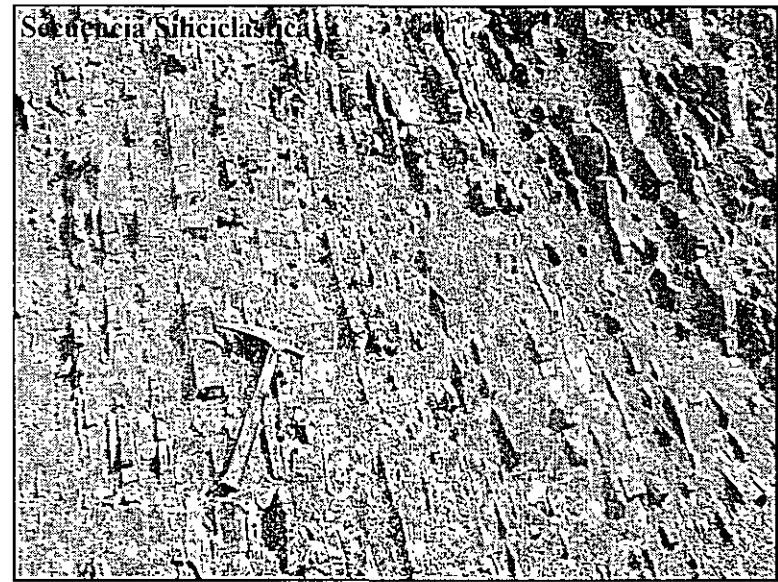
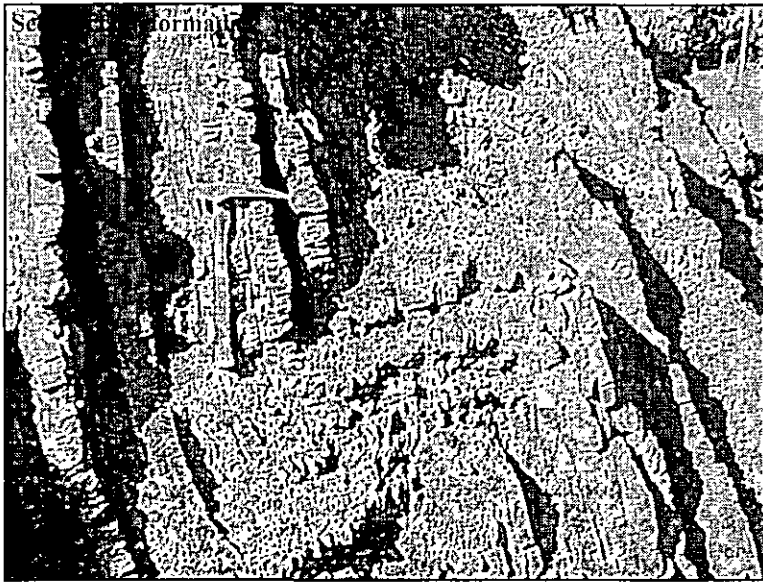
PROCESOS DE LA DIAGÉNESIS


RECRISTALIZACIÓN: cambios en la textura y estructura del sedimento, por crecimiento de pequeños cristales o fragmentos en un agregado de cristales más gruesos

REEMPLAZAMIENTO: desarrollo de nuevos minerales por reacciones entre los elementos constitutivos originales de los sedimentos y materiales acarreados de fuentes externas. El nuevo mineral se desarrolla en el espacio ocupado por el original, sin cambio de volumen, y puede tomar la forma del mineral reemplazado (seudomorfo)


SOLUCIÓN DIFERENCIAL: procesos de disolución selectiva dentro del segmento, como elementos constitutivos particulares o a lo largo de los planos de estratificación


AUTIGÉNESIS. desarrollo de nuevos minerales o sobrecrecimientos dentro de un sedimento



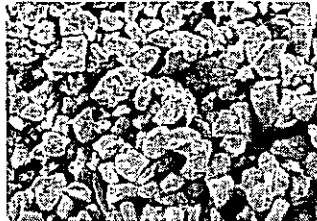


⇒ Secuencia Siliciclástica de la Cuenca de Burgos.





Torreón-2, Nucleo 2, muestra 5, 1494.33 -
Litarenita de grano muy fino, porosidad 26%,
N C



Torreón-2, Nucleo 2, muestra 5, 1494.33 m (SEM)



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 3

INSTRUCTOR: ING. JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



AMBIENTES SEDIMENTARIOS

OBJETIVO

Conocer las principales características de los sitios donde ocurre la acumulación y transformación de los sedimentos.



AMBIENTE SEDIMENTARIO

Una definición amplia de medio o ambiente sedimentario, es:

“Lugar de la superficie terrestre en que se realizan procesos sedimentarios que pueden individualizarse en zonas limítrofes por sus características físicas químicas y biológicas que determinan las propiedades del sedimento o roca sedimentaria y es diferenciable de los ambientes adyacentes”



AMBIENTE SEDIMENTARIO

Los medios sedimentarios varían en su persistencia en el tiempo, en el tamaño del área ocupada y en la uniformidad o variabilidad de sus condiciones.

Es importante destacar que los medios sedimentarios no son todos idénticos y sus límites no son netos, situación que dificulta la labor de su definición y clasificación.



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Entre las características físicas que individualizan los medios sedimentarios, se incluyen aspectos dinámicos como la velocidad, dirección y variaciones en el movimiento del fluido que condicionan el medio; corrientes de agua, oleaje, mareas, vientos, etc., así como los parámetros geográficos y climáticos del mismo, como tipo de meteorización, clima, temperatura, humedad, frecuencia de las heladas, precipitación, etc.



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Entre las características químicas hay que considerar la salinidad, las condiciones de potencial óxido reducción (eH) y nivel de acidez (pH) del medio, la geoquímica de la roca madre y la interacción química entre el sedimento y el ambiente; principalmente en los subacuáticos.



CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Entre las características biológicas hay que destacar todo lo referente a la flora y su influencia en los procesos sedimentarios, formación de suelos, erosión, etc., y a la fauna.



AMBIENTE SEDIMENTARIO

Estos rasgos prevalecen en las rocas aún cuando el ambiente sedimentario haya sido modificado o desaparecido, por lo que a través de ellos (junto con criterios mineralógicos y estructurales), es posible interpretar ambientes sedimentarios antiguos.

Las estructuras sedimentarias presentes en las secuencias estratificadas, el tipo de roca, su espesor y composición mineralógica nos dan información sobre el ambiente sedimentario en que se formó el sedimento.



AMBIENTES SEDIMENTARIOS

CONTINENTALES

TRANSICIONALES O MIXTOS

MARINOS



AMBIENTES CONTINENTALES

GLACIARES

EOLICOS

LACUSTRES

ABANICOS ALUVIALES

FLUVIALES

KÁRSTICO



**AMBIENTES
TRANSICIONALES O MIXTOS**

• **PALUSTRES**

• **COSTEROS**

• **DELTAS**

• **ESTUARIOS**

• **LAGUNAS**



AMBIENTES MARINOS

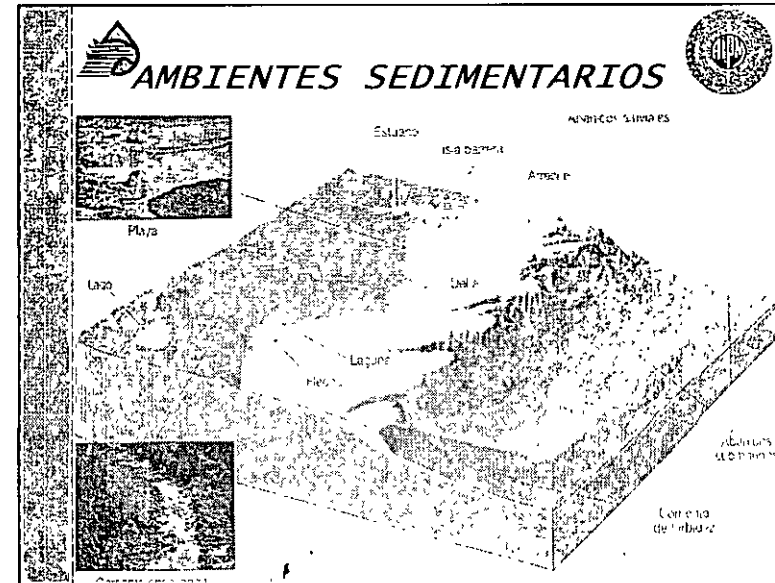
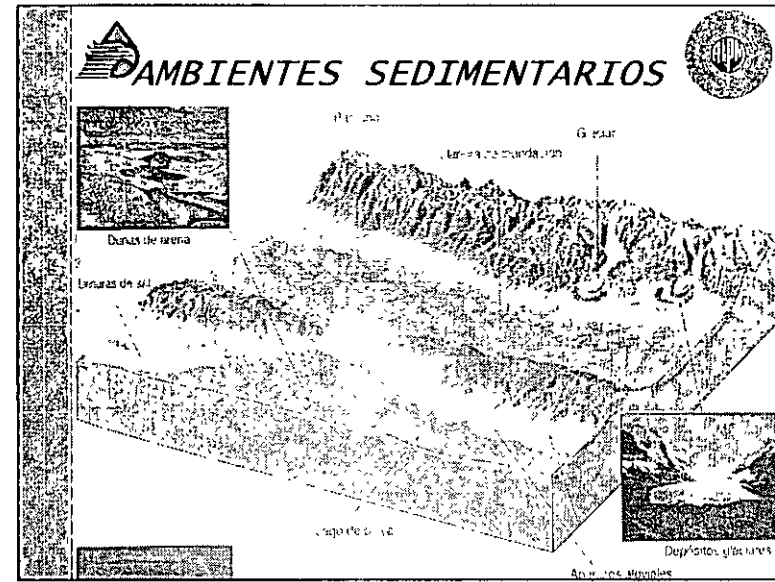
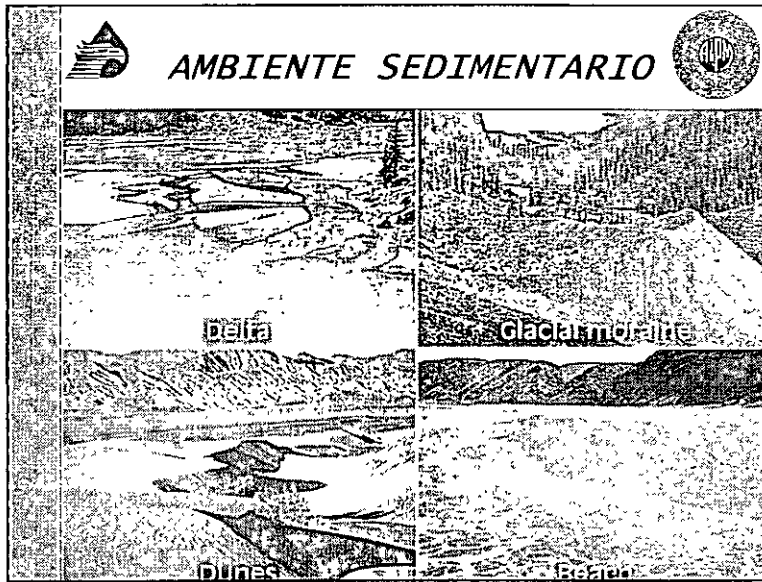
PLATAFORMA CLÁSTICA

PLATAFORMA CARBONATADA

RAMPAS

TALUD CONTINENTAL

PLANICIES ABISALES (CUENCAS)





AMBIENTE SEDIMENTARIO CONTINENTAL



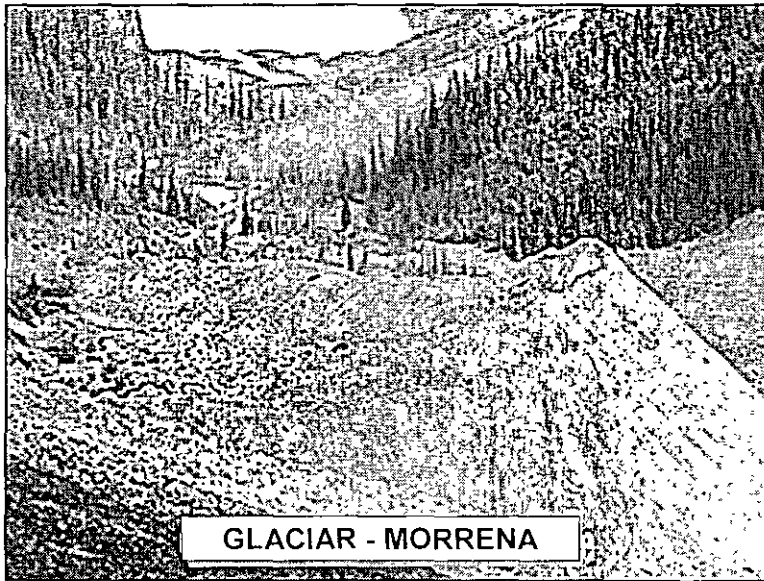
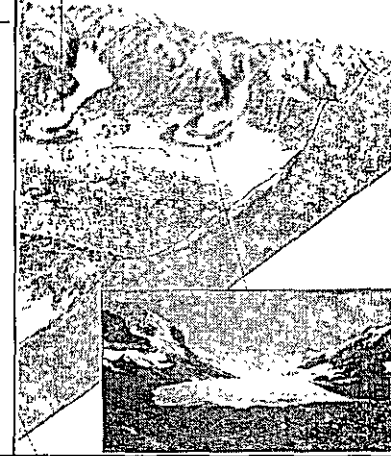
Es erosivo cuando en el ambiente dominan los procesos de denudación implicando también una morfología erosiva así como sus productos.

Es de depósito si en él dominan los procesos de acumulación, este tipo de ambientes son los que dejan huella en el registro geológico.



Glaciar

GLACIAL
(CON PERIGLACIAL
Y PLUVIAGLACIAL)



GLACIAR - MORRENA

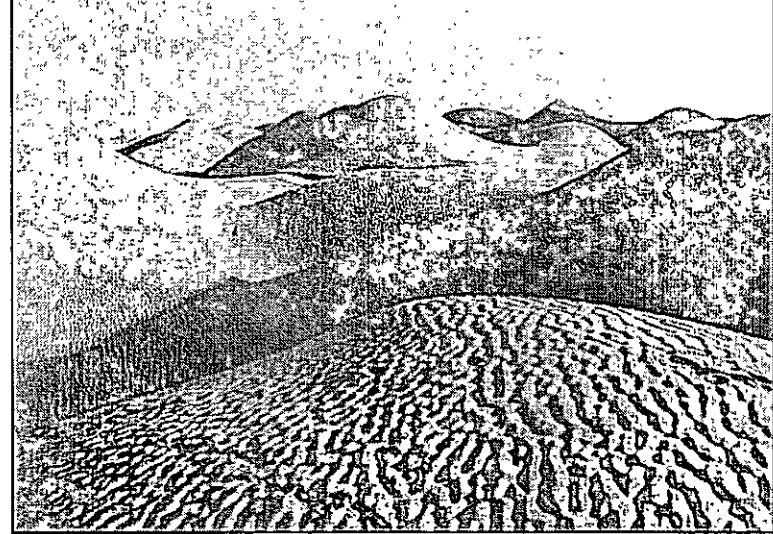


DESIERTOS: DUNAS

ABRACION EOLICA - Cuando el viento arrastra arena y polvo contra las rocas y el suelo, los elementos cortantes origina orificios y acanaladuras en la roca.



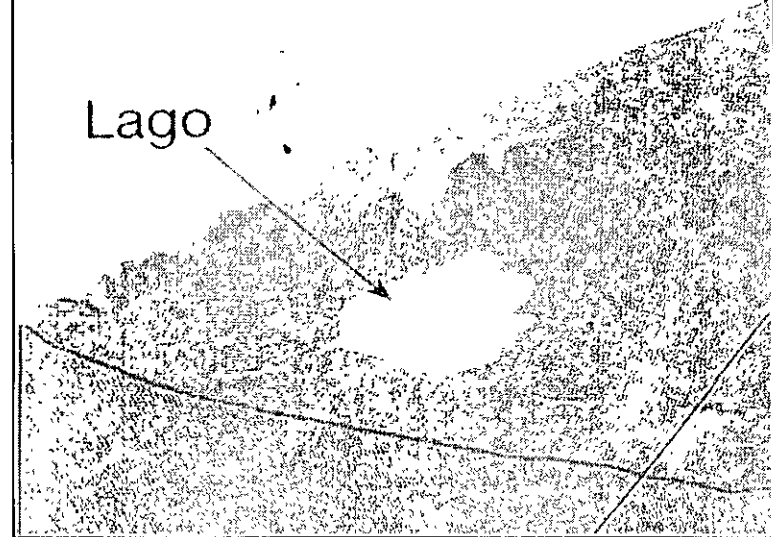
DUNAS: RIZADURAS DE VIENTO

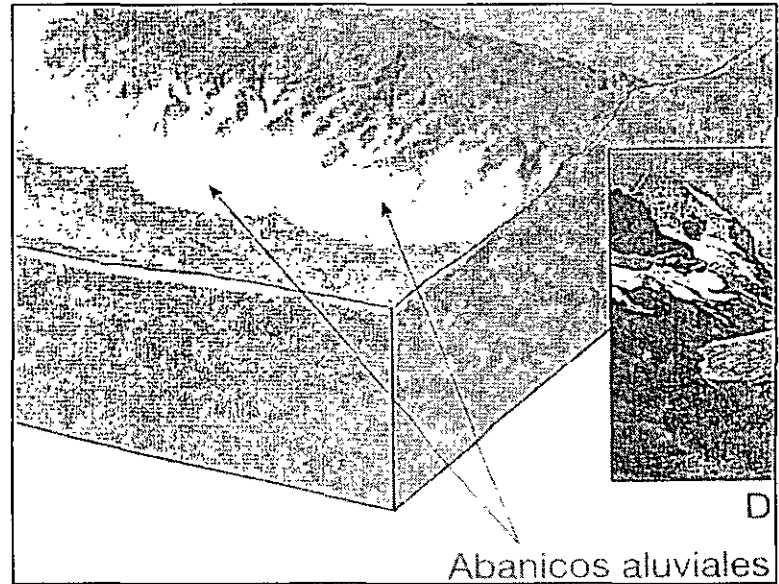
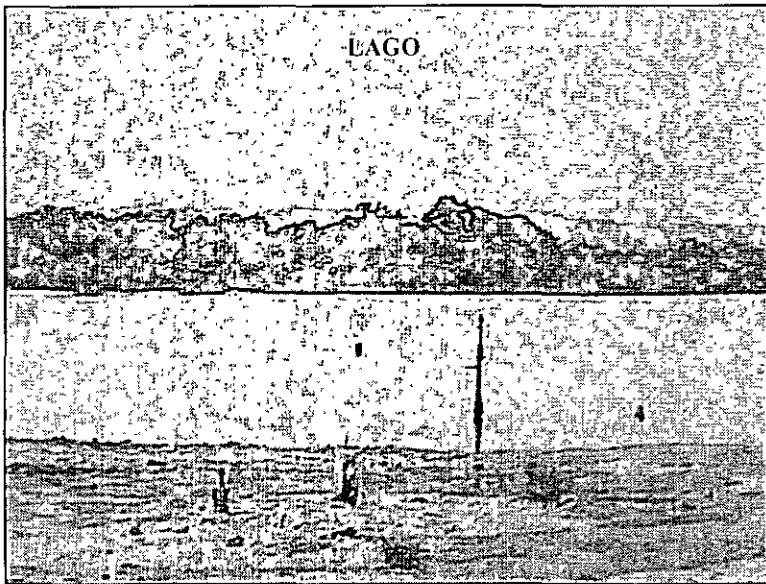
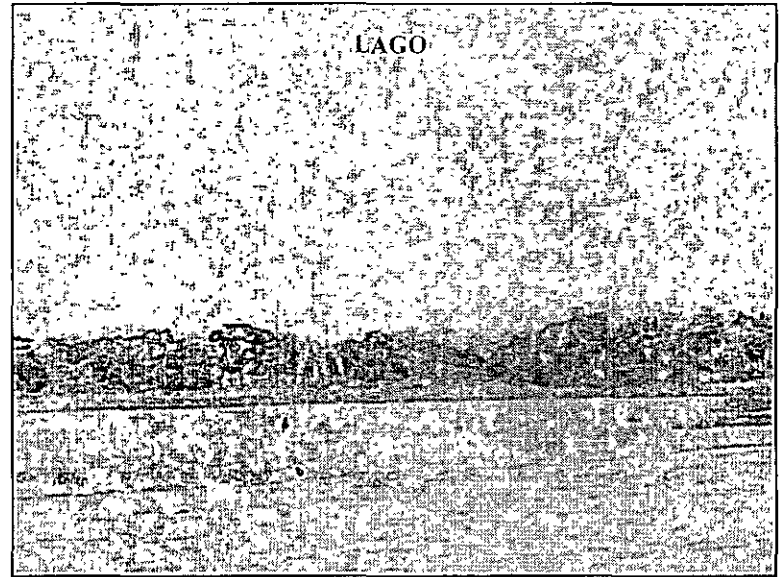
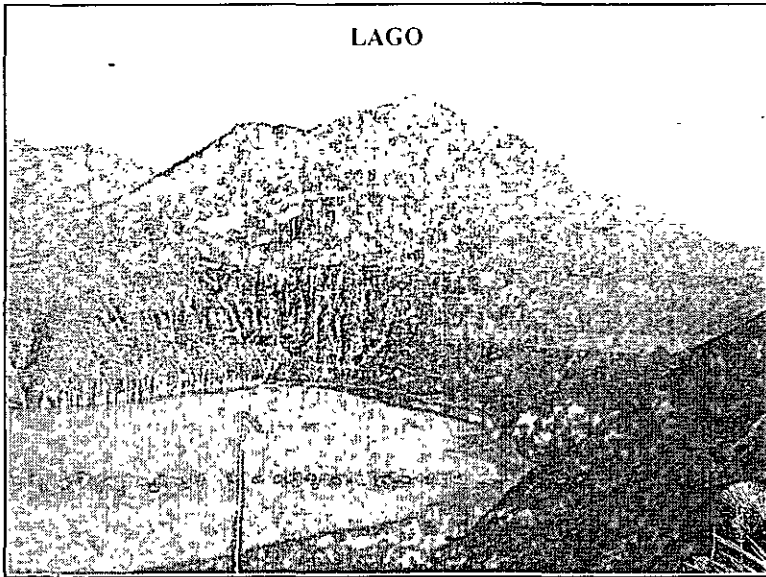




Se presentan corrientes de ambientes desérticos, están secos la mayor parte del tiempo, excepto en tiempo de aguaceros cerca de las colinas donde son desarrollados principalmente en las laderas de un ambiente desértico.




LACUSTRE



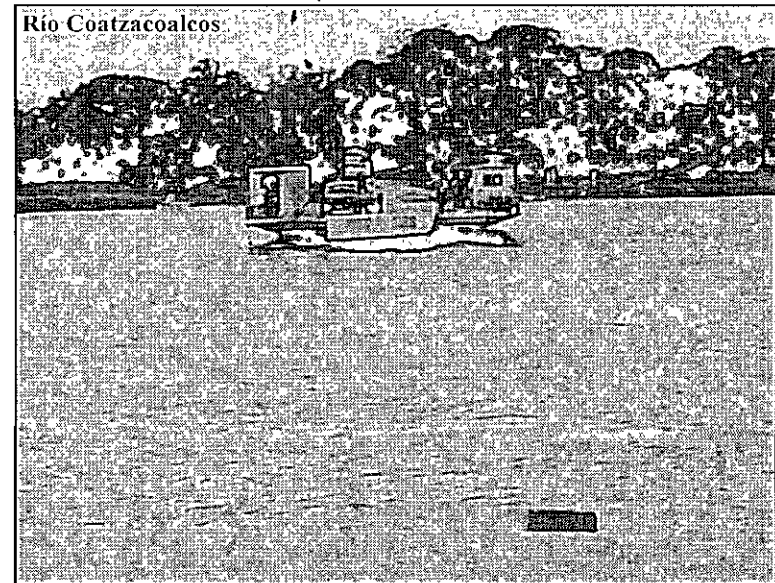
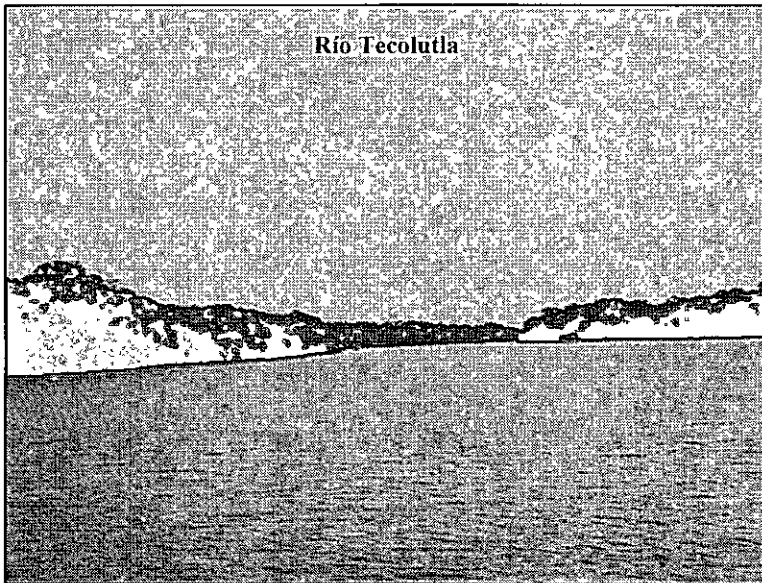


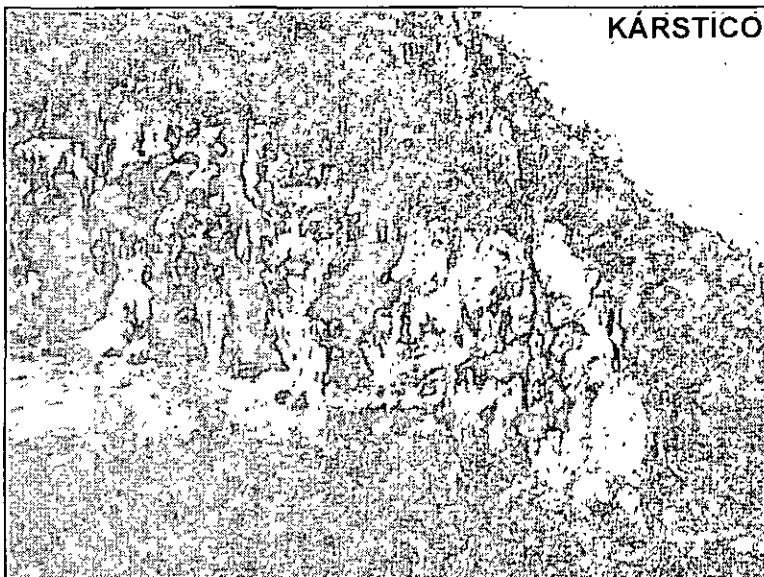
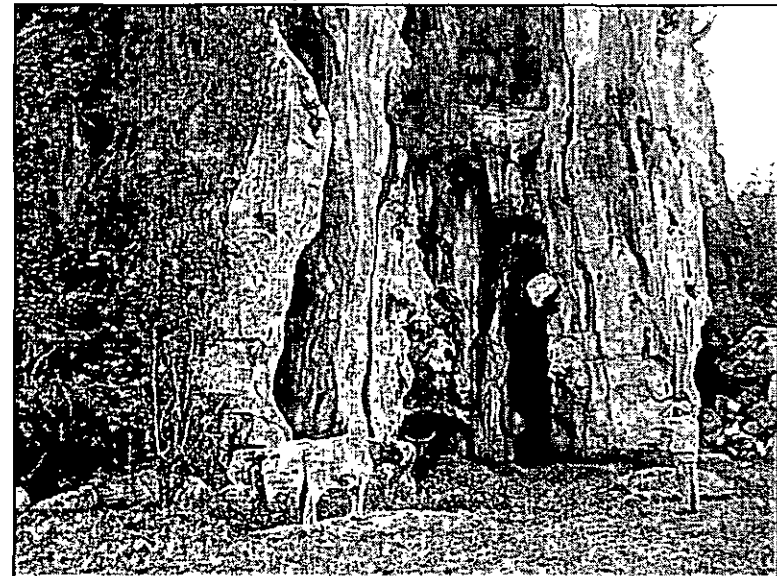
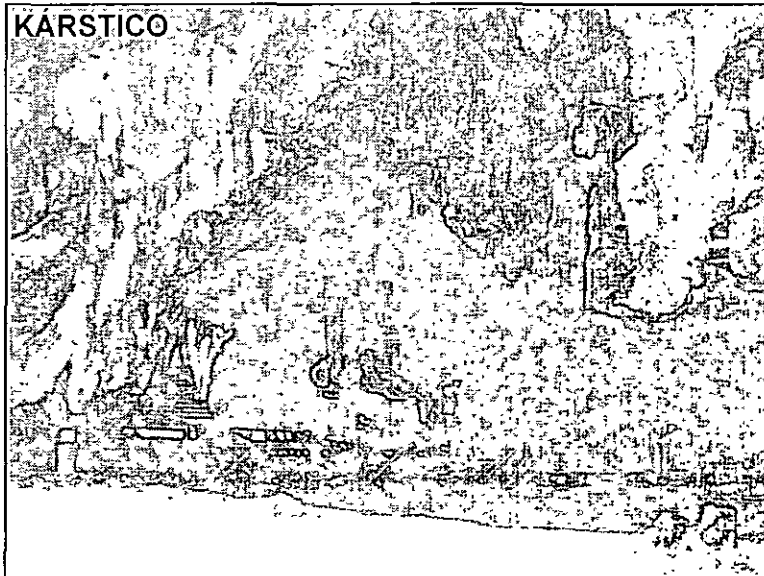




AMBIENTE FLUVIAL



las partículas pequeñas no se asientan fácilmente en el fondo de un fluido (agua o viento) debido a su baja densidad. La turbulencia es un factor adicional que tiende a conservar los sedimentos en suspensión, los cuales reciben impulsos repetidos hacia arriba que retardan su asentamiento.





AMBIENTES MIXTOS Y MARINOS

LITORAL: transición entre tierra y mar (+10 - 10 m bnm).

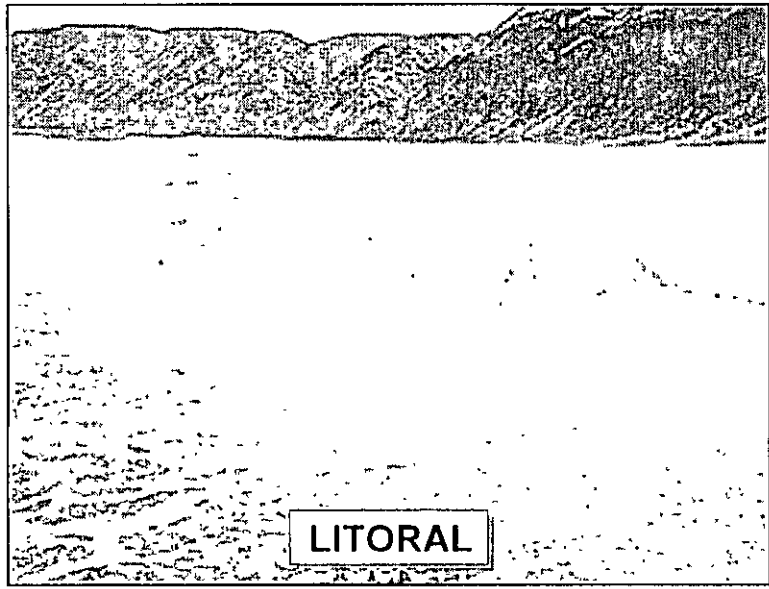
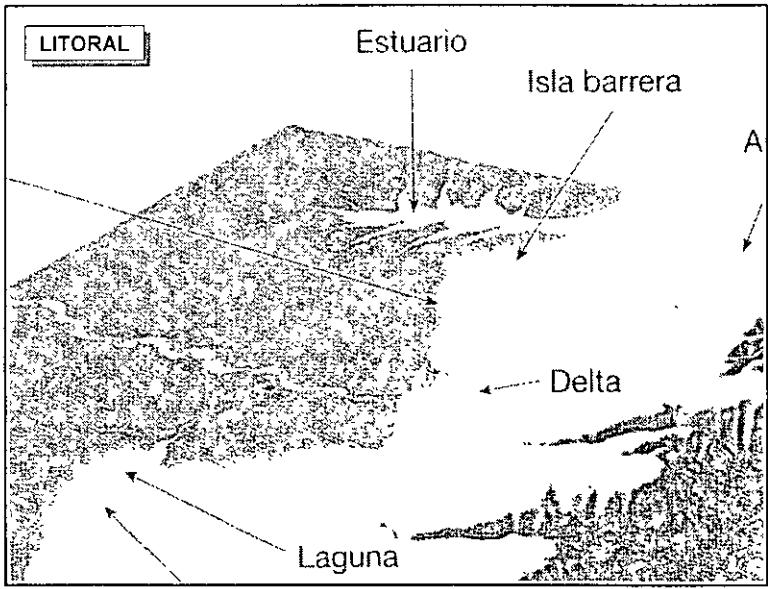
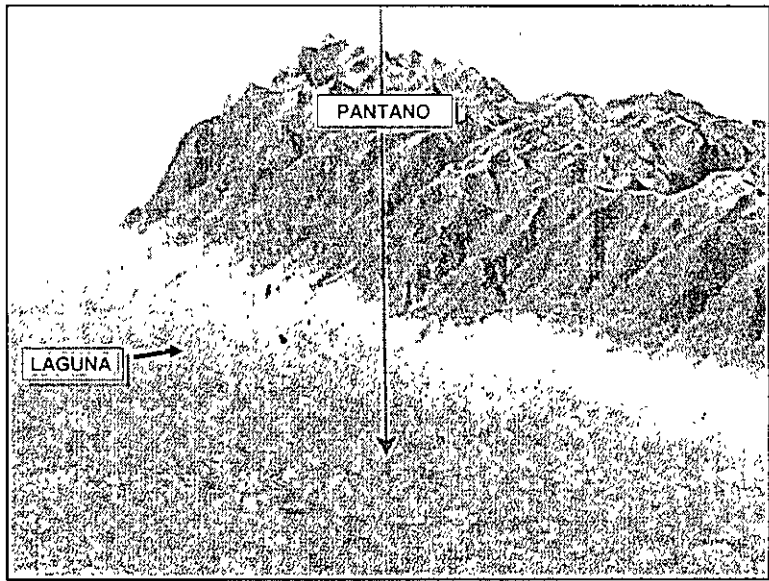
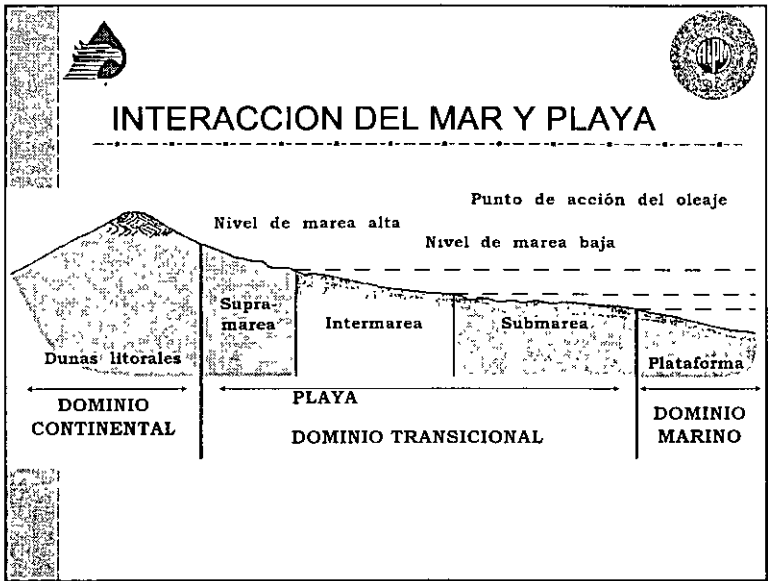
NERITICO: plataforma continental, (-10 - 200 m bnm)

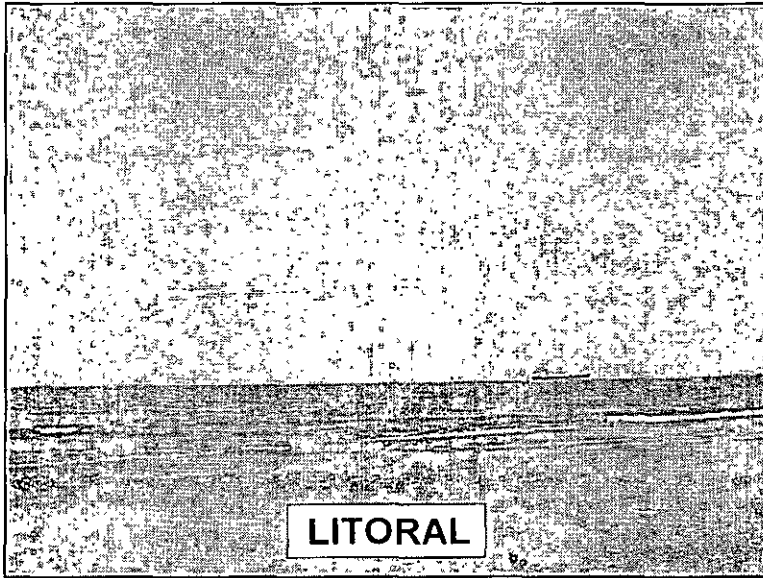
BATIAL (mar profundo): anomala de gran profundidad (-200 - 4000 m bnm)

ABISAL (mar de alta profundidad): sectores de fosas oceánicas sin organismos y con corrientes de turbidez (> 4000 m bnm)

PELÁGICO: regiones del mar lejos del continente, con depósitos químicos, sin detritos de tierra firme.

HEMIPELÁGICO: sectores del mar cercanos a los continentes, con alta influencia del mismo





SUCESIÓN DE AMBIENTES EN LA ZONA COSTERA

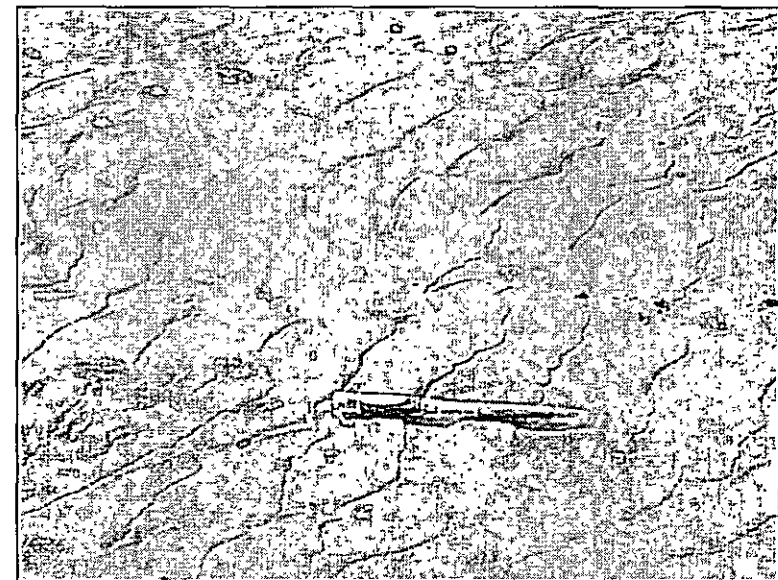
Transversalmente las costas presentan sucesiones de subambientes y de materiales, como se muestran a continuación:

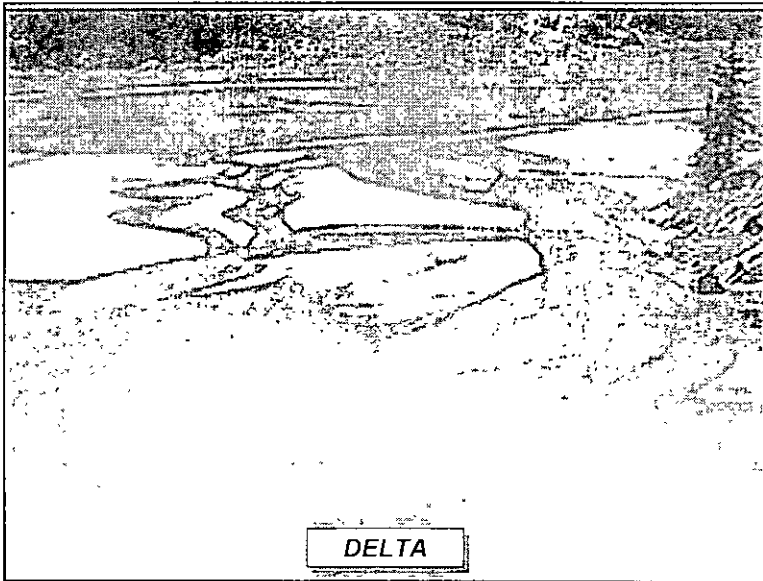
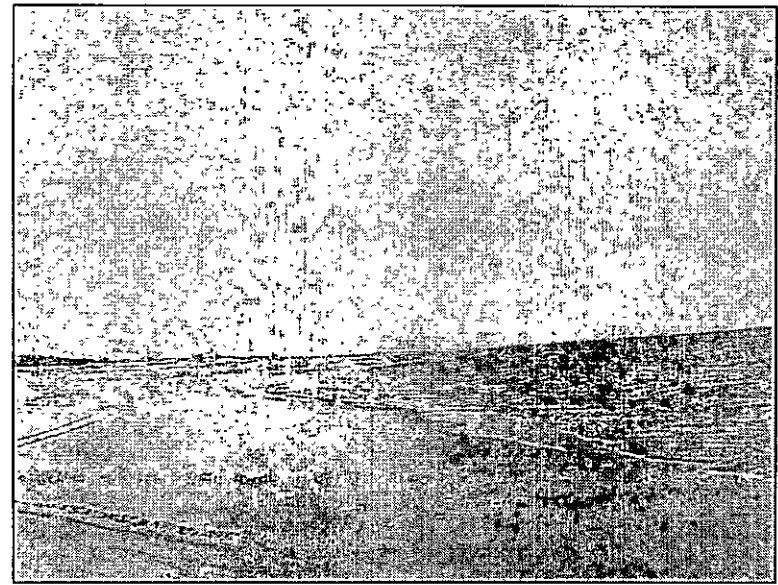
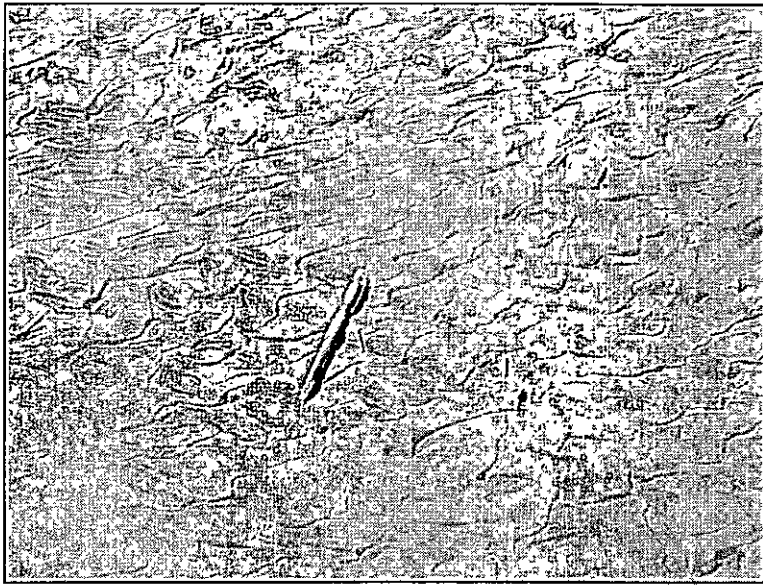
a) Variación del ambiente costero con isla de barrera progradante:


b) Variación del ambiente costero con playa progradante, sin barrera:

PLAYA


La playa es un cuerpo de sedimentos no cohesivos (arena y grava), acumulados en la zona litoral, marina, lacustre, deltáica, manglares y en las islas de barrera. Se forman esencialmente en costas micro a mesomareales con pendientes costeras relativamente bajas y para subsistir requieren de un continuo aporte de sedimento que es suministrado por los ríos y las dunas.

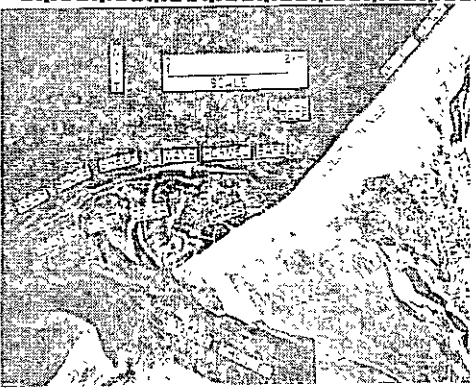






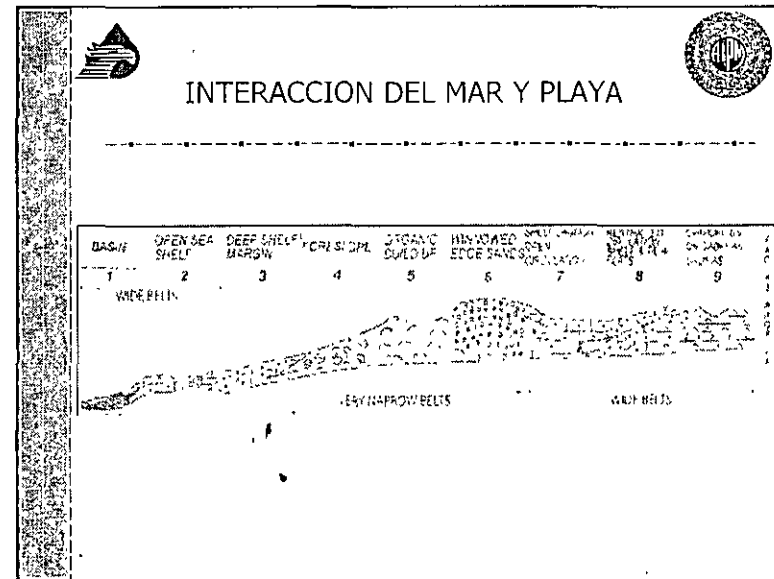
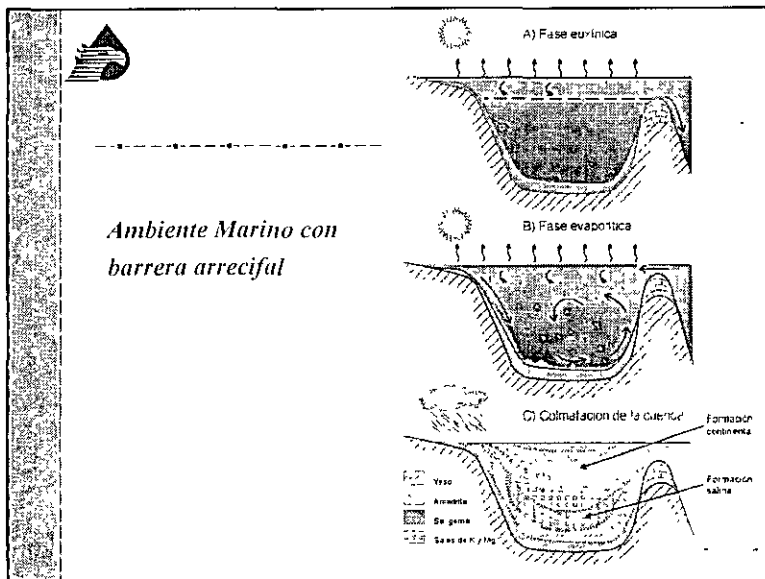
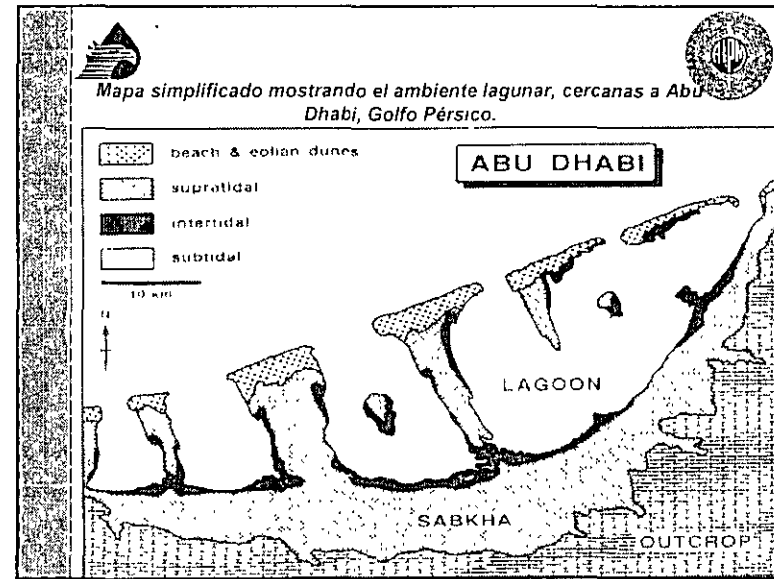
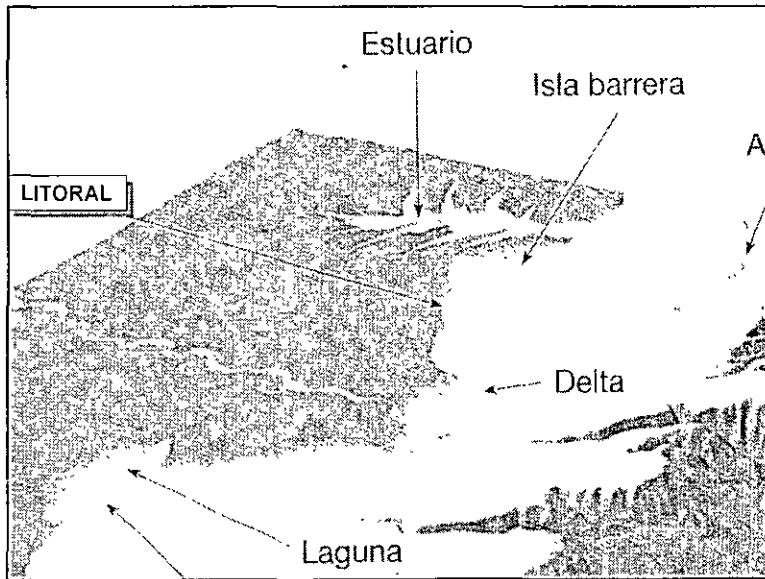
DELTA

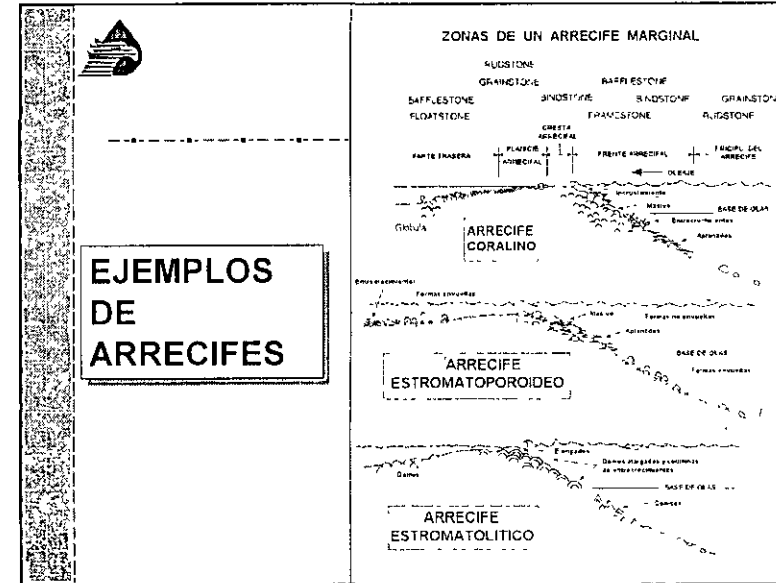
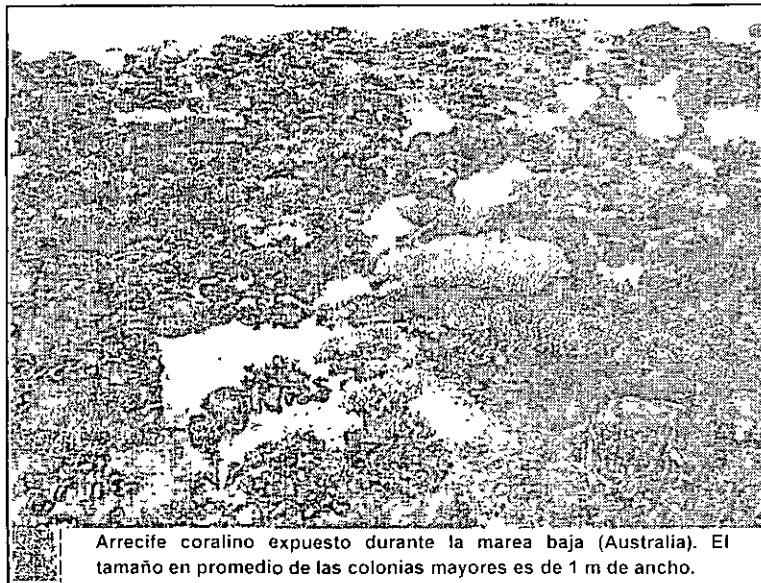
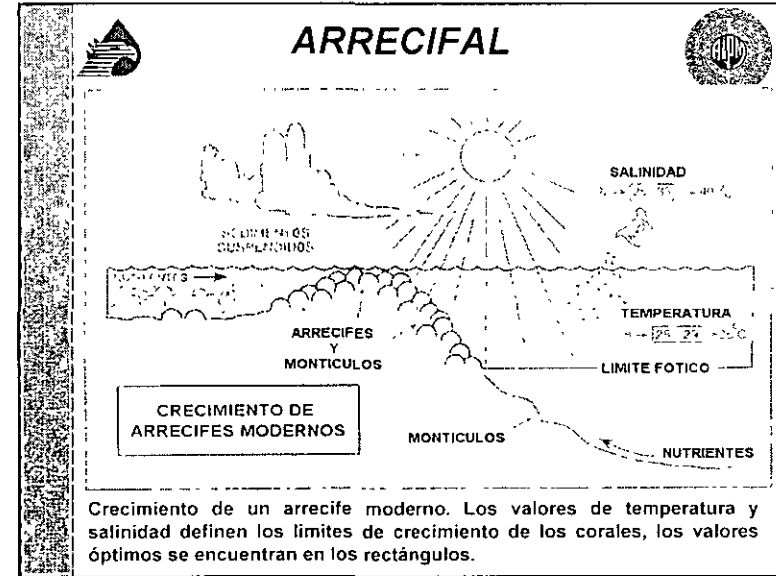
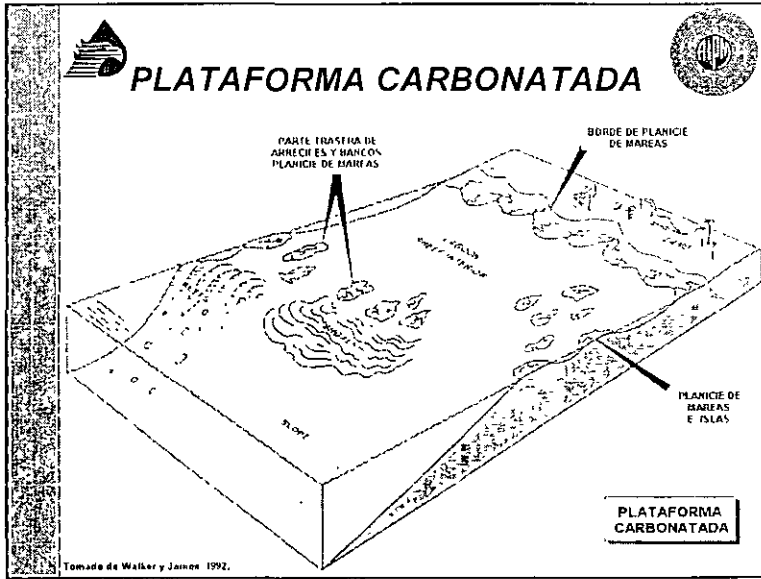


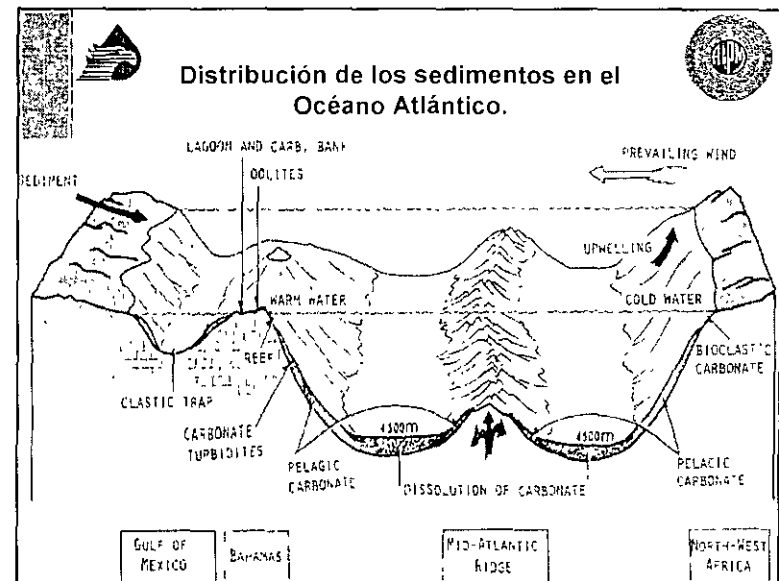
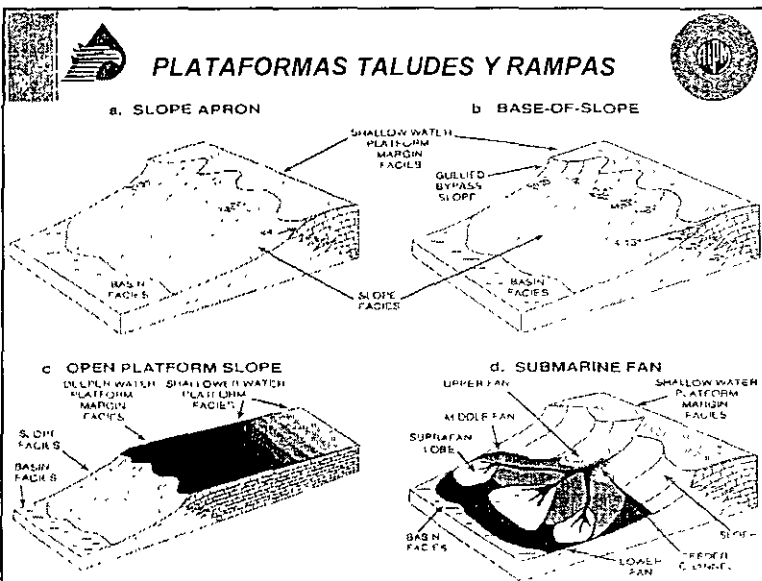
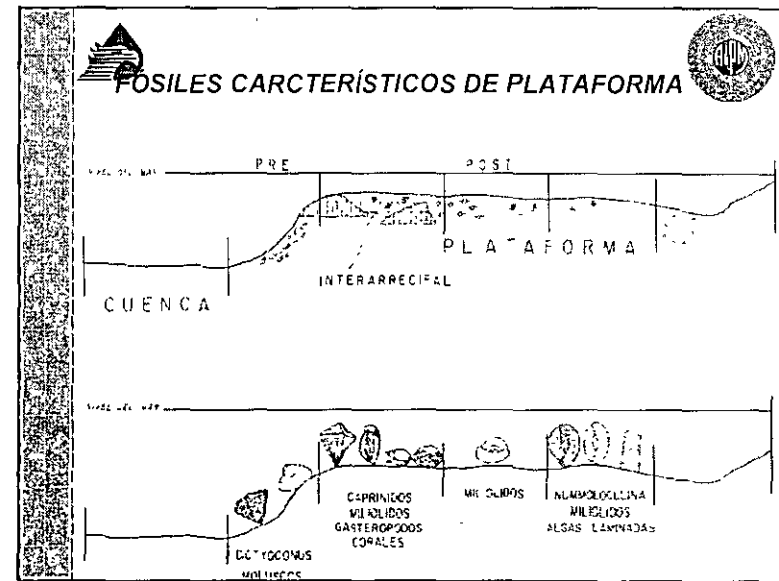
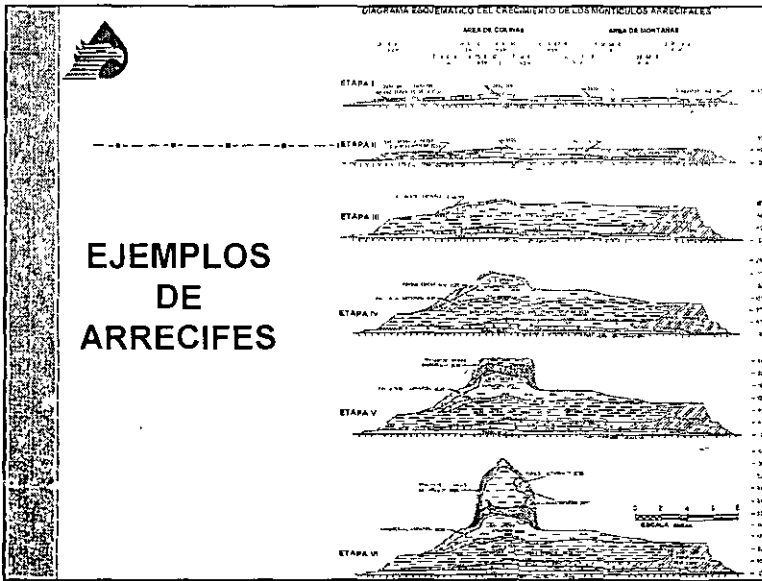


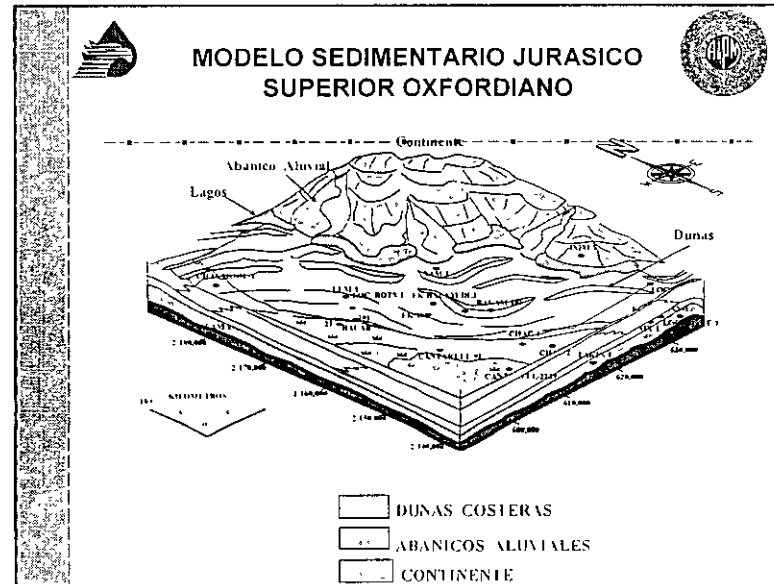
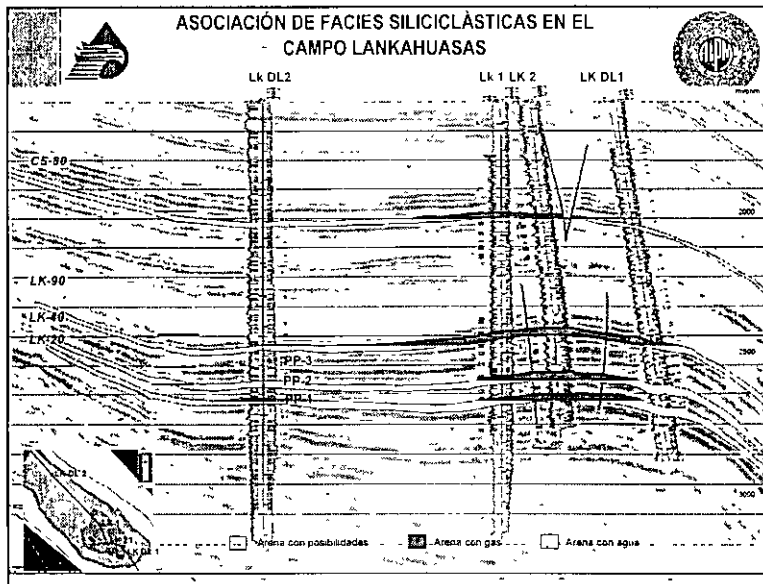
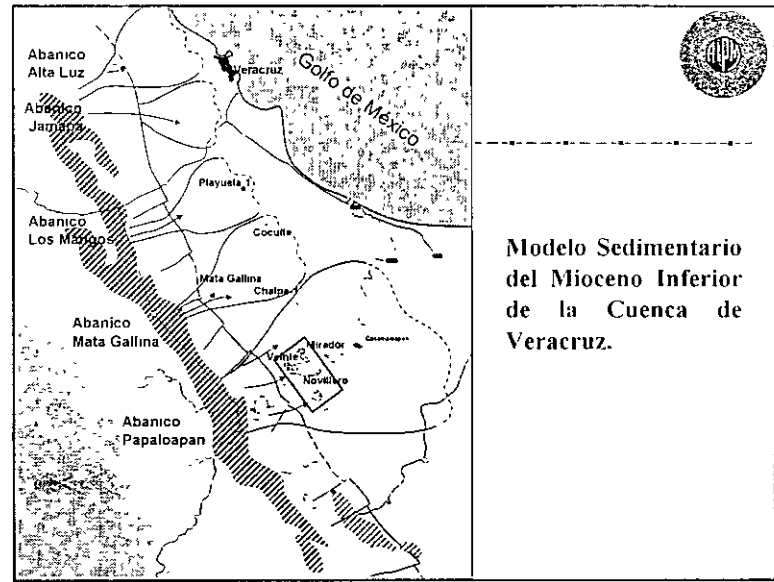
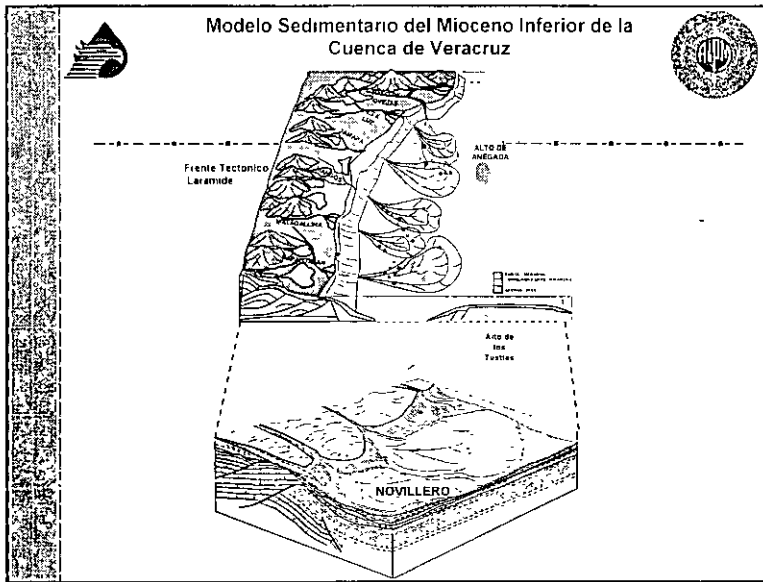
Las arenas eólicas son redistribuidas por las olas a lo largo de la costa y las corrientes de marea generan una progradación hacia el mar, de los cinturones de arena de costa

Planicie de mareas transgresiva, con zonas de marisma de supramarea
Isla Andros, Bahamas.


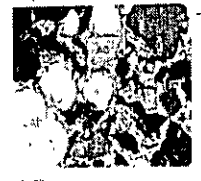









COMPOSICIÓN Y FORMA DE LOS GRANOS DE ARENA DE LAS DUNAS

✓El cuarzo es el mineral más común en los sedimentos de dicho tamaño, con feldspatos y fragmentos líticos.

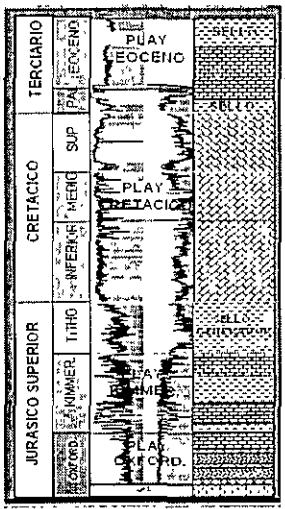
✓Todas las dunas están formadas por partículas del tamaño de la arena.

✓Otros minerales son abundantes, en otros depósitos como los médanos, formados por (calcita, caliza, yeso, arcilla, y limo).



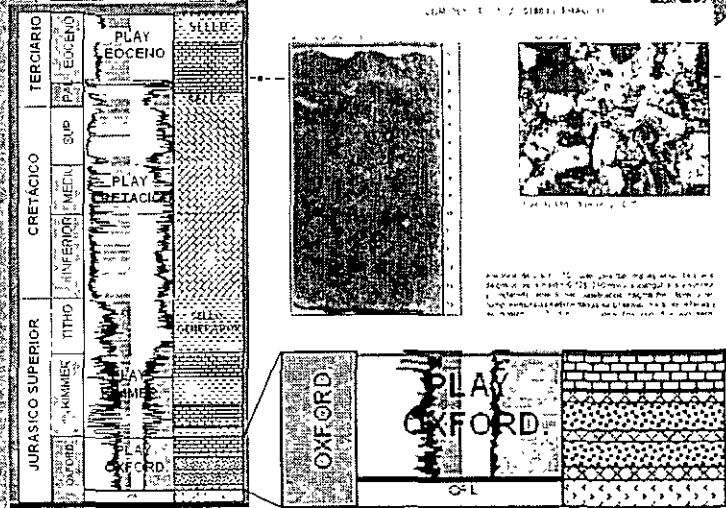
Campo Lum (Oxfordiano)

COLUMNA GEOLOGICA




TERCIARIO	PLAY EOCENO	SECCIA	Canales arenosos
CRETACICO	PLAY CRETACIO	SELLO	Talud carbonatados
JURASICO SUPERIOR	PLAY OXFORD.	SELLO	Plataf. Mar abierto dolomias
JURASICO SUPERIOR	PLAY OXFORD.	SELLO	Cuenca Lutitas bituminosas
JURASICO SUPERIOR	PLAY OXFORD.	SELLO	Barras oolíticas
JURASICO SUPERIOR	PLAY OXFORD.	SELLO	Arenas Eólicas

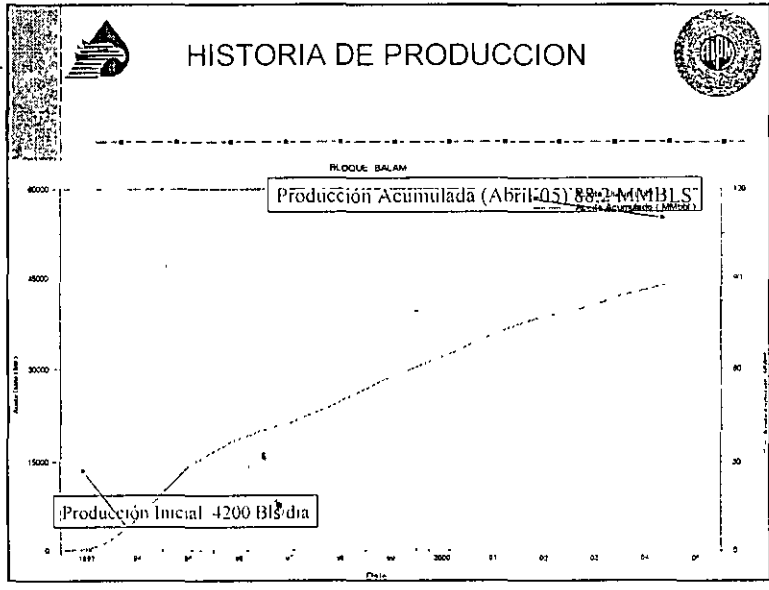
ARENAS PRODUCTORAS

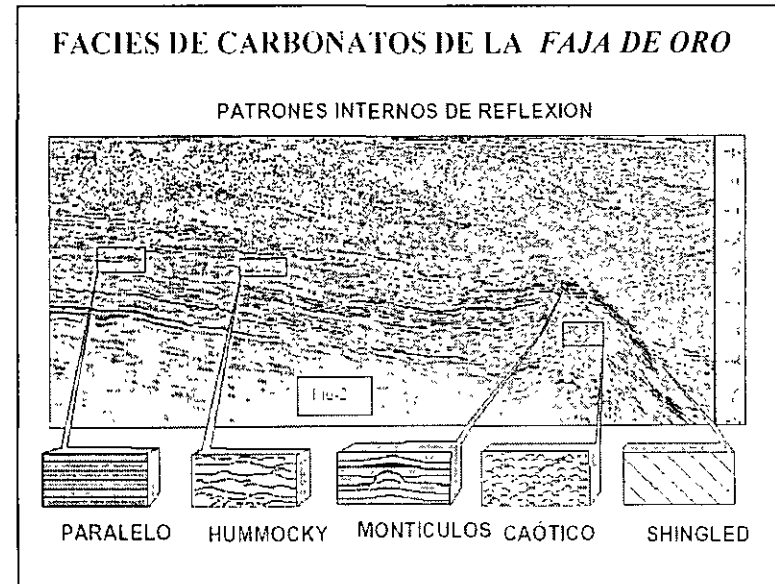
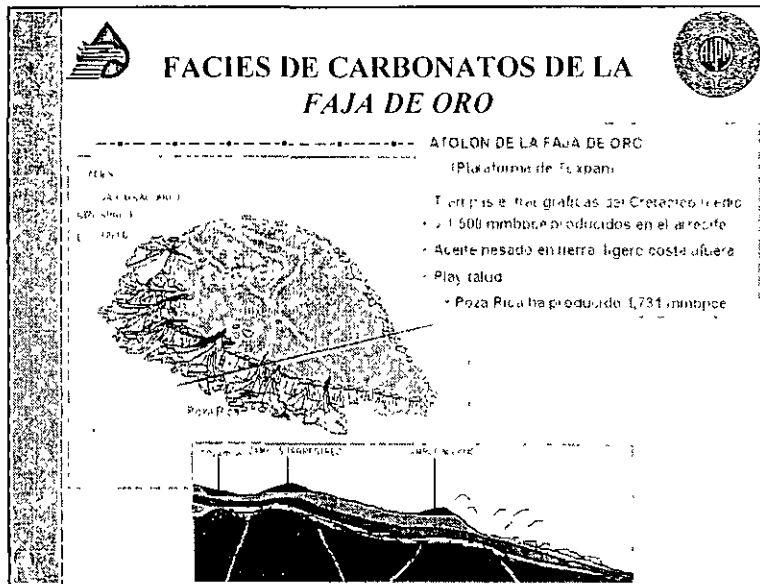
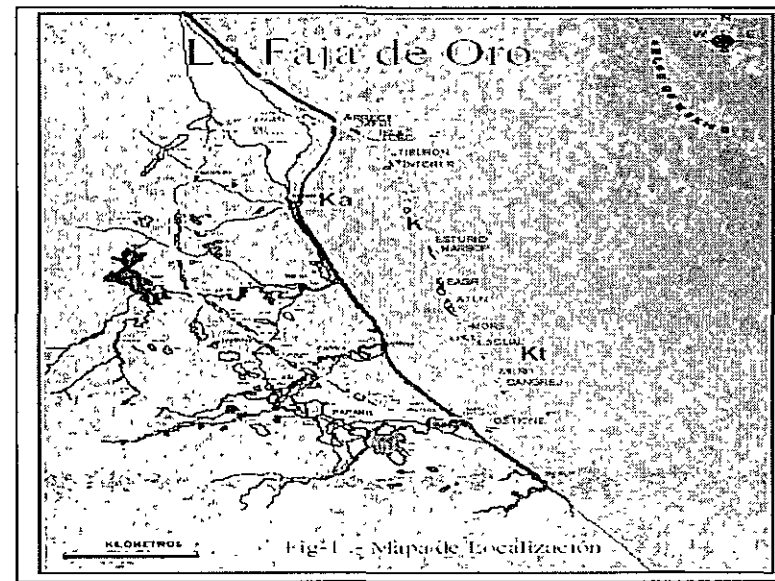
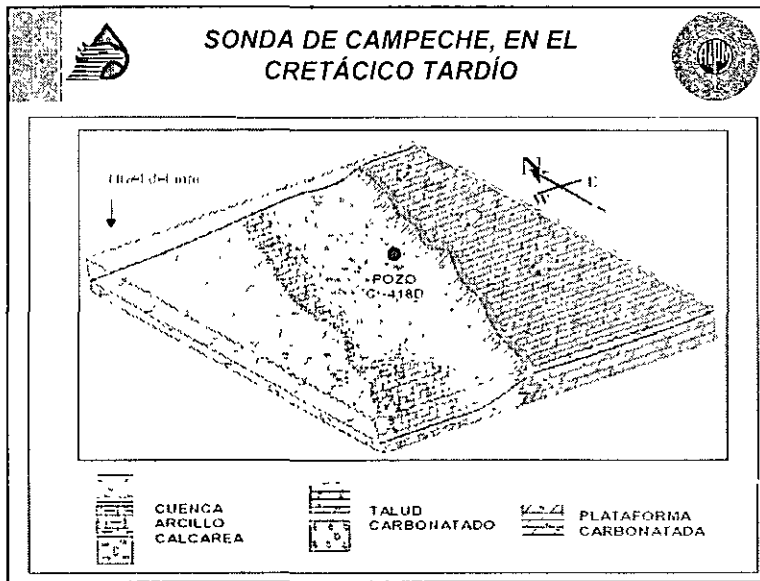


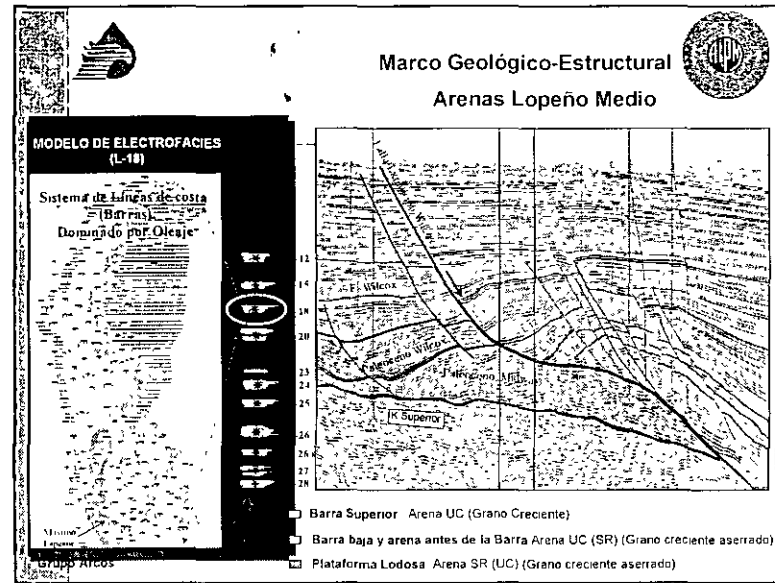
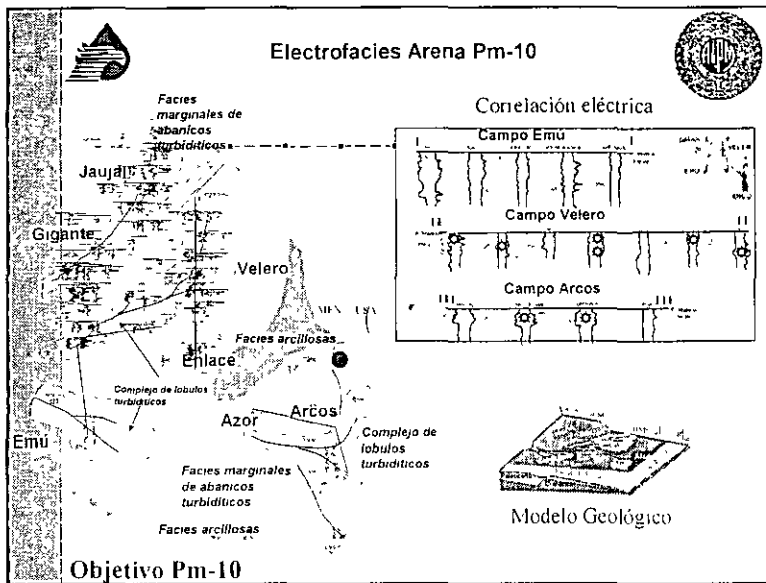
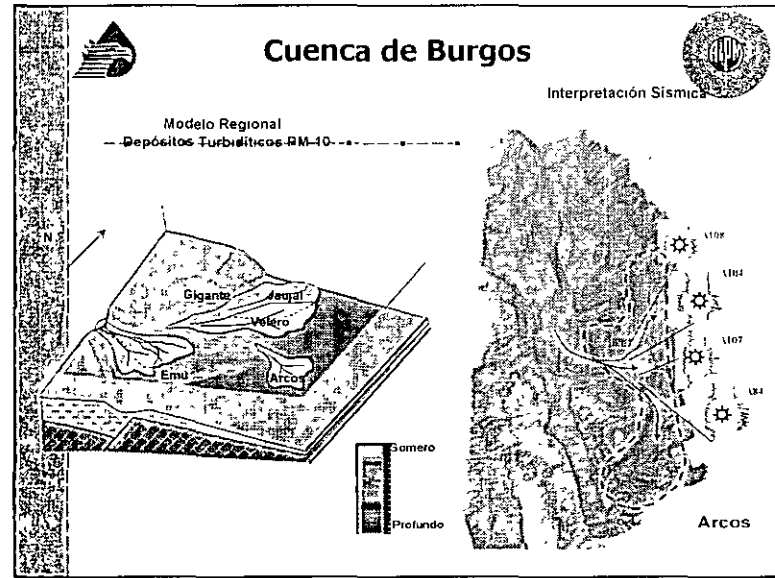
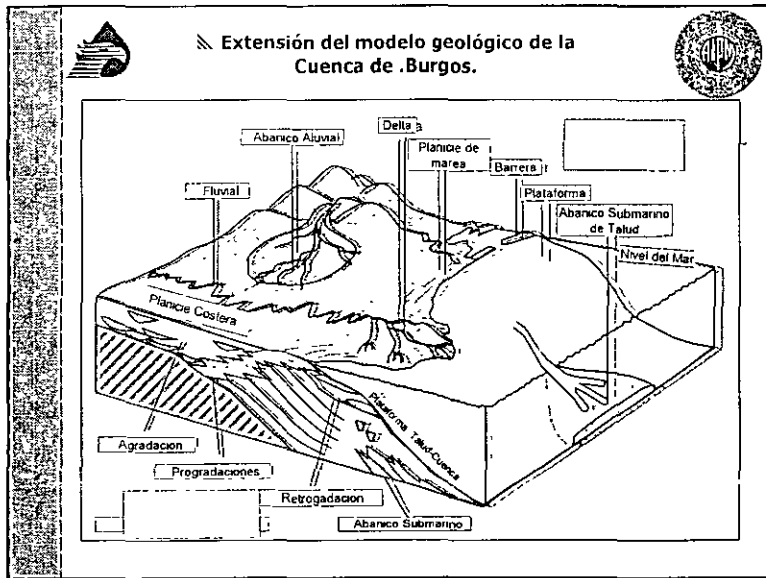
OXFORD PLAY

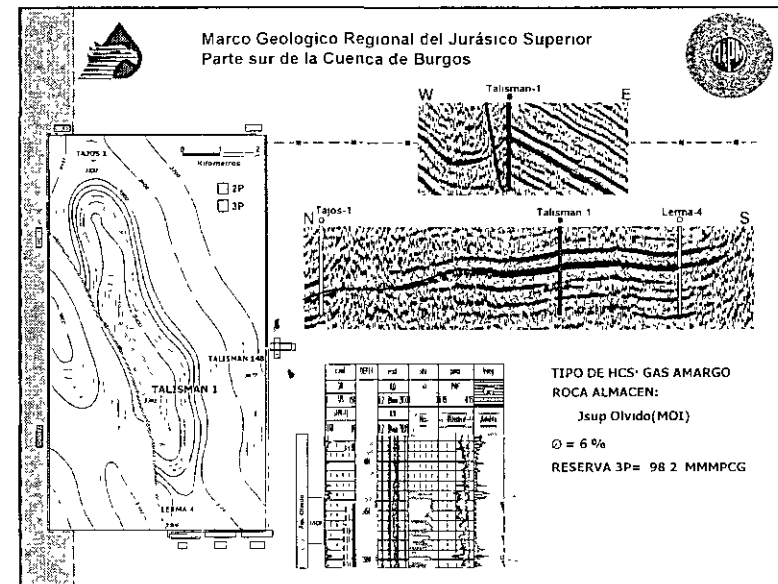
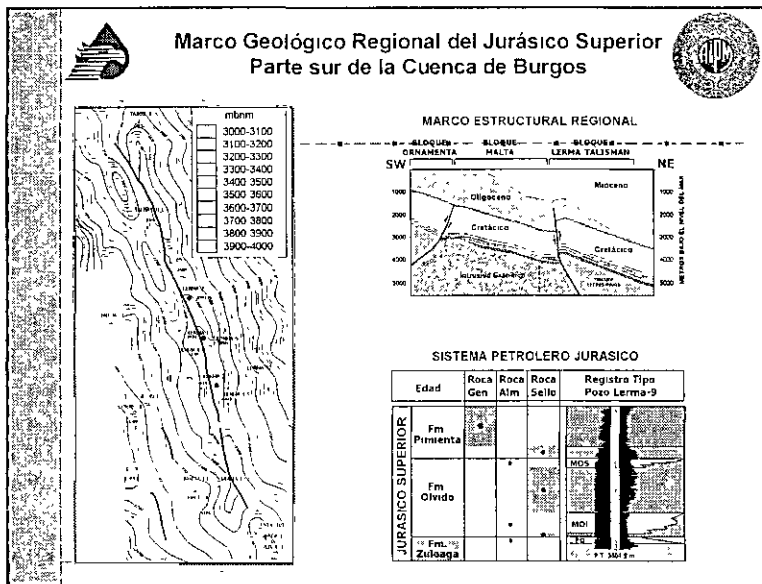
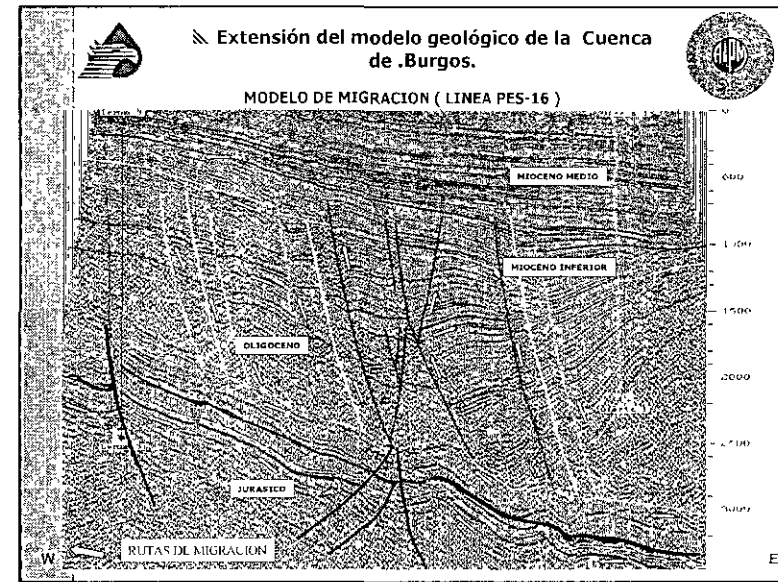
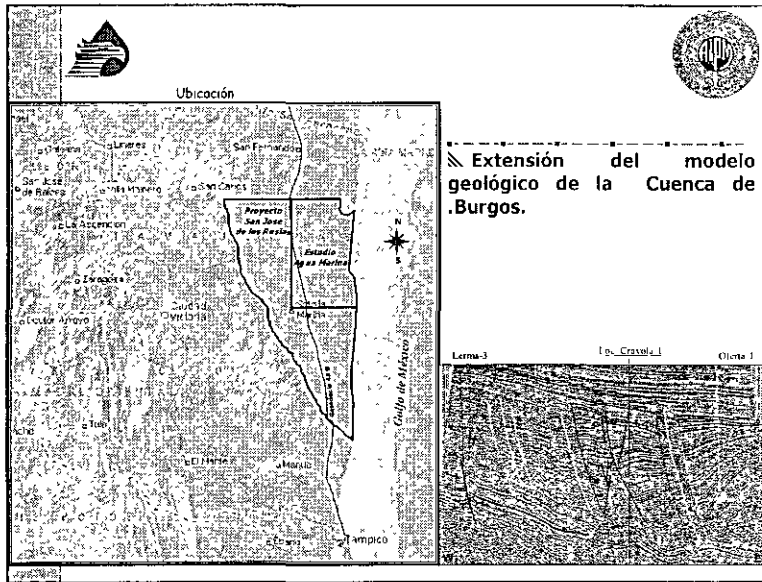


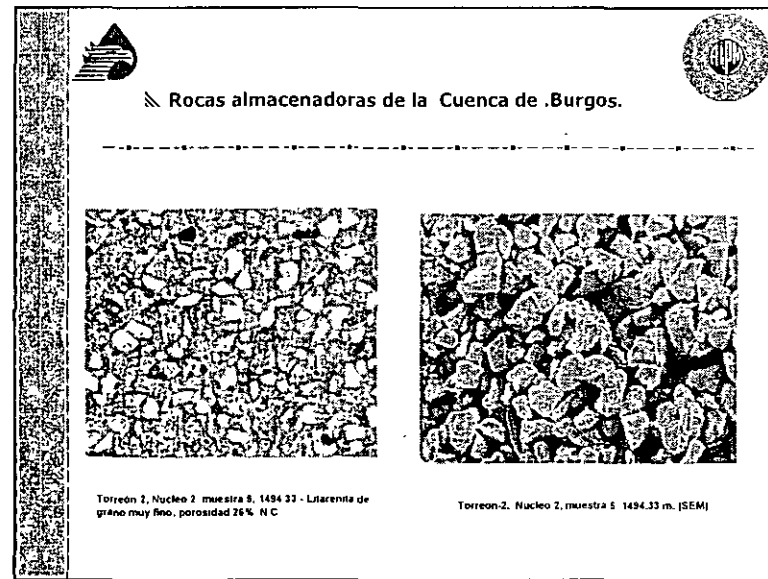
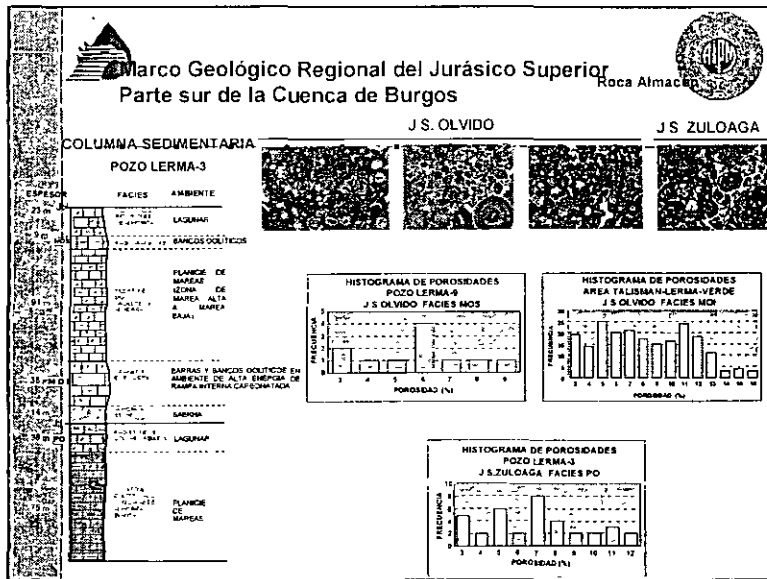
OXFORD PLAY













ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 4

INSTRUCTOR ING. JAVIER ARELLANO GIL
GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



ROCAS SEDIMENTARIAS

OBJETIVO

Conocer las principales parámetros para clasificar rocas sedimentarias siliciclásticas y carbonatadas.



ROCAS SEDIMENTARIAS

La roca sedimentaria que cubre los continentes de la corteza terrestre es extensa, pero se estima que la contribución total de las rocas sedimentarias de los 16 km superiores es del 5%.

Por ello, las secuencias sedimentarias representan sólo un delgado revestimiento sobre una corteza formada por rocas ígneas y metamórficas.



CLASIFICACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

Todas las rocas sedimentarias pueden agruparse en tres amplias categorías:

- TERRÍGENAS (SILICICLÁSTICAS)
- ALOQUÍMICAS
- ORTOQUÍMICAS

La identificación de un tipo de roca sedimentaria dentro de una de estas categorías se basa en:

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

TEXTURA (incluidos el tamaño y la forma del grano)



TIPOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS

De origen:

Detritico

TERRÍGENAS (Siliciclásticas)
Areniscas, lutitas, limolitas, etc

Químico

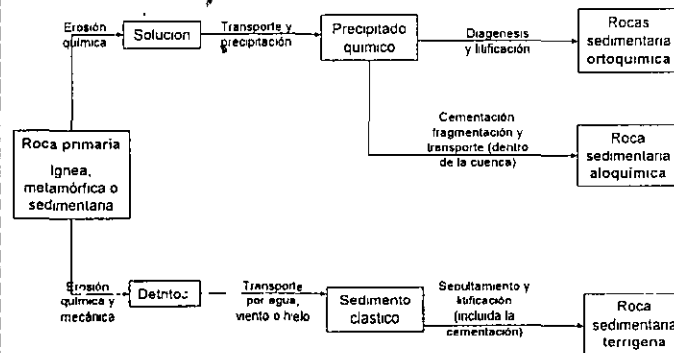
QUÍMICAS

◦ Ortoquímica: Evaporitas, travertino, bandas de hierro, etc

◦ Aloquímicas: Calizas, dolomias, etc



DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA SECUENCIA: roca primaria ⇒ agentes atmosféricos ⇒ roca sedimentaria



ROCAS SEDIMENTARIAS QUÍMICAS

Estas rocas se forman a partir del material que es transportado en solución a los lagos y mares; dicho material no permanece disuelto indefinidamente en el agua, ya que parte de este material precipita para formar los sedimentos químicos, que se convierten posteriormente en rocas químicas. Esta precipitación del material puede producirse de dos maneras:

1. Mediante procesos inorgánicos como la evaporación.
2. Por actividad química ó por procesos orgánicos.



CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS QUÍMICAS

La clasificación general de las rocas químicas se basa principalmente en su composición, sin tomar en cuenta la existencia de material terrígeno, ya que su presencia se considera secundaria en el momento del depósito.

La clasificación genérica que se utiliza es la siguiente:

- Grupo de rocas calcáreas.
- Grupo de rocas silíceas.
- Grupo de rocas evaporíticas.
- Grupo de rocas ferruginosas.
- Grupo de rocas fosfáticas



GRUPO DE ROCAS CARBONATADAS



Los carbonatos se constituyen básicamente de calcita (caliza), aragonita y dolomita (dolomía), subordinadamente pueden participar cuarzo, feldespato alcalino y minerales arcillosos. Los carbonatos de siderita son más escasos, incluso económicamente interesantes.

Los procesos de la formación de carbonatos son:

- *Tipo marino*
- *Tipo bioquímico*
- *Tipo terrestre.*



GRUPO DE ROCAS CARBONATADAS



La base química de la sedimentación de carbonatos es la abundancia relativamente alta de los iones de calcio Ca^{2+} y del bicarbonato (H_2CO_3) respectivamente en el agua (el agua del mar por ejemplo). Un ión de calcio y un ión de HCO_3^- se unen formando la calcita más un ión de hidrógeno: $Ca^{2+} + HCO_3^- \rightarrow CaCO_3 + H^+$.

En el equilibrio, los iones de calcio y de HCO_3^- son disueltos. La precipitación inicia cuando hay cantidades mayores del ión de calcio o del ión de bicarbonato o cuando hay cantidades iguales de estos dos iones y su producto sobrepasa el valor determinante para la saturación.



CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS CARBONATADAS SEGÚN DUNHAM 1962 (TOMADA DE PETTIJOHN, F.J. 1975)



Componentes unidos orgánicamente durante el depósito	Componentes originales no unidos orgánicamente durante el depósito				Textura original no reconocible.
	Sin micrita	Contiene lodo carbonatado (micrita)			
		GRANOSOPORTADO		Soportado por la matriz micrítica	
		< 10 % de aloquímicos	> 10 % de aloquímicos		
	BOUNDSTONE	GRAINSTONE	PACKSTONE	WACKSTONE	MUDSTONE
					CALIZA RECRISTALIZADA

INCREMENTO DE ENERGIA EN EL AMBIENTE DE DEPÓSITO



BOUNDSTONE
Alrededor del 50% tipo de cemento orgánico



GRAINSTONE
Granos del tamaño de micras en matriz de lodo



PACKSTONE
Granos de la mayoría de tamaños en el 44%. La micrita es el 56% de los granos. Contiene media de más de 50% de lodo



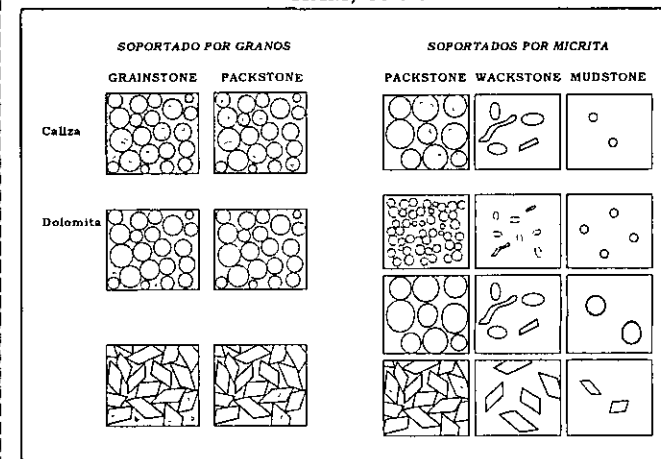
WACKSTONE
Granos en tamaño de 1 grano rodeado por 100 granos de lodo



MUDSTONE
- 10 % de granos



CLASIFICACIÓN DE LAS CALIZAS SEGÚN DUNHAM, 1962





CLASIFICACIÓN DE LAS CALIZAS



Embry y Klovan 1971, añadieron varios términos adicionales a la clasificación de Dunham 1962, tanto para indicar tamaño de grano (floatstone y rudstone) como el tipo de crecimiento orgánico para el caso de los boundstones (bafflestone, bindstone y framestone).

CLASIFICACION DE CALIZAS (DUNHAM MODIFICADO)										Textura deposicional reconocible		Textura deposicional no reconocible			
Componentes originales no entrelazados durante el depósito										Concretiones o yuyos en el depósito durante el depósito		BOUNDSTONE		Caliza cristalina	
Partículas menores a 2 mm					Partículas mayores a 2 mm alóctonas					BOUNDSTONE		Caliza cristalina			
Soportado por lodo		Soportado por partículas			Soportado por lodo		Soportado por partículas			BOUNDSTONE		Caliza cristalina			
< 10% de partículas		> 10% de partículas			> 10% de lodo		< 10% de lodo			Crecimiento yuyos/bananas, vertical		Crecimiento yuyos/bananas de vertical		Crecimiento vertical y horizontal	
MUDSTONE		WACKSTONE			PACKSTONE		GRANSTONE			FLOATSTONE		RUDSTONE		Coloma	
6-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	90-100%						
MUDSTONE	MUDSTONE - WACKSTONE	WACKSTONE - MUDSTONE	WACKSTONE	WACKSTONE - PACKSTONE	PACKSTONE - WACKSTONE	PACKSTONE	PACKSTONE - GRANSTONE	GRANSTONE - PACKSTONE	GRANSTONE	BOUNDSTONE		BOUNDSTONE		BOUNDSTONE	
										Crecimiento yuyos/bananas, vertical		Crecimiento yuyos/bananas de vertical		Crecimiento vertical y horizontal	
										BOUNDSTONE		BOUNDSTONE		BOUNDSTONE	
										BOUNDSTONE		BOUNDSTONE		BOUNDSTONE	

Embry y Klovan 1971

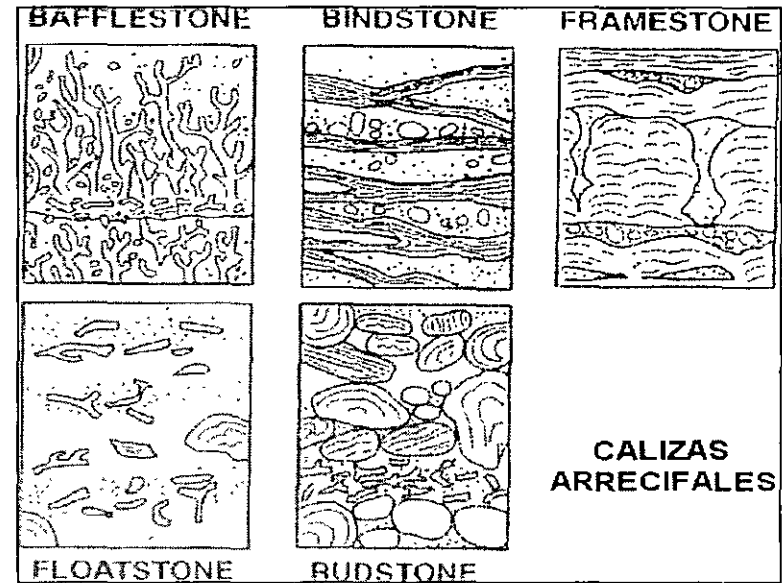


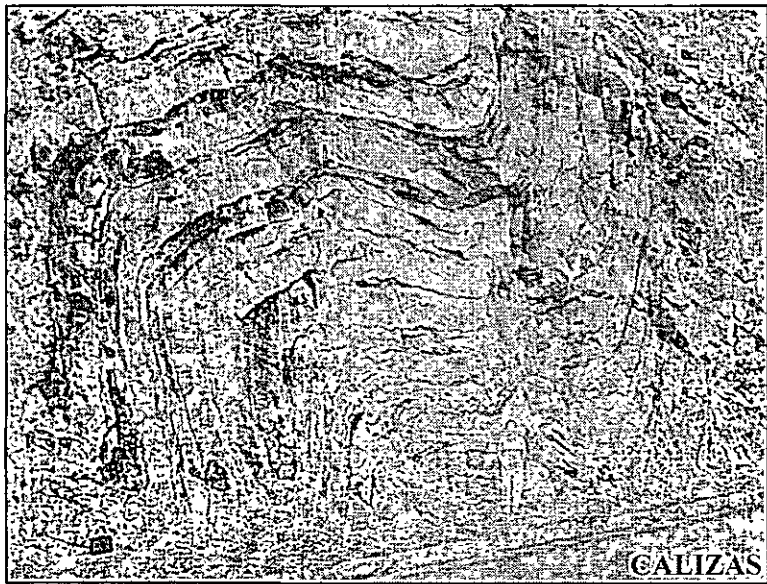
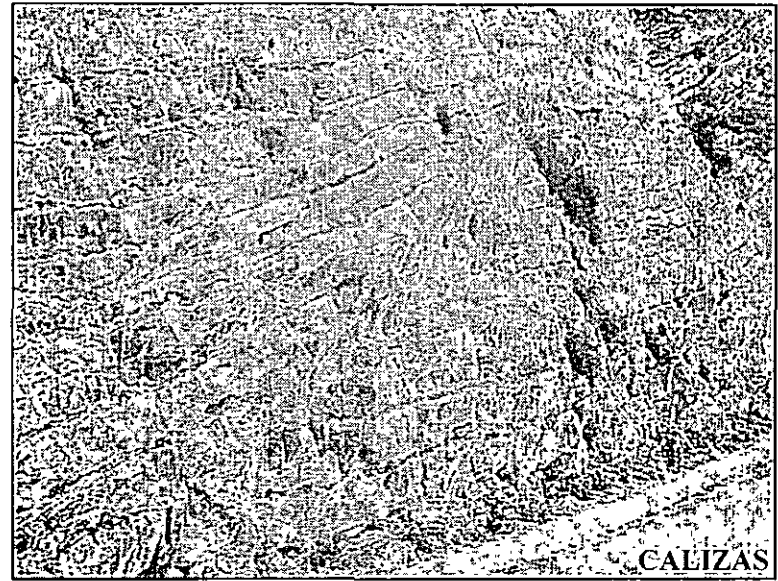
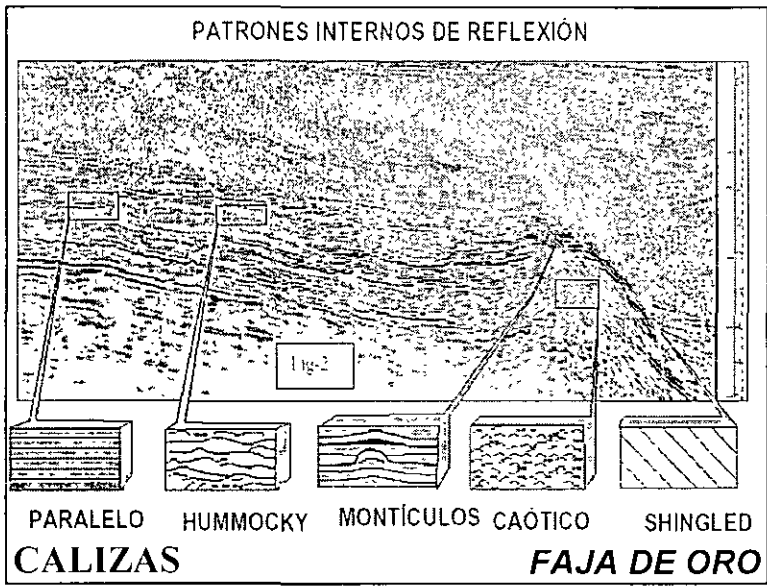
CLASIFICACIÓN DE LAS CALIZAS

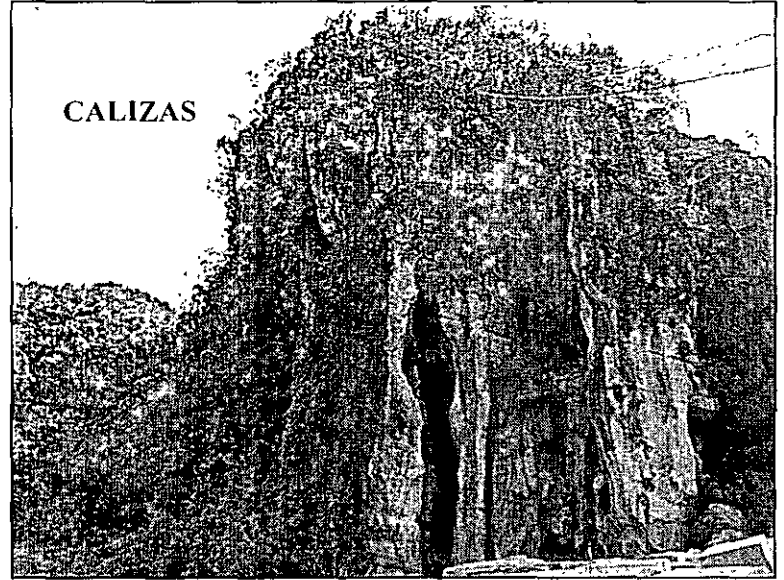
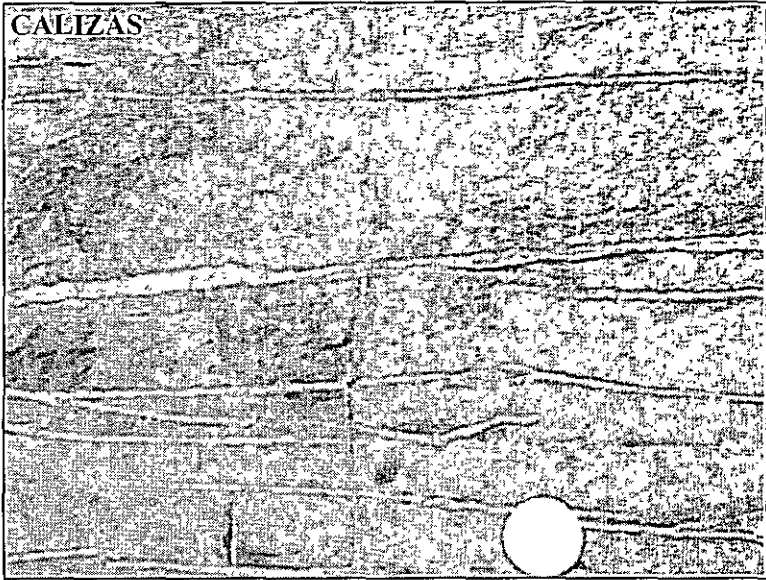
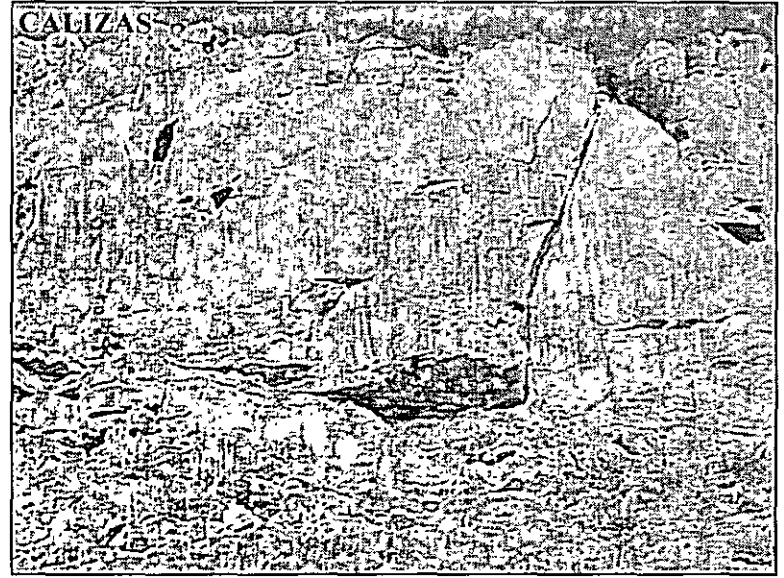
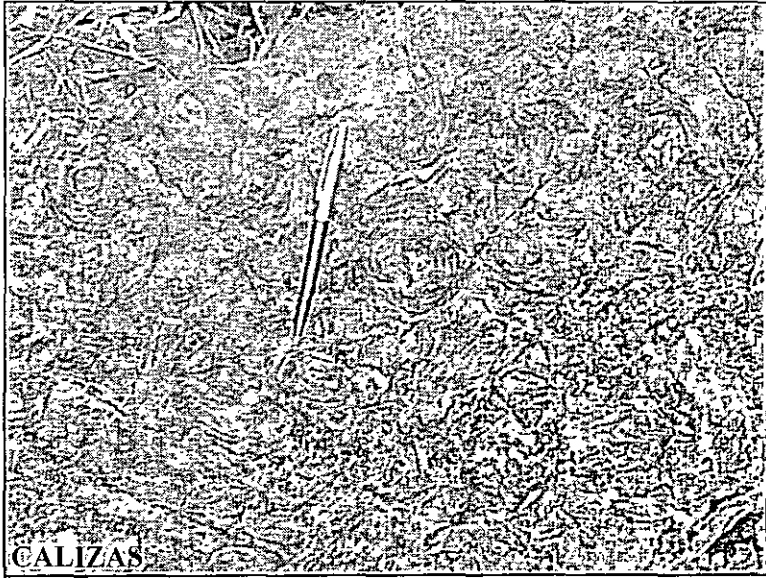


En el Floatstone y Rudstone se tienen que las partículas o aloquímicos son mayores a 2 mm; en el Floatstone el lodo soporta a la roca y en el Rudstone los granos son quienes los soportan.

El Bafflestone representa crecimiento de colonias de organismos en forma vertical, el Bindstone los crecimientos son típicamente horizontales y el Framestone tiene una combinación de crecimiento horizontal y vertical.







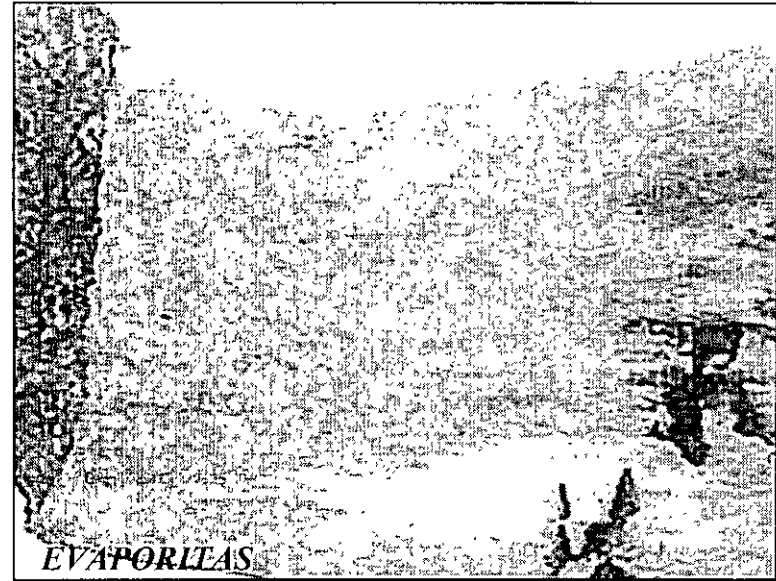


GRUPO DE ROCAS EVAPÓRITAS

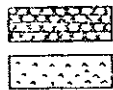
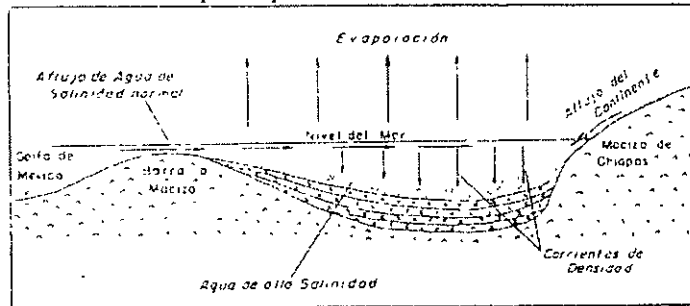
La clasificación de las evaporitas se basa en la composición química del mineral que la constituye. Esta clasificación aparentemente descriptiva es a su vez genética, ya que cada compuesto químico precipita en condiciones de concentración diferentes, que son fiel reflejo de características ambientales.

Las evaporitas en general están constituidas por diferentes sales de los siguientes cuatro grupos:

- **Cloruros:** halita (NaCl), silvita (KCl) y carnalita ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).
- **Sulfato:** anhidrita (CaSO_4) y yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
- **Carbonatos:** calcita (CaCO_3), dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y magnesita (MgCO_3).
- **Boratos:** bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).



Modelo de la Cuenca Salina del Istmo, donde se ilustra los procesos de una cuenca evaporítica, como la circulación de agua de mar y la precipitación de sal por evaporación en el Jurásico.



DEPOSITOS DE SAL

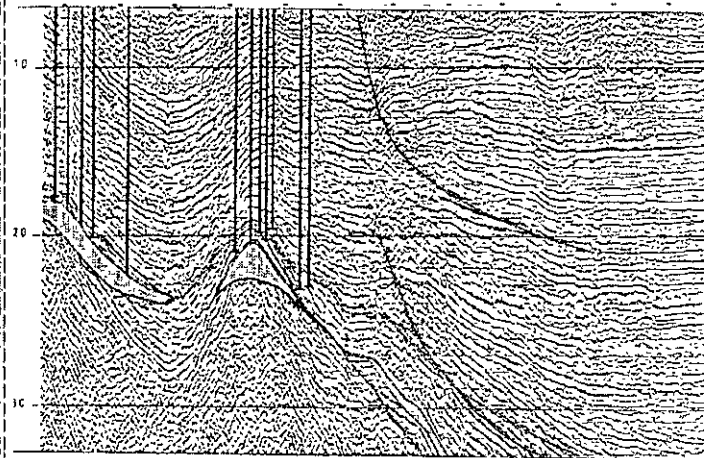
BASAMENTO

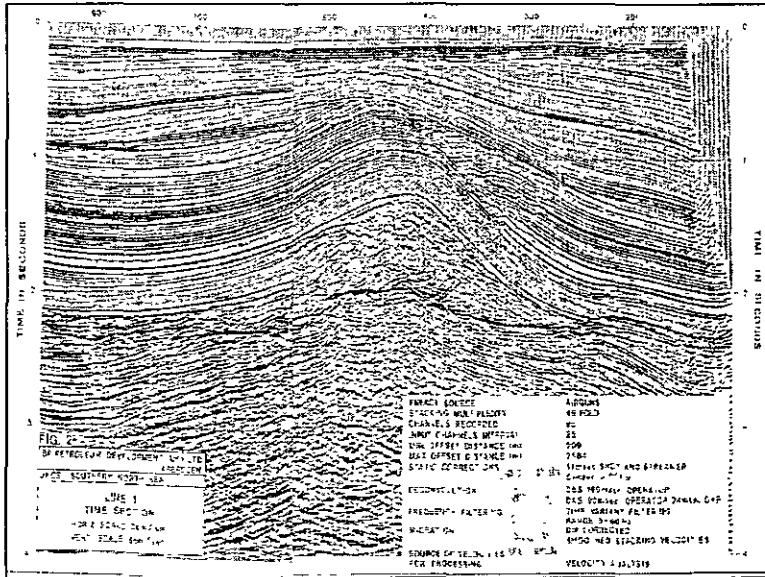


Rocas evaporíticas



El Campo se ubica en el Activo Cinco Presidentes



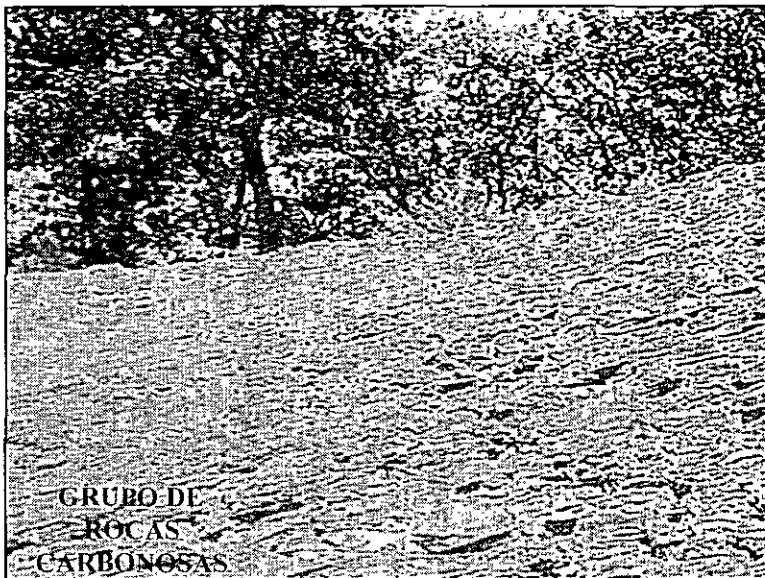


GRUPO DE ROCAS CARBONOSAS

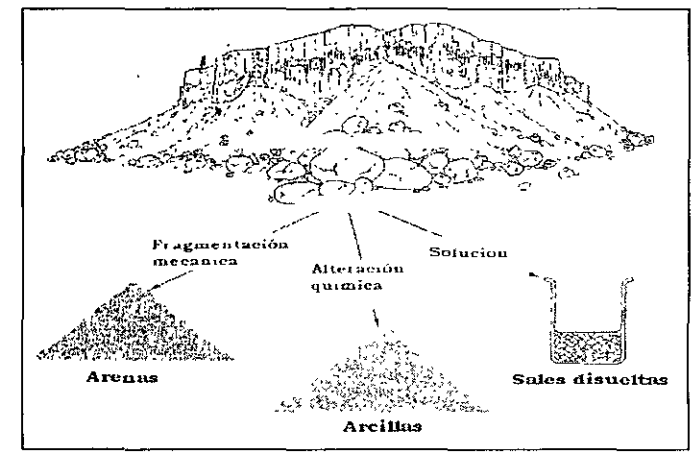
Estas rocas son todas aquellas que tienen alto contenido de carbono orgánico, producto de la evolución diagenética, en diferentes rangos, de depósitos producidos por organismos.

Tales depósitos son tanto de origen vegetal (ricos en celulosa, hemicelulosa, resinas y lignitos) como animal (ricos en proteínas y grasas).

El material de partida para los depósitos carbonáceos son principalmente las plantas como los juncos, las cañas, los arbustos, los musgos pantanosos entre otros. Las plantas crecieron en pantanos y lagos de agua dulce, que en parte se inundaron ocasionalmente por mares llanos en climas subtropicales hasta tropicales.



Mecanismos de formación y transporte de los sedimentos siliciclásticos y de los sedimentos aloquímicos.





Escala para los diferentes tamaños de los granos. Udden-Wentworth 1922. Tomada de BLAIR, T.C. y J.G. McPherson.



Nombre de la partícula	Tamaño (mm)	Nombre del sedimento	Nombre de la roca
bloque	> a 256	grava	conglomerado
Guijón (canto)	64 a 256	grava	conglomerado
Gujón o (gránulo)	2 a 64	grava	conglomerado
arena	1/16 a 2	arena	arenisca
limo	1/256 a 1/16	limo	limonita
arcilla	< a 1/256	arcilla	lutita



ROCAS SEDIMENTARIAS TERRÍGENAS



Las rocas terrígenas constan de granos detríticos que forman la estructura de la roca, consolidados mediante un cemento, estos granos se denominan granos estructurales.

También pueden estar presentes cantidades variables de matriz, material fragmentario de tamaño sustancialmente más pequeño que el de los granos estructurales.



LA POROSIDAD EN LAS ROCAS CLÁSTICAS DEPENDE DE:



- Tamaño de grano.
- Forma del grano.
- Textura y fábrica de la roca.
- Distribución o acomodo de los granos.
- Homogeneidad o heterogeneidad del depósito.
- Comunicación entre poros



VALORES DE POROSIDAD EN SEDIMENTOS Y ROCAS



• Arcillas	40 – 55 %
• Arena	30 – 40 %
• Grava	30 – 40 %
• Arena y grava	20 – 35 %
• Areniscas	10 – 20 %
• Calizas	1 - 20 %



CONGLOMERADOS



Los conglomerados forman un grupo heterogéneo, no son uniformes mecánicamente ni mineralógicamente como muchas de las rocas clásticas de grano fino; esto se debe a que no están sujetos a los mismos procesos que estos sedimentos, es decir, no sufren el mismo transporte, ni semejante intemperismo químico, ni selección mecánica. En general consisten de fragmentos de roca removidos de la roca original por agentes mecánicos; ocasionalmente el intemperismo químico selectivo deja masas residuales de material resistente que posteriormente forman los depósitos rudáceos.



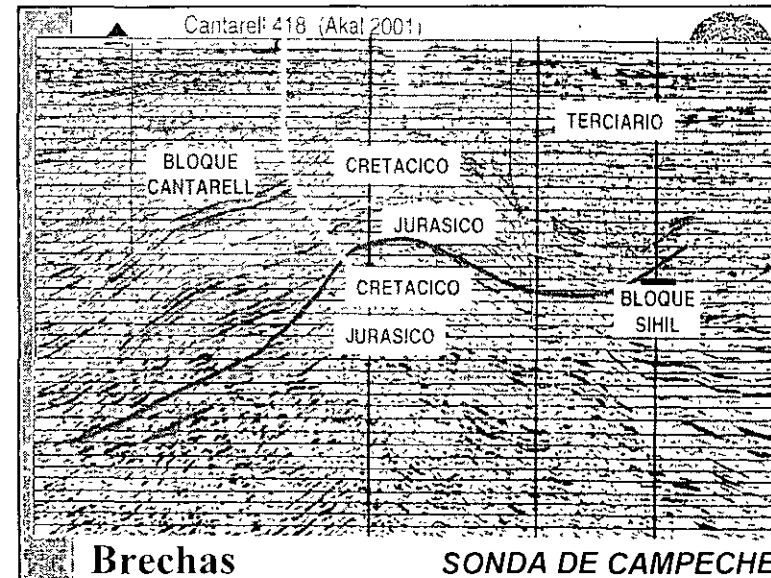
CONGLOMERADOS



La mayoría de los conglomerados consisten de un esqueleto y huecos. El esqueleto está constituido por materiales de tamaño de las gravas (fenoclastos, guijarros guijones y peñascos); los huecos son espacios vacíos entre los elementos del esqueleto. Esos huecos raramente están vacíos ya que generalmente están rellenos con detritos, arenas o sedimentos más pequeños, así como cementos introducidos por precipitación.

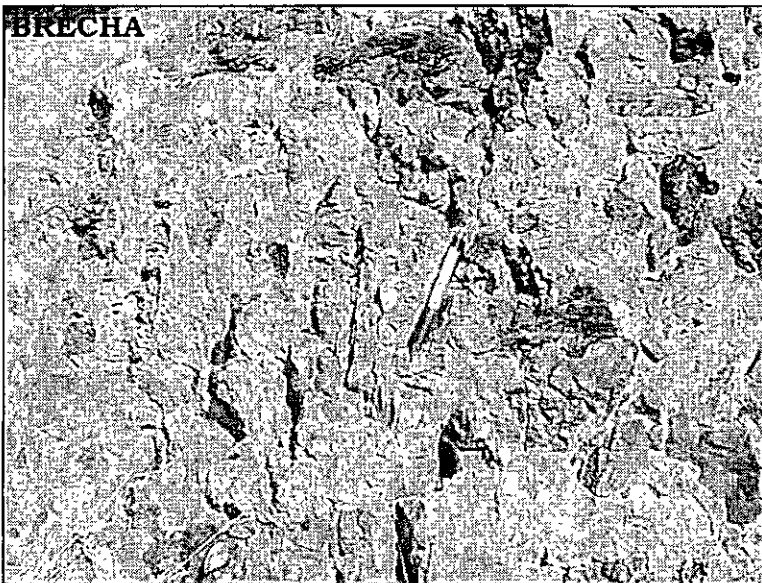
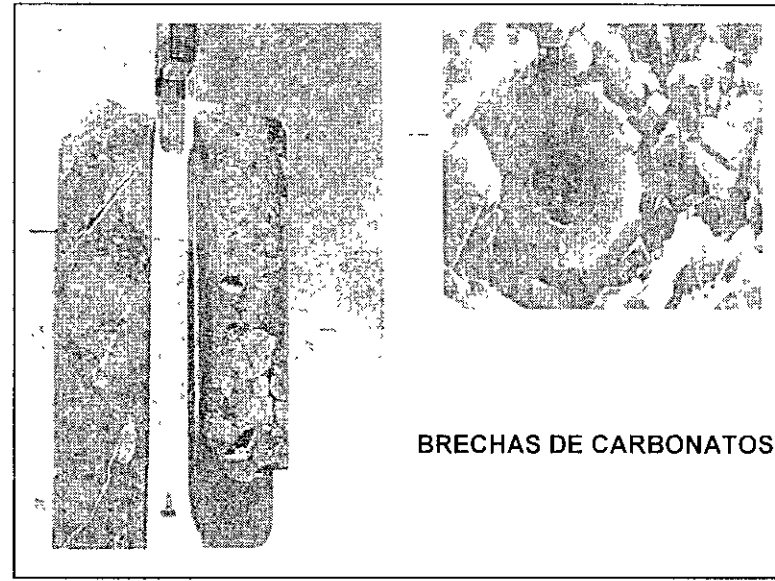
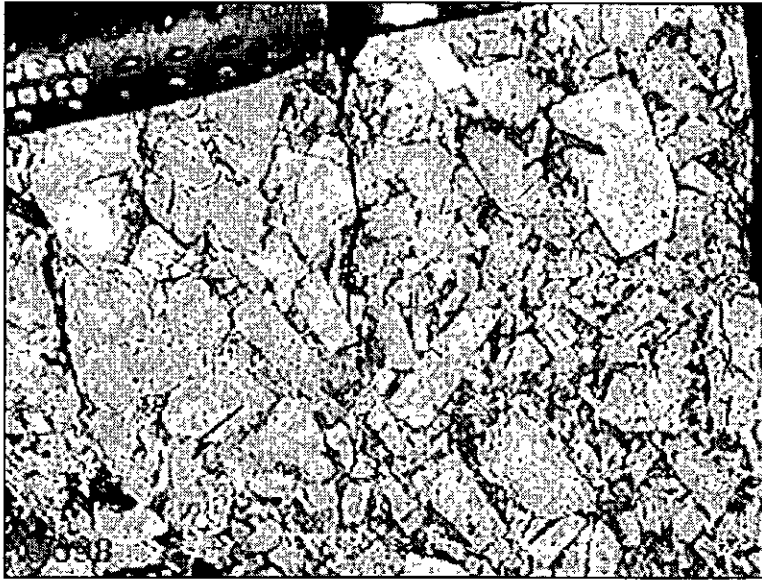
EPICLÁSICOS	Extraformacionales (Fuente fuera de la cuenca de depósito)	Otocoonglomerado	Miastables mayor 10%	Cugonctico (Otocunructico)
		matriz menor a 10%	Miastables menor a 10%	Púmructico (Petrónructico)
	Paracoonglomerado	Matriz laminada	Asociados a glaciares	
		matriz mayor a 10%	Matriz no laminada	Tillitas (glaciares) Tiloides (no glaciares)
	Intraformacionales (Formados dentro de la misma cuenca de depósito)	Conglomerado y Brechas	De fragmentos de caliza y dolomita De fragmentos de losilitas	
PIROCLÁSTICOS	Brechas volcánicas	Fragmentos angulosos, mal clasificados de material previamente depositados		
	Agglomerados	Clásticos subredondados entreciclos en masa aguda, formados primariamente		
CATACLÁSTICOS	Brechas de deslizamiento			
	Brechas por tectonismo	De fallamiento (con rolamiento en plano de falla) De plegamiento "momentos tectónicos"		
	Brechas de solución y colapso			
METEORICOS	Brechas de impacto			

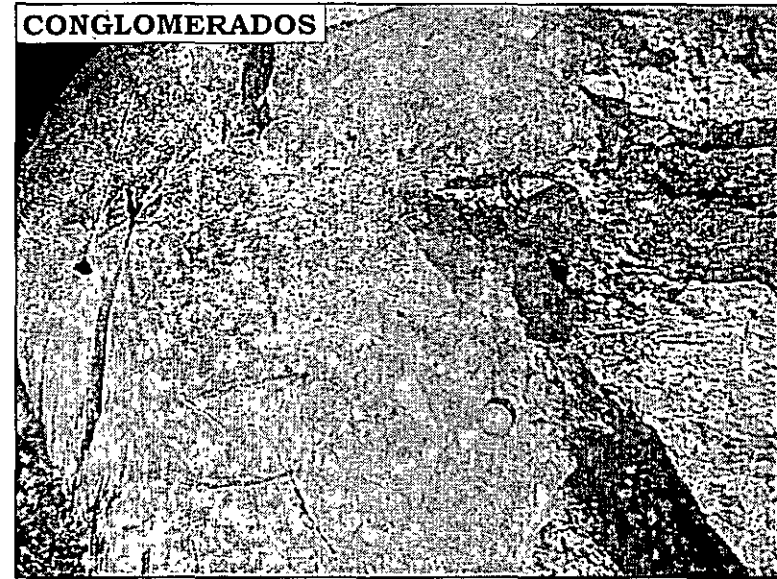
Clasificación de Conglomerados y Brechas Pettijohn (1975)





Brechas

SONDA DE CAMPECHE





ARENISCAS

Las areniscas son una clase muy importantes forman el 25% aproximadamente del total de las rocas sedimentarias. Son importantes almacenadoras de gas natural, aceite y agua.

Su composición es una clave de su procedencia, sus estructuras direccionales son una guía de las paleocorrientes y tanto su geometría como sus estructuras internas dan una idea del ambiente de depósito.



ARENISCAS



De acuerdo a Pettijohn, las arenas pueden ser divididas en 3 grandes grupos:

- Terrígenas
- Carbonáticas
- Piroclásticas

Las *areniscas terrígenas* son aquellas producidas por intemperismo y destrucción de rocas preexistentes, los sedimentos fueron transportados, seleccionados y modificados por el movimiento de los fluidos. Se derivan de fuentes externas a la cuenca de depósito.



ARENISCAS



Las *arenas carbonáticas* son en la mayoría de los casos sedimentos marinos, están constituidas por granos esqueléticos, oolitas y detritos carbonáticos localmente derivados (intraclastos). Estos constituyentes son productos originados dentro de la cuenca de depósito y no son residuos formados por la destrucción de rocas preexistentes. Excepcionalmente existen arenas ricas en partículas carbónicas, de cadenas orogénicas, tales partículas son de hecho terrígenas.

Las *arenas piroclásticas* son aquellas producidas por explosiones volcánicas, pueden ser depositadas en varios ambientes. Pettijohn (1975) denomina arenas volcanoclásticas a aquellos sedimentos ricos en residuos volcánicos sean verdaderos piroclastos o terrígenos (esto es producido por erosión de regiones volcánicas antiguas).



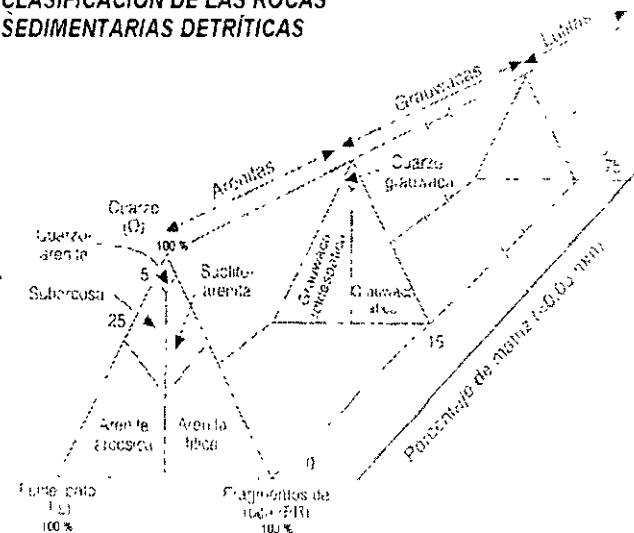
COMPONENTES DE LAS ARENISCAS



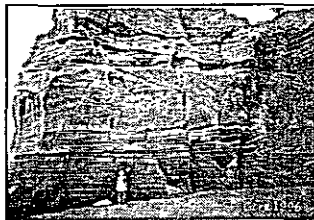
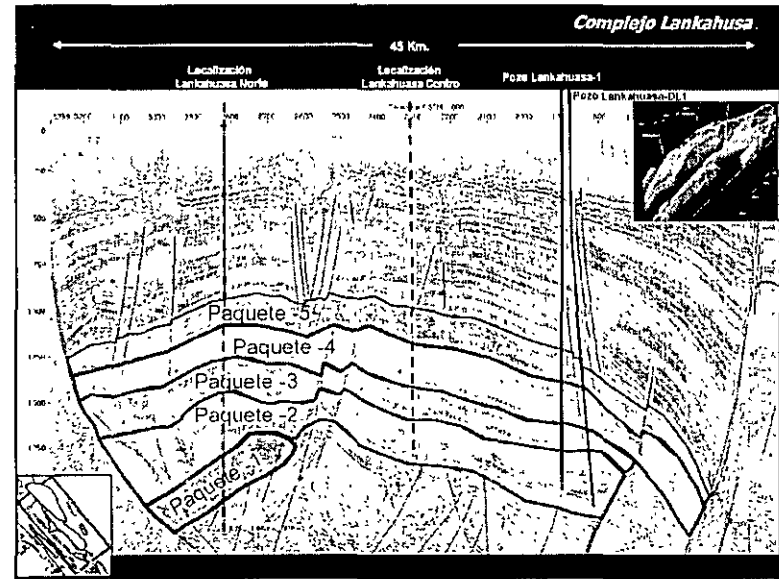
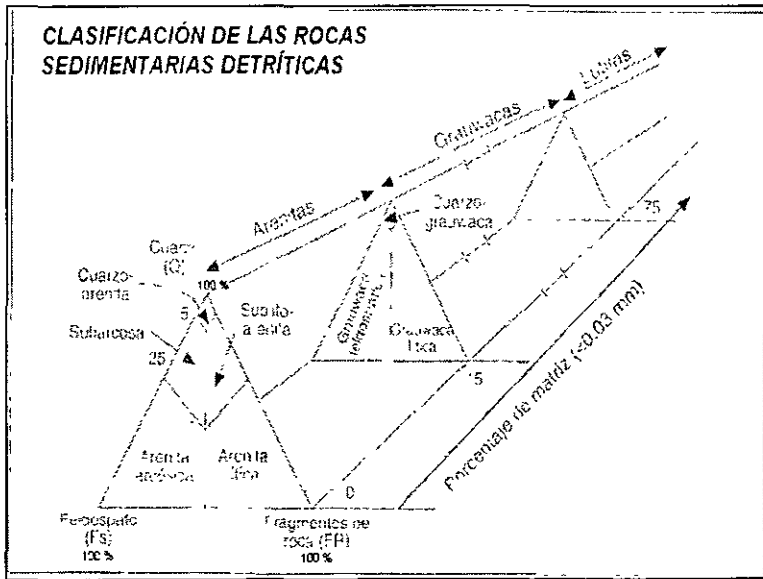
La lista de los minerales detríticos es grande y depende del grado de intemperismo y transporte que sufran tales minerales; sin embargo son pocas las especies encontradas, estas son:

- Cuarzo, Opalo y Calcedonia
- Feldespato
- Fragmentos de roca
- Micas
- Minerales pesados
- Calcita, Dolomita y Siderita
- Minerales arcillosos y otros silicatos
- Colófano

CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS



CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS

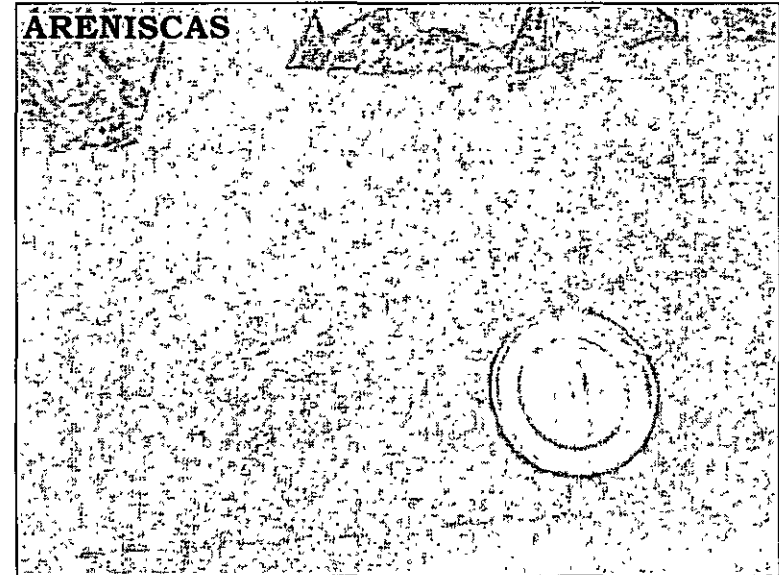


Laminación cruzada en dunas de arena, Bay of Fundy, Nova Scotia, Canada

Las Areniscas por acción eólica comúnmente representan espesores de algunas decenas a pocos cientos de metros.



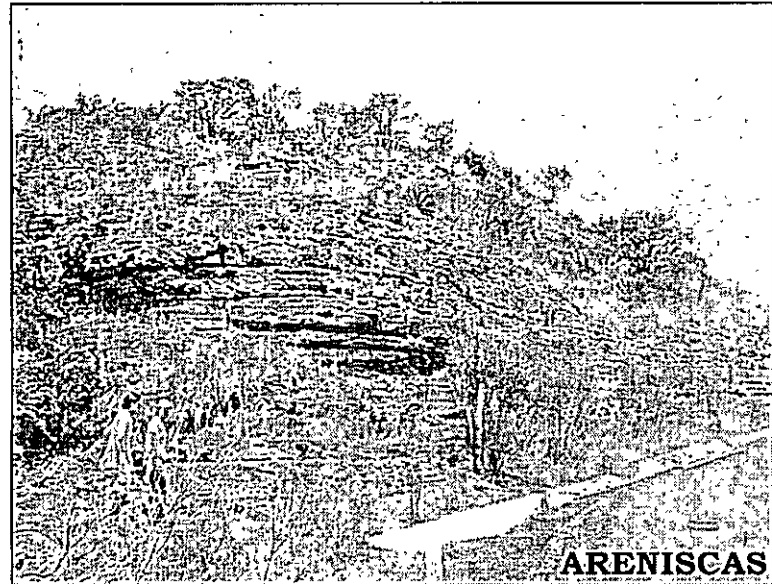
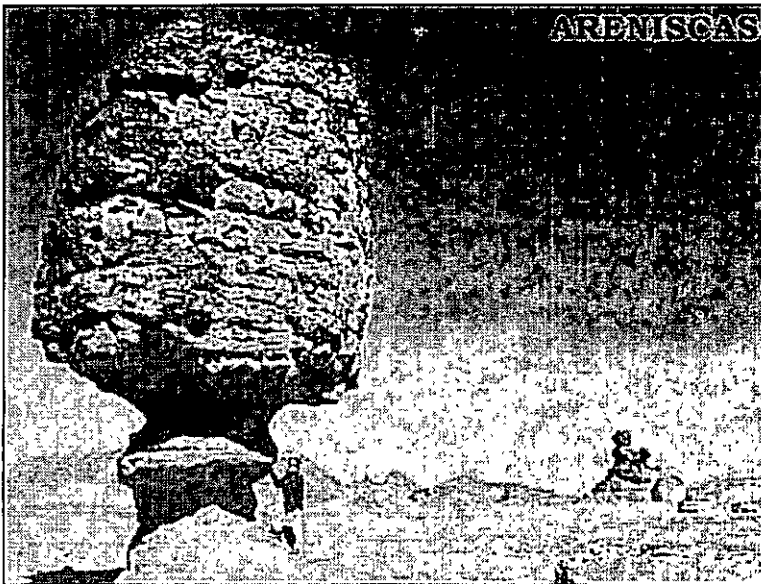
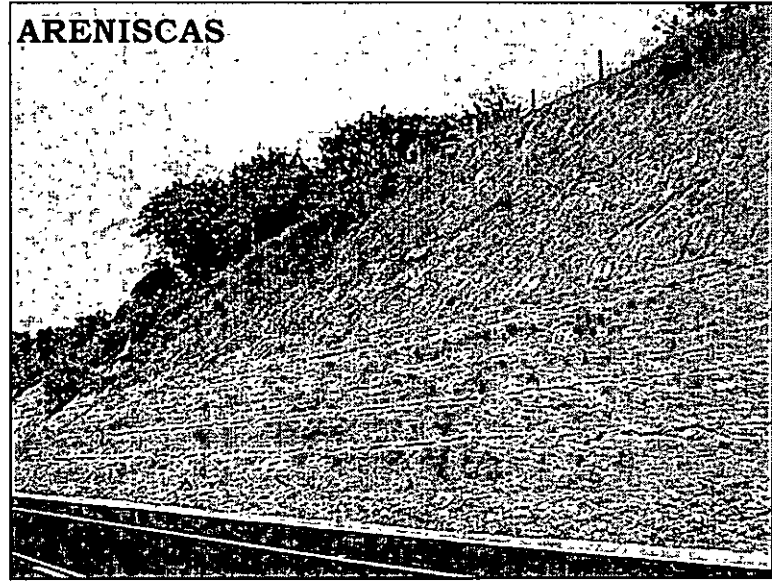
El promedio de los espesores de arenas en las dunas longitudinales, que se extienden hasta varios kilómetros en el terreno están del orden de 10 - 20 mts

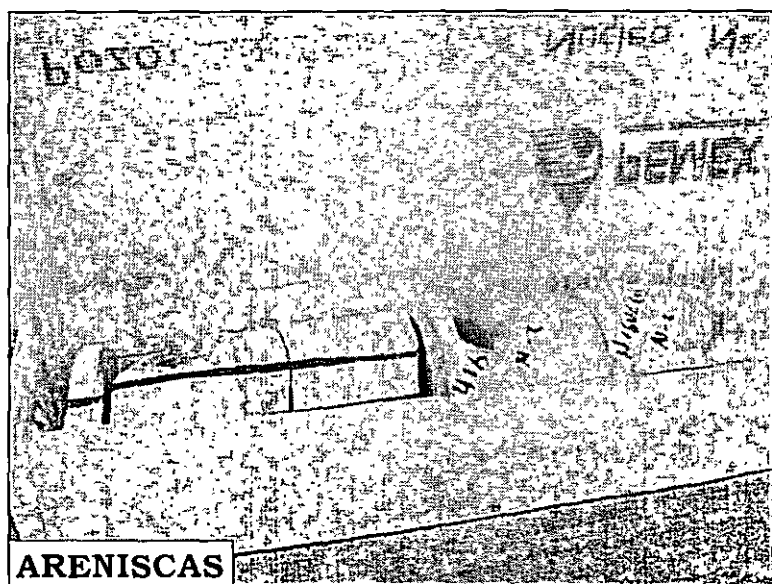
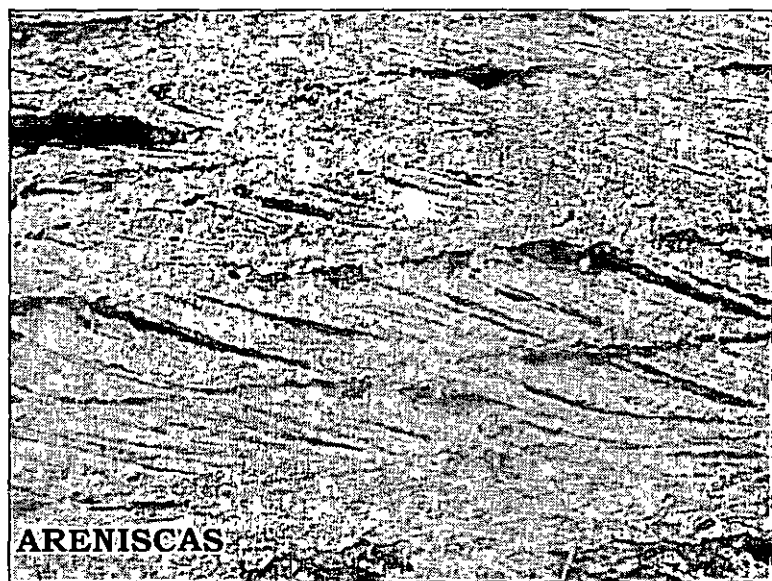


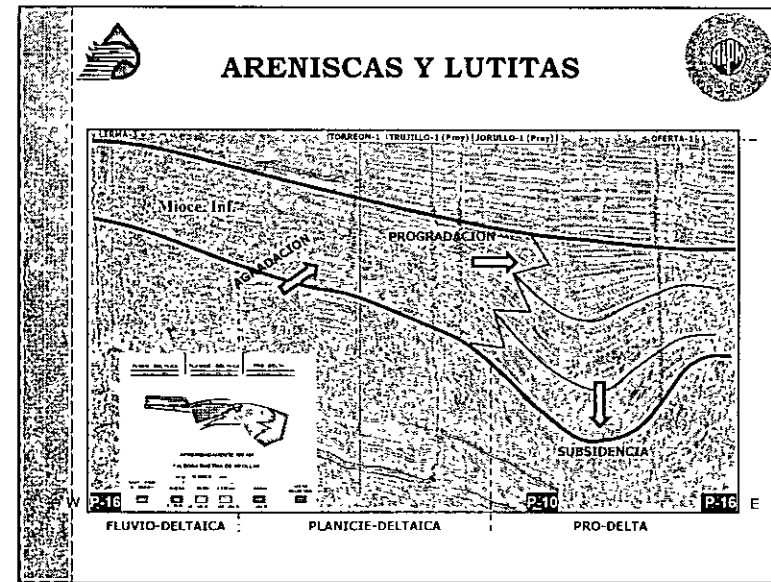
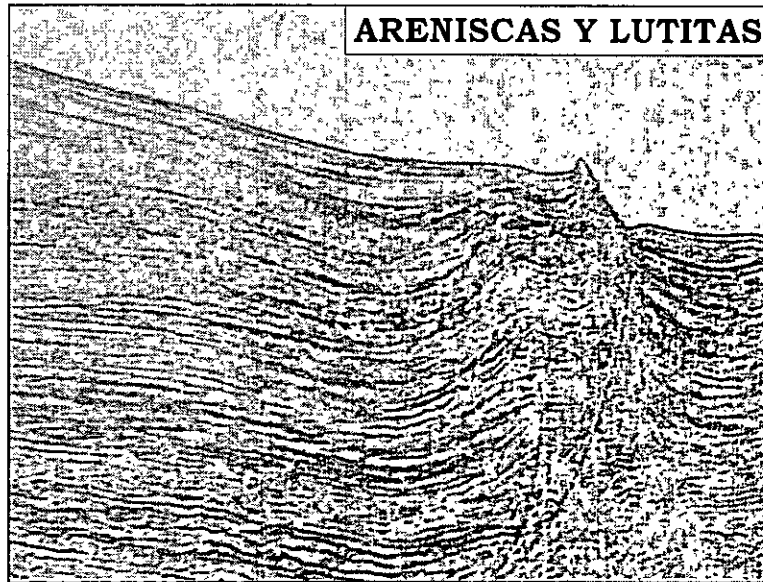
ARENISCAS



ARENISCAS





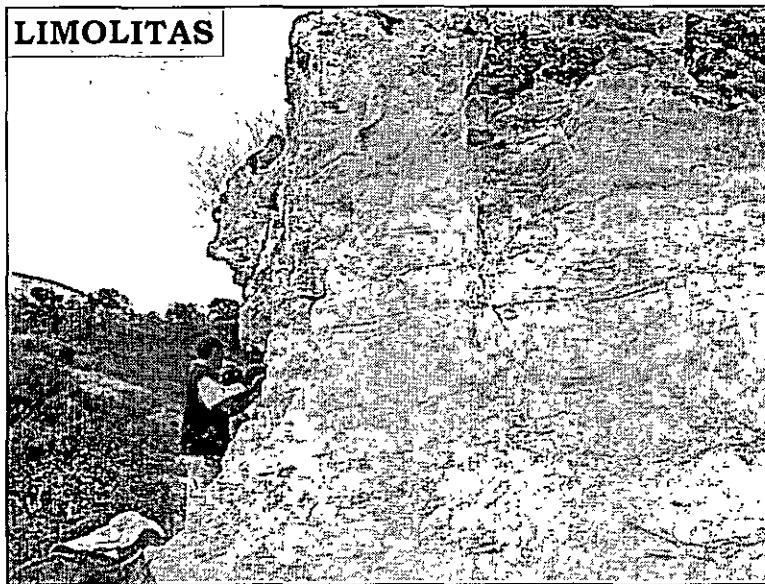
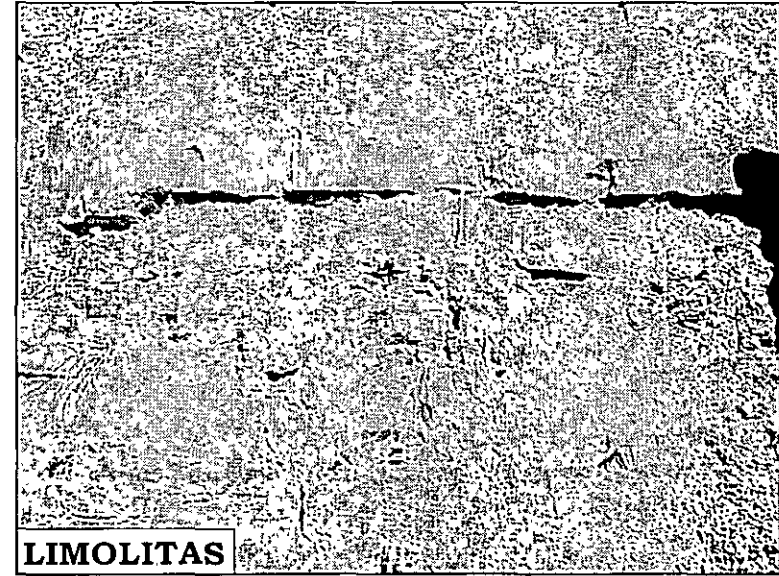
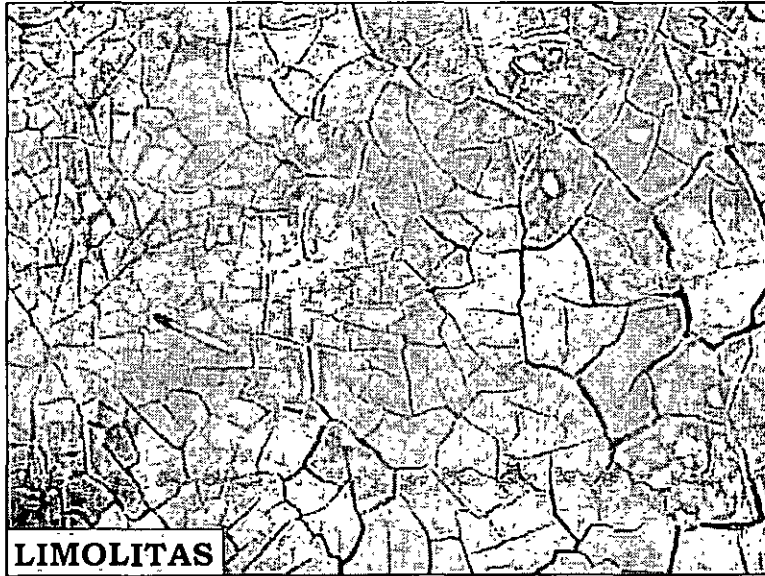



LIMOLITAS Y LUTITAS

Las rocas sedimentarias pelíticas se constituyen principalmente de granos de tamaño menor de 0.002 mm. Estas rocas ocupan del 45 al 55% de todas las rocas sedimentarias. Pueden formarse prácticamente en cualquier zona de sedimentación, en ríos, lagos, deltas y océanos (en las plataformas, en las pendientes continentales y en las fosas oceánicas).


LIMOLITAS

Las *limolitas* ocupan una posición intermedia entre las areniscas de grano más fino y las rocas arcillosas. En general estas rocas se incorporan al grupo de las rocas arcillosas, sus componentes principales son los minerales arcillosos y cuarzo. Existen otros componentes adicionales que pueden ser de significado local como las micas, zeolitas, calcita, dolomita y yeso. Estas rocas son de color amarillo pálido, café, anaranjado, amarillento, gris o verdoso. Los limos, generalmente no son transportados por el viento a causa de sus propiedades desfavorables para poder volar, como su forma laminar, forma de plaquitas, su propiedad electrostática etc., por su alta cohesión en una roca.

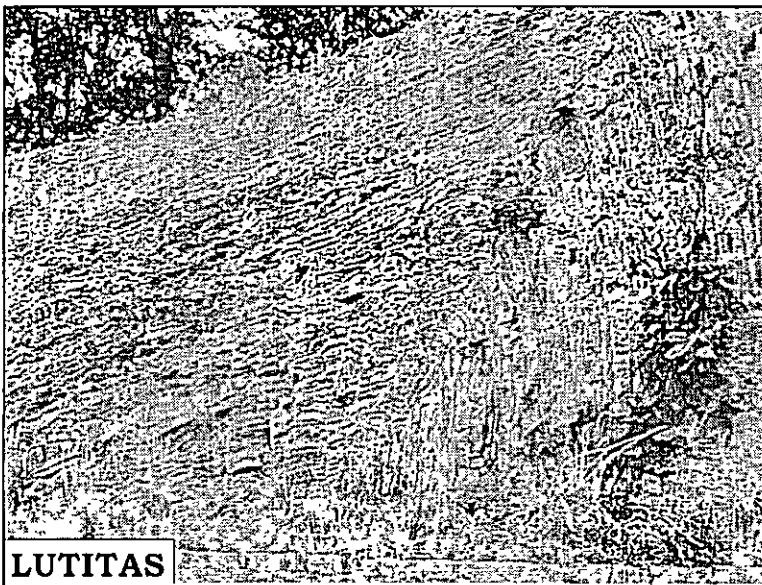
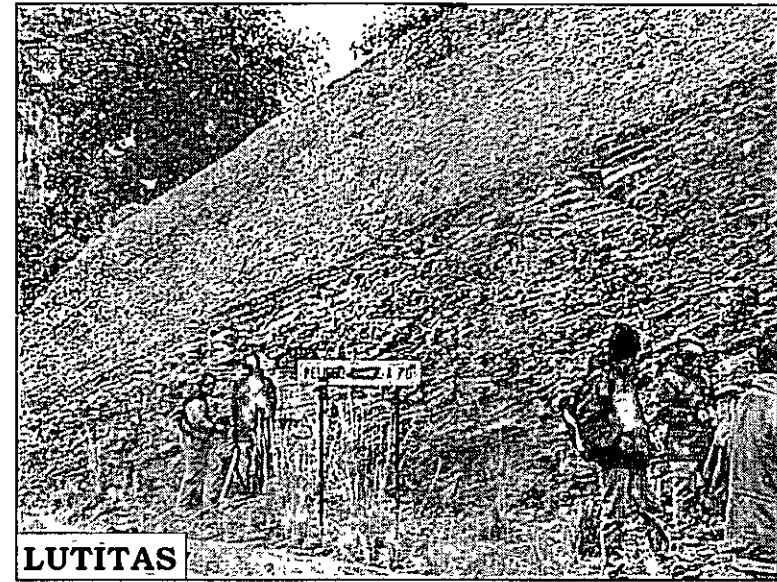
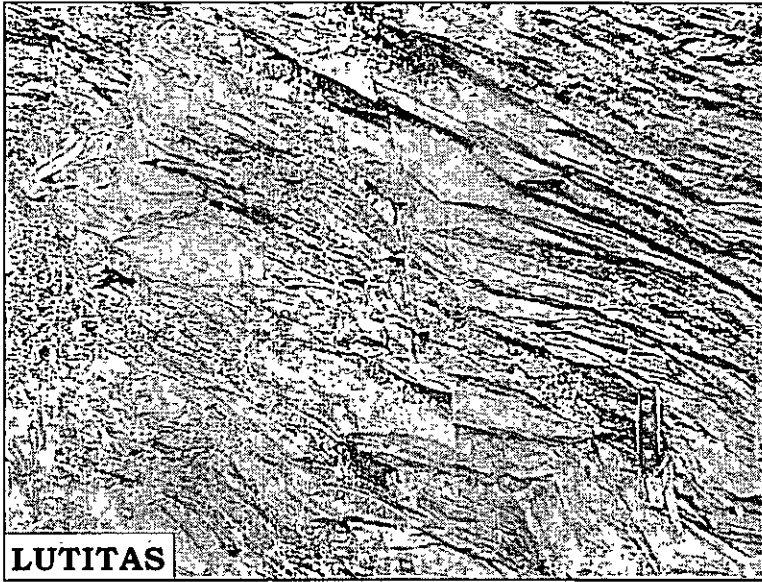




LUTITAS



Las *Lutitas* se componen de minerales arcillosos (grupo de la caolinita, grupo de la montmorillonita, illita, etc.), que se forman en el campo sedimentario (neoformación) y de fragmentos de cuarzo, feldespato y mica. Además contienen componentes adicionales como: hematita, limonita, calcita, dolomita, yeso y algunos sulfuros. Estas rocas son de colores muy variables: gris, verde, rojo, café y negro. Las variedades negras son particularmente ricas en materia orgánica. La lutita es una roca masiva, terrosa, normalmente bien compactada, a menudo contiene fósiles, por ejemplo, foraminíferos, ostracodos, graptolitos y trilobites. Muchas lutitas muestran bioturbación es decir una estructura sedimentaria irregular producida por la acción de organismos excavadores.



Movimiento en la tiza en la tiza

Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad

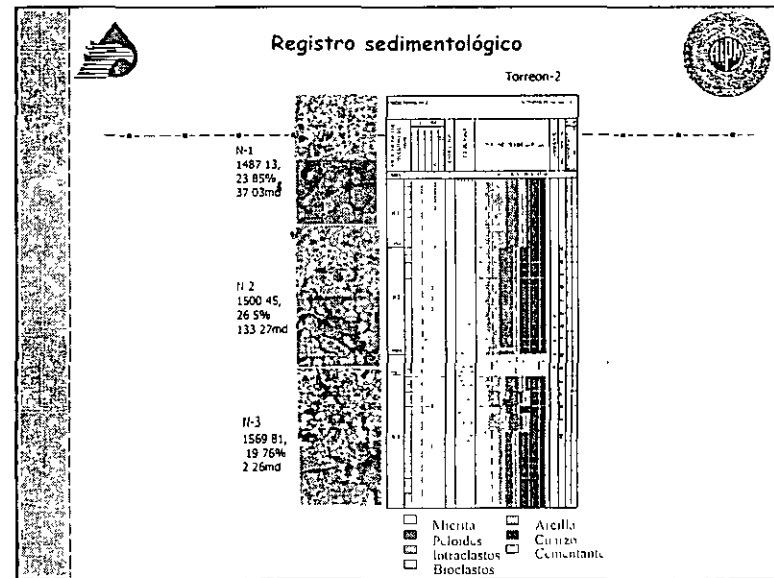
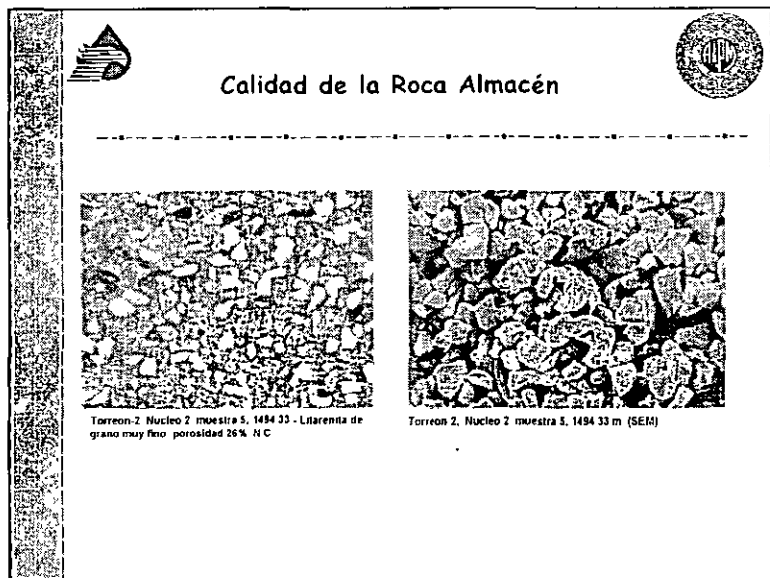
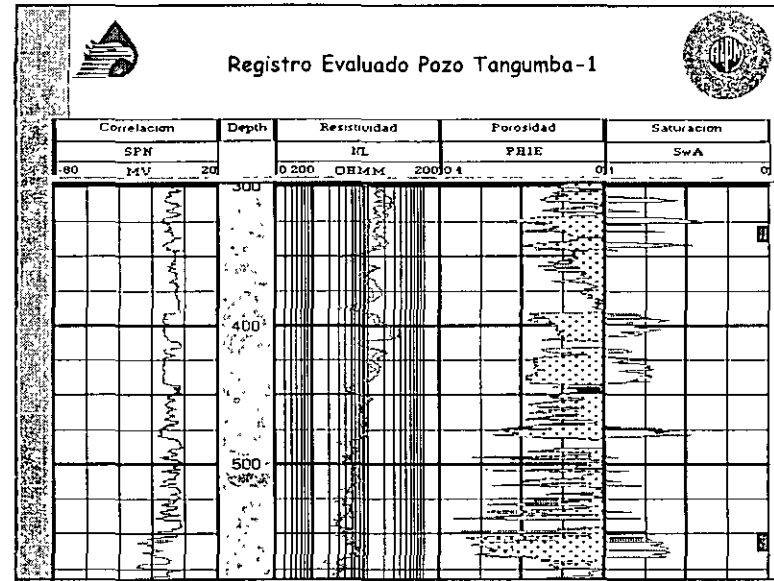
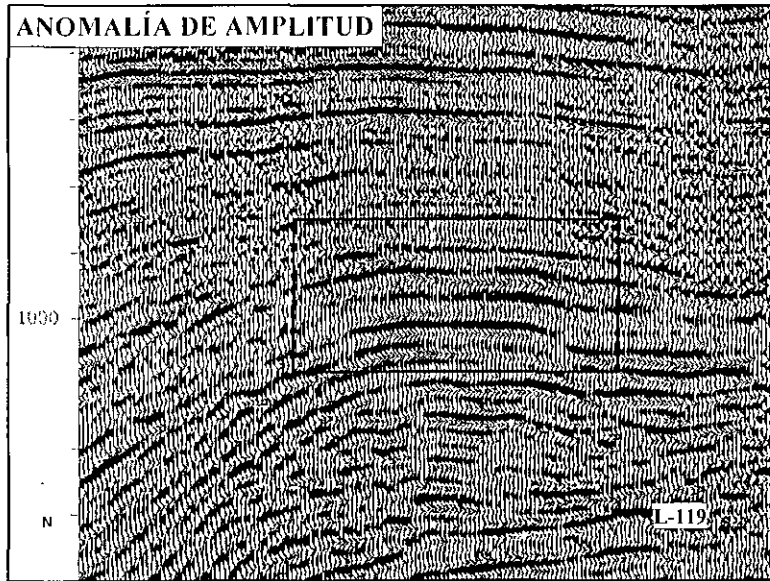
Interconexión de porosidad

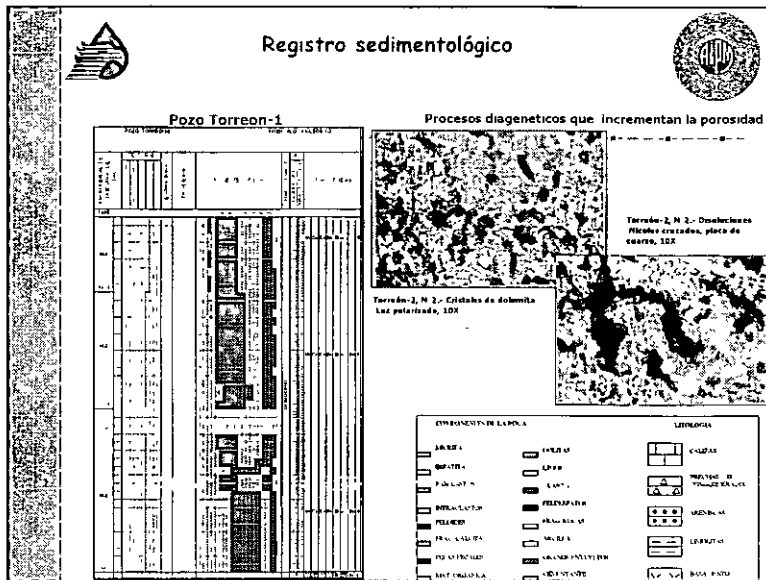
Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad

Porosidad de tipo físico y químico

Porosidad	Porosidad	Porosidad	Porosidad

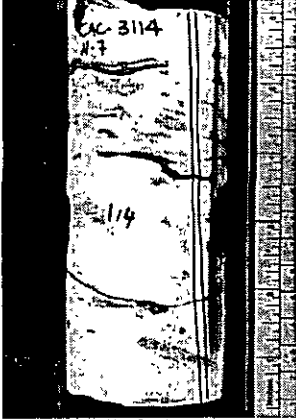
TIPOS DE POROSIDAD






Roca Almacen


Creta intensamente bioturbada (Kan)



Pozo : Cacalileo 3114
Prof : 522.00 m



Litotipo 6



Modificado PEP - DKD 1997

Roca Almacen

Características de las Fracturas Tectónicas

Morfología Fracturas Abiertas
Ocasionalmente Cementadas

Cinemática Fractura de Extension

Echado de Fracturas: 75° - 90°

Relleno: Calcita y Dawsonita

Geometría: Fractura Vertical
contenida en estrato (*Bed Contained*)

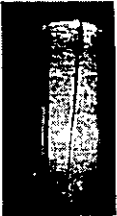

Espesor de Capas en fms. productoras (Ksf y Kan): 20 - 30 cms

Anisotropías: Interestratificación de lutita
Interestratificación de ceniza volcánica

Dirección de Esfuerzo Máximo (σ_1): Vertical

OCASIONALMENTE SISTEMAS CONJUGADOS

NO SISTEMAS CONJUGADOS
NO INDICADORES CINEMÁTICOS DE σ_1 LATERAL

Fracturas en el Pozo
Cacalileo 3114
NG (529.544 m)



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 5

INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETROLEO



ASPECTOS ESTRATIGRÁFICOS

OBJETIVO

Conocer, describir e interpretar las principales características de las secuencias de roca estratificadas de origen sedimentario, con interés petrolero.



ESTRATIGRAFÍA

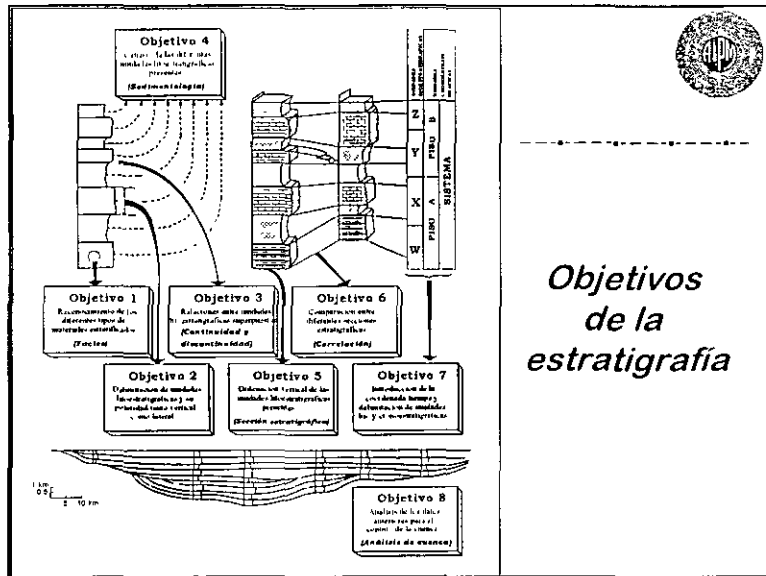
El término estratigrafía, del latín *stratum* y del griego *graphia*, alude etimológicamente a la “ciencia que trata de la descripción de las rocas estratificadas”.

La estratigrafía es la ciencia que trata del estudio e interpretación de los estratos (de cualquier roca); sus relaciones espaciales, en sentido vertical y horizontal (correlación de las unidades estratigráficas) y sus relaciones temporales (edad de la roca).



Objetivos de la estratigrafía

- Identificación de los materiales.
- Delimitación de unidades litoestratigráficas.
- Ordenación relativa de las unidades (secciones estratigráficas).
- Interpretación genética de las unidades.
- Levantamiento de secciones estratigráficas.
- Correlación.
- Introducción de la coordenada tiempo.
- Análisis de cuencas.



Objetivos de la estratigrafía

Estrato

Se puede definir el estrato como:

Un nivel (un cuerpo generalmente tabular) de roca o sedimento, con litología homogénea o gradacional, que se depositó durante un intervalo de tiempo definido.

Para que sea considerado como estrato debe tener un espesor mayor o igual a 1 cm.

Aspectos fundamentales de la Estratigrafía

Estudio de las rocas como estratos, es decir, la sucesión en la formación de las rocas.

Orden y condiciones de formación de los estratos y también de la correlación entre unidades establecidas en distintas áreas de una cuenca.

Conocimiento detallado de la naturaleza de las rocas (litología, propiedades geoquímicas y geofísicas), geometría y disposición tridimensional, así como su contenido fósil. A partir de lo anterior se puede deducir su génesis.

PRINCIPIOS DE LA ESTRATIGRAFÍA

El Escocés James Hutton a finales del siglo XVII publicó su Theory of the Earth "Teoría de la Tierra", en su trabajo estableció algunos de los principios estratigráficos. Hutton citó con sumo cuidado observaciones de campo y sus experimentos de laboratorio, de tal manera que estos le ayudaron a poder proponer y sustentar algunos de estos principios.



Principios Fundamentales de la Estratigrafía



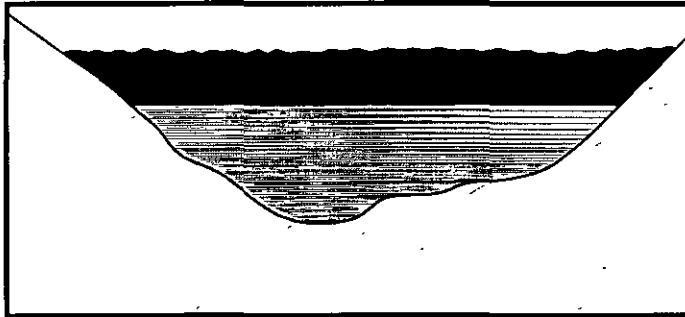
- « Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos.
- « Principio de la superposición
- « Principio del uniformismo o actualismo.
- « Principio de la sucesión faunística o de la correlación.
- « Principio de la simultaneidad de eventos
- « Principio de la intersección ó corte y truncamiento.



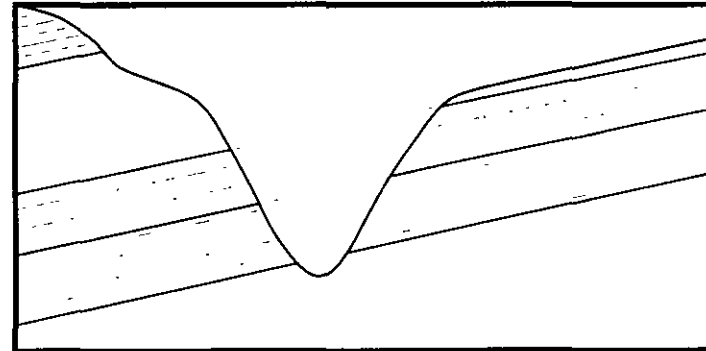
Principio de la horizontalidad original y continuidad lateral de los estratos



Determina que los estratos en el momento de su depósito son horizontales y paralelos a la superficie de depósito (horizontalidad original) y que quedan delimitados por dos planos que muestran continuidad lateral.



La figura muestra que cuando se inicia el depósito, la estratificación es paralela a la superficie o fondo y al proseguir el depósito, las irregularidades tendrán a emparejarse y la estratificación tiende a aproximarse a la horizontal.



La figura muestra como existe una continuidad de los estratos, aunque estos presenten una interrupción por erosión.



PRINCIPIO DE LA HORIZONTALIDAD ORIGINAL Y CONTINUIDAD LATERAL (STENO, 1669).



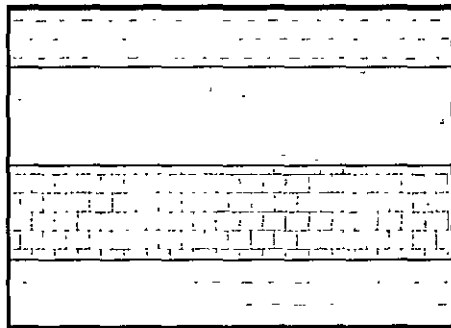
DETERMINA QUE LOS ESTRATOS EN EL MOMENTO DE SU DEPÓSITO SON HORIZONTALES Y PARALELOS A LA SUPERFICIE DE DEPÓSITO (HORIZONTALIDAD ORIGINAL) Y QUE QUEDAN DELIMITADOS POR DOS PLANOS QUE MUESTRAN CONTINUIDAD LATERAL



Principio de la superposición



Establece que en una sucesión de estratos los más bajos (inferiores) son los más antiguos y los más altos (superiores) los más modernos. Se aplica a los materiales estratificados en los que la deformación tectónica posterior a su depósito no implique la inversión de estratos.



Rocas más jóvenes

Rocas más viejas

La figura muestra como los estratos superiores son mas recientes que los estratos inferiores.



PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN (NICOLAS STENO, 1669).



ESTABLECE QUE EN UNA SUCESIÓN DE ESTRATOS LOS MÁS BAJOS SON LOS MÁS ANTIGUOS Y LOS MÁS ALTOS SON LOS MÁS MODERNOS.



EL PRINCIPIO ES BÁSICO PARA LA ORDENACIÓN TEMPORAL DE LOS ESTRATOS (O CONJUNTO DE ESTRATOS) SUBHORIZONTALES Y SE PUEDE APLICAR A LOS MATERIALES ESTRATIFICADOS EN LOS QUE LA DEFORMACIÓN TECTÓNICA POSTERIOR A SU DEPOSITONO IMPLIQUE LA INVERSIÓN DE ESTRATOS.



Principio del uniformismo o actualismo



Dice que los procesos que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Tierra han sido uniformes (uniformismo) y semejantes a los actuales (actualismo).

Se deben hacer algunas consideraciones al aplicar dicho principio, ya que los procesos no son totalmente uniformes, sino que han cambiado en el ritmo e intensidad, y además hay factores no repetibles como los organismos que han ido cambiando, de manera lineal y no cíclica.



Principio de la sucesión faunística o de la correlación



Consiste en admitir que en cada intervalo de tiempo de la historia geológica (representado por un conjunto de estratos o por formaciones), los organismos que vivieron y, que por tanto se pudieron fosilizar fueron diferentes y no repetibles.

Los fósiles permiten establecer correlaciones (comparaciones en el tiempo) entre materiales de una misma edad de contextos geográficos muy distantes ya que muchos de los organismos tenían una extensión horizontal prácticamente mundial

Perfil A



Perfil B



Perfil C



Perfil D



joven

antiguo

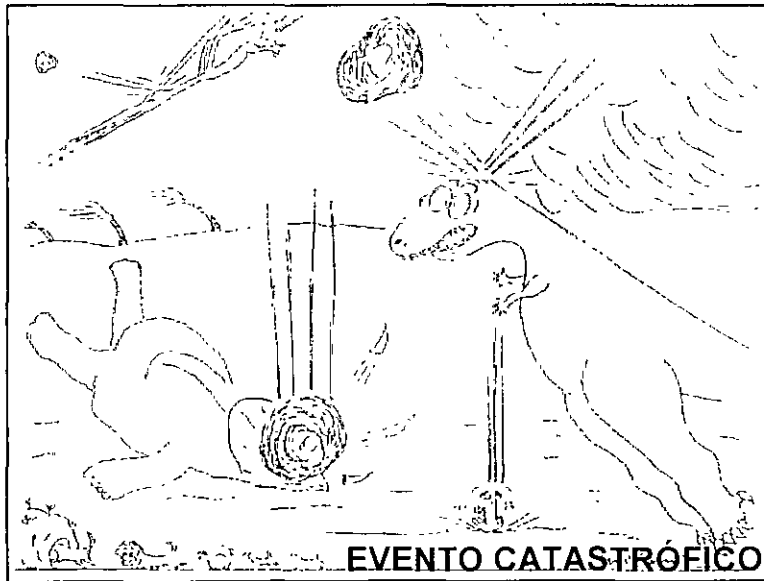
Las columnas geológicas muestran semejanza en el orden definido (fósiles y litología), y los fósiles son determinables; debido a esto podemos correlacionarlos.



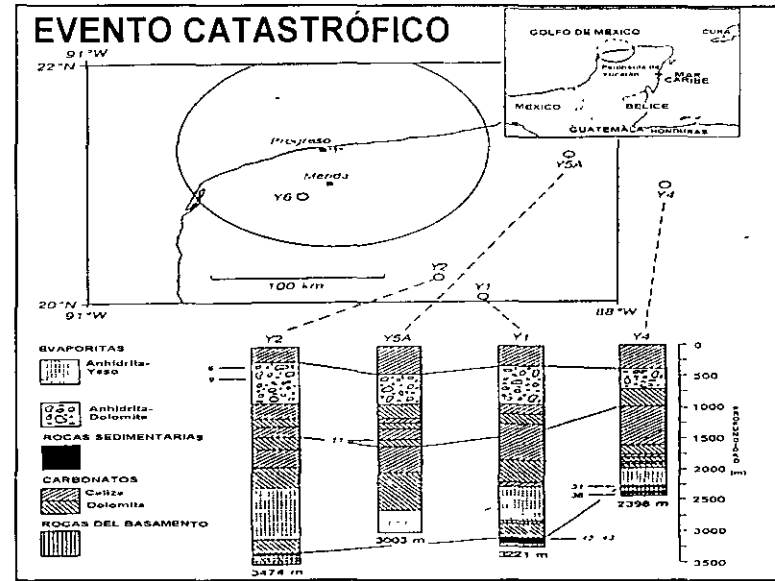
Principio de la simultaneidad de eventos



Se basa en la doctrina del "catastrofismo actualista", consiste en aceptar que en la naturaleza ocurrieron en tiempos pasados fenómenos normales como los vemos en la actualidad pero además otros raros y eventuales (ocasionales) que mayoritariamente coinciden con las grandes catástrofes.

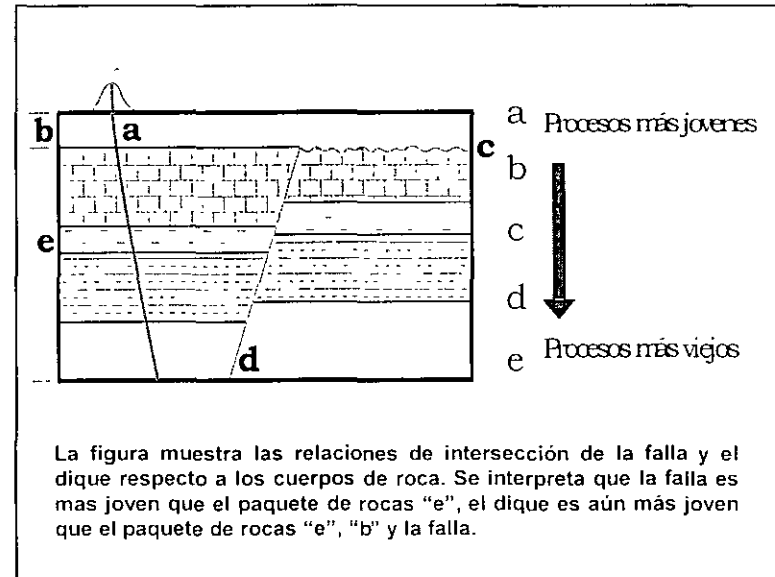


EVENTO CATASTRÓFICO



Principio de intersección ó corte y truncamiento

Cuando una falla desplaza una secuencia de rocas, o cuando el magma intrusión y cristaliza en el interior de la corteza terrestre, podemos suponer que la falla o intrusión es más joven que las rocas afectadas; a esta suposición se le conoce como el principio de intersección o corte y truncamiento. Este principio nos ayuda a determinar la sucesión de eventos en una región donde las rocas han sido falladas o intrusionadas.



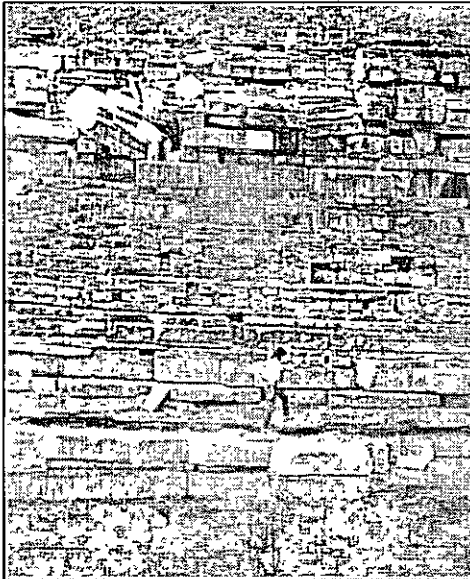


ESTRATIFICACIÓN

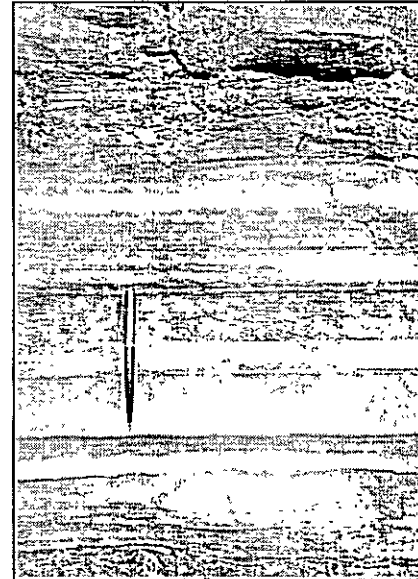
La estratificación es la disposición en estratos de los materiales depositados.

Se consideran como estratos si tienen un espesor mínimo es de un cm.

ESTRATIFICACIÓN



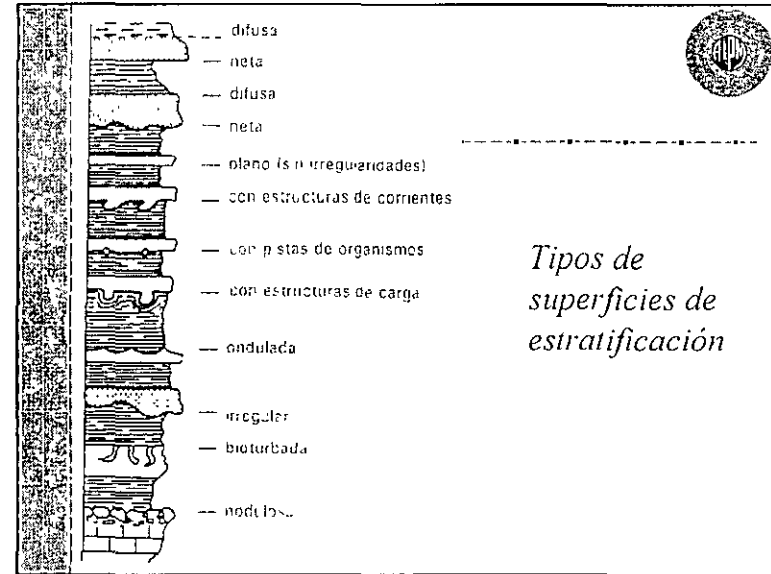
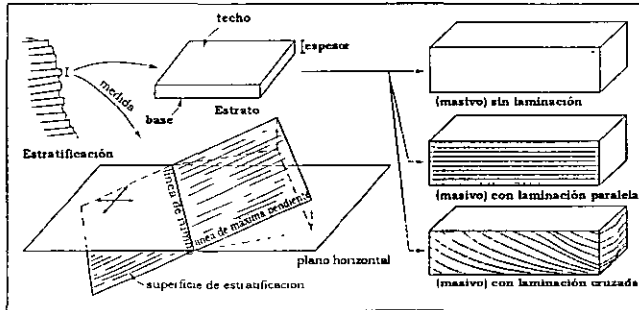
La Fotografía muestra rocas estratificadas con espesores diferentes. Formación San Felipe, en Ciudad Valles, San Luis Potosí.



Fotografía que muestra estratos con laminación interna, los cambios de color indican un cambio de composición. Formación Atotonilco el Grande, en Amajac Estado de Hidalgo

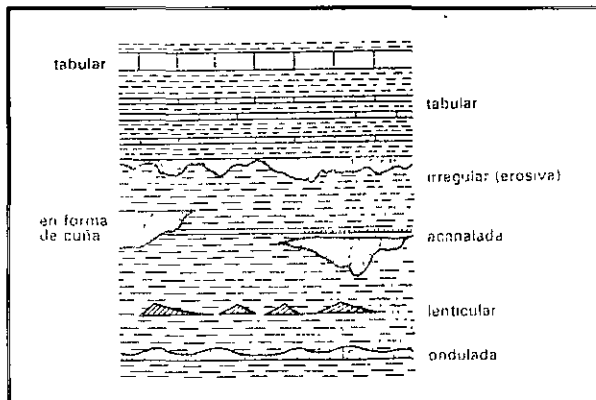
Rasgos de los estratos

Se marcan el techo, el piso, el espesor, los posibles ordenamientos internos y la medida de su posición espacial (rumbo y echado).



Tipos de superficies de estratificación

Geometría de los estratos



La escala del tiempo geológico

OBJETIVO

Conocer la importancia del tiempo Geológico en la historia de la Tierra y su relación con eventos importantes en el ámbito petrolero.



La escala del tiempo geológico

Los procesos geológicos ocurren tan lentamente, que los instrumentos que usamos los humanos cotidianamente para medir el tiempo (relojes, calendarios, etc.) no son apropiados.

Por esta razón los geólogos han ido desarrollando una escala de tiempo basada en eventos geológicos globales, que se utiliza como marco de referencia temporal en la geología.



La escala del tiempo geológico

Los procesos geológicos ocurren lentamente y consecuentemente tienen en la mayoría de los casos larga duración.

La *Línea del tiempo geológica-evolutiva* determina los procesos de evolución que han acontecido a través del tiempo, indicando los eventos más relevantes de la historia de la Tierra y su evolución.



La escala del tiempo geológico

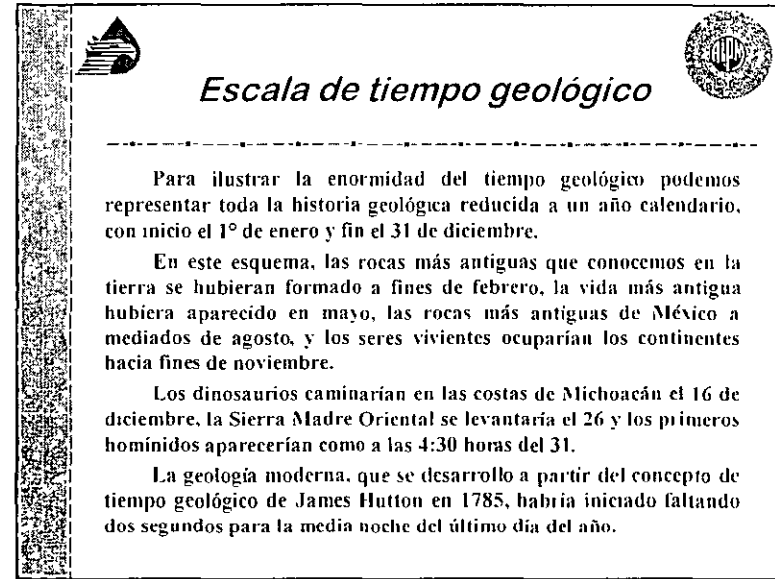
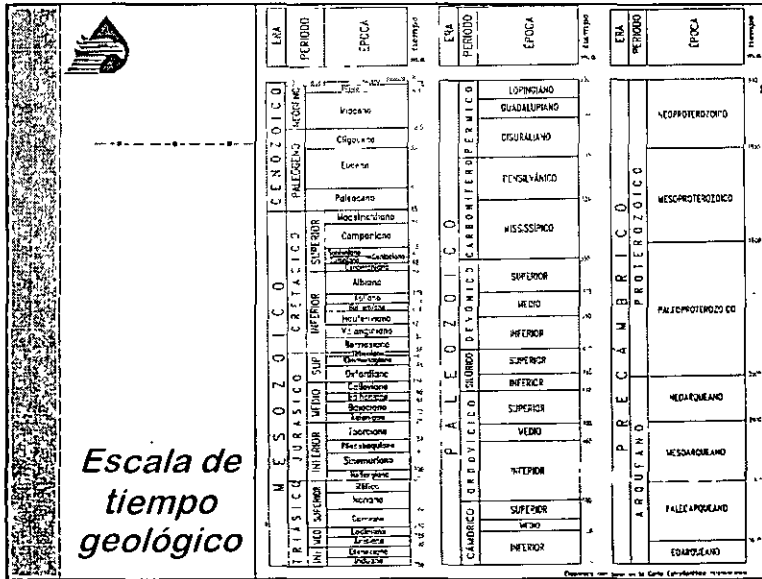
La escala de tiempo geológico está dividida en cinco Eras cuya etimología griega se refiere a cinco etapas en el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Las Eras son subdivididas en Periodos y estos a su vez en Épocas.

Considerando que la Tierra se formó hace más o menos 4,600 millones de años, el Arqueozoico y el Proterozoico, juntos denominamos Precámbrico, constituyen alrededor del 85% de la edad de la Tierra. El 15% restante corresponde al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico



Escala de tiempo geológico

Edad (M.a.)	Era	Periodo
0 - 0.01	Cenozoico	Cuaternario
0.01 - 1.8		Neogeno
1.8 - 5.3		Paleogeno
5.3 - 23.7	Mesozoico	Cretácico
23.7 - 36.6		Jurásico
36.6 - 57.8		Triásico
57.8 - 66.4		Pérmico
66.4 - 144	Paleozoico	Carbonífero (Missisipico)
144 - 208		(Pensilvánico)
208 - 245		Devónico
245 - 286		Silurico
286 - 360		Ordovícico
360 - 408	(Proterozoico)	Cámbrico
408 - 438		
438 - 505	Precámbrico	
505 - 570		(Arqueozoico)
570 - 2500		
> 2500		





ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 6

INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

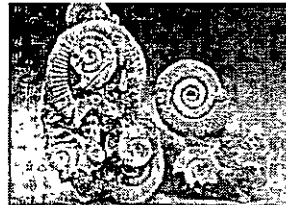


OBJETIVO

Reconocer los principales grupos de fósiles y microfósiles, y su aplicación en la prospección e industria de hidrocarburos.

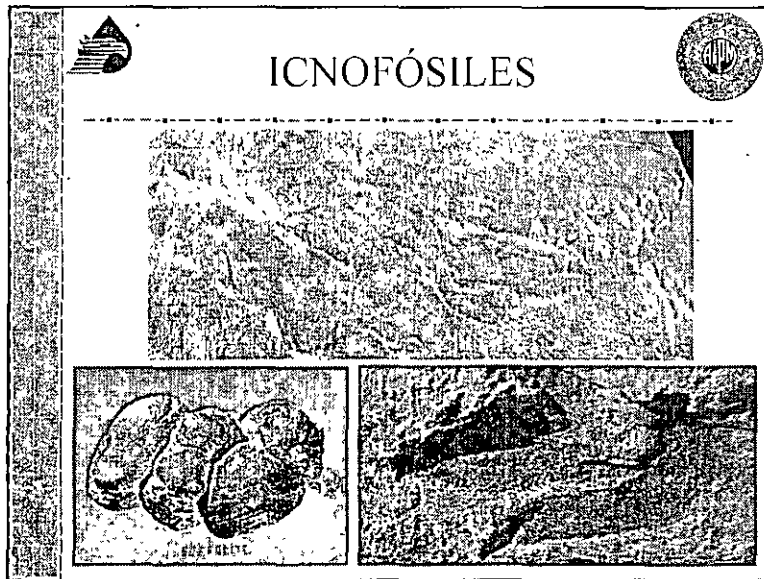


LOS FÓSILES Y SU IMPORTANCIA



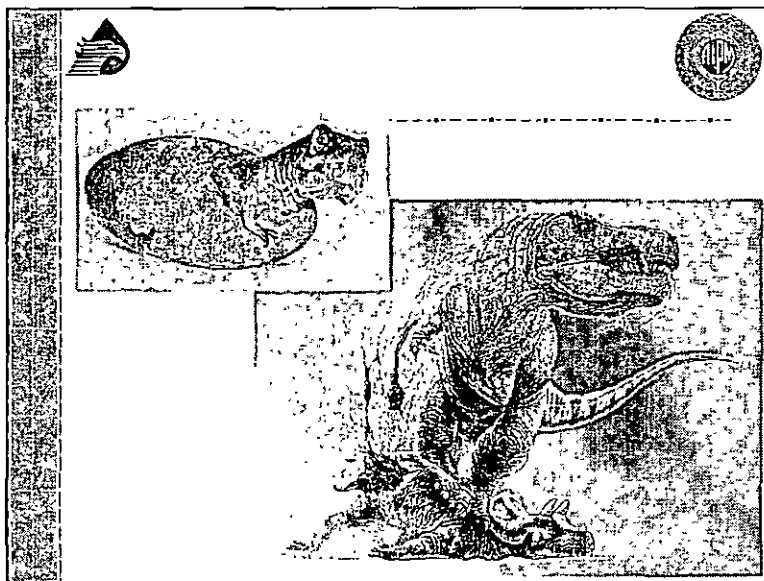
FÓSILES

- ❏ Cualquier resto de organismo que haya vivido en el pasado, y que se haya conservado hasta nuestros días se conoce como **fósil**
- ❏ Los primeros en establecer una relación entre los fósiles con los seres vivos fueron los griegos (S VI y IV a.C.). Sin embargo, mucha de la información se encuentra mezclada en leyendas y mitos.



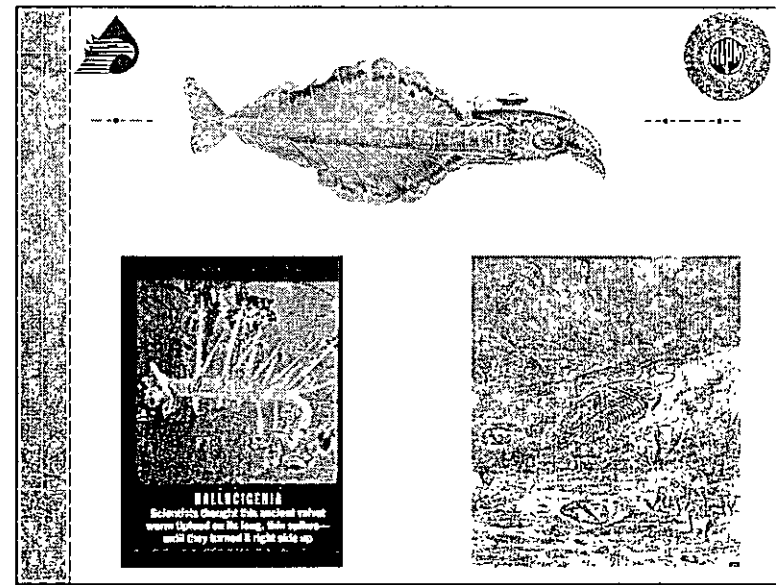
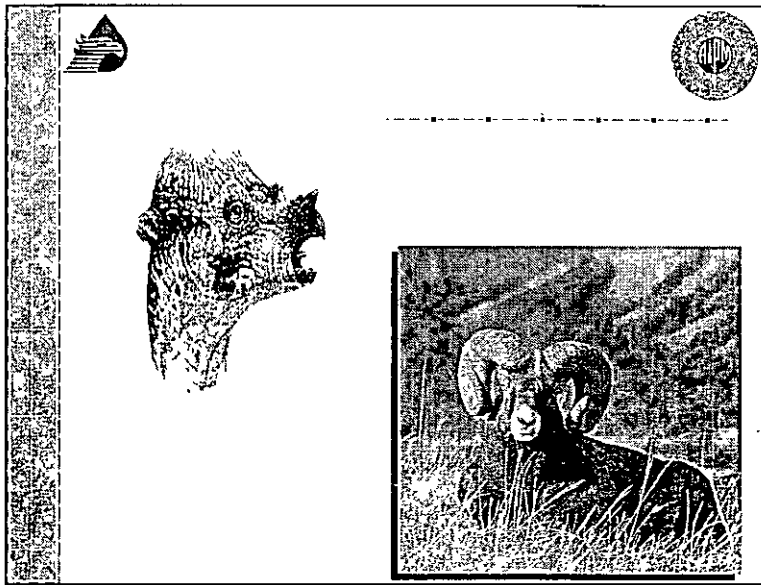
IMPORTANCIA DE LOS FÓSILES

- ∞ Los fósiles son importantes por razones “sociales” y científicas.
- ∞ Su significado en la sociedad varía:
 - A) Objetos folclóricos.
 - B) Objetos de ornato
 - C) Pasatiempos.
 - D) Valor económico.
 - E) Moda.
 - F) Materia Orgánica
 - G) Fechamientos
 - H) Ambiente sedimentario



Los fósiles como organismos VIVOS

- ∞ La clave para entender la naturaleza de los fósiles es visualizarlos como seres vivos.
- ∞ Esto quiere decir que presentaban ciertas conductas, adaptaciones, relaciones con otros organismos y con el medio ambiente.
- ∞ El uniformitarismo taxonómico asume que para el estudio de los organismos modernos es vital para entender a los organismos fósiles.



¶ Para que un ser vivo se transforme en fósil, necesita atravesar una serie de procesos fisicoquímicos conocidos –en conjunto– como fosilización.

¶ El estudio de estos procesos se conoce como tafonomía.

¶ Estos procesos abarcan desde la muerte del organismo hasta su descubrimiento posterior como fósil.

LIFE

- Natural life cycle
- Interaction with environment and other organisms

DEATH

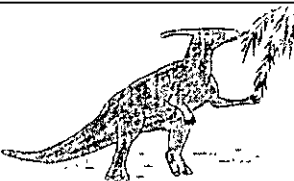



- Predators
- Illness
- Natural causes
- Environmental change

PRE-BURIAL

- Disarticulation
- Scavengers
- Wind and water transport

POST-BURIAL

- Diagenesis
- Exceptional preservation of soft parts
- Preservation of hard parts

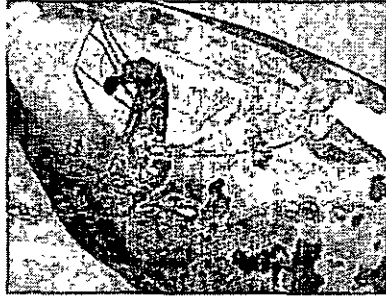


TIPOS DE FOSILIZACIÓN



≡ RESTOS ORIGINALES "SIN ALTERAR"

- Congelamiento
- Ámbar



PERMINERALIZACIÓN



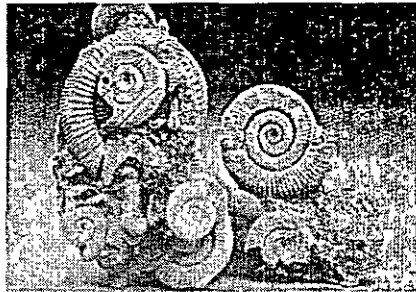
Cuando el material es poroso (como ocurre con las maderas y con los huesos), el agua que se encuentra alrededor de su depósito puede infiltrarse en los poros. El agua puede llevar disueltas diversas sustancias como sílice o carbonato de calcio, las cuales precipitan y "rellenan" estos poros.



REEMPLAZAMIENTO



En este caso, la materia orgánica original es sustituida por minerales y sedimentos (calcificación, silicificación, piritización).



CARBONIZACIÓN



Cuando el organismo muere, las partes volátiles de la materia orgánica se dispersa dejando un residuo de carbón, que forma una especie de "película" en algunas rocas sedimentarias.





FACTORES QUE PERMITEN LA FOSILIZACIÓN



FACTORES BIOLÓGICOS

1. Los organismos deben de tener partes duras.
2. Los organismos deben de ser abundantes.

FACTORES GEOLOGICOS

3. Los restos de los organismos deben de acumularse en un área de sedimentación constante.
4. Rápida sedimentación para evitar la destrucción de los restos.



5. Sedimentos finos.

6. El depósito de los restos debe de hacerse en cierta profundidad, que impida la acción del intemperismo y de la erosión.

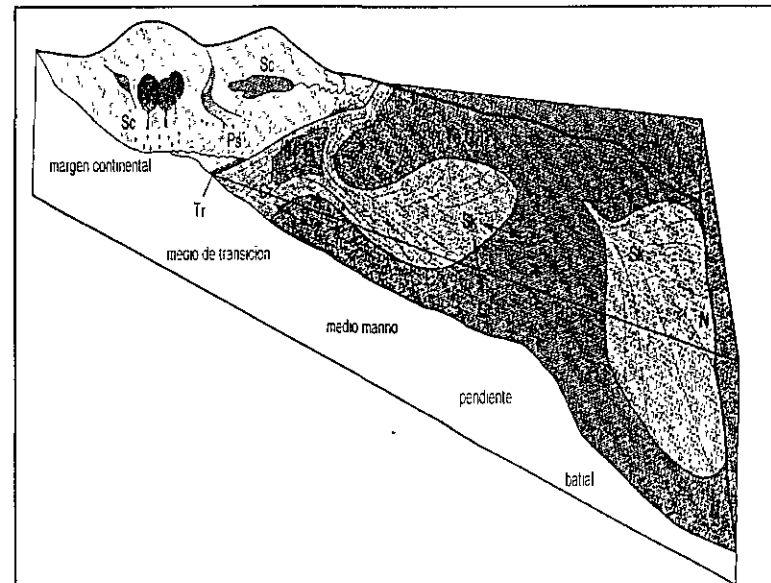
7. Si los procesos anteriores no los han destruido, entonces deben de permanecer enterrados sin que afloren por efecto de la erosión.



FÓSILES Y PALEOAMBIENTES



- Los seres vivos se encuentran sujetos a una serie de factores ambientales para su supervivencia, por lo tanto, es posible deducir que condiciones imperaban en el pasado a partir de los fósiles.
- Los icnofósiles son también herramientas útiles para deducir las condiciones que imperaban en el medio ambiente.





MICROPALEONTOLOGÍA



- La Micropaleontología estudia todos aquellos organismos –o partes de éstos- que midan menos de un milímetro.
- Los grupos de microfósiles pertenecen a varias categorías: protozoarios, animales, plantas, hongos o bacterias.
- Debido a su tamaño, son eficaces en la industria debido a que las máquinas de perforación no los destruyen.
- La primera vez que se utilizan con el objeto de obtener edades fue en 1900 en California; en 1930 se establecen las bases para correlacionar e identificar biozonas, y en la década de 1940 los análisis micropaleontológicos se vuelven rutinarios.
- Los microfósiles tienen dos aplicaciones básicas: en Bioestratigrafía y en el Análisis Paleoambiental.



ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL



- Consiste en establecer las condiciones del ambiente en el momento en que se realizó el depósito de los sedimentos, basándose en los fósiles.
- Las condiciones que se determinan son: cantidad de oxígeno, tipo de sustrato, salinidad, temperatura, etc. En estudios con impacto económico se buscan datos con respecto a la paleobatimetría y la paleotectónica.
- Los grupos que más se utilizan en este tipo de análisis son los foraminíferos bentónicos, además de radiolarios, diatomeas, ostrácodos y moluscos.



EJEMPLOS DE APLICACIONES



- Las sucesiones verticales de los conjuntos de microfósiles reflejan los cambios en las batimetrías, por lo cual es posible inferir las condiciones tectónicas en una provincia petrolera.
- Los fósiles se utilizan para fechar estratos superiores o inferiores a los de interés, y para determinar las direcciones de movimientos a lo largo de fallas que cubren a estos estratos.
- Con ayuda de microfósiles se pueden fechar depósitos de minerales conocidos y utilizar estos datos en áreas explotadas.



FORAMINÍFEROS



- Protistas con una concha de carbonato de calcio, aunque pueden tener en su concha sedimentos (Textularinae) o aragonita.
- La mayoría son marinos, aunque algunos pocos son dulceacuícolas, miden de 50 a 400 micras, aunque pueden existir mayores.
- Conforman el 2.5% de las especies de organismos descritos.
- Los primeros registros de foraminíferos se remontan al Cámbrico.



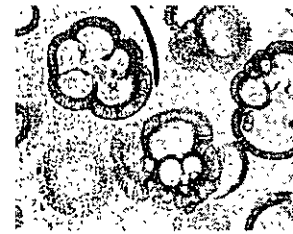
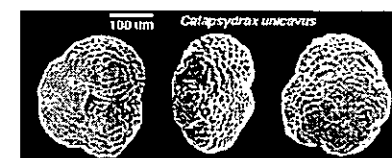
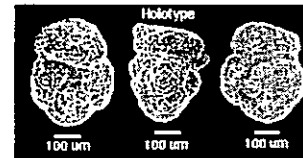
FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS



- Los primeros registros son del Jurásico y básicamente son formas simples y pequeñas.
- En el Cretácico sufren una radiación evolutiva, convirtiéndose a partir de este momento en un importante componente del plancton.
- Existen registros de 40 géneros y al menos 400 especies de este periodo de tiempo
- Actualmente existen 30 especies, agrupadas en dos familias: Globigerinidae (formas espinosas) y Globorotalidae (formas no espinosas).



FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS



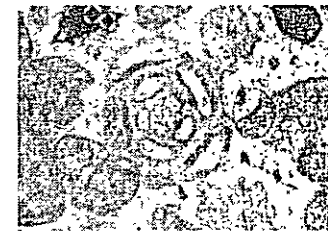
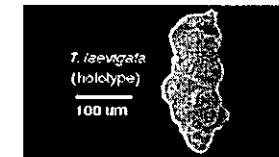
FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS





- Generalmente habitan en o cerca de la interfase agua-sedimento
- Pueden ser móviles o sésiles –temporales o permanentes-
- Se subdividen en dos grupos micro y macro, los macro no se utilizan mucho en trabajos de prospección petrolera
- En algunos casos, los foraminíferos bentónicos pueden utilizarse en trabajos de bioestratigrafía.
- Las formas más antiguas poseen una concha pseudoquitinosa y aglutinada, y pertenecen al Cámbrico





FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS








- ⌘ Los foraminíferos con conchas calcáreas microgranulares abundan en el Paleozoico.
- ⌘ Durante el Cenozoico existe una diversidad mayor de formas con conchas perforadas y hialinas.
- ⌘ La distribución de los foraminíferos está determinada por varios factores ambientales, como la temperatura, la profundidad o la salinidad
- ⌘ Es posible identificar a los conjuntos de foraminíferos que se encuentran en cada nivel marino; cada biofacie es recurrente en el tiempo, por lo que es posible extrapolar lo que observamos actualmente en el pasado



NANNOPLANCTON (COCOLITOFÓRIDOS)

- ⌘ Los cocolitofóridos pertenecen a un grupo de algas doradas, biflageladas y unicelulares
- ⌘ Marinos; existe una mayor diversidad de especies en los trópicos, la cual va decreciendo conforme se acerca a los polos
- ⌘ Están formados por pequeñas placas de calcita conocidas como cocolitos
- ⌘ Cada especie posee un tipo característico de cocolitos. En conjunto, forman la cocoesfera, casi siempre esférica, con un diámetro de 2 a 25 micras.
- ⌘ Una cocoesfera puede tener de 10 a 150 cocolitos en su superficie, aunque el promedio es de 20

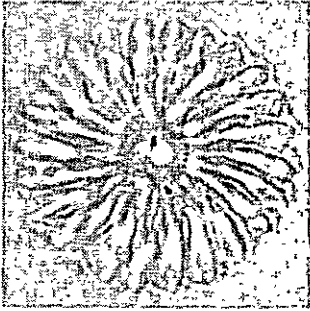
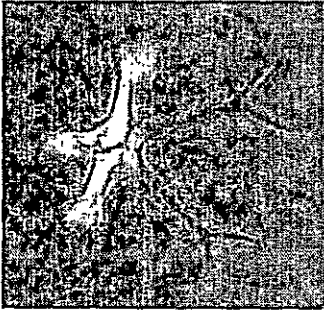



NANNOPLANCTON

- ⌘ La clasificación de los cocolitos está basada en su morfología.
- ⌘ Se conoce más de la taxonomía y distribución de los cocolitofóridos, que de la biología del organismo
- ⌘ Los registros más antiguos que se conocen son del Jurásico Temprano
- ⌘ Se conocen cerca de 150 especies actualmente, aunque solamente 16 son relativamente abundantes

NANNOPLANCTON

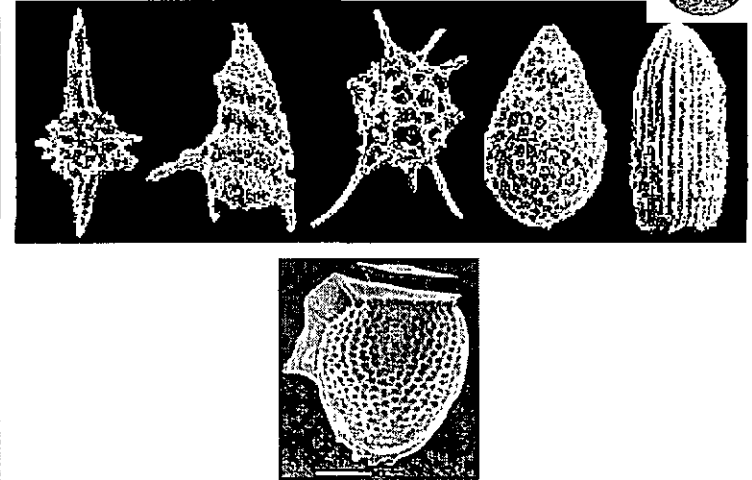





RADIOLARIOS



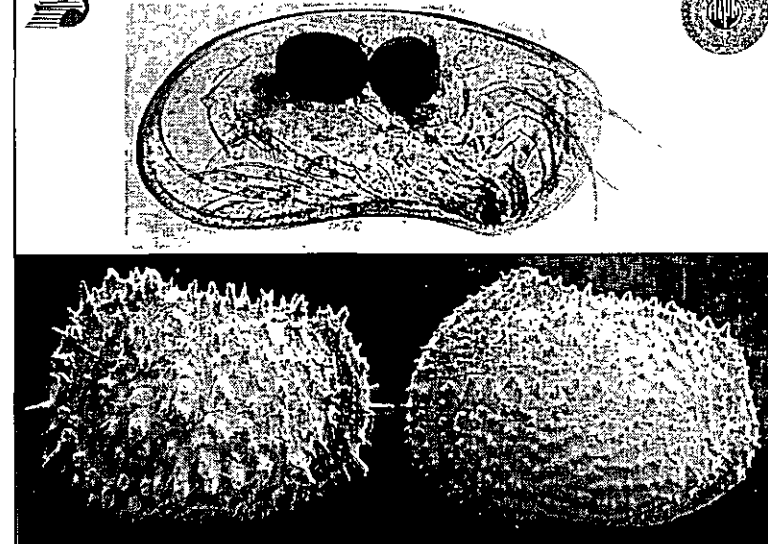
- ❖ Protozoarios con una concha de sílice, sulfato de estroncio u opalina amorfa; planctónicos, marinos.
- ❖ Unicelulares, aunque pueden vivir en colonias.
- ❖ Miden de 30 micras a 2 mm de diámetro.
- ❖ Se han descrito alrededor de 7000 especies; se calcula que existen 300 actualmente.
- ❖ Existen tres grupos de radiolarios (Órdenes Acantharia, Tripylea y Polycystina), de los cuales solamente el último puede preservarse como fósil
- ❖ Éstos últimos se dividen en dos grupos: Spumellaria (formas esféricas) y Nassellaria (en forma de anillo o campana).



OSTRÁCODOS



- ❖ Los ostrácodos son pequeños crustáceos que se caracterizan por tener un caparazón formado por dos valvas.
- ❖ Esta concha está formada calcita, a veces rica en quitina.
- ❖ Pueden ser dulceacuícolas o marinos, la mayoría son bentónicos, y unos pocos son planctónicos —completa o parcialmente—
- ❖ La morfología refleja directamente el tipo de hábitat de estos organismos.
- ❖ Debido a que tienen alcances estratigráficos muy amplios, no se utilizan como fósiles índice, su aplicación principal es como indicadores paleoambientales





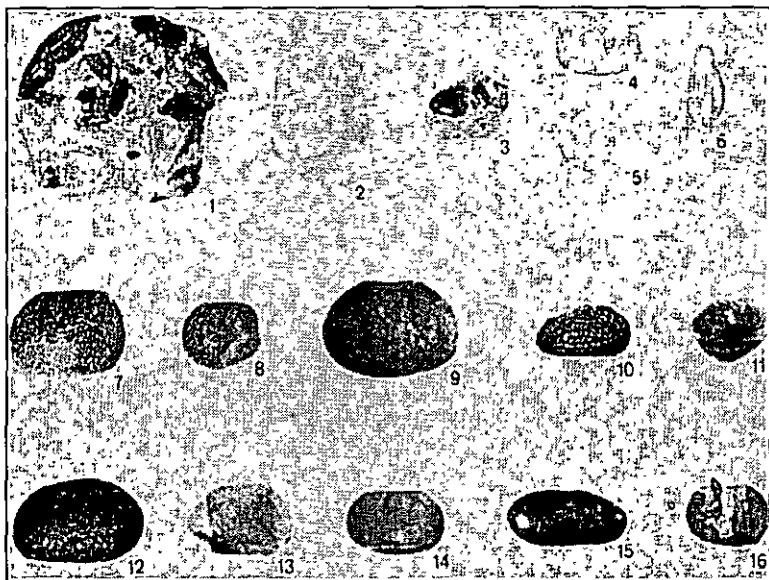
OSTRÁCODOS COMO INDICADORES DE PALEOTEMPERATURAS



- ⌘ El cambio de color en el caparazón se debe a la alteración de materia orgánica que se encuentra en ésta. Estos cambios han sido estandarizados, divididos en siete niveles de alteración, interpretados como respuestas al calentamiento
- ⌘ La materia orgánica se encuentra distribuida en las membranas que recubren al caparazón, o como proteínas bien preservadas.
- ⌘ Esta materia se preserva en un rango que va del 2 al 15%, suficiente para generar los cambios de color



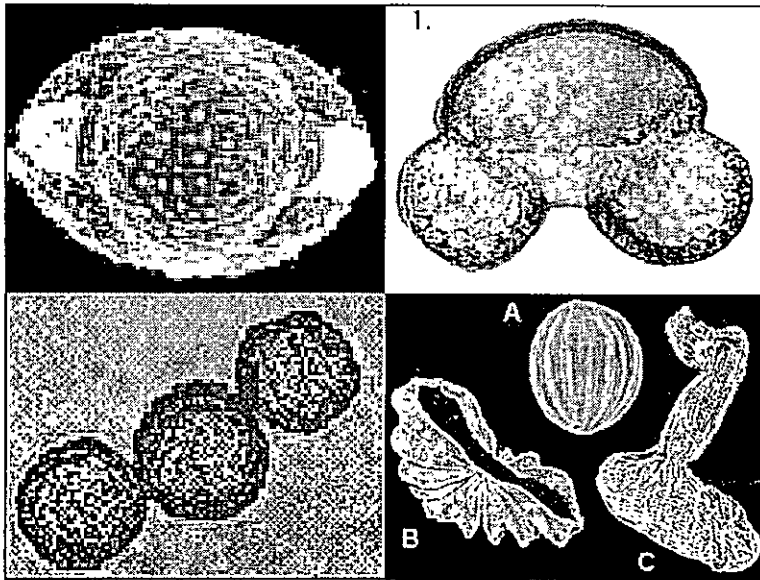
- ⌘ Los colores de los ostrácodos pueden variar debido a varios factores:
 - a) El cambio de coloración puede ser de la materia orgánica en la roca, o producto de alguna contaminación
 - b) Puede haber pirita como resultado de un reemplazamiento de la calcita.
- Por lo tanto, se recomienda utilizar este tipo de análisis en conjunto con otros, como la reflectancia de vitrinita o el índice de alteración termal en esporas



PALINOMORFOS



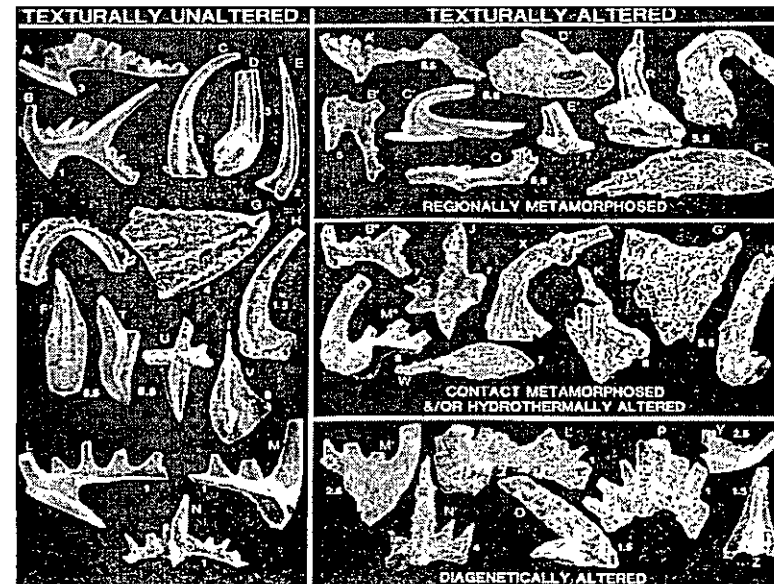
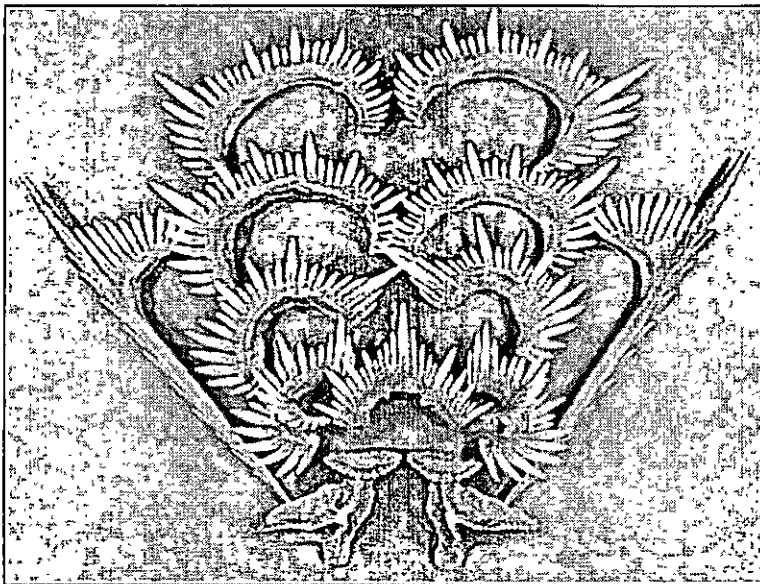
- ⌘ Dentro de este grupo se incluyen al polen, esporas, y algunos organismos como dinoflagelados
- ⌘ Debido a que pueden sufrir un transporte, no se utilizan como indicadores paleoambientales, sino para fechar
- ⌘ La composición de su pared los hace especialmente resistentes
- ⌘ Los palinomorfos se utilizan como indicadores paleoambientales, además de ser indicadores de maduración termal.



CONODONTOS



- » Están formados por fosfato de calcio y generalmente miden menos de un milímetro
- » Formaban parte del aparato bucal de antiguos peces.
- » Antes de establecer su naturaleza, ya se había establecido toda una clasificación de éstos basándose solamente en la morfología.
- » Son excelentes indicadores bioestratigráficos, principalmente en depósitos del Paleozoico y Triásico.
- » También se utilizan como indicadores termales. El índice de identificación de alteración del color en conodontos se conoce como CAI.



	COPIA ALTERNATIVA DISEÑO	EXPERIMENTAL PRODUCCIÓN 500 GR ALTERNATIVA	EPUBO - ALTERNATIVA DE COLECCIÓN	TIEMPO DE REVISIÓN DISEÑO	CARROPA - DISEÑO
1					
115					
2					
3					
4					
5					

FÓSILES Y ESTRATIGRAFÍA

- ⌘ La Estratigrafía es el estudio de la historia de la Tierra y su desarrollo a través del tiempo.
- ⌘ Involucra los procesos de observación, descripción e interpretación de las unidades de roca presentes.
- ⌘ La Litoestratigrafía involucra la observación y la descripción de las unidades de roca basándose en su litología; la unidad fundamental es la formación.
- ⌘ Por otro lado, la Bioestratigrafía es la subdivisión basándose en el contenido fosilífero.

FÓSILES ÍNDICE

- ⌘ Los fósiles que se utilizan para correlación son los llamados fósiles índice.
- ⌘ Éstos se caracterizan por:
 - a) Tener una evolución rápida.
 - b) Una amplia distribución geográfica.
 - c) Es abundante.
 - d) Fácilmente reconocible.
 - e) Se preserva fácilmente.
 - f) Relativamente independiente del medio ambiente



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**

Presentación 7

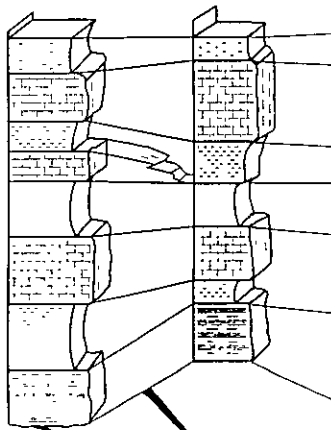
INSTRUCTOR ING. JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



CONTINUIDADES Y DISCONTINUIDADES RELACIONES MAR-TIERRA

OBJETIVO

Conocer las relaciones entre unidades estratigráficas y conocer la importancia que representan las variaciones del nivel del mar desde el punto de vista petrolero. Conocer e Interpretar los eventos transgresivos y regresivos.



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	
Z	B	SISTEMA
Y		
X	A	
W		
		PISO B
		PISO A

RELACIONES VERTICALES DE LOS CUERPOS DE ROCA O FORMACIONES GEOLÓGICAS



Continuidad

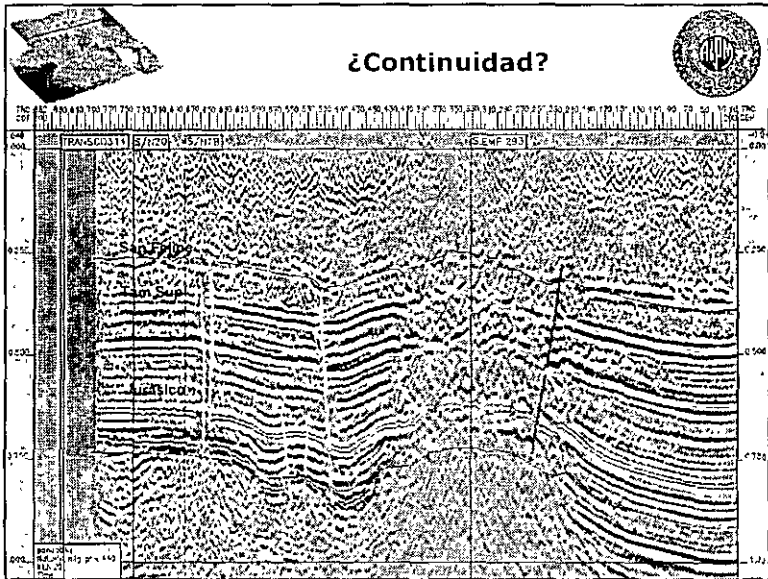
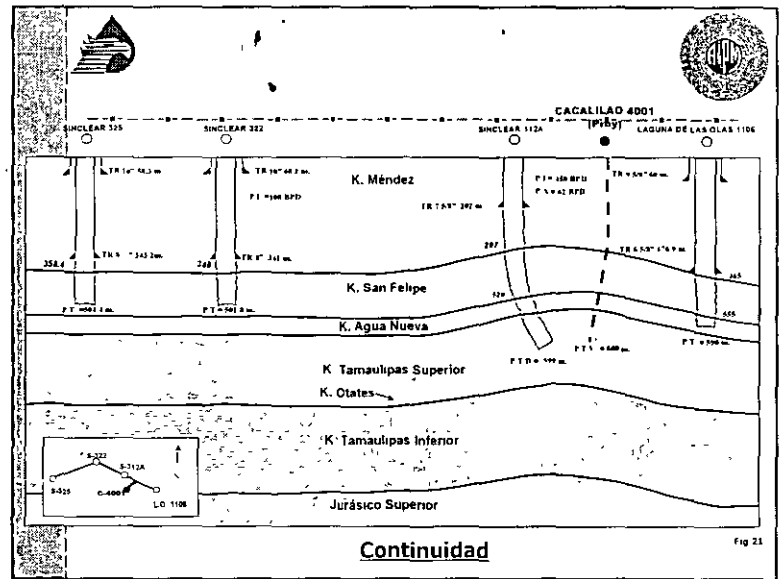
Se denomina continuidad a la relación genética entre dos unidades litoestratigráficas superpuestas entre las que no haya mediado una interrupción sedimentaria medible, de manera que tan solo haya acaecido un cambio en las condiciones sedimentarias que implica el cambio de litofacies.

Discontinuidad o Discordancia

Se denomina discontinuidad a la relación genética entre dos unidades litoestratigráficas superpuestas entre cuyo depósito respectivo haya mediado una interrupción sedimentaria medible.

Continuidad

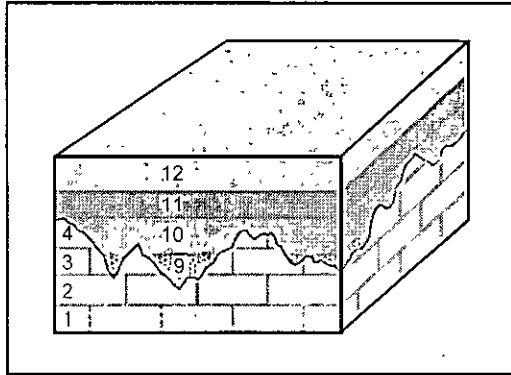
Conformidad entre toda las unidades con superficies concordantes y continuas en las que no hay evidencia física alguna de erosión.



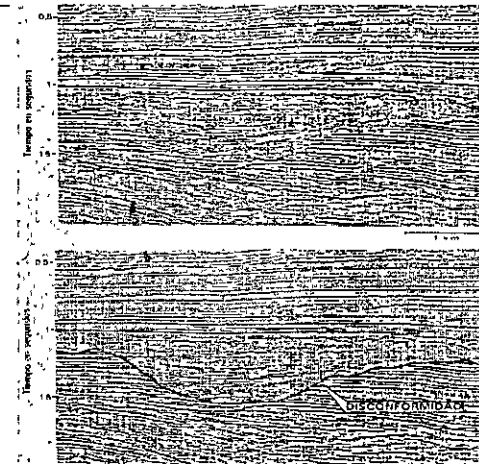
Para conformidad que indica paralelismo entre las unidades viejas y jóvenes pero existe discontinuidad entre las unidades 3 y 8.



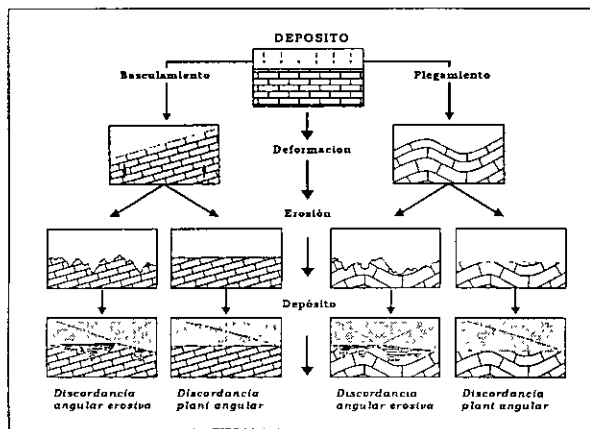
Disconformidades con paralelismo (disconformidad) entre las unidades 2,3 y 4 con las unidades 9, 10 y 11; existe discontinuidad y una marcada superficie de erosión que los separa.



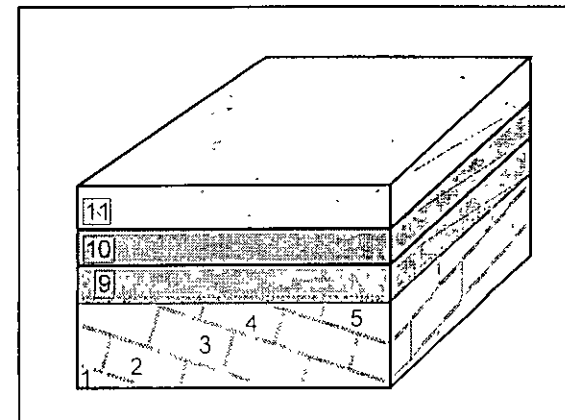
DISCONFORMIDADES EN PERFILES SÍSMICOS



La figura ilustra el proceso de formación de los 2 tipos de discordancia: angular y discordancia angular erosiva. Tomada de Vera Torres et al., 1994.

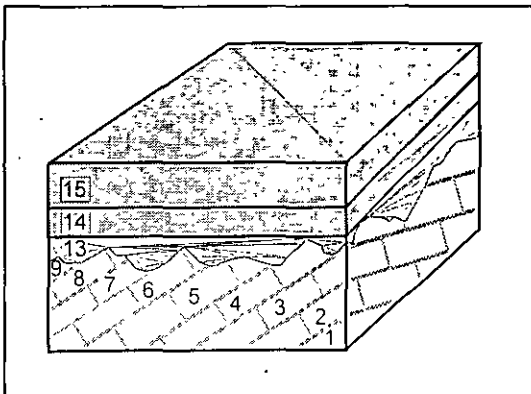
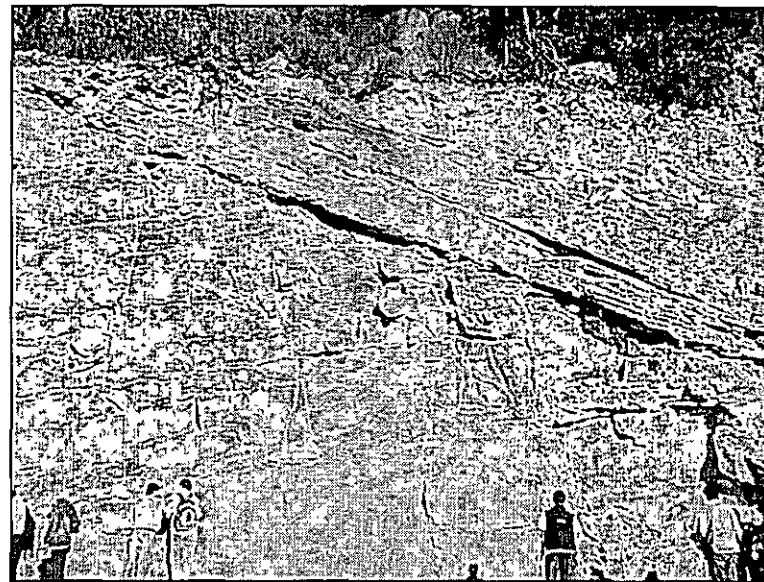
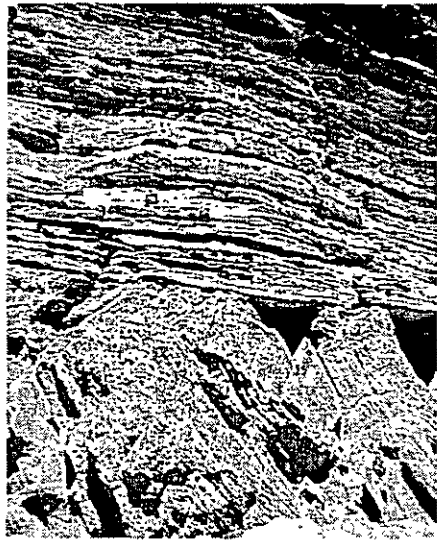


Discordancia angular (plani-angular) que muestra la separación entre dos eventos de depósito.





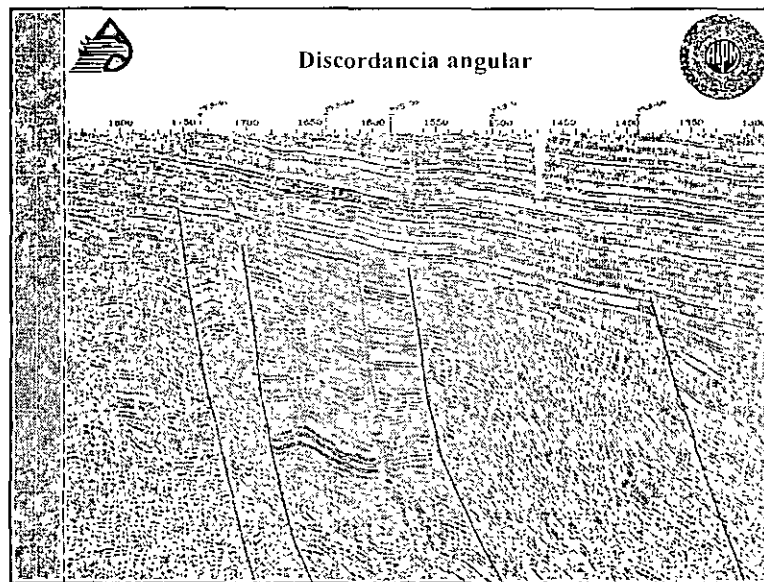
DISCORDANCIA ANGULAR



Discordancia angular erosiva que muestra la separación entre dos eventos de depósito, el infrayacente experimento una fase de deformación seguida de erosión; la unidad suprayacente no ha sufrido deformación. Se observa que la unidad de la 1 a la 9 se encuentran en contacto con la unidad 13

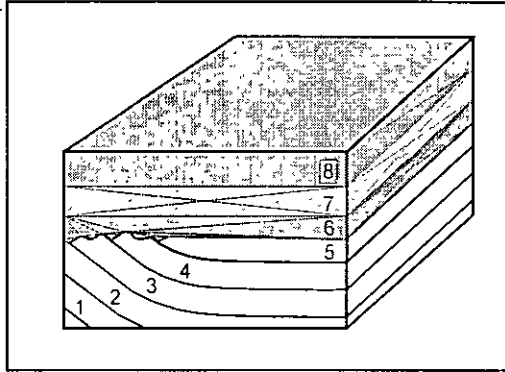


Discordancia angular





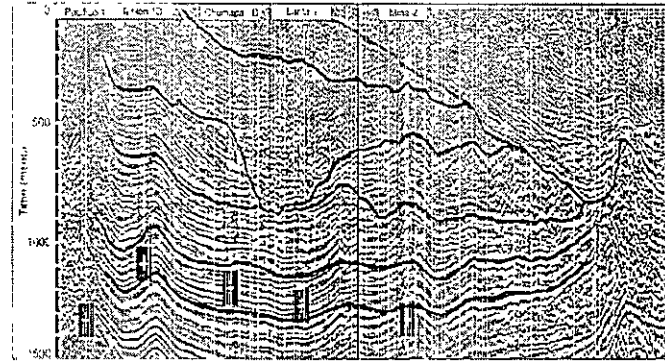
Modelo de discordancia progresiva o sintectónica



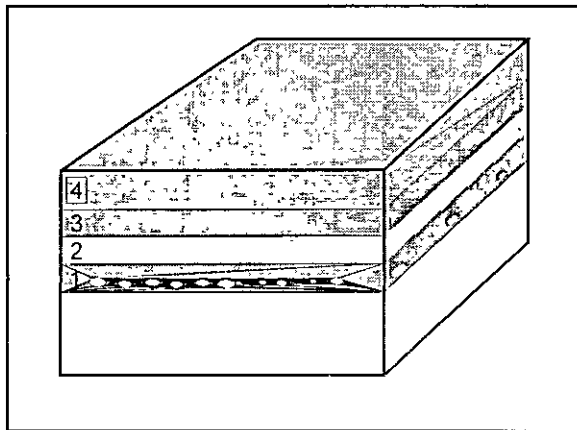
En este tipo de discordancia existe un paso radial de discordancia angular por truncación y "onlap" a una conformidad hacia el centro de la cuenca. En la porción izquierda se observa discontinuidad entre las unidades 1,2,3 y 4 con la unidad 6, en cambio en la porción de la derecha no existe interrupción

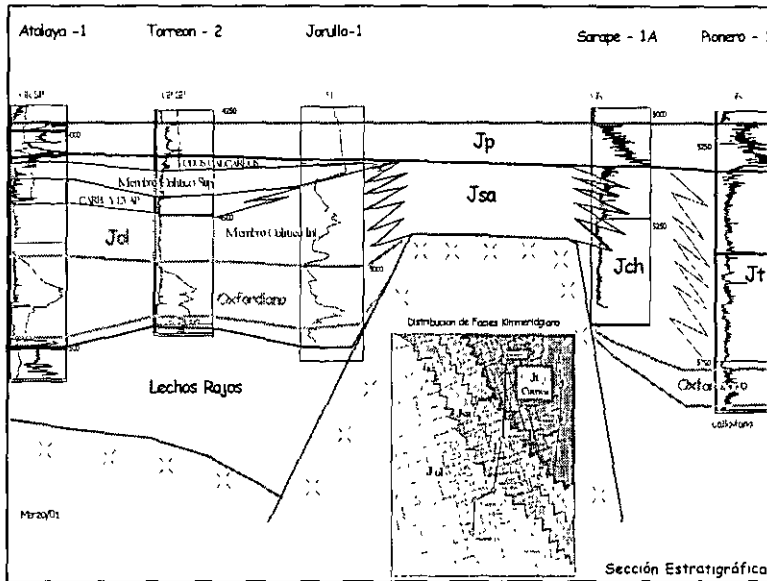


Modelo de discordancia progresiva o sintectónica en la Cuenca de Chicontepec.



Discordancia basal, en donde las rocas de un basamento cristalino están cubiertas por las secuencias estratificadas (unidades 1, 2, 3 y 4)





RELACIONES MAR-TIERRA

En las márgenes de las cuencas sedimentarias o cerca de ellas, en muchos casos se observan relaciones de inestabilidad de los medios sedimentarios. Se tienen en estos casos cambios menores del nivel del mar o del nivel de base que originan desplazamientos marcados a largo plazo de los límites de los medios sedimentarios y de los depósitos formados dentro de ellos, es decir, la línea de costa se desplaza.



RELACIONES MAR-TIERRA

La línea de costa marca una posición de equilibrio entre un número de factores opuestos:

El régimen con el que es suministrado el sedimento, el cual tiende a llenar el mar en las zonas poco profundas y extender el área del Continente.

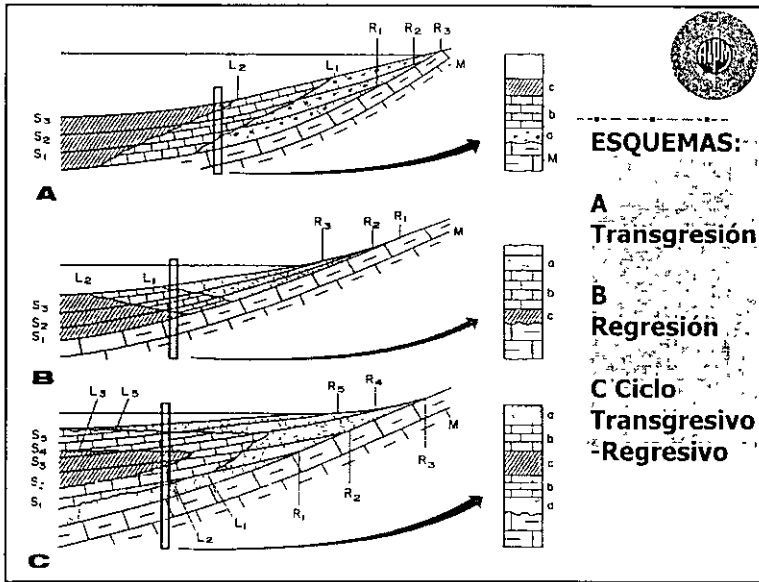
El régimen de erosión de la playa, que tiende a hacer cortes en el Continente.

El régimen de hundimiento del área de deposición, que tiende a hundirse a medida que se acumulan más sedimentos



RELACIONES MAR-TIERRA

Los términos de regresión y transgresión nos ayudan a identificar el aumento y la disminución respectivamente de extensión de los mares, es decir, ayudan a comprender los procesos y factores por los cuales el mar gana o pierde terreno. Las transgresiones y regresiones tienen su origen en los eventos tectónicos asociados a límites de placas, a procesos de sedimentación acelerada y a cambios climáticos globales.

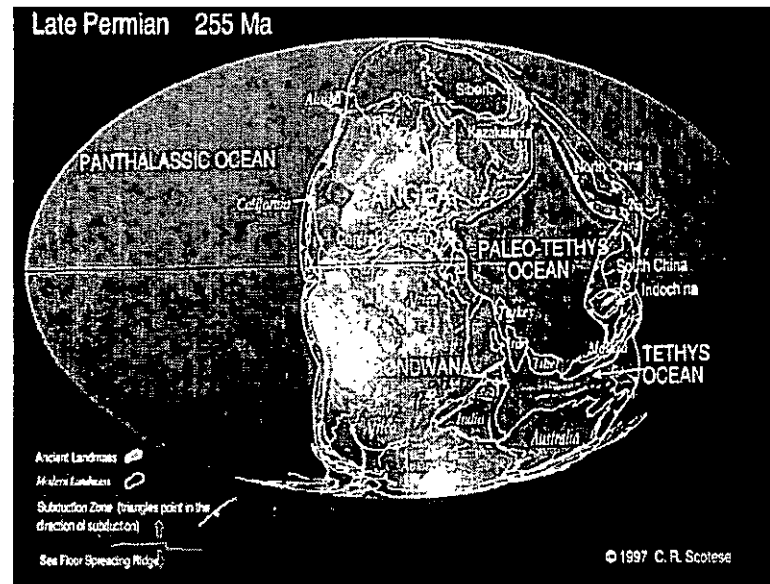
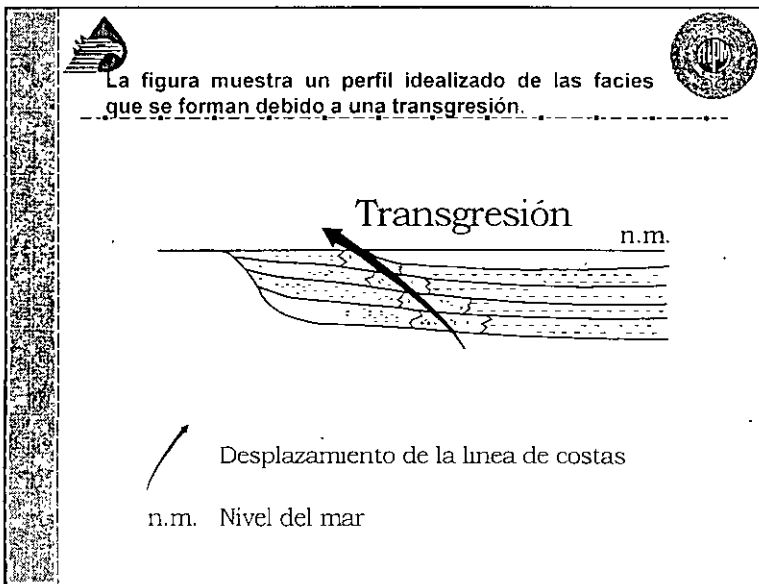


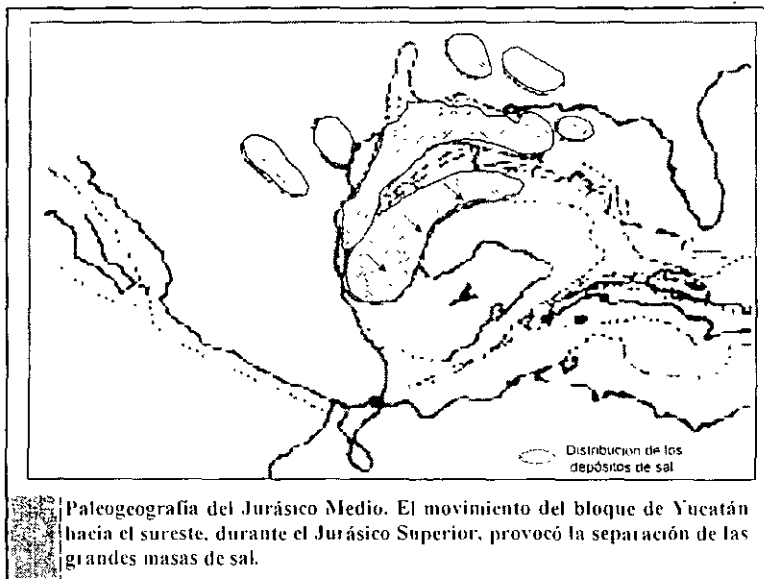
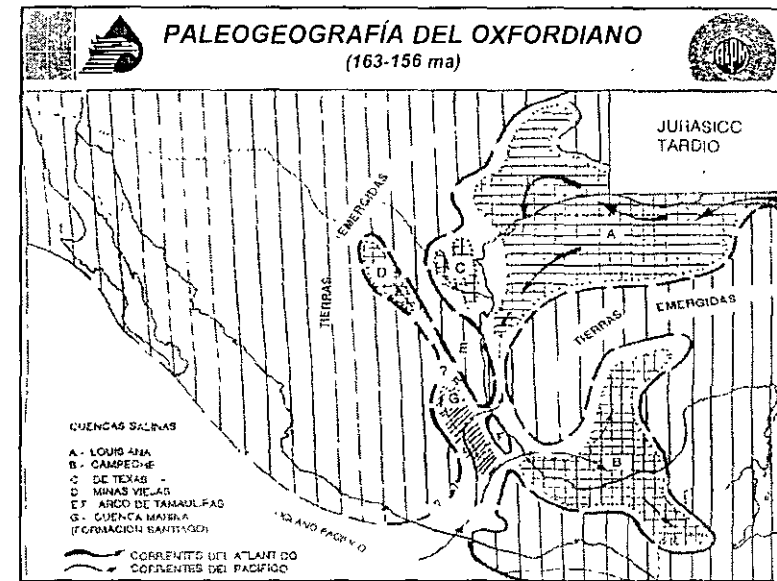
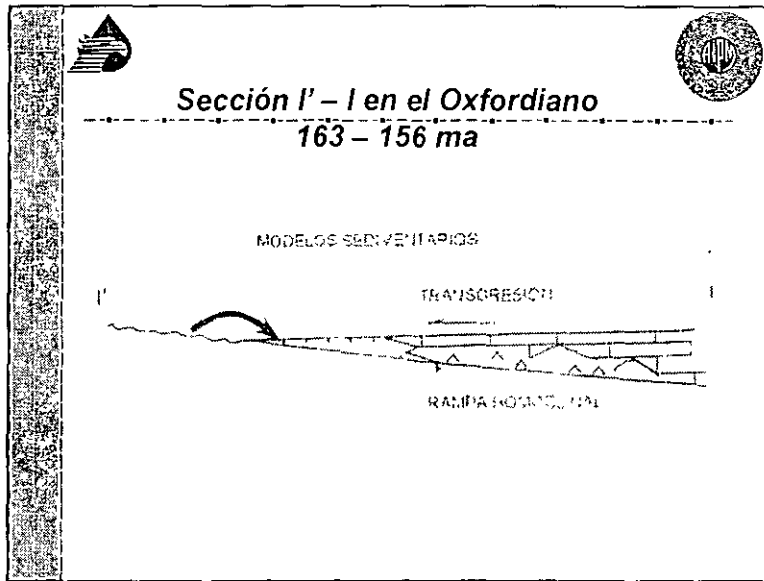
Transgresión

Avance del mar más allá de sus límites anteriores, con inundación de zonas más o menos extensas, de las partes bajas de los continentes, se debe a alguna de las siguientes causas o a la combinación de ambas.

- Por un ascenso del nivel del mar.
- Por un hundimiento del conjunto del continente.

El desplazamiento de las orillas modifica las profundidades a las que se producen los sucesivos depósitos y por tanto sus facies, por ejemplo en la superposición de capas marinas sobre formaciones continentales o sobre una superficie de erosión.



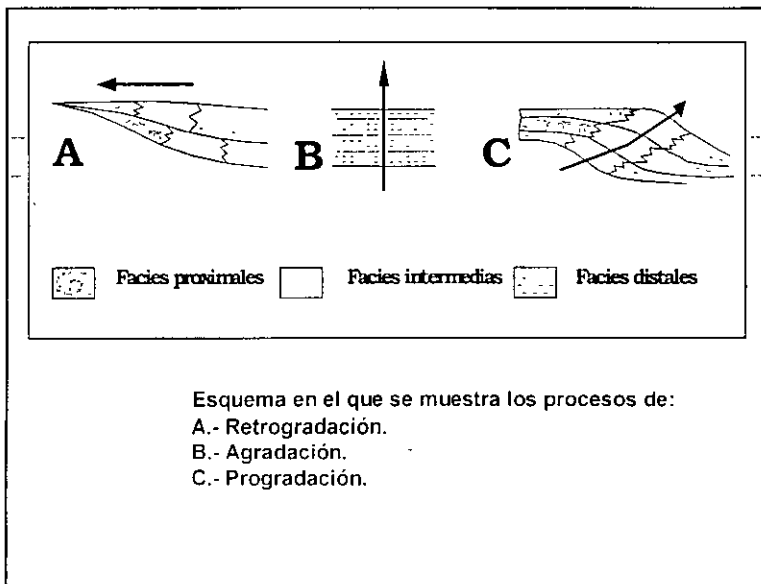
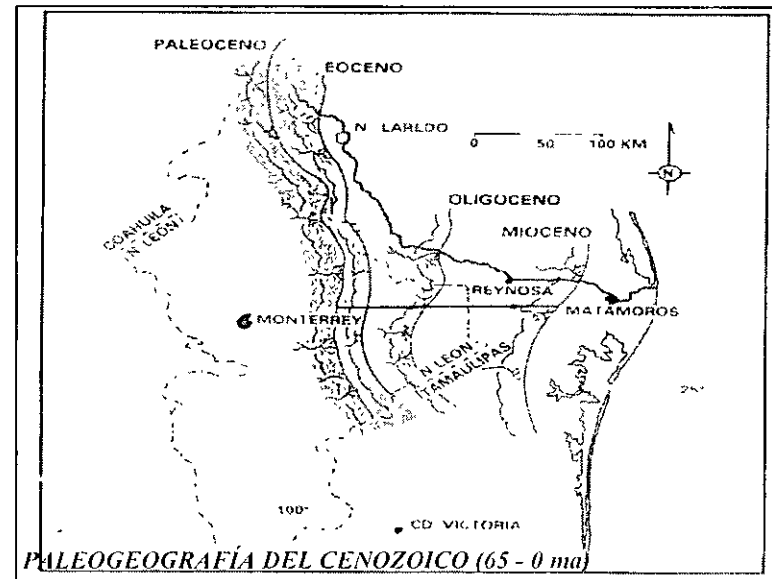
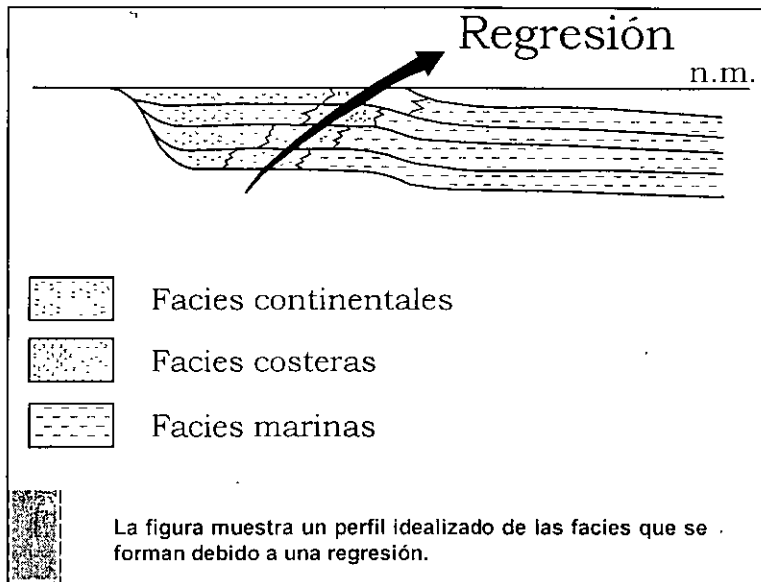




Regresión

Se refiere al retroceso del mar más allá de los límites anteriores, con emersión de zonas más o menos vastas, debido a un descenso del nivel del mar, se debe a:

- Un levantamiento general del continente, o
- A un aporte importante de sedimentos.

En las sucesiones de las capas sedimentarias se puede evidenciar una regresión, por ejemplo en depósitos continentales superpuestos a capas marinas o por la existencia de una superficie de erosión aérea.



UNIDADES ESTRATIGRAFICAS

OBJETIVO

Conocer las características e importancia del manejo de secuencias sedimentarias con características similares, utilizando el enfoque de estratigrafía secuencial.



UNIDAD ESTRATIGRAFICA



El término "unidad estratigráfica" puede definirse de varias formas. Desde el punto de vista etimológico, una unidad estratigráfica es un conjunto de estratos adyacentes que se distinguen por una o varias de las muchas propiedades que las rocas poseen.

Sin embargo, el alcance de la estratigrafía y los procedimientos relacionados sugieren una definición más amplia: "un cuerpo de roca o material rocoso en estado natural, que se distingue de las rocas adyacentes con base en alguna o algunas propiedades definidas".



UNIDAD ESTRATIGRAFICA



Las propiedades más importantes son:

- Composición.
- Textura.
- Fósiles incluidos.
- Huella magnética.
- Radiactividad.
- Velocidad sísmica.
- Edad.
- Estructuras sedimentarias.
- Espesor.
- Área

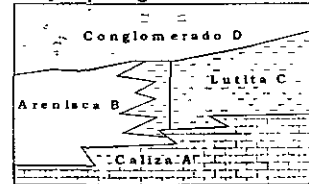


UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

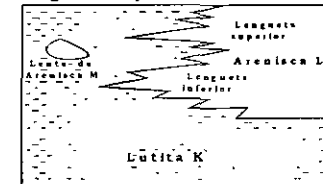


"Es un paquete de estratos sedimentarios, que generalmente se presentan en capas" Son tabulares y se conforman según la Ley de la Superposición, se diferencian y delimitan sobre la base de sus características líticas y de su posición estratigráfica.

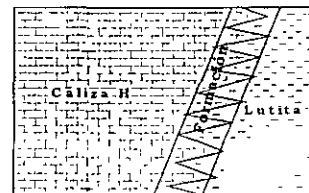
Ejemplos gráficos de límites litoestratigráficos y su clasificación.



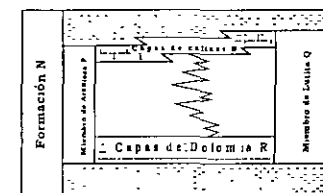
Límites de contactos litoestratigráficos definidos en una secuencia gradual lateralmente.



Posible clasificación de las partes de una secuencia interdigitada.



Límites posibles de una secuencia lateralmente interdigitada.



Las capas clave, que aquí se designan como Capas de Dolomita R, se usan como límites para distinguir el Miembro de Lutita Q de la otra parte de la Formación N. Un ejemplo lateral es la secuencia entre las capas clave bases basálticas (aquí otro nombre) y el Miembro Arenisca P. Las capas clave forman parte de cada miembro.



UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA



Las unidades litoestratigráficas quedan definidas por rangos en donde la unidad litoestratigráfica básica es la formación; tiene un valor genético que significa un depósito en condiciones uniformes, y necesariamente tiene que ser cartografiable. Sus límites se marcan en donde cambia la litología ó donde existen cortes significativos en la continuidad de la sedimentación.

Las formaciones geológicas pueden o no subdividirse en miembros, que es un rango inmediatamente inferior a la de una formación.

La capa o capas es la más pequeña unidad litoestratigráfica formal de las rocas sedimentarias, se limita a determinadas capas distintivas cuyo reconocimiento resulte particularmente útil.



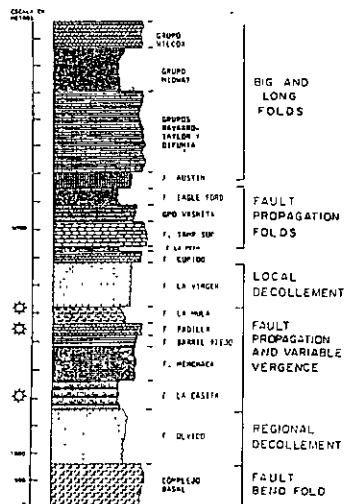
UNIDAD CRONOESTRATIGRÁFICA



“Es un cuerpo de roca establecido para servir como referencia material para todas las rocas que se formaron durante el mismo intervalo de tiempo, todos sus límites son sincrónicos”. Tal unidad representa a todas las rocas y sólo a aquellas que se formaron durante ese intervalo de tiempo. Estas unidades pueden basarse en el intervalo de tiempo de una unidad bioestratigráfica, una unidad lítica, una unidad de magnetopolaridad o en cualquier otro rasgo del registro de las rocas que tengan un alcance de tiempo.



Estratigrafía



i b





CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA



La *correlación estratigráfica* es un procedimiento que sirve para establecer la correspondencia entre partes geográficamente separadas de una unidad geológica. Es una de las técnicas de mayor interés en la Estratigrafía ya que se utiliza para comparar dos o más secciones estratigráficas de un intervalo de tiempo semejante, a partir de alguna propiedad definida.

En el área petrolera la correlación estratigráfica es de gran utilidad ya que con base en secciones geológicas, pozos y secciones sísmicas se logra conocer la continuidad o discontinuidad lateral de las formaciones geológicas.



Correlación



La correlación se usa para demostrar la correspondencia existente entre dos unidades geológicas tanto con respecto a alguna propiedad definida como a su posición estratigráfica relativa.

Debido a que la correspondencia puede tener como base numerosas propiedades, hay tres clases de correlación y son:

La litocorrelación

La biocorrelación

La cronocorrelación



Litocorrelación



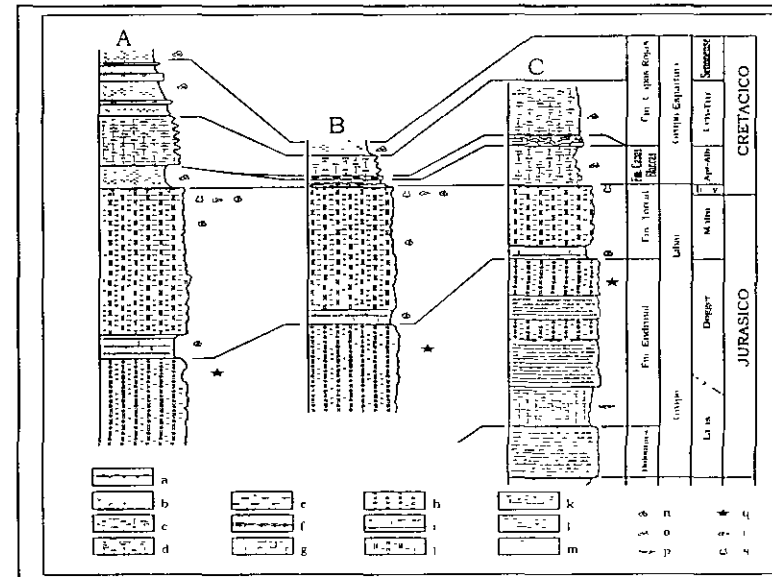
La Litocorrelación relaciona las unidades con litología y posición estratigráfica similares (o relaciones secuencial o geométrica, para unidades litodémicas).

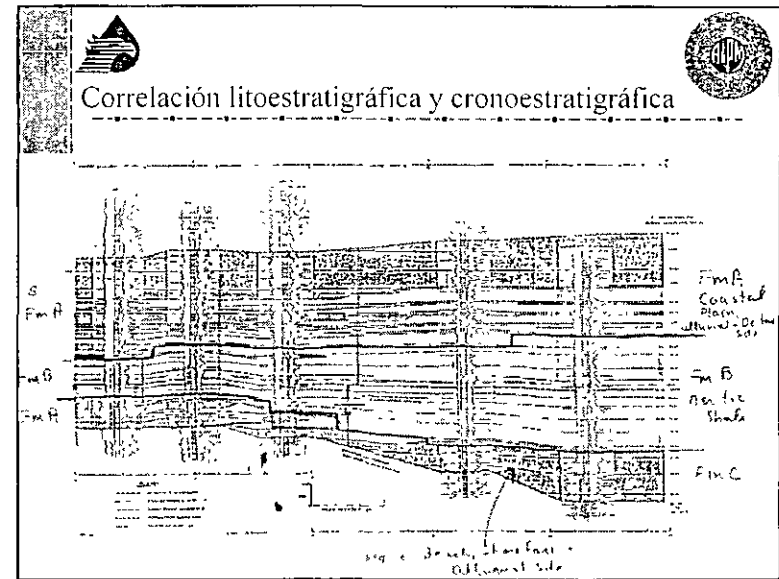
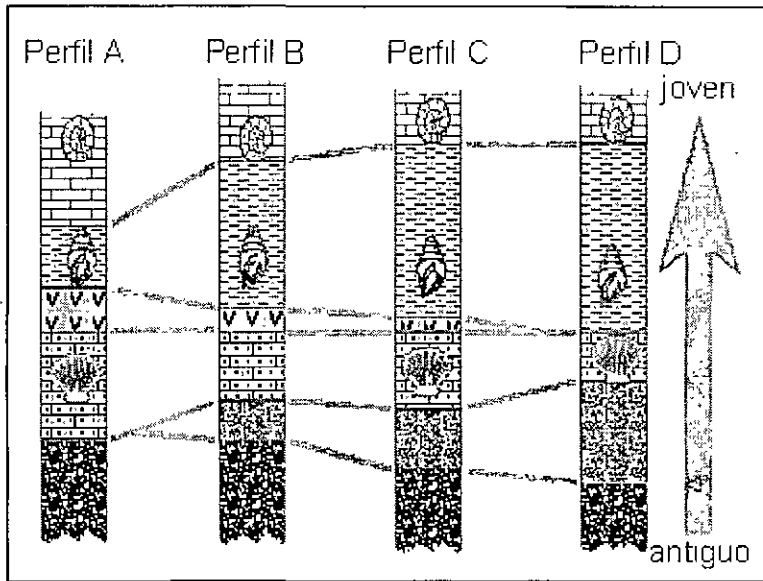
Biocorrelación

La biocorrelación expresa similitud de contenido fósil y de posición bioestratigráfica.

Cronocorrelación

La cronocorrelación se refiere a la correspondencia en edad y en posición cronoestratigráfica.





Modelo de Estratigrafía Secuencial

El modelo de estratigrafía secuencial contribuye a explicar de forma general como se han edificado los márgenes continentales y las cuencas oceánicas durante la dinámica marcada por las variaciones del nivel del mar.

La dinámica geológica que caracteriza a cada estadio del nivel del mar contribuyen a formar sistemas deposicionales con facies, geometría, y configuración interna típicas.

Las características típicas de los cuerpos deposicionales pueden verse afectados por otra serie de procesos dinámicos, como son la dinámica tectónica (levantamiento/subsidencia), morfología y oceanográfica durante su evolución a través del tiempo.

Estratigrafía de Secuencias

- Concepto analítico: se refiere a la interpretación y uso moderno de la estratigrafía, considerando las asociaciones de facies, elaboradas a partir de datos de geología del subsuelo (Estratigrafía sísmica) o de datos de observación de campo, que permitan reconocer los límites de ciclos en una cuenca sedimentaria. A estas unidades se les denomina: unidades genéticas.
- Concepto sintético: considera que durante la historia de la Tierra han sucedido diferentes cambios globales que han quedado registrados en los rellenos de las cuencas sedimentarias, muy diversas y distantes. Elabora una escala temporal de dichos cambios globales: cronoestratigrafía secuencial.



Estratigrafía Sísmica



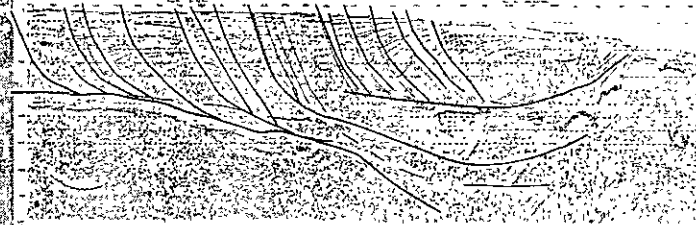
Interpretación de perfiles de reflectores sísmicos y cubos sísmicos en términos de la historia cronoestratigráfica de una cuenca sedimentaria.

Permite diferenciar en el conjunto de una cuenca sedimentaria, superficies isócronas reflejo de eventos (discontinuidades y superficies de continuidad correlativas). Es posible reconocer unidades genéticas (secuencias deposicionales), en el conjunto de los materiales que rellenan una cuenca sedimentaria.

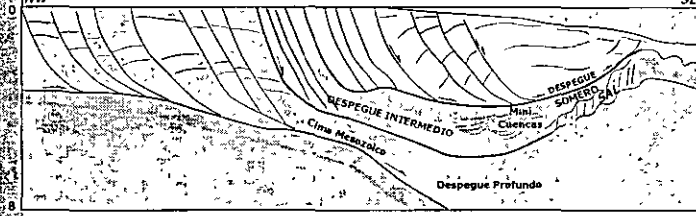


Rasgos Estratigráficos y Estructurales

Línea - 74



Sección esquemática de la línea sísmica L-74



Patrones de terminación en los estratos



La forma en la cual los estratos terminan contra el límite de la secuencia, determina el carácter de la discordancia.

Los principales tipos son: la terminación lateral de un estrato en su límite natural de depósito, el truncamiento o sea la terminación lateral abrupta de un estrato.

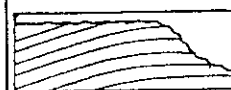


Límites de secuencia

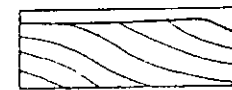


Para definir y correlacionar una secuencia se tiene que definir y trazar sus límites. Generalmente éstos se localizan donde las relaciones entre los estratos son discordantes o cuando hay un cambio litológico contrastante.

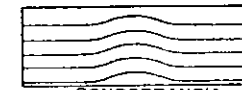
LÍMITE SUPERIOR



TRUNCAMIENTO EROSIONAL

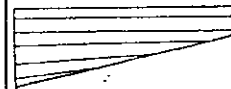


"TOPLAP"

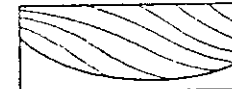


CONCORDANCIA

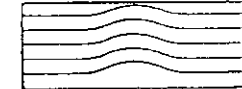
LÍMITE INFERIOR



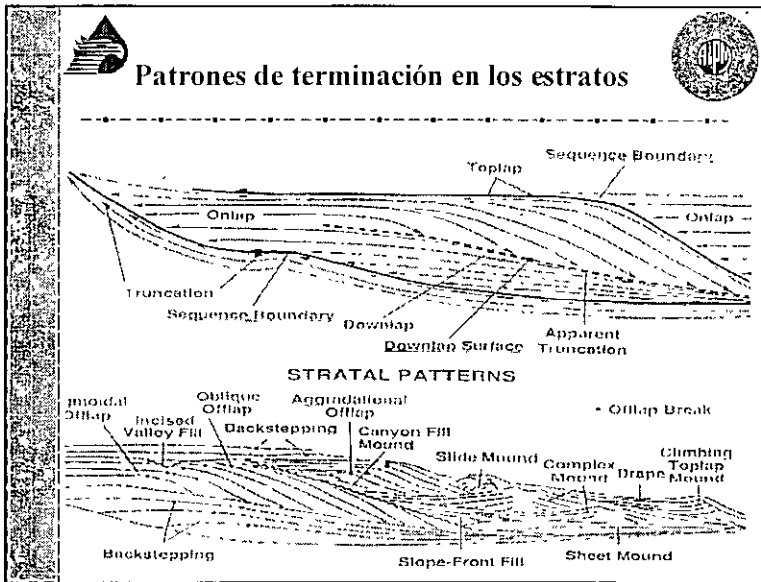
"ONLAP"



"DOWNLAP"



CONCORDANCIA



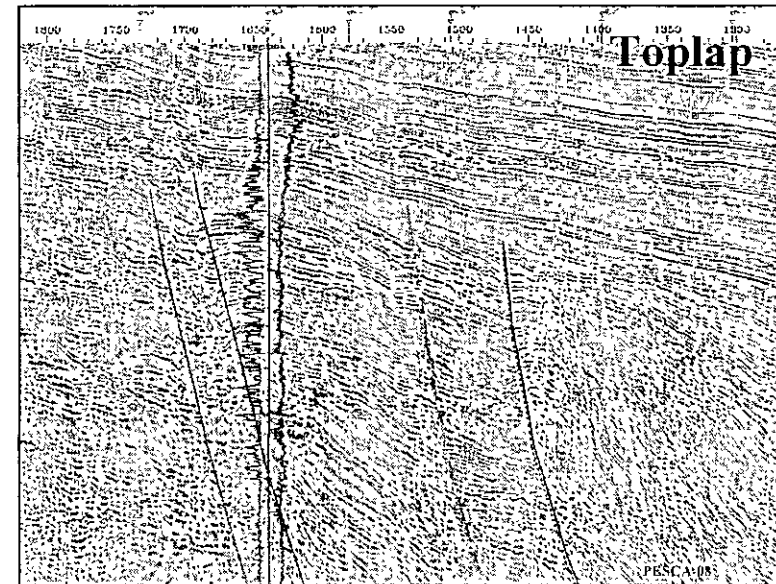
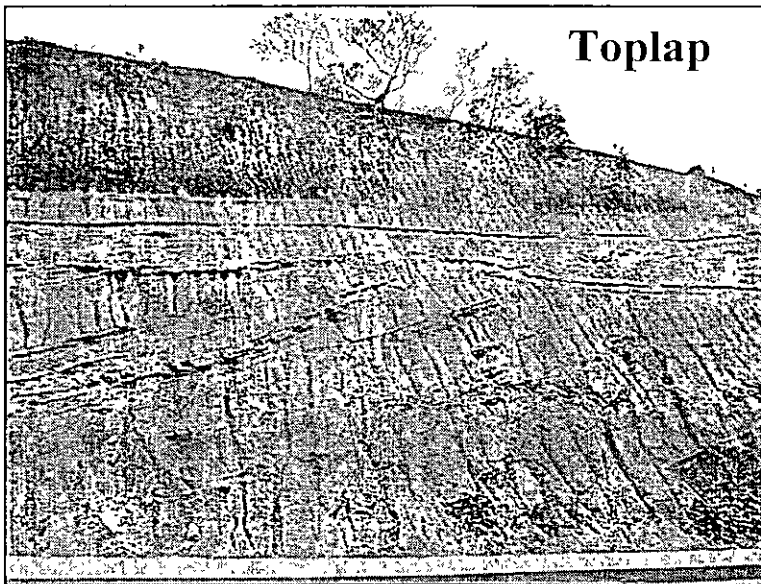
Toplap

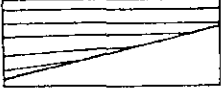
"TOPLAP"

Se caracteriza porque los estratos terminan naturalmente en el límite superior de una secuencia (en una sección sísmica se observan terminaciones abruptas).

Esta configuración puede indicar ya sea un nivel del mar estable o una caída (bajada), pero también una progradación por un aumento del aporte sedimentario clástico. Puede corresponder también con sedimentación rápida que forma superficies con cierta inclinación.

Sin embargo ni las secuencias de depósito ni las secuencias sísmicas pueden interpretarse únicamente en términos de fluctuaciones del nivel del mar.





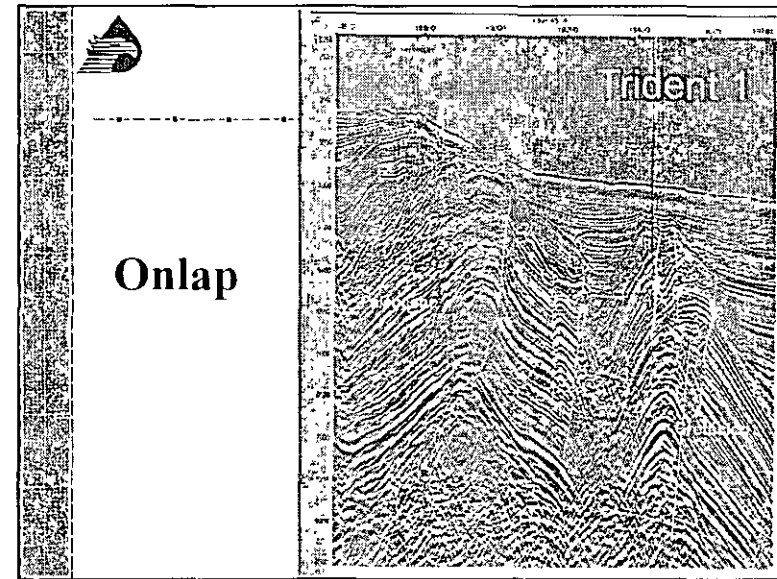
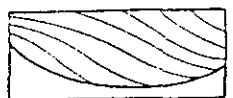
Onlap
(Traslape)

"ONLAP"

Se define como una superficie horizontal que reposa sobre una superficie inclinada (un estrato horizontal termina contra una superficie inclinada).

A lo largo de un margen continental si se encuentra una secuencia sísmica delimitada por discordancias, esta secuencia representa generalmente un depósito formado durante una transgresión y este tipo de relación discordante de los estratos se denomina "onlap" costero.

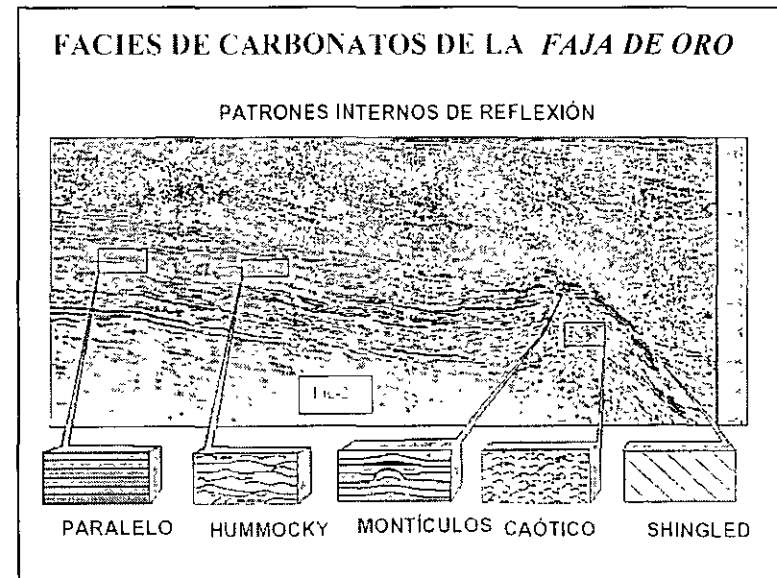
La secuencia sísmica situada sobre una discordancia de este tipo puede interpretarse como una secuencia sedimentaria depositada durante un levantamiento relativo del nivel del mar.

Downlap

"DOWNLAP"

Corresponde con un estrato (o una secuencia) originalmente inclinada que termina echado abajo contra una superficie horizontal o inclinada.

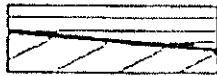




Truncamiento erosional



UNCONFORMITIES



UPLIFT AND EROSION

ONLAP
TRUNCATION



VALLEY OR CHANNEL

ONLAP
TRUNCATION

Es la terminación de un estrato debido a la erosión, ocurre en el límite superior de una secuencia y puede tener una gran extensión o estar limitado a un canal fluvial.



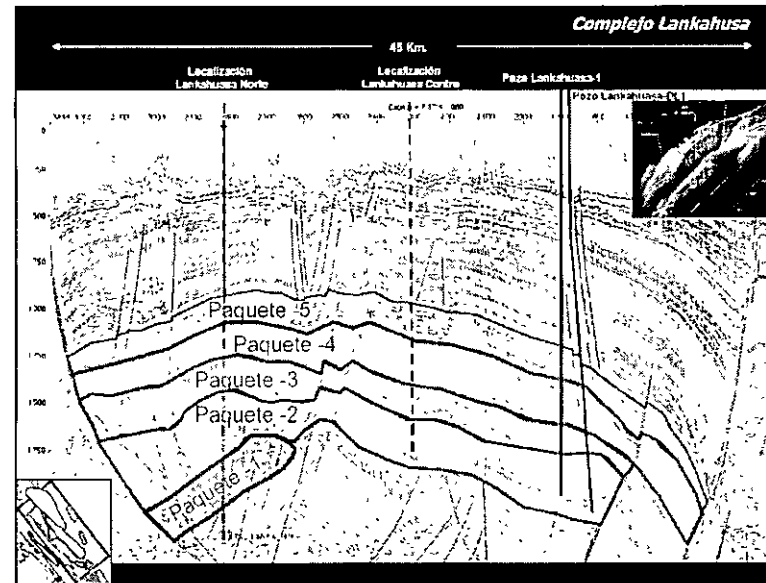
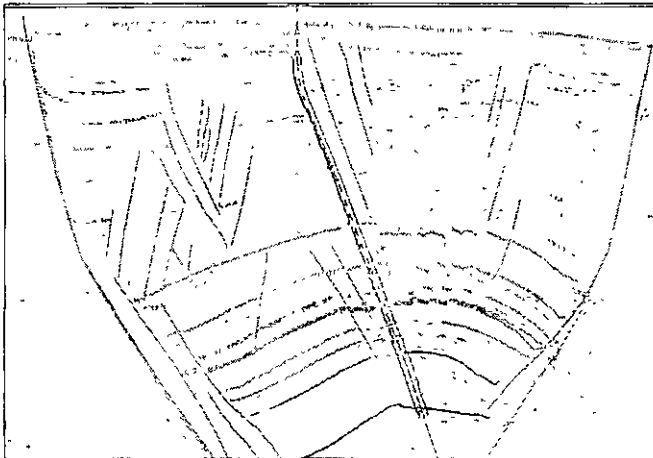
Truncamiento estructural



Es la terminación lateral de un estrato por una estructura geológica (fallas, diapiros de sal o arcilla), derrumbes o intrusiones ígneas.



Truncamiento estructural (Campo Kosni)





ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 8

INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



III. CONCEPTOS ESTRUCTURALES

Objetivo. El alumno identificará las estructuras geológicas secundarias, explicará su origen y su evolución. Conocerá la importancia que estas tienen en la exploración y explotación de los yacimientos de fluidos.

- 3.1 *Conceptos generales*
- 3.2 *Esfuerzo y Deformación*
- 3.3 *Identificación y clasificación de estructuras (pliegues, fallas y fracturas)*
- 3.4 *Relaciones entre tectónica y Geología Estructural*



¿Por Qué Estudiar Las Estructuras Geológicas?

- ✓ En primer lugar, porque nos ayudan a descifrar los acontecimientos de la historia geológica.
- ✓ Porque describen las características geológicas actuales.
- ✓ Porque nos ayudan a predecir la evolución geológica de una región.
- ✓ Porque en las estructuras geológicas se encuentran los yacimientos petroleros.



- ✓ En esta parte del curso hablaremos de los procesos que dan lugar a la formación de las estructuras geológicas.
- ✓ Iniciaremos con el tratamiento teórico de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de roca, es decir el *esfuerzo*, y con los cambios geométricos resultado de ellos, o *deformación*. Vamos a describir la manera en como son caracterizados y registrados, estos cambios geométricos y finalmente la importancia de las estructuras geológicas.



FUERZAS



INTRODUCCIÓN

Las fuerzas necesarias para formar majestuosas Montañas son difíciles de comprender, sobre todo las que originaron las prominencias más altas del globo terrestre:

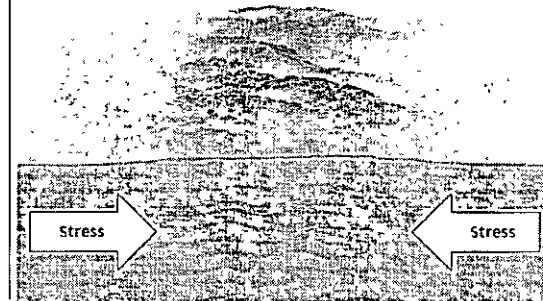
Montaña McKinley, Alaska	6193 m
50 picos andinos exceden	6000 m
Monte Everest en los Himalayas	8848 m
Monte Godwin-Austen (K2) (FRONTERA INDO-PAQUISTANI)	8613 m

Las rocas que forman estas montañas muestran los efectos de la deformación, lo cual significa que las fuerzas dinámicas del interior de la Tierra causaron el fracturamiento, el Fallamiento o el plegamiento.

La actividad sísmica es una manifestación de la naturaleza continua estas fuerzas dinámicas.



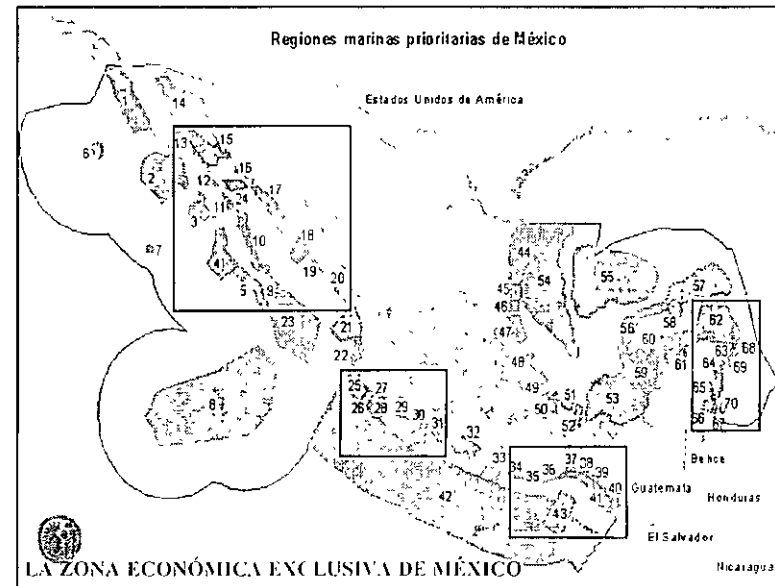
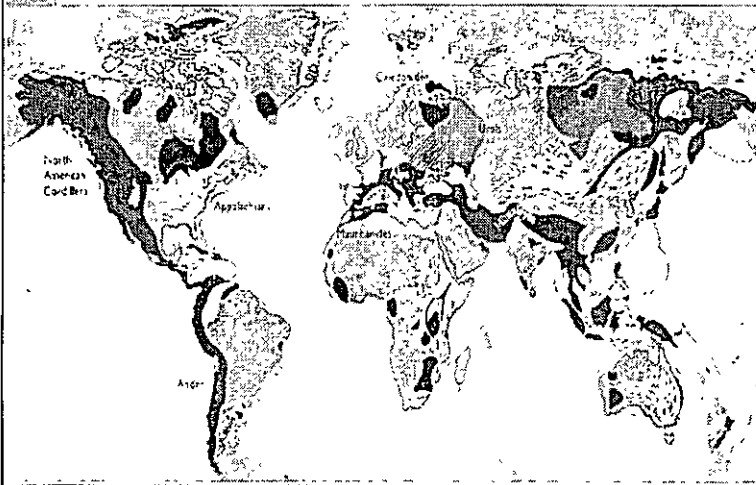
EFECTO DE LAS FUERZAS

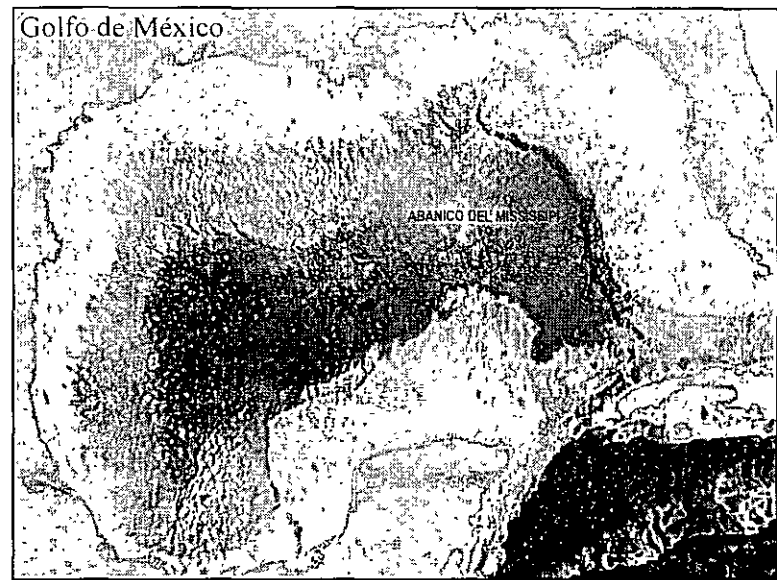


Por efecto de las fuerzas se pueden crear importantes cadenas montañosas



CADENAS MONTAÑOSAS





FUERZAS

La Tierra es un planeta activo con diversos procesos que están siendo activados por el calor interno, en particular por el movimiento de las placas litosféricas.

La mayor parte de la actividad sísmica de la tierra y la deformación de las rocas tiene lugar en los límites de placas divergentes, convergentes y de transformación.





ESTRUCTURA GEOLÓGICA

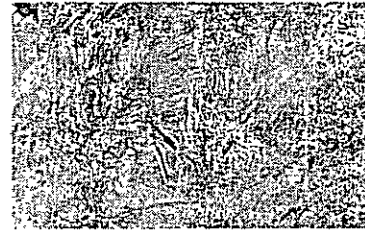


Es el particular arreglo espacial y temporal que guardan los componentes rocosos o un conjunto rocoso. Las estructuras geológicas presentan características geométricas distintivas y otros rasgos característicos de los que sobresalen: la forma, el tamaño, sus límites, sus relaciones, su orientación, el tipo de material, su distribución geográfica, etc.

Las estructuras geológicas de acuerdo con su origen, y características se dividen en primarias y secundarias. Todas tienen importancia para entender distintos procesos geológicos y algunas, son de interés económico por las sustancias que contienen.



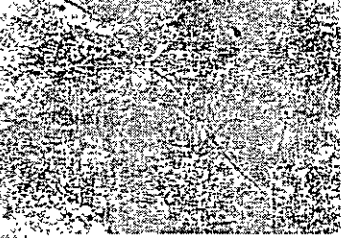
ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS



ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

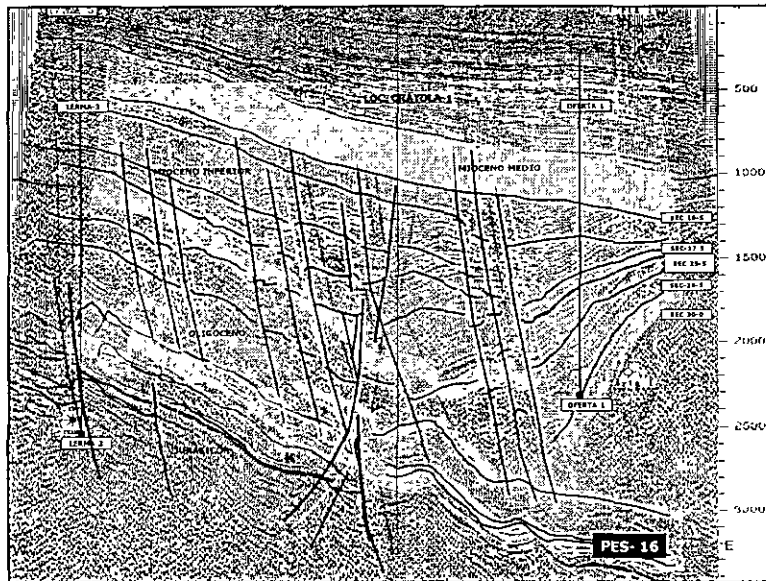
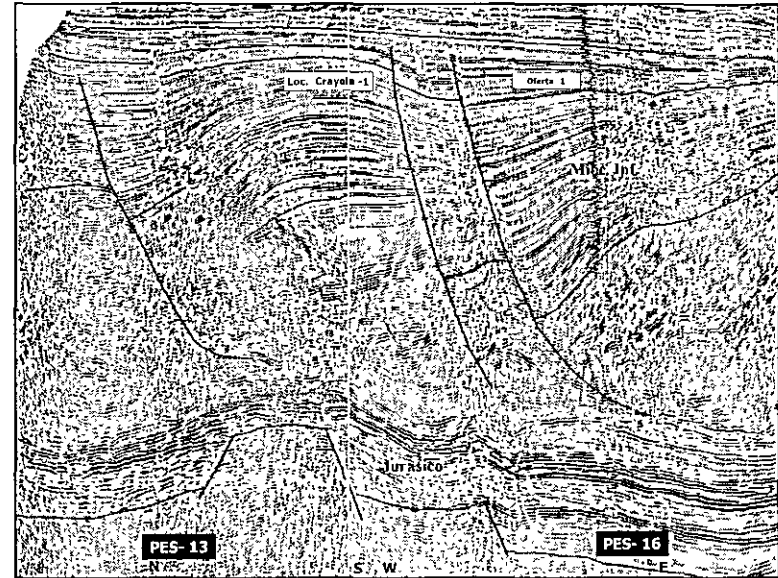
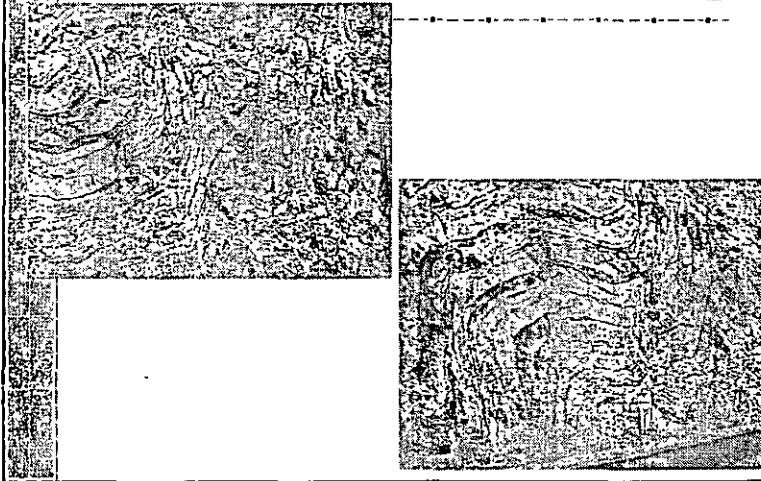


ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS





ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS



GEOLOGÍA ESTRUCTURAL



Es la rama de la Geología que se encarga del estudio de las características estructurales de las masas rocosas que forman la corteza terrestre, de la distribución geográfica de tales características, del tiempo geológico y de las causas que las originaron. también es importante su identificación, descripción y representación gráfica en mapas y secciones geológicas. Las estructuras geológicas, las podemos estudiar a nivel microscópico (microscopio petrográfico y estereoscópico), en láminas delgadas en una muestra de mano, en un afloramiento o como un rasgo mayor en una sección sísmica, en una fotografía aérea o en una imagen de satélite; por lo que se describen también como microestructuras, mesoestructuras y macroestructuras.

La Geología Estructural se encarga de estudiar únicamente a las estructuras geológicas producto de la deformación.



TECTÓNICA



Es la rama de la Geología que se encarga del estudio de los rasgos estructurales mayores de la Tierra, de su distribución geográfica y de las causas que los originaron.

Los rasgos estructurales mayores de la Tierra pueden ser estudiados utilizando imágenes de satélite, cadenas o cinturones montañosos deformados, analizando zonas sísmicas y volcánicas, etc.



FUERZA



Las *fuerzas* son fenómenos de atracción y repulsión entre los cuerpos que se pueden representar cuantitativamente por medio de vectores.

Son el producto de una aceleración por una masa:

$$F = m a$$



Esfuerzo



- @ Definición: Es un par igual y opuesto de fuerzas que actúan en un cuerpo, por unidad de área.
- @ La magnitud del esfuerzo depende de la magnitud de la fuerza y el tamaño de la superficie sobre la que actúa.

$$\text{Esfuerzo (s)} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

- @ Unidades de medida para el SI:

$$\text{Fuerza: newton (N)} = 1 \text{ kg m} / \text{s}^2$$

$$\text{Esfuerzo: pascal (Pa)} = 1 \text{ N} / \text{m}^2 \quad (\text{presión})$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pascales} = 0.1 \text{ MPa}$$

- @ Unidades de esfuerzo: [masa] [longitud⁻¹] [tiempo⁻²]



FUERZAS



Las fuerzas que actúan sobre un cuerpo pueden ser de dos tipos, dependiendo de su origen:

Si surgen del interior de la materia se denominan Fuerzas de Cuerpo, en caso contrario se denominan Fuerzas de Superficie.



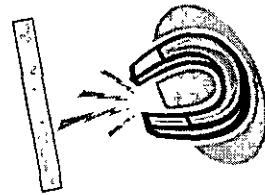
FUERZAS DE CUERPO



Las *fuerzas de cuerpo* o de masa son fuerzas que pueden trabajar sobre un objeto a distancia.

La magnitud de la fuerza depende de la cantidad de materia afectada, está distribuida de manera continua en todo el medio.

Son ejemplos de este tipo de fuerzas la gravedad, el magnetismo y la fuerza centrífuga (actúa cuando el material se somete a rotación).



FUERZAS DE SUPERFICIE

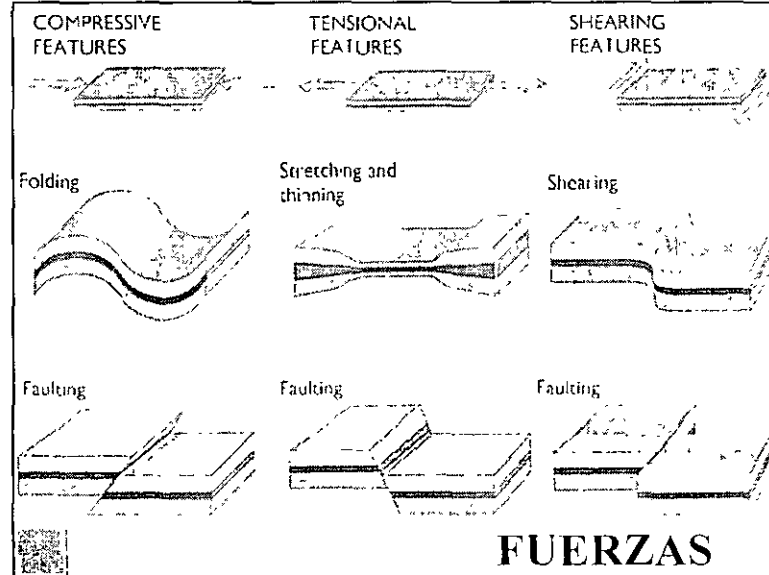
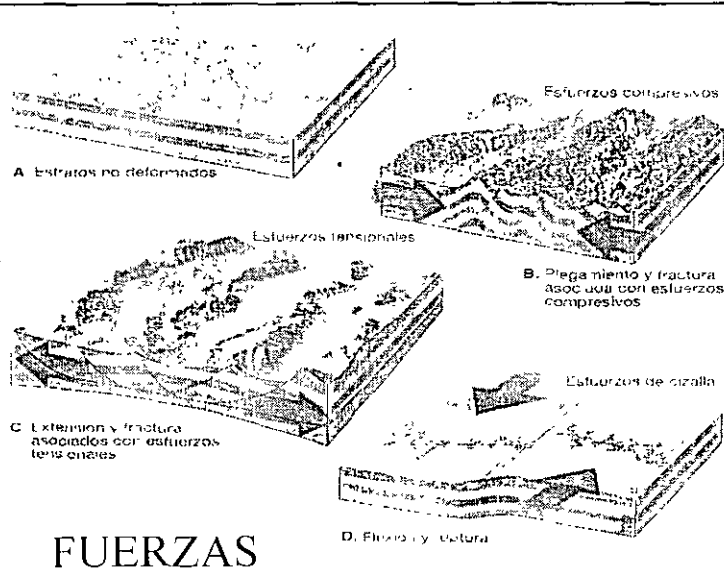


Las fuerzas de superficie se denominan así porque operan a través de una superficie de contacto; ocurre entre partes adyacentes de un sistema de roca.

Situación gobernada por la Tercera Ley de Newton:

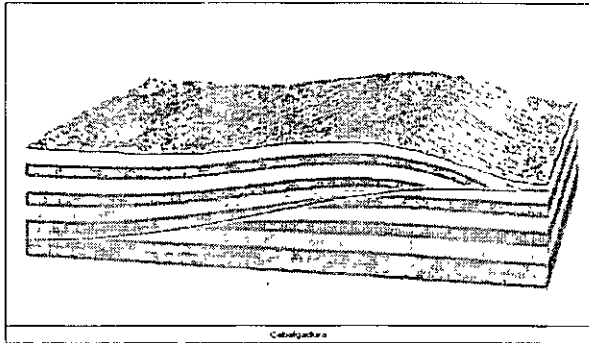
Para un cuerpo en reposo o en movimiento uniforme, a toda acción existe una reacción igual y opuesta.

La magnitud de una fuerza de superficie depende del área sobre la que actúa.





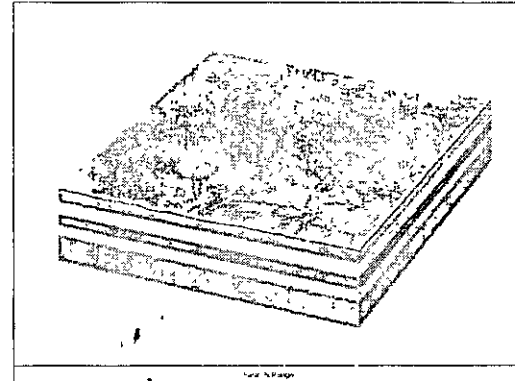
EFFECTO DE LOS ESFUERZOS: DEFORMACIÓN



Por efecto del esfuerzo se pueden crear fallas inversas, cabalgaduras, sobrecorrimientos o napas
(Deformación)



EFFECTO DE LOS ESFUERZOS: DEFORMACIÓN



Por efecto del esfuerzo se pueden crear fracturas, fallas normales, Horst y Grabens (Deformación)



DEFORMACIÓN



La Tierra es un planeta activo con diversos procesos que están siendo activados por el calor interno, en particular por el movimiento de las placas Litosféricas.

La mayor parte de la actividad sísmica de la Tierra y la *deformación* de las rocas tiene lugar en los límites de placas divergentes, convergentes y de transformación.

Esta parte del curso esta dedicada a una revisión de las diversas causas y factores que causan la *deformación*. También a la o las formas como se puede cuantificar y medir.



DEFORMACIÓN



La deformación se puede definir como la expresión geométrica de la cantidad de cambios causada por la acción de un sistema o campo de esfuerzos sobre un cuerpo.

La deformación consiste tanto en el cambio recobrabable (elástico), como en el permanente (plástico), ya sea en la forma, en el volumen y/o la posición de un cuerpo de roca respecto a un estado inicial de este.



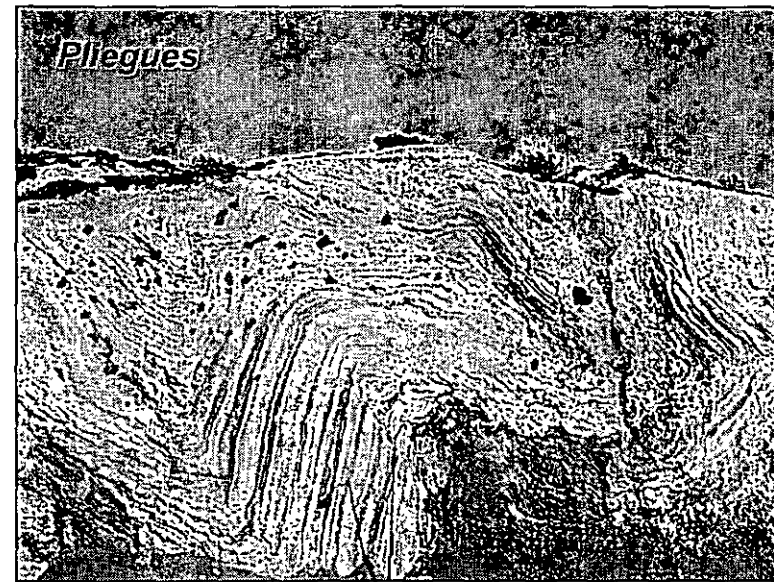




ASOCIACIÓN DE INGENIEROS
PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 9

INSTRUCTOR: ING. JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

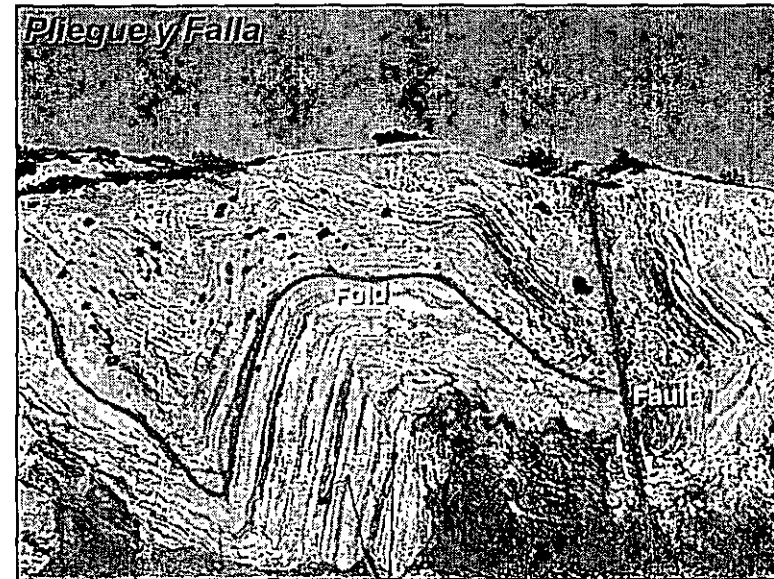


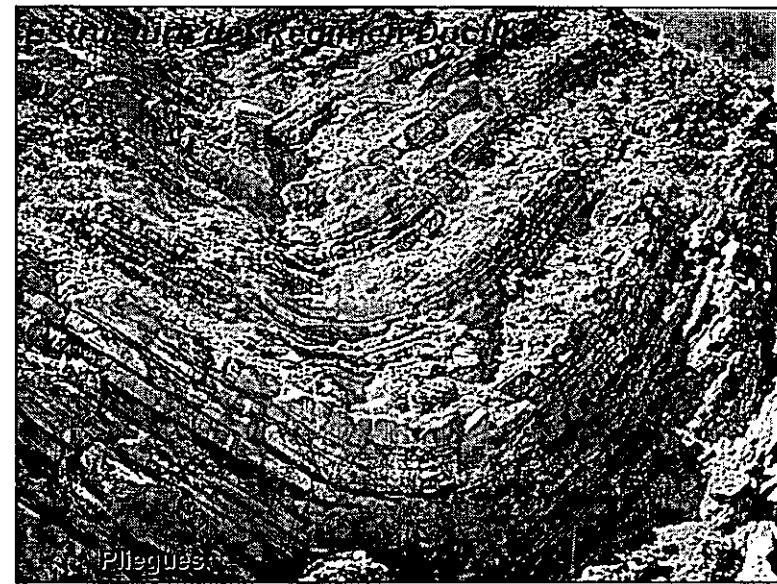
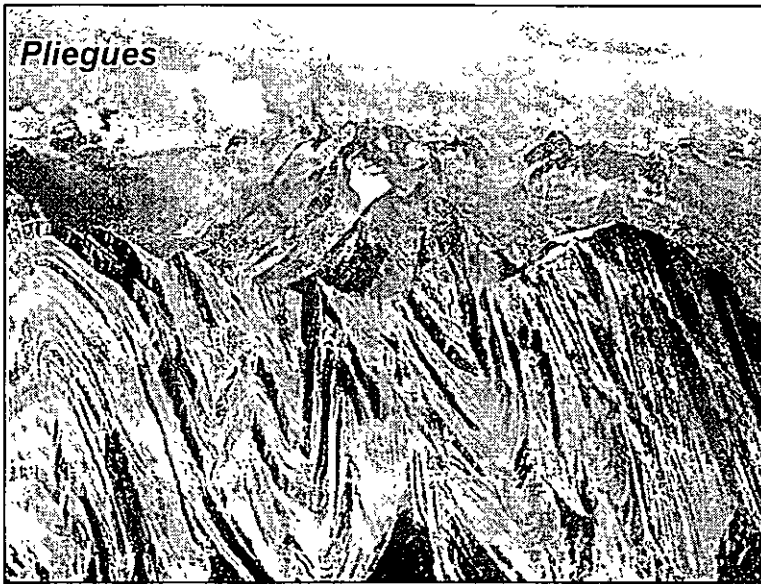


Introducción

@En esta parte del curso, vamos a describir y clasificar las varias clases de estructuras geológicas en términos de su forma, es decir, su morfología.

@En primer lugar analizaremos el plegamiento.





Definición y Significado



@ Un pliegue es una estructura producida cuando una superficie originalmente plana, como un capa sedimentaria, es inclinada o curvada como resultado de la deformación.

@ Una superficie plegada puede tener gran variedad de formas, desde muy simples a muy complejas; inclusive la geometría de una superficie curva puede en un momento dado ser muy difícil de describir, sobre todo cuando los pliegues son resultado de más de dos fases de deformación. En este caso se pueden tener pliegues plegados.



Definición y Significado



Un pliegue es una estructura secundaria resultado de deformación dúctil heterogénea, la cual se manifiesta como una o varias ondulaciones de sus elementos originales.

Cuando esto ocurre, las rocas experimentan (gozan) una modificación en su geometría, la que se reconoce cuando los cuerpos rocosos presentan algún rasgo plano o lineal rectilíneo antes de la deformación, el rasgo previo más común es la estratificación.



Más Allá de los Tamaños...



En la Naturaleza, los pliegues aparecen en una gran variedad de tamaños y configuraciones.

Más allá de las diferencias en tamaño, la mayoría de los pliegues se producen como consecuencia de esfuerzos compresivos que provocan el acortamiento y engrosamiento de la corteza.

Los esfuerzos de cizalla que provocan deformación dúctil también originan pliegues.



Más Allá de los Tamaños...



Tres escalas a las que encontramos pliegues, en primer lugar grandes pliegues del tamaño de montañas, pliegues en las "formaciones de hierro" Precámbricas y fotomicrografías de esquisto.

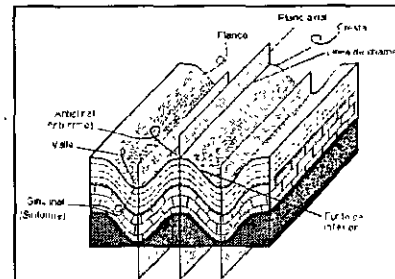


Geometría y Nomenclatura

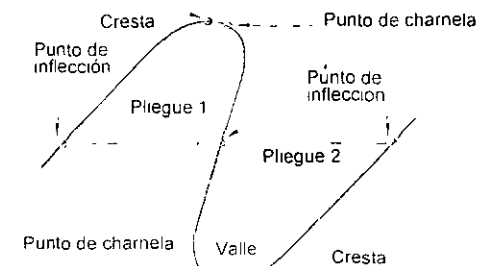


Desde el punto de vista geológico, los pliegues son estructuras que involucran aspectos litológicos, geométricos y estratigráficos (cronológicos).

Se componen de varias partes que los caracterizan: flanco, cresta, valle, punto de charnela, línea de charnela, superficie de charnela, longitud de onda, amplitud de onda, eje y punto de inflexión.



Partes de los pliegues

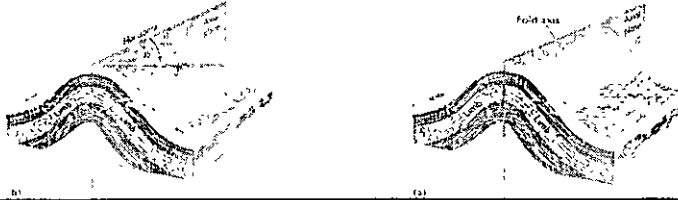




Geometría y Nomenclatura



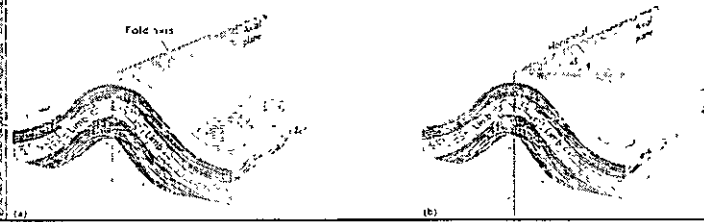
- **Flanco o limbo.** Es la superficie de uno de los lados del pliegue. Cada pliegue tiene dos flancos.
- **Cresta.** Es el punto más alto en la superficie plegada.
- **Valle.** Es el punto más bajo en la superficie plegada.
- **Punto de charnela.** Es punto de máxima curvatura del pliegue, visto en sección transversal.
- **Línea de Charnela.** Es la línea que une los puntos de máxima curvatura de un pliegue y pasa por los puntos de charnela.
- **Superficie o plano de charnela (plano axial).** Superficie que contiene las líneas de charnela de un pliegue en un mismo plano estructural.



Geometría y Nomenclatura



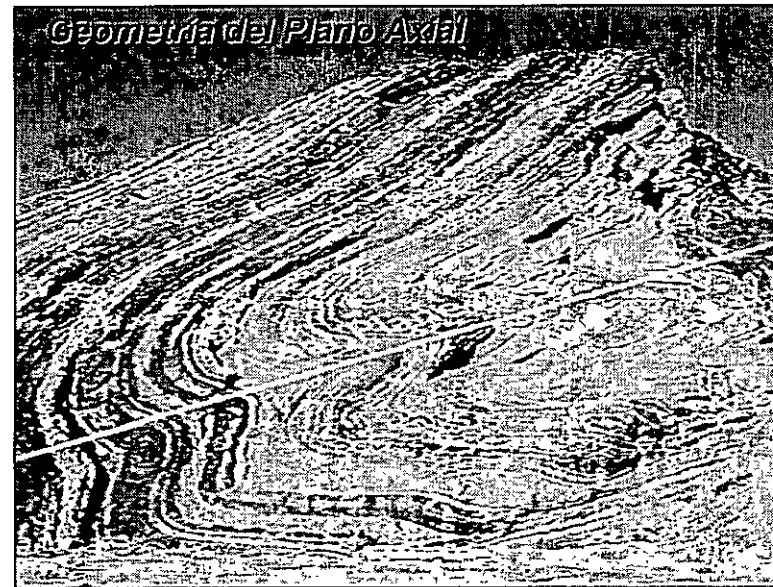
- **Longitud de onda.** Distancia horizontal entre cresta y cresta en un antiforme o entre valle y valle en un sinforme, considerando siempre pliegues continuos. Es una medida del tamaño del pliegue.
- **Amplitud de onda.** Distancia entre el punto de inflexión y la cresta de un antiforme o el punto de inflexión y el valle de un sinforme.
- **Ángulo interlimbos (interflancos).** Ángulo menor que se forma entre los limbos o flancos de un pliegue.



Geometría y Nomenclatura



- **Eje.** Es la línea que genera a un pliegue (generatriz). En un mapa se define como la traza del eje del pliegue a la intersección de la superficie axial con el relieve topográfico. El eje del pliegue es el que se dibuja en un mapa geológico para representarlo gráficamente.
- **Punto de inflexión.** Punto donde una superficie plegada pasa de un pliegue a otro o visto de otra manera de cóncava a convexa.





CONCEPTOS ASOCIADOS A ESTRUCTURA PLEGADAS



- ⌘ *Anticlinal.* El pliegue se denomina anticlinal cuando las rocas más viejas se localizan hacia la zona cóncava del arqueamiento o núcleo del pliegue.
- ⌘ *Sinclinal.* El pliegue se denomina sinclinal cuando las rocas más jóvenes se presentan en el lado cóncavo o núcleo de la flexión.
- ⌘ *Anticlinorio.* Estructura regional con forma cóncava hacia abajo, definida por un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales.

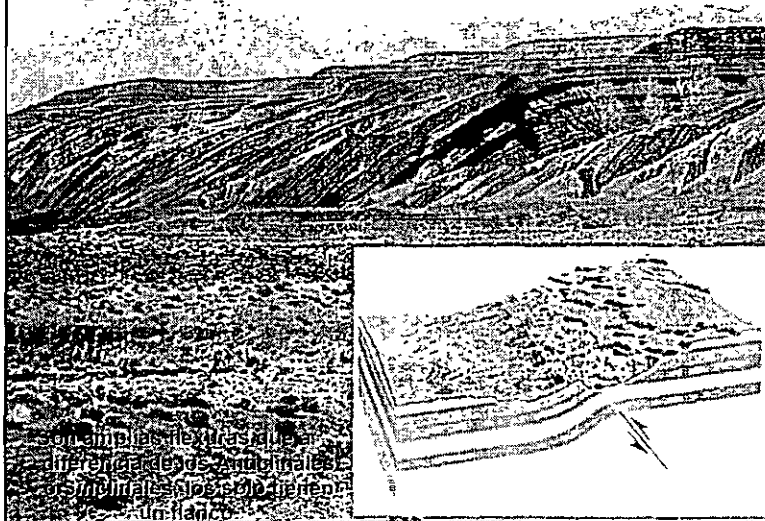


CONCEPTOS ASOCIADOS A ESTRUCTURAS PLEGADAS



- ⌘ *Sinclinorio.* Estructura regional con forma convexa hacia abajo, definida por un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales.
- ⌘ *Monoclinal.* Flexión o inclinación estructural en una sola dirección, semejante a un escalón, en zonas donde predominan capas horizontales.
- ⌘ *Homoclinal.* Flexión estructural en una sola dirección con echado uniforme, es semejante a una rampa.
- ⌘ *Terraza estructural.* Área donde localmente se tienen estratos horizontales en una zona en la que predominan estratos inclinados.

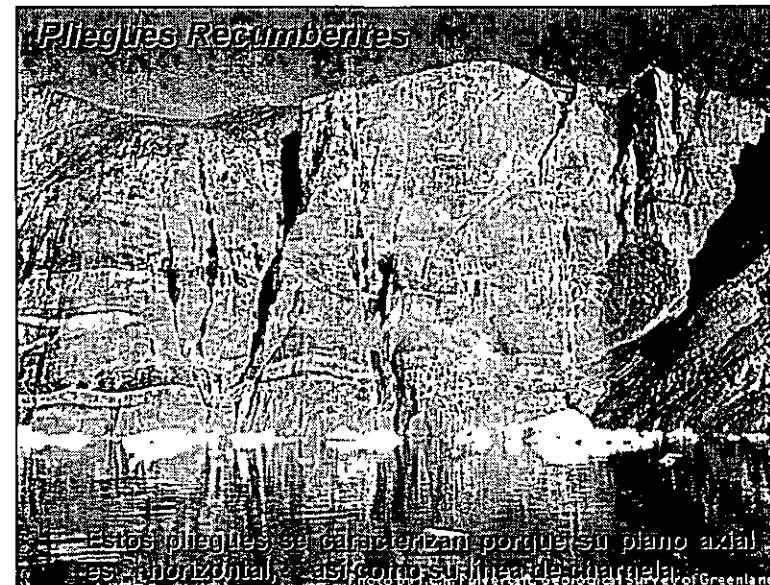
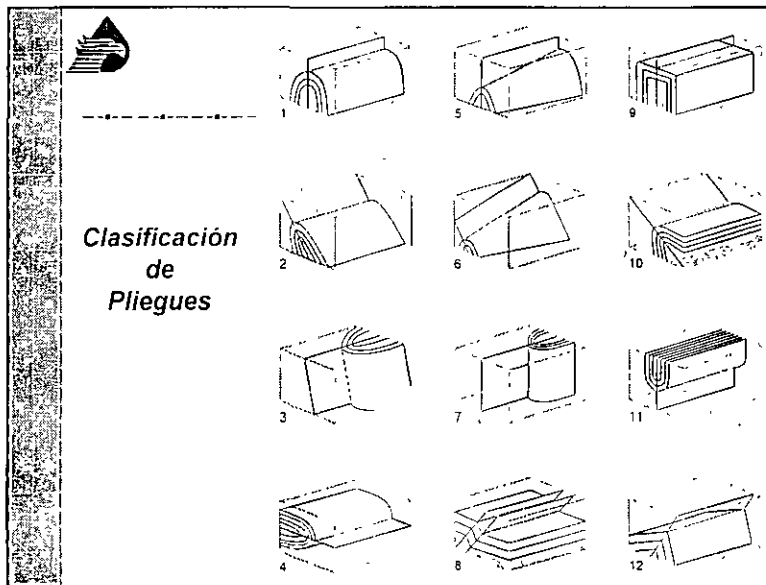
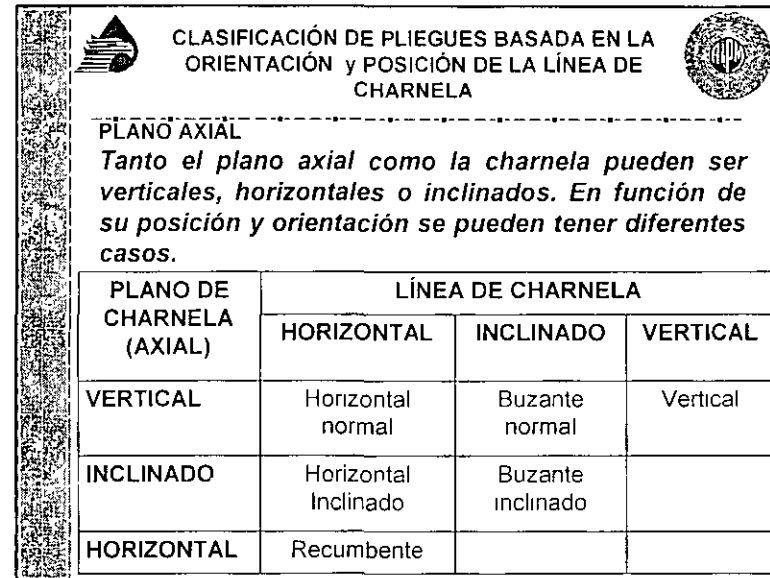
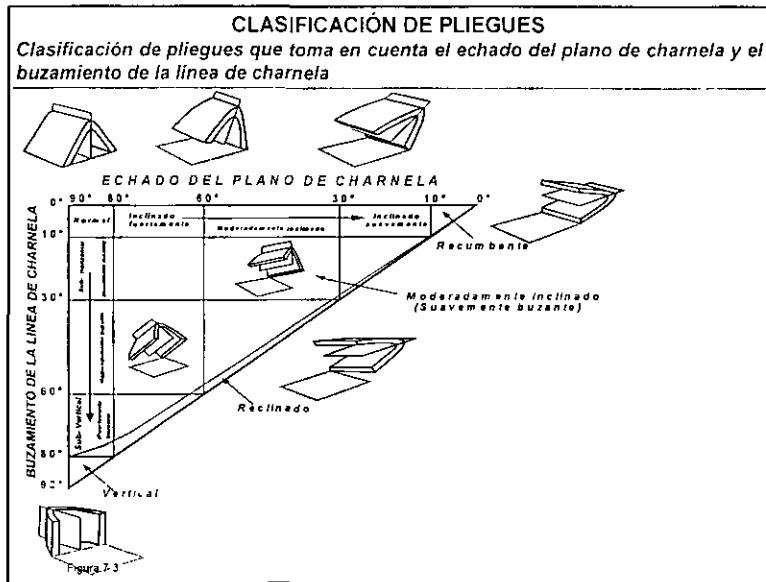
Pliegues Monoclinales



CONCEPTOS ASOCIADOS A ESTRUCTURAS PLEGADAS



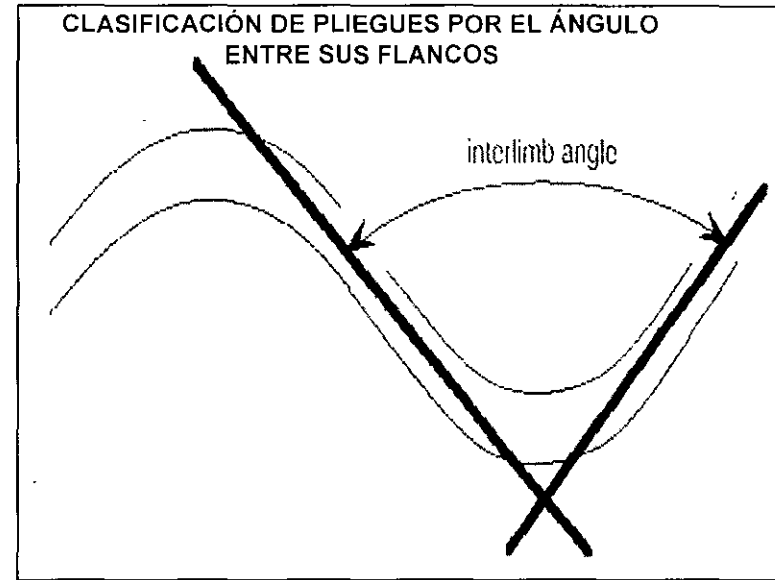
- ⌘ *Décollement.* Es la superficie de despegue entre la roca de basamento o bloque autóctono y la roca que se desplaza o bloque alóctono. En el bloque superior se forman los pliegues.
- ⌘ *Orientación.* Para los flancos o limbos se miden los rumbos y echados, al igual que para el plano de charnela.
- ⌘ La orientación de un pliegue se mide en el campo obteniendo la actitud de ambos limbos, plano y línea de charnela. Para las líneas de charnela, se mide el buzamiento y la dirección del buzamiento.



CLASIFICACIÓN DE PLIEGUES POR EL ÁNGULO ENTRE SUS FLANCOS

Esta clasificación incluye como elemento descriptivo el ángulo entre los flancos de un pliegue para describir lo "apretado" o lo "abierto" de la estructura, esto se logra pasando una línea tangente a los puntos de inflexión, formando por lo tanto el ángulo interflancos.

ÁNGULO INTERFLANCOS	TIPO DE PLIEGUE
179°-- 120°	SUAVE
119°-- 70°	ABIERTO
69°-- 30°	CERRADO
29°-- 0°	APRETADO
0°	ISOCLINAL
ÁNGULOS NEGATIVOS	DE HONGO O ABANICO



CLASIFICACIÓN DE PLIEGUES POR LA GEOMETRÍA DE SUS CRESTAS

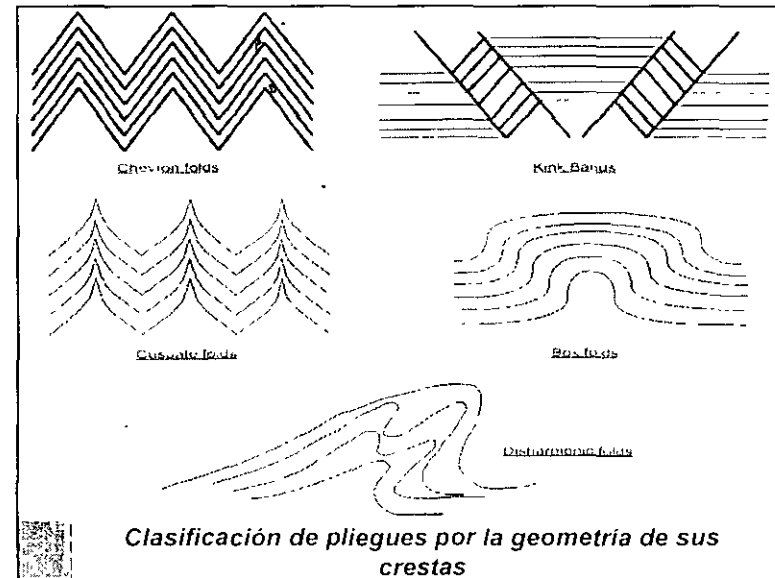
Esta clasificación es descriptiva y se basa en la geometría de sus crestas y/o valles, bien sean angulares o redondeadas.

Pliegues kink. Pliegues con flancos planos con crestas y valles completamente angulares, los flancos de un pliegue kink son de diferente longitud, por lo que son asimétricos.

Pliegues chevrón. Pliegues con flancos planos con crestas y valles completamente angulares, con flancos simétricos.

Pliegues de caja. Pliegues con crestas y valles angulares, en forma de grecas (ángulos aproximadamente de 90°)

Pliegues cilindricos. Pliegues con crestas y valles redondeados, semejando una superficie cilíndrica.





CLASIFICACIÓN DE PLIEGUES POR SU SIMETRÍA



Los pliegues también se pueden describir en términos de su simetría.

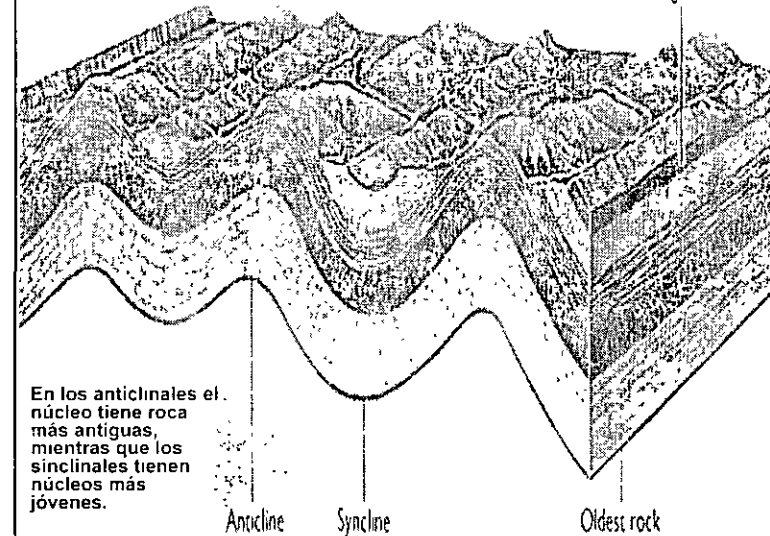
Un pliegue es simétrico cuando ambos flancos tienen la misma inclinación (echado) respecto de la línea de charnela.

Cuando uno de ellos tiene mayor inclinación que otro es asimétrico.

Si ambos flancos se inclinan en la misma dirección es un pliegue volcado.

Pliegues Anticlinales Y Sinclinales

Youngest rock



En los anticlinales el núcleo tiene roca más antiguas, mientras que los sinclinales tienen núcleos más jóvenes.

Anticline

Syncline

Oldest rock



Pliegues Simétricos y Asimétricos



Pliegue Simétrico

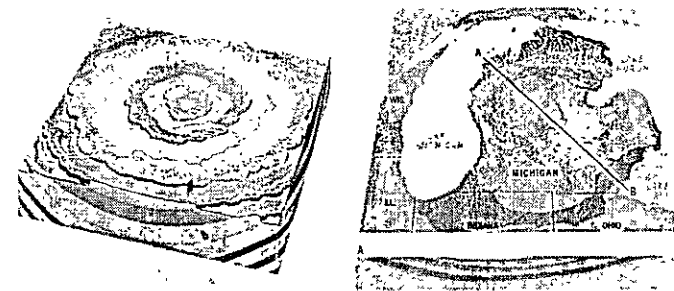
Pliegue Asimétrico

Pliegue Volcado

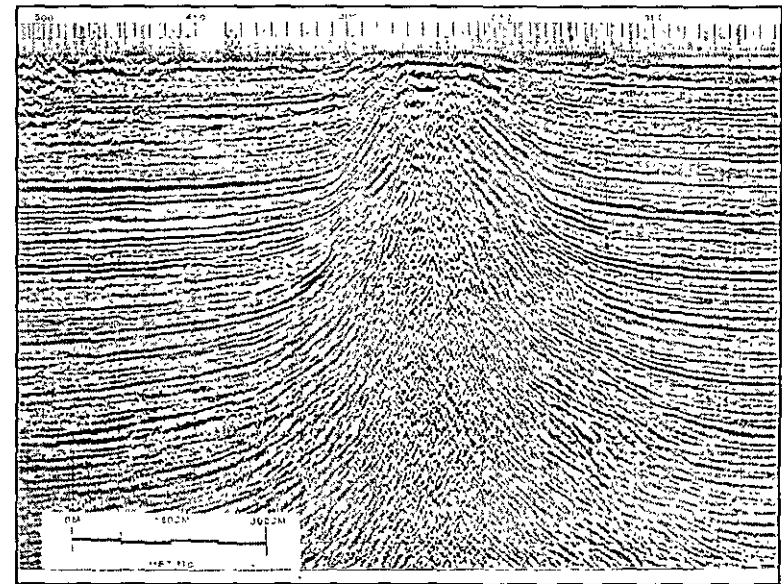
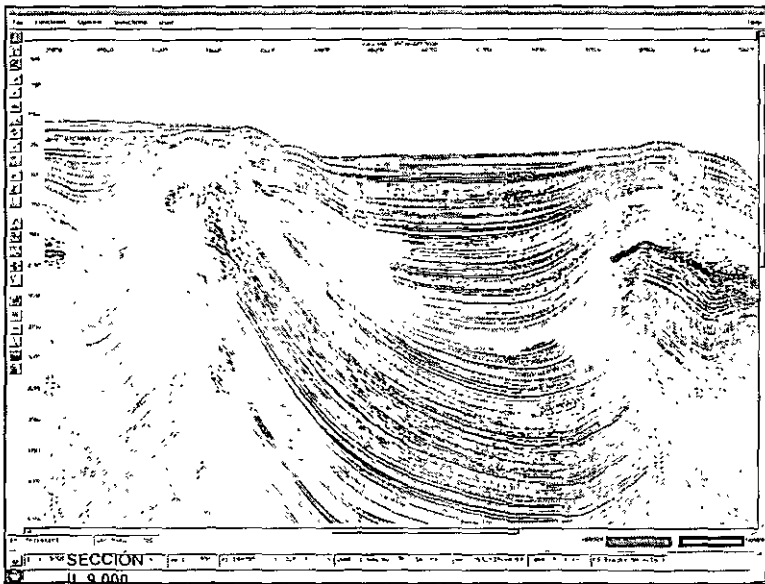
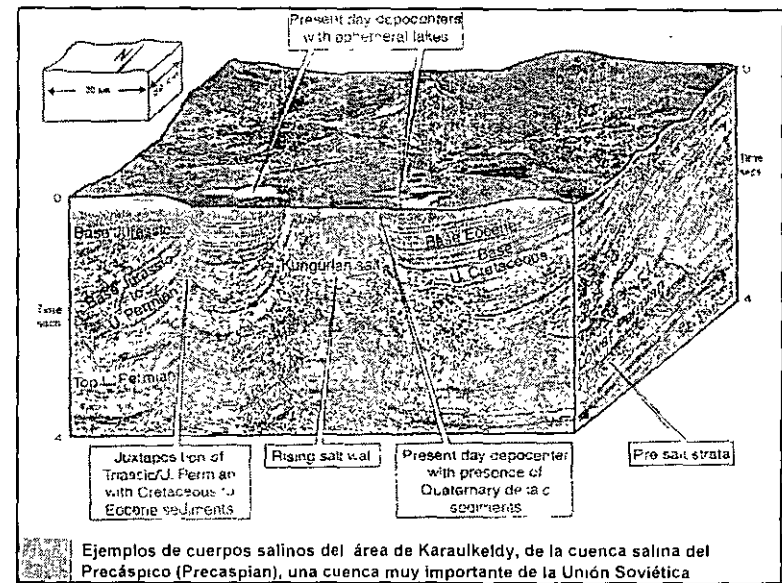
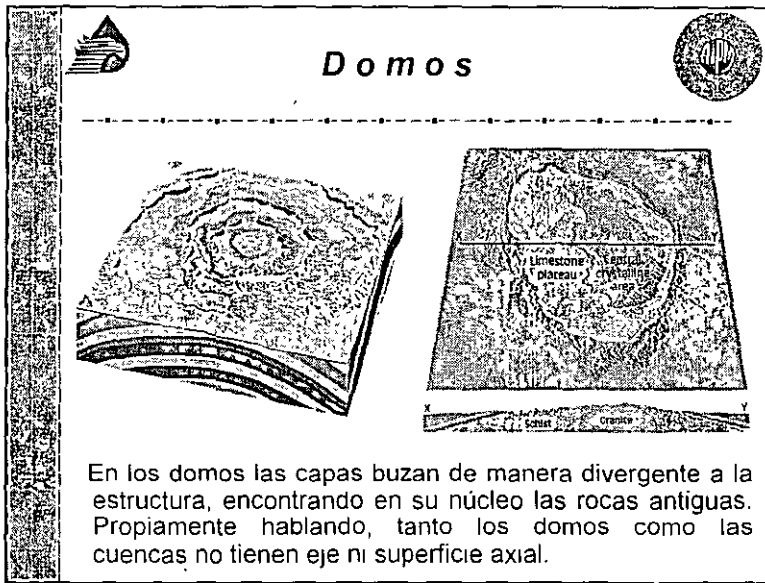
Un pliegue es simétrico cuando ambos flancos tienen la misma inclinación respecto del eje axial cuando uno de ellos tiene mayor inclinación que otro es asimétrico y si ambos flancos buzcan en la misma dirección es un pliegue volcado.

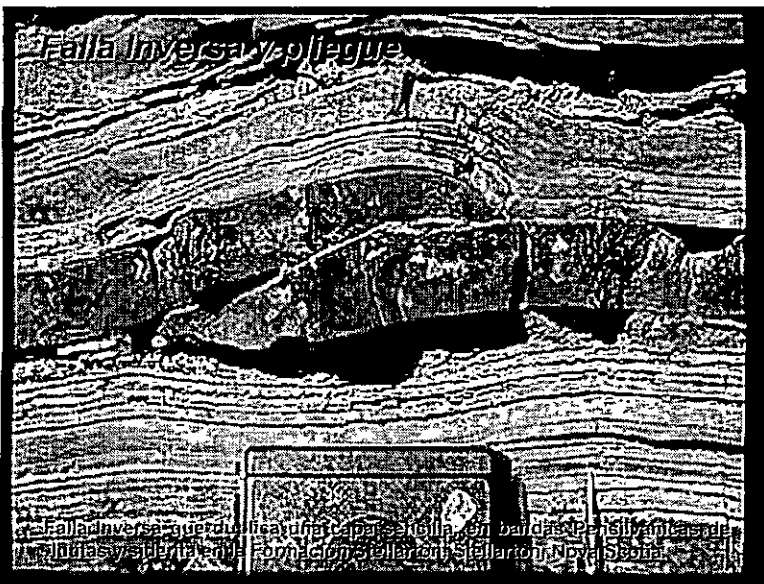
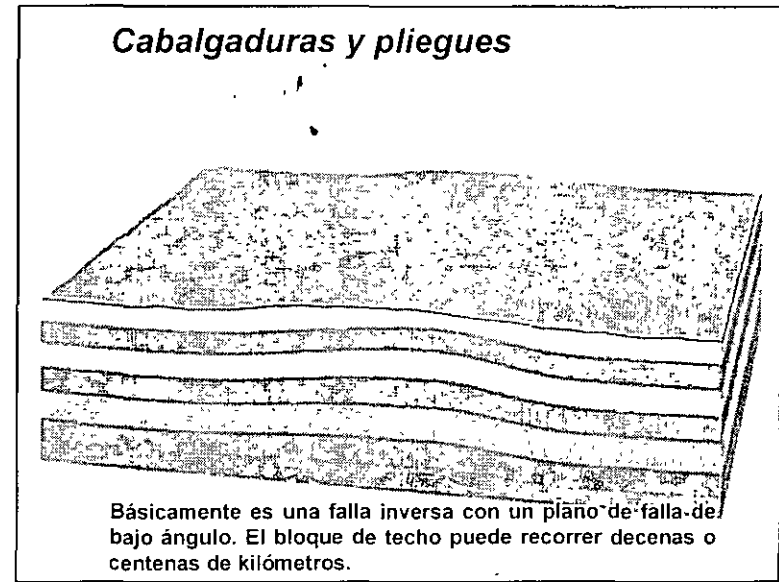


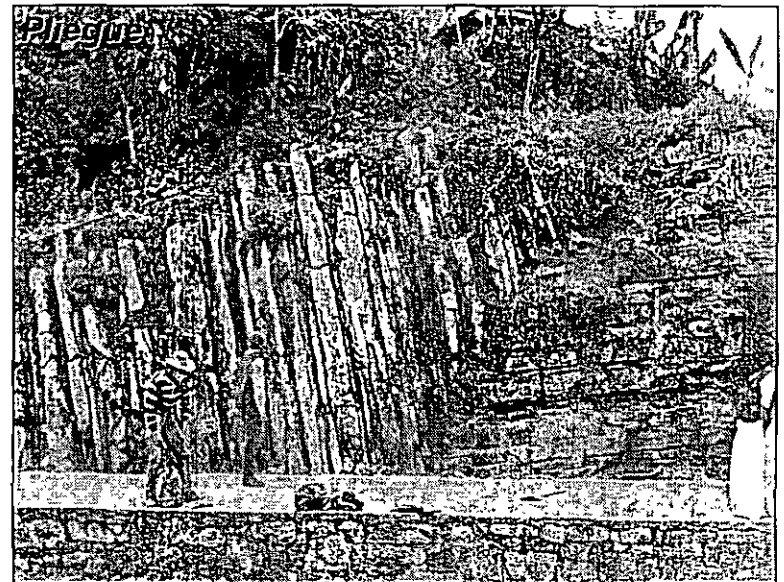
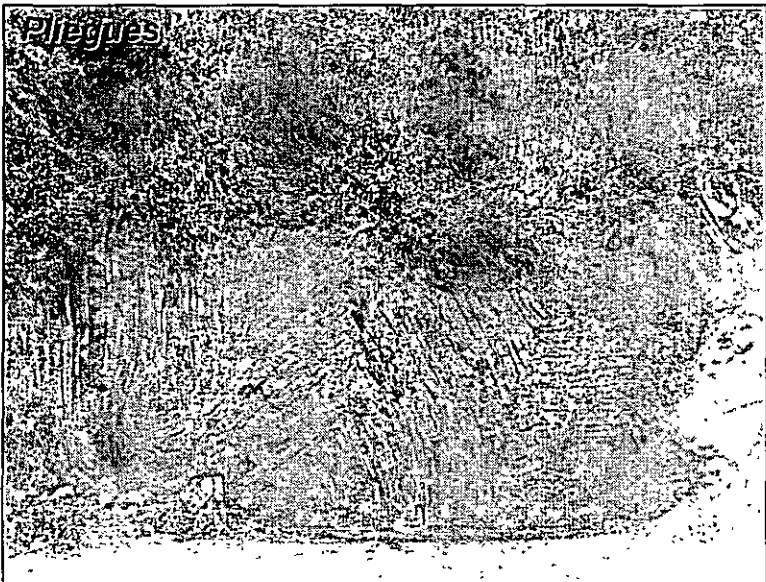
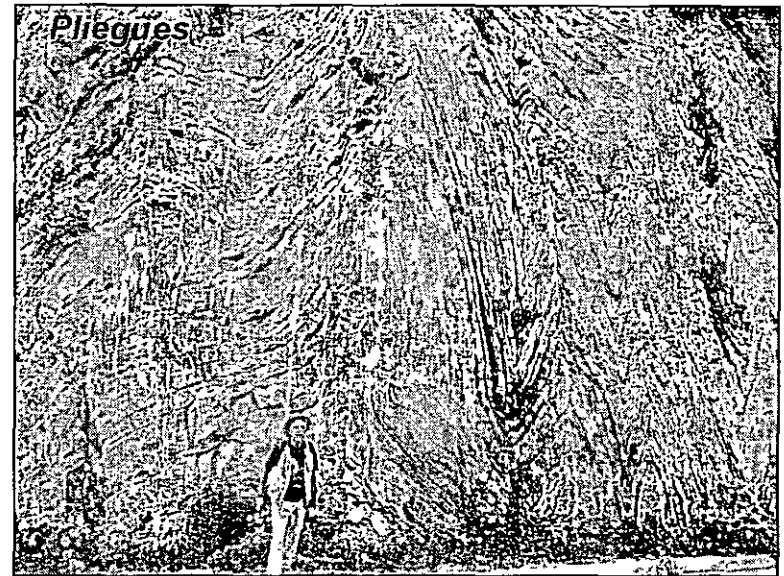
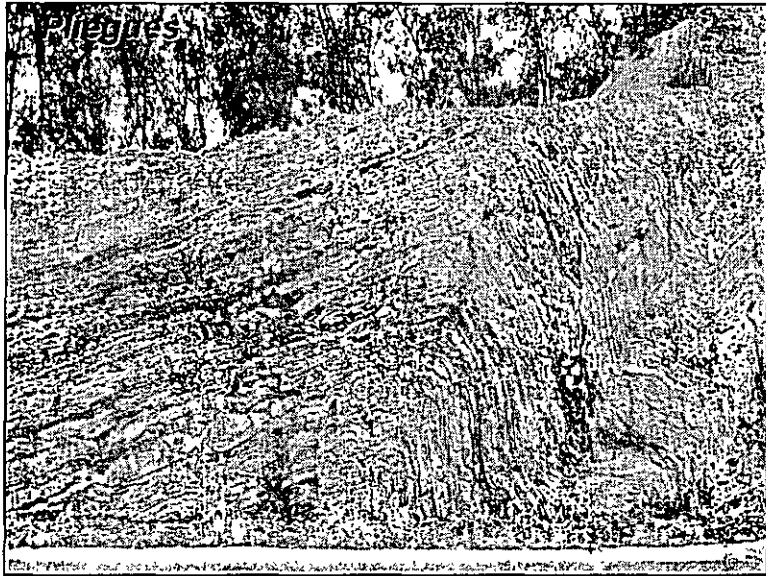
Cuencas

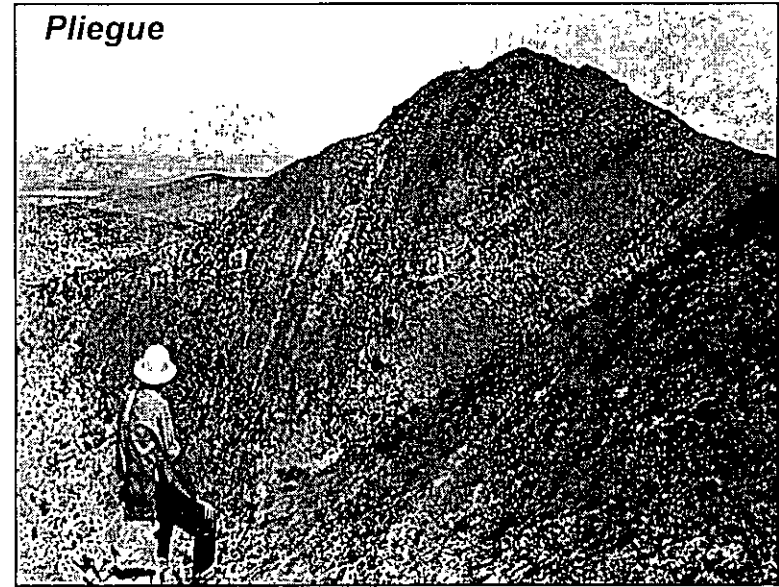
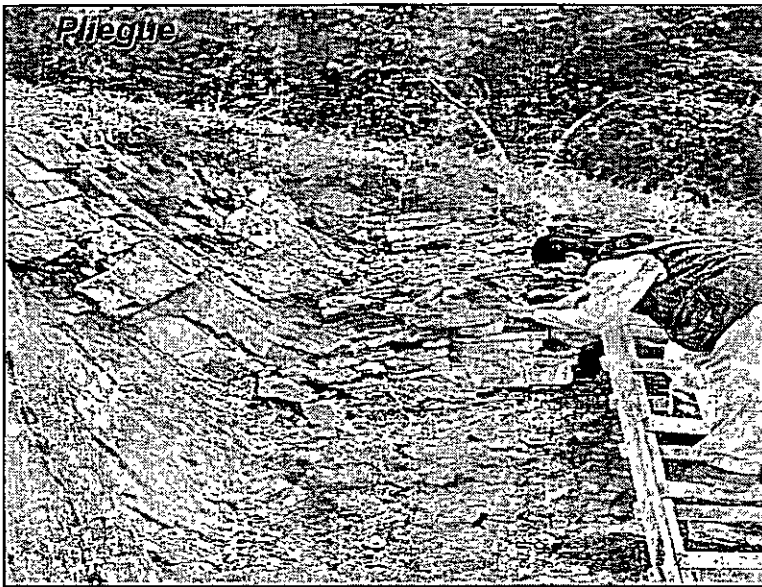
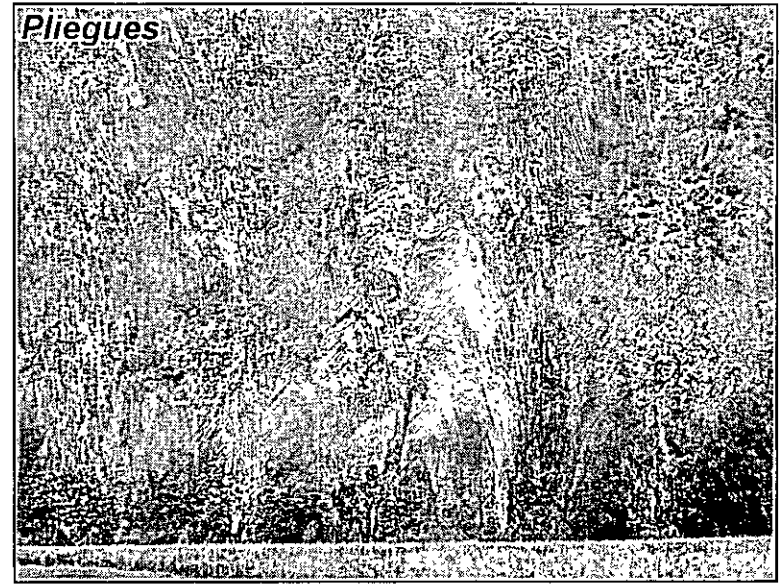
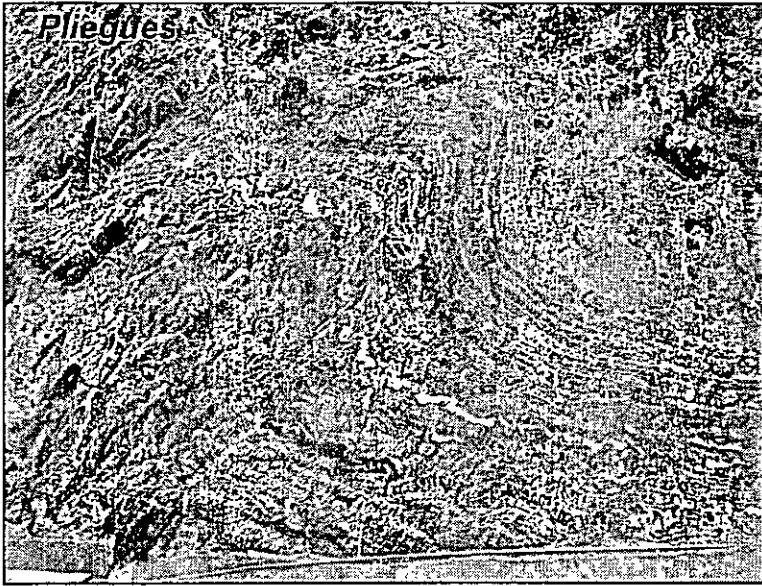


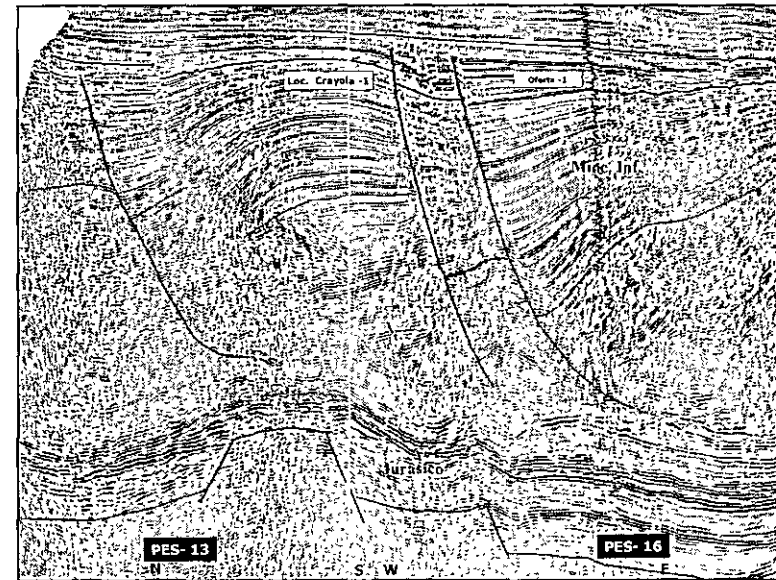
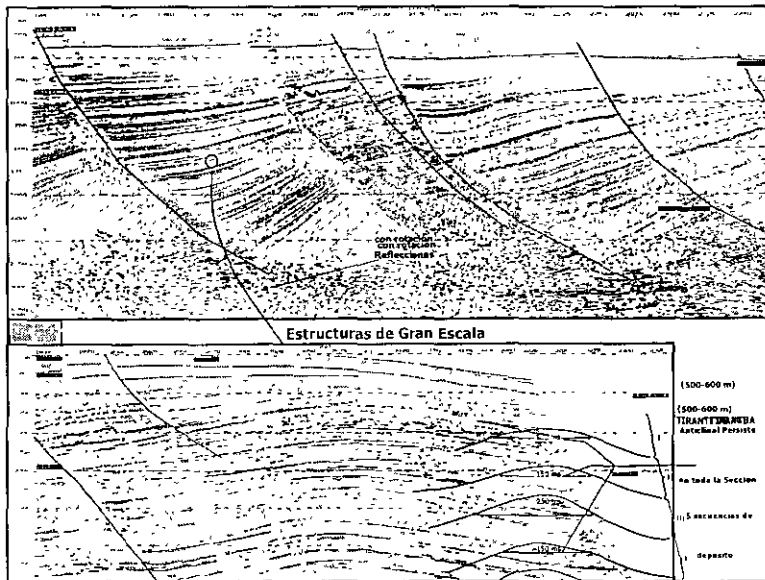
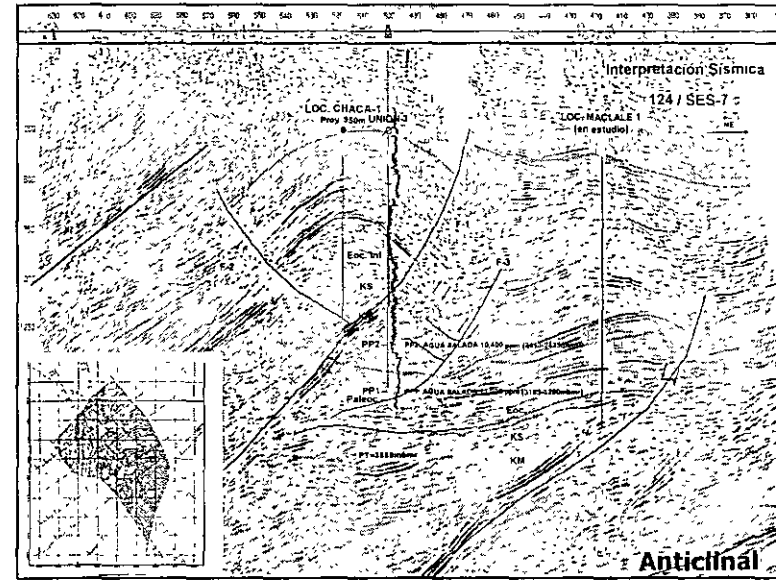
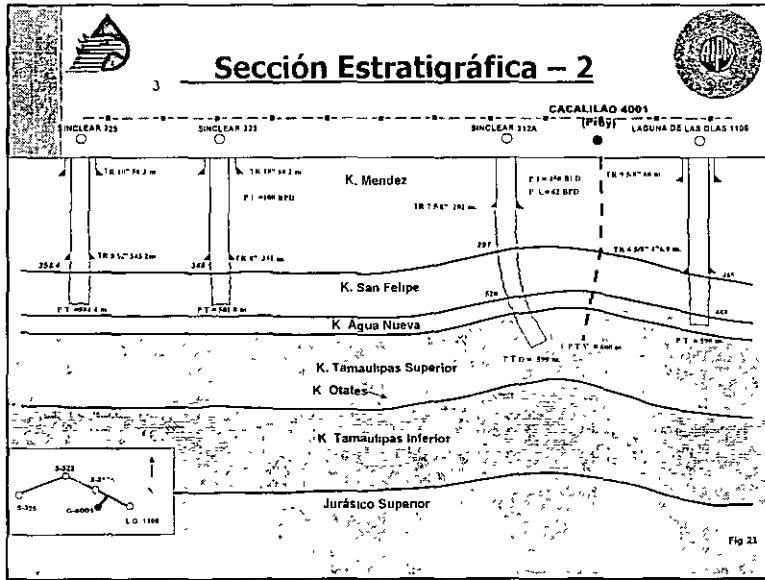
En este pliegue las capas buzcan concéntricamente. Un ejemplo claro es la Cuenca de Michigan, donde las rocas más jóvenes se encuentran al centro y las más antiguas en los flancos.

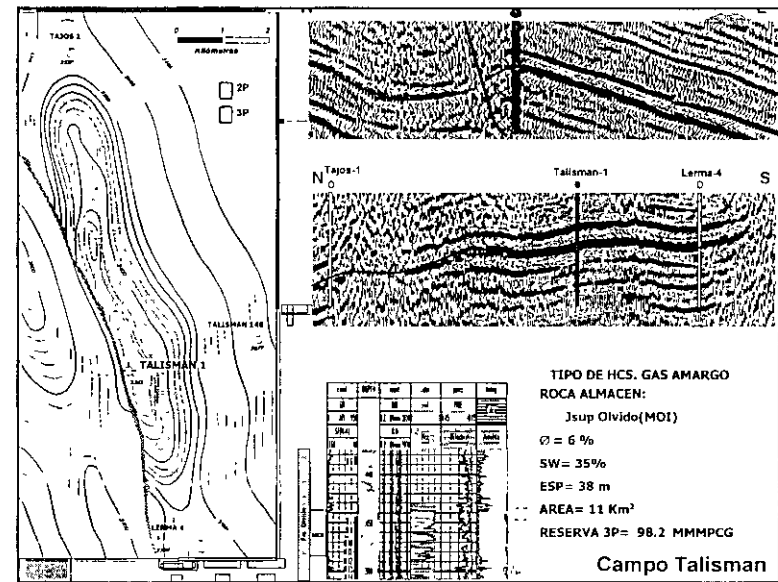
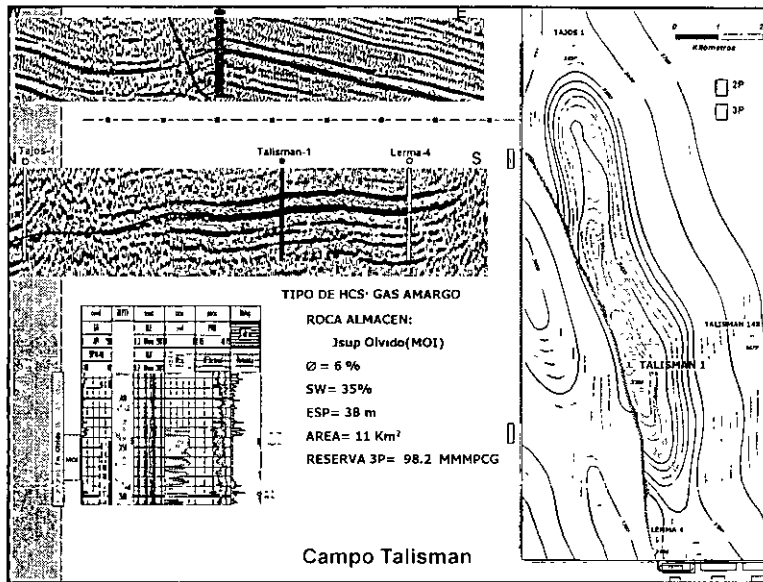














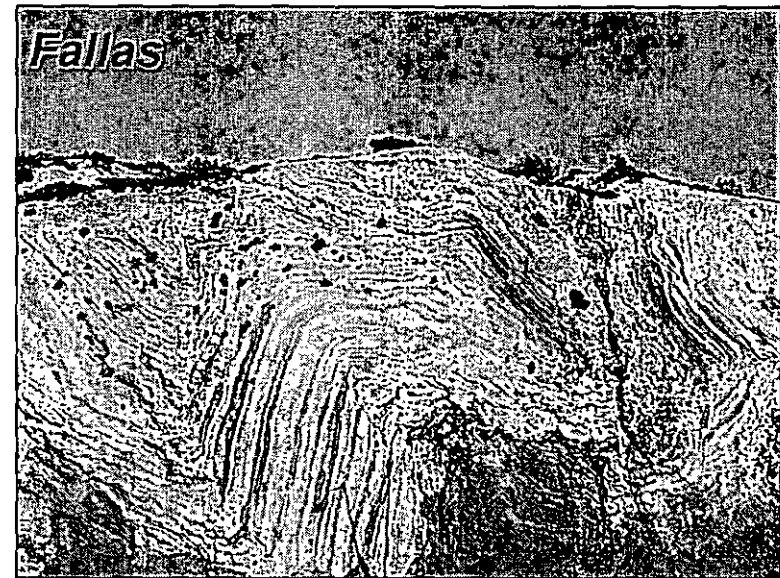




**ASOCIACIÓN DE INGENIEROS
PETROLEROS DE MÉXICO**

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**

Presentación 10

INSTRUCTOR: ING. JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO







Introducción

@ En esta parte del curso, vamos a describir y clasificar las varias clases de estructuras geológicas en términos de su forma, es decir, su morfología.



@ Analizaremos las fallas y a las fracturas.



Índice

Fracturas y Fallas

- ✓ Definición
- ✓ Geometría y Nomenclatura
- ✓ Clasificación de las Fallas
- ✓ Sistemas de Fallas

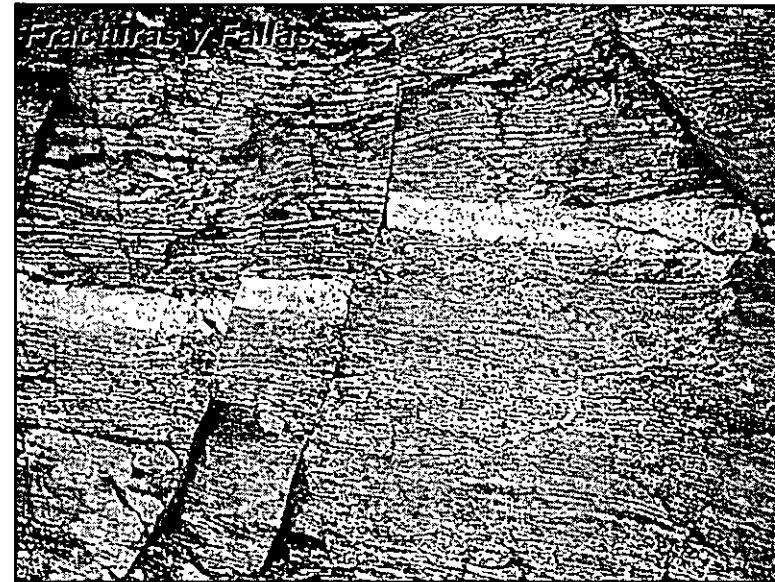




Factores Que Controlan la Deformación



- @ *Condiciones Ambientales:* Características de presión y temperatura.
- @ *Resistencia de los materiales:* Las rocas compuestas de minerales con enlaces moleculares internos fuertes tienden a romperse por fractura, mientras que las rocas con enlaces más débiles son más sensibles al flujo dúctil.
- @ *El Tiempo Geológico:* Imposible de duplicarse en el laboratorio, se conoce que su influencia puede ser muy importante.



FRACTURAS Y FALLAS



Cada una de las zonas o ámbitos que resultan de una superficie de ruptura se denominan bloque; si la superficie de ruptura es horizontal o inclinada, al volumen que queda arriba de la superficie se denomina bloque de techo y al volumen inferior bloque de piso.

El vector de desplazamiento que conecta a puntos originalmente contiguos entre el bloque del techo y el bloque de piso se conoce como desplazamiento neto.

Las fracturas y fallas son producto de la deformación frágil en cualquier tipo de roca, se forman por esfuerzos cortantes y en zonas de compresión o de tensión.



FRACTURAS



Bajo el campo de la deformación frágil las rocas se rompen conforme a superficies más o menos planas. Las superficies de ruptura se denominan fracturas cuando no se aprecia desplazamiento entre los dos ámbitos definidos por la superficie de discontinuidad, en sentido paralelo a la propia superficie.

Las fracturas son discontinuidades aproximadamente planas que separan bloques de roca con desplazamiento perpendicular al plano de ruptura.



Las Rocas Fracturadas



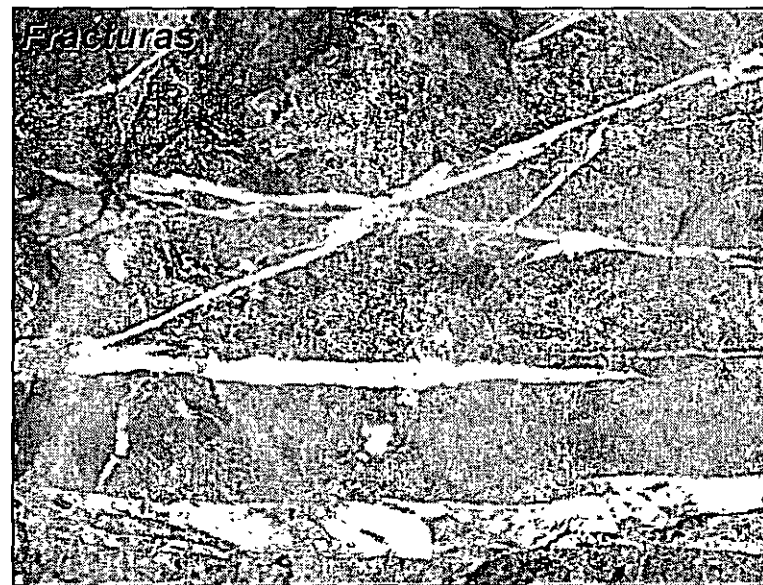
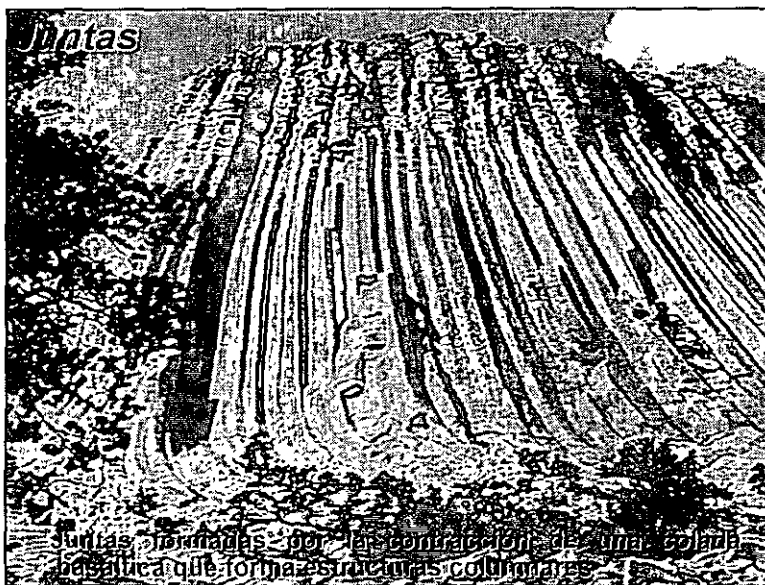
- @ Son rompimientos a lo largo de los cuales la cohesión del material se ha perdido y se registra como planos o superficies de discontinuidad.
- @ Donde se aprecia un desplazamiento a lo largo del plano de fractura, esto es, donde la roca a tenido un movimiento relativo a lo largo del plano de la fractura, es llamada falla.
- @ Esta distinción es un tanto artificial y depende de la escala de observación; en la práctica la mayoría de la fracturas no muestran, o es insignificante, desplazamiento y son clasificadas como juntas o diaclasas.




Definiciones




- @ Juntas: Es un rompimiento a lo largo del cual no se aprecia que ha ocurrido un movimiento.
- @ Las juntas se originan no únicamente por esfuerzos tectónicos, también se forman durante el enfriamiento de las rocas ígneas y por la contracción y expansión de las capas más superficiales durante la erosión.



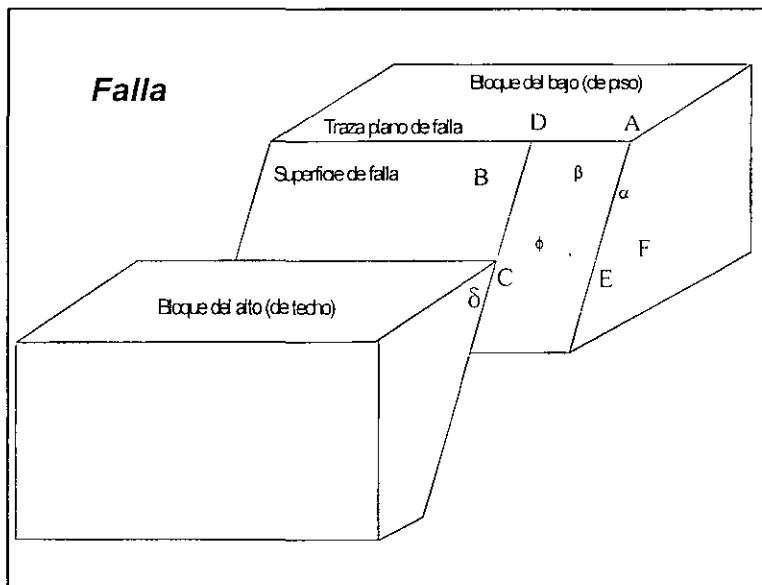
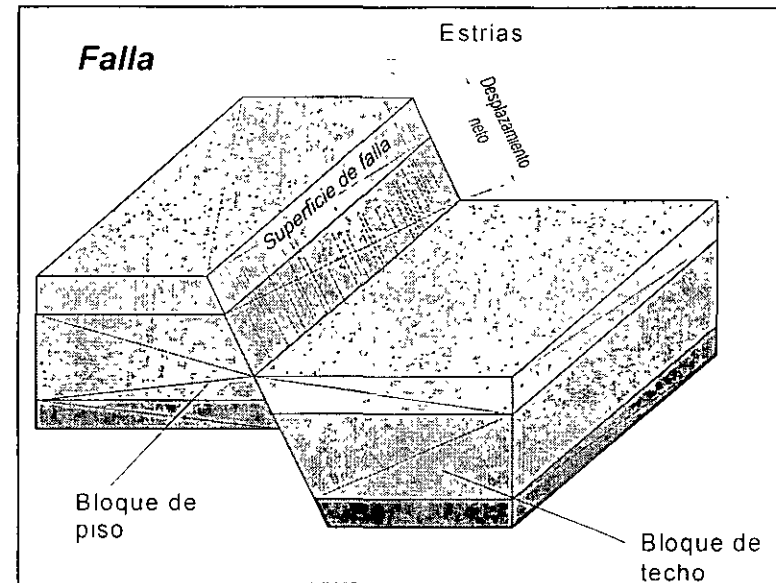



Falla




@ **Falla:** Es una estructura planar a través de la cual existe un desplazamiento en un dirección que es generalmente paralela al plano de fractura

@ **Las fallas** son superficies de discontinuidad que separan bloques de roca donde ha ocurrido desplazamiento de bloques con movimiento paralelo al plano de discontinuidad.





Geometría y Nomenclatura



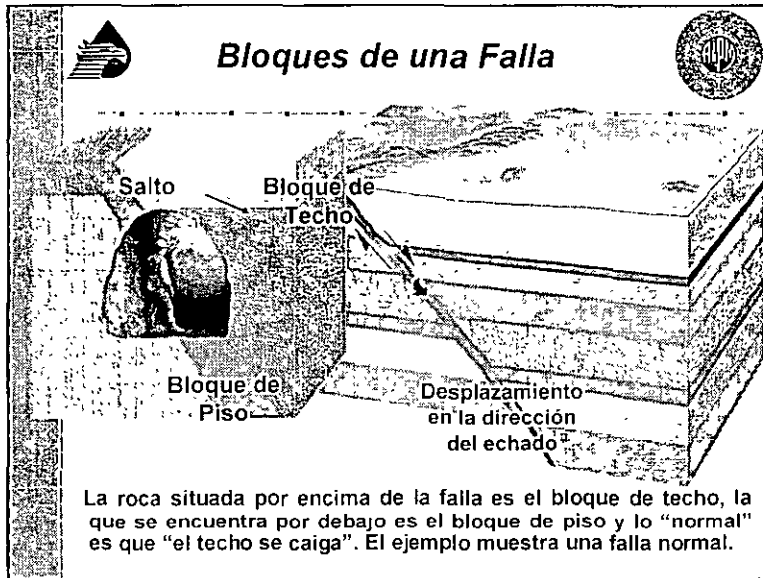
@ Cuando el plano de falla no es vertical, en bloque por arriba de la falla es el *bloque de techo*, mientras el bloque por debajo de la falla es el *bloque de piso*.

@ La inclinación del plano de falla es llamado echado.

@ El desplazamiento a lo largo del plano de falla entre dos bloques puede tomar cualquier dirección en el plano.

@ El desplazamiento, de manera ideal, puede ser en la dirección del rumbo o en la dirección del echado.

@ El salto es el movimiento relativo en la falla, medido de un bloque a otro como el desplazamiento de puntos anteriormente adyacentes.



TIPOS DE FALLAS

Las fallas se describen y clasifican generalmente por el echado de la falla, la dirección y el sentido del movimiento.

El objetivo principal es definir la actitud de desplazamiento, el sentido de movimiento y la magnitud del desplazamiento neto.

Las fallas pueden ser normales, inversas, transcurrentes, rotacionales y de crecimiento.

Fallas

Falla normal. Si el movimiento ocurre conforme a la línea de máxima pendiente, la falla es normal; el desplazamiento es tal que el bloque de techo se desliza hacia abajo con relación al bloque de piso.

Falla inversa. La falla es inversa cuando el movimiento ocurre en dirección de la línea de máxima pendiente y el bloque de techo se desliza hacia arriba con relación al bloque de piso.

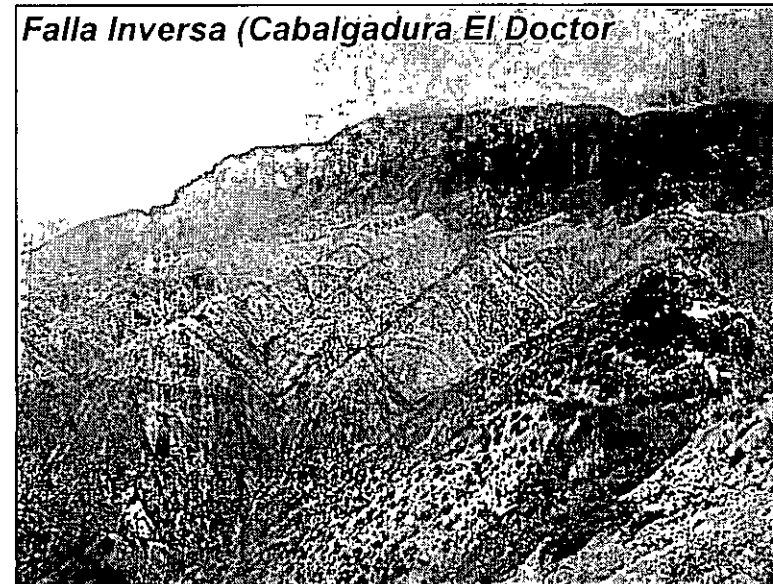
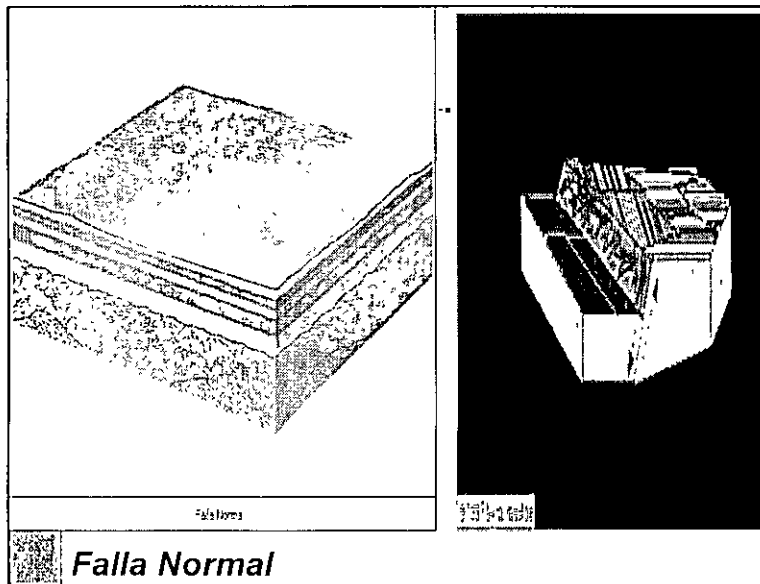
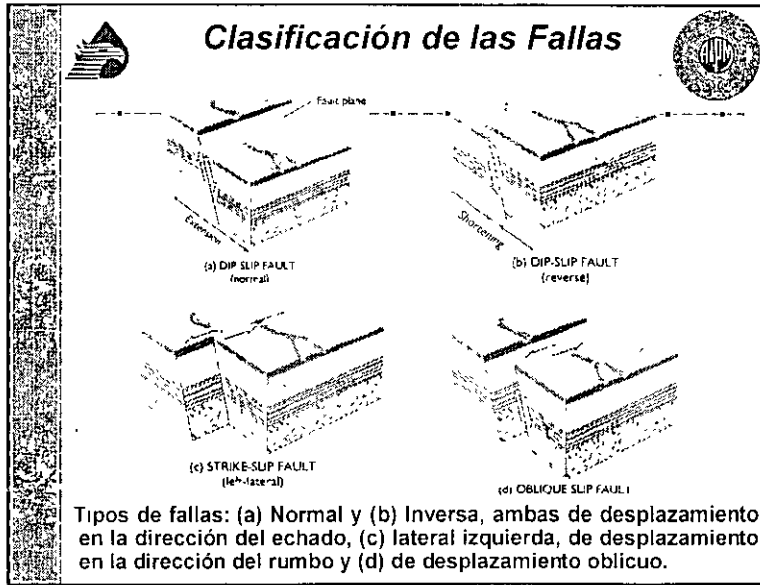
Falla transcurrente. Si el movimiento de los bloques se da en dirección del rumbo del plano de falla, corresponde a una falla de transurrencia o falla lateral, pudiendo ser lateral izquierda o lateral derecha.

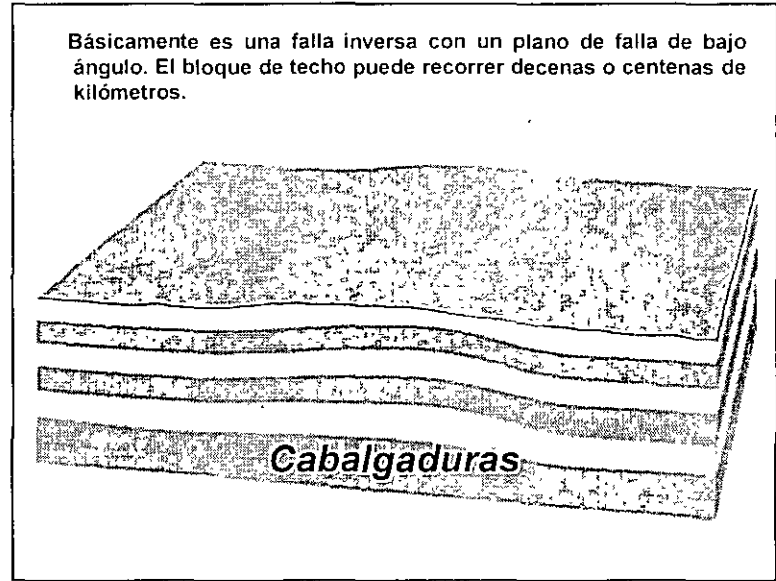
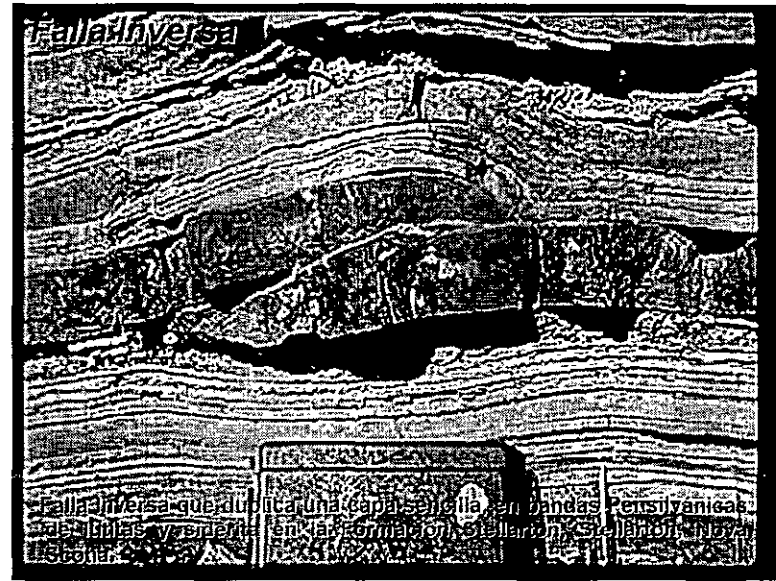
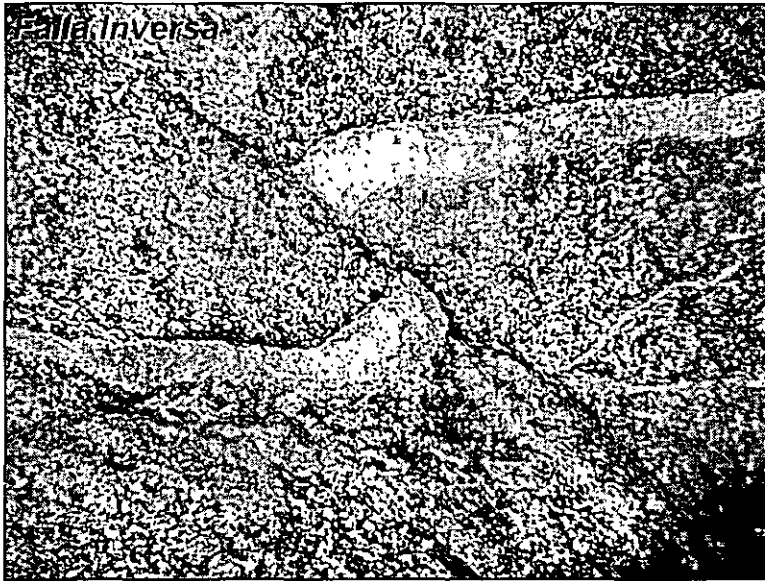
La falla es derecha cuando el observador identifica que el bloque de enfrente se desplaza en forma dextral, y es izquierda cuando dicho bloque se desplaza de manera sinistral.

Fallas

Falla rotacional o de tijera. Si el movimiento entre los bloques es rotacional, se dice que es una falla rotacional, cilíndrica o de tijera.

Falla de crecimiento. Tienen una componente de desplazamiento similar a una falla normal, a través de cuya superficie de falla existe un incremento del espesor de unidades litoestratigráficas. En este caso la gravedad, el agua, la composición, la cantidad (volumen) y tipo de sedimento influyen para que se formen.



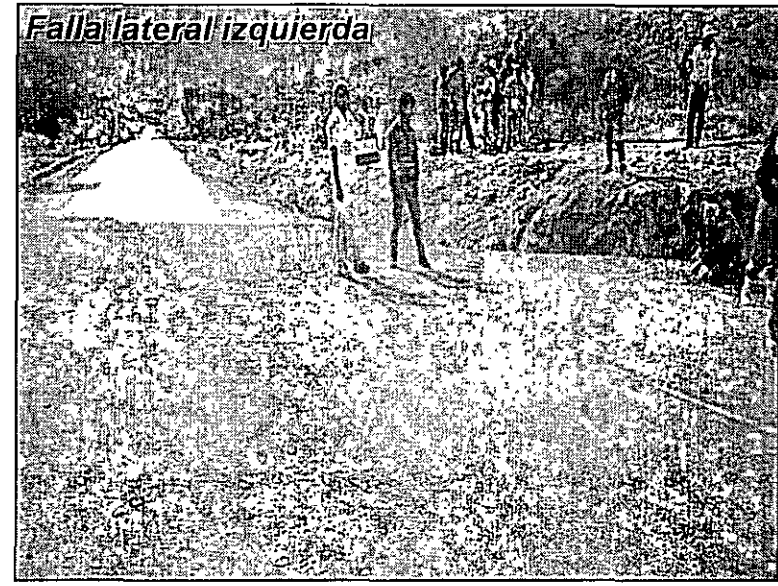


Falla Inversa



©1997 by m. mustoe

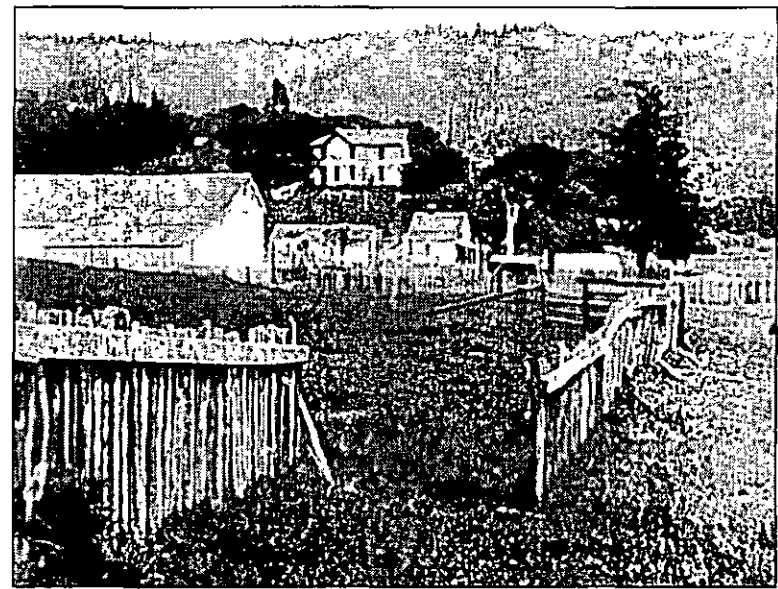
Falla lateral izquierda

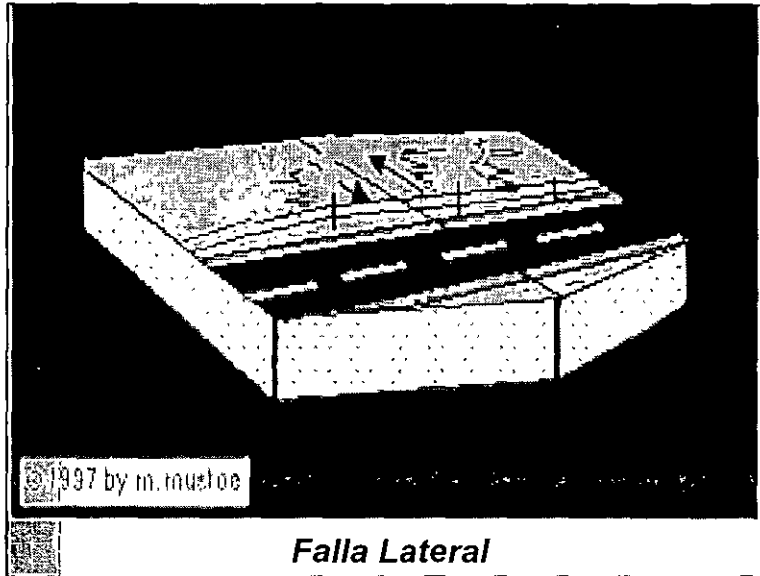


Falla Lateral



Esta área de la Falla lateral derecha de San Andrés. En la parte superior de la imagen se encuentra la Placa Norteamericana y en la inferior la Placa Pacífica.





CONCEPTOS ASOCIADOS A FALLAS NORMALES

Horst. Estructura positiva semejante a un pilar (sobre el bloque del piso), delimitada por dos fallas normales.

Graben. Estructura negativa semejante a una fosa (sobre el bloque del techo), delimitada por dos fallas normales.

Horst y Graben (Pilares y Fosas)

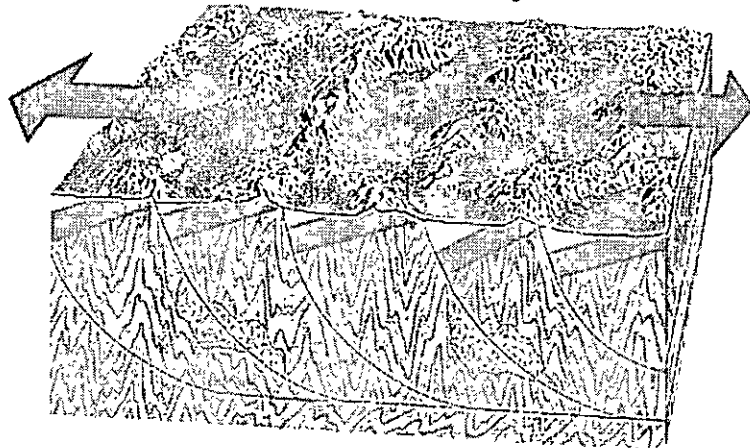
Son estructuras extensivas que se encuentra limitadas por fallas normales, que pueden tener o no una expresión geomorfológico.

Horst Y Graben en Africa

El Valle del Rift es el resultado de la extensión en la Placa Africana.

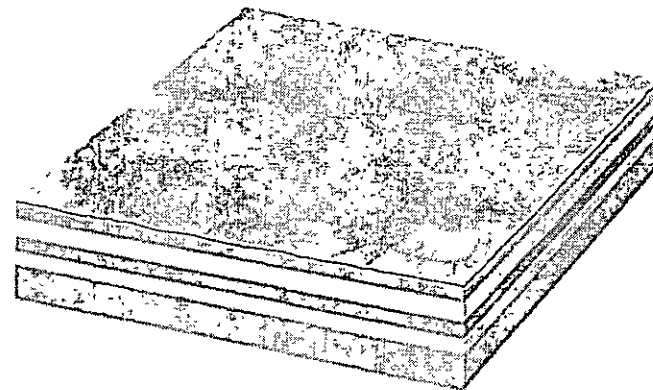
Fallas Lístricas

Basin and Range



Son una variedad de fallas normales, que en superficie son verticales, que cambian su inclinación a la horizontal.

Fallas Lístricas



Estas estructuras son características del estilo de deformación del Basin and Range.



Zona de falla



Es una zona de rompimiento y trituración donde no se observa una superficie en particular.

Puede corresponder con una región tabular que contenga varias fallas sensiblemente paralelas.



MATERIALES E INDICADORES CINEMÁTICOS ASOCIADOS AL PLANO DE FALLA



Cuando ocurre la ruptura de un bloque y uno o los dos bloques formados se desplazan (movimiento relativo) de forma paralela al plano de discontinuidad, se forma la superficie de falla, en la cual o en su entorno, tienen materiales triturados, recristalizado o metamorfozados que se originaron como resultado del movimiento de los bloques.

Estos materiales se clasifican y se describen en función de su composición, tamaño y textura.

conocen como brecha de falla, microbrecha, millonita, blastomillonita, pseudotaquilita, etc.

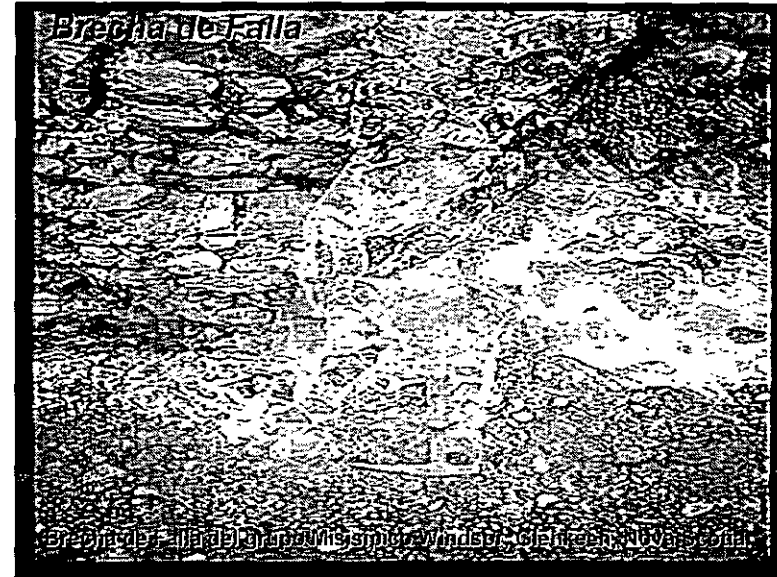


MATERIALES E INDICADORES CINEMÁTICOS ASOCIADOS AL PLANO DE FALLA



Los rasgos asociados al plano de falla que nos indican dirección y sentido del desplazamiento de los bloques se denominan indicadores cinemáticos, éstos son muy variados y están en función del tipo de materiales, la forma, geometría, tamaño, etc.

Los indicadores cinemáticos más importantes son: estrias, fracturas de tensión escalonadas, foliación sigmoidal, estructuras S-C, libros rotados, pliegues de arrastre, pliegues de funda, espejos y escalones de falla.



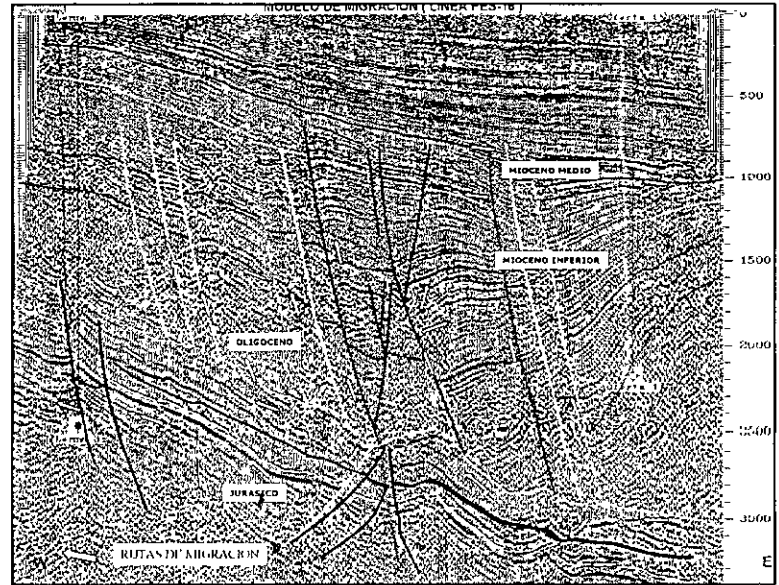
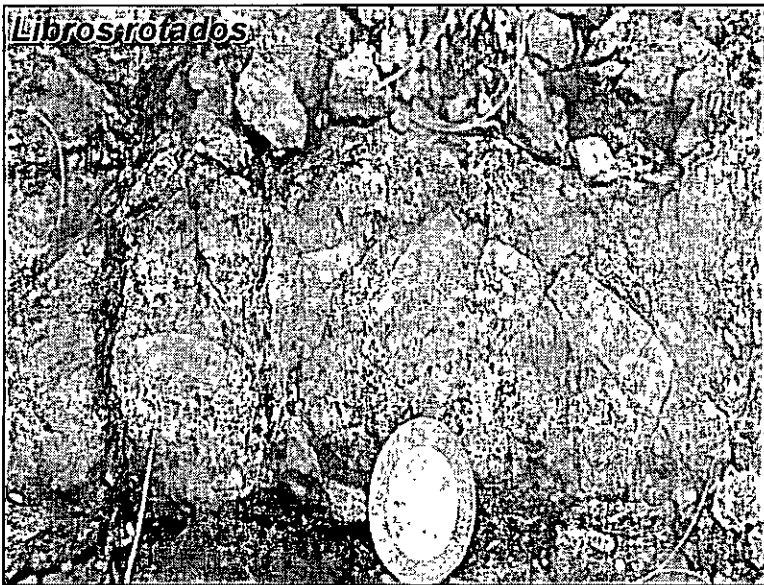
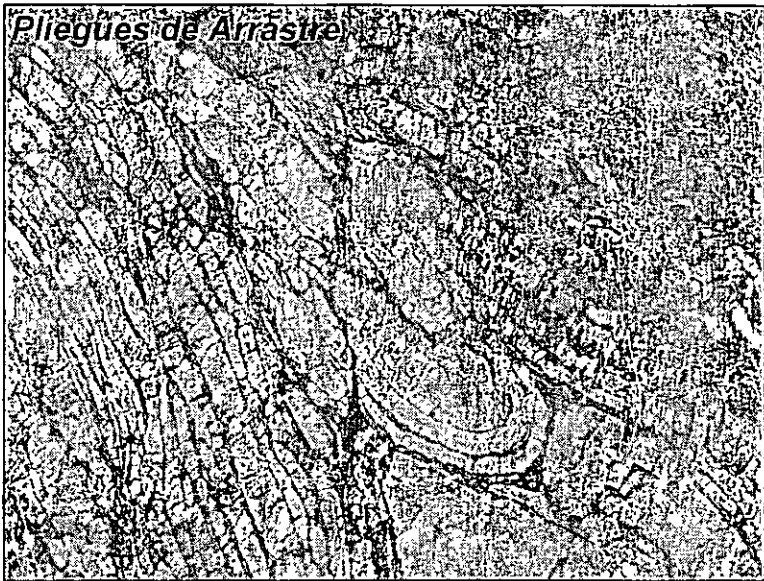
Brecha de Falla del Grupo Windsor, Glenora, Nueva Escocia

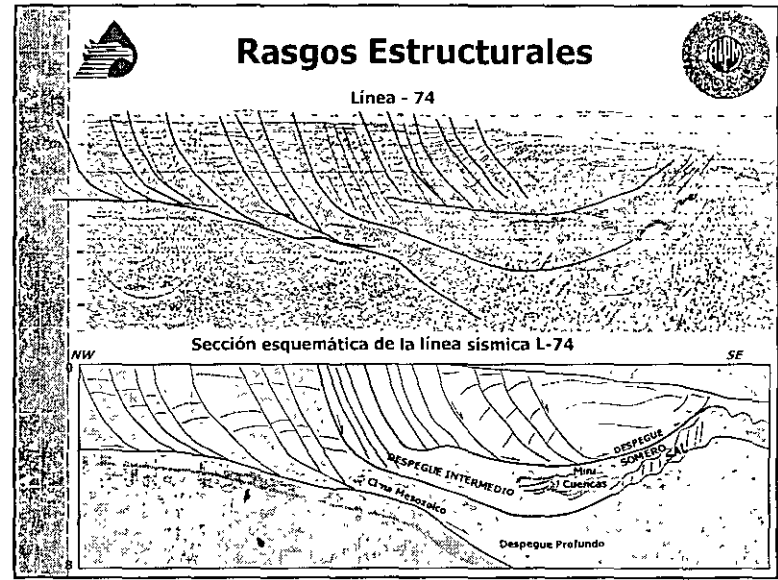
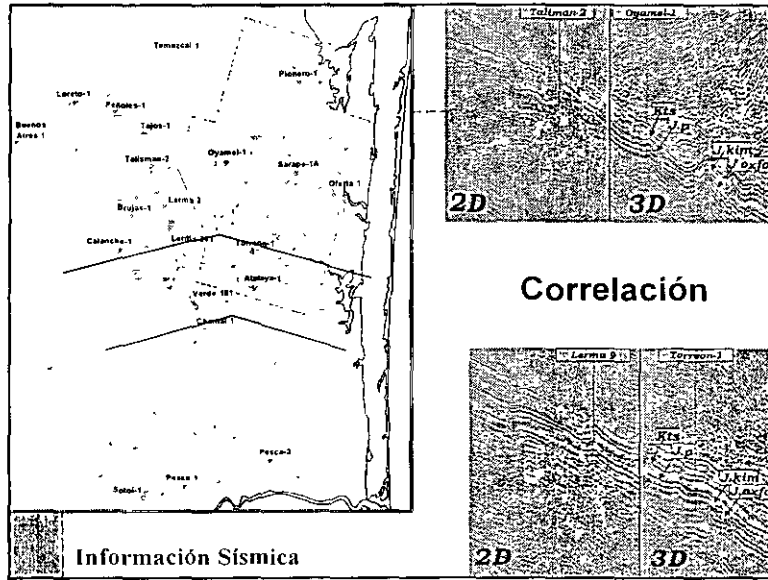


Milonita, Complejo Valhalla, British Columbia



Estrias con "saltos" que nos indican la dirección y el sentido de desplazamiento en la falla: Formación Boss Point, Parícuti, México; West River, Piccola county, Nova Scotia







ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS

Presentación 11

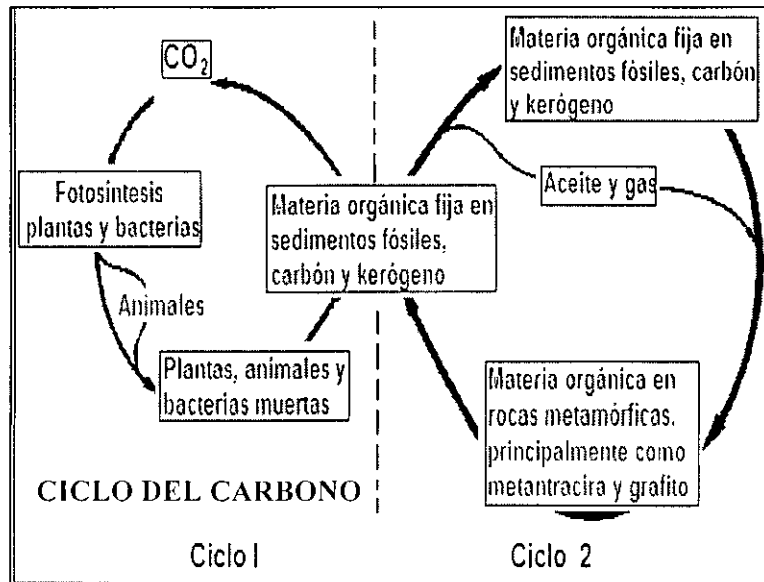
INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



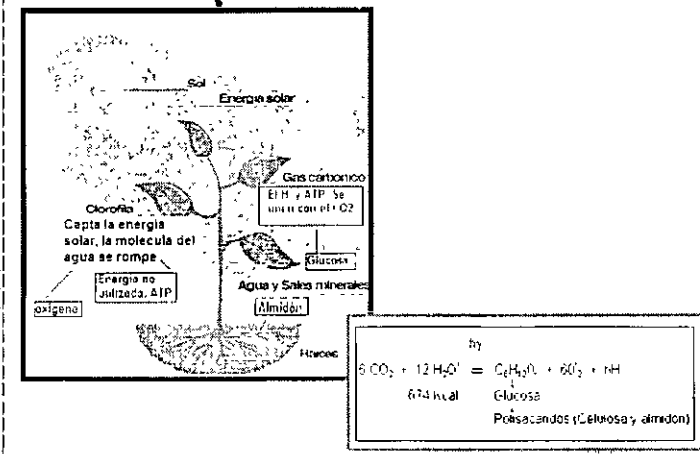
SISTEMA PETROLERO

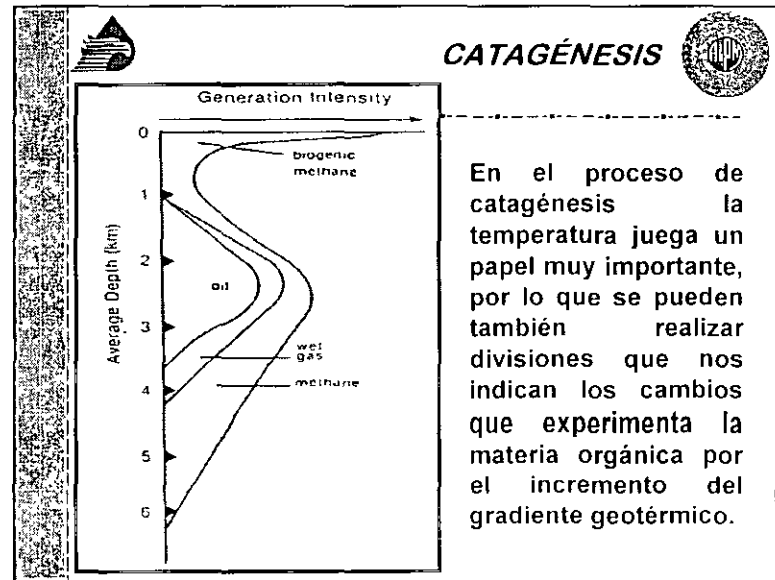
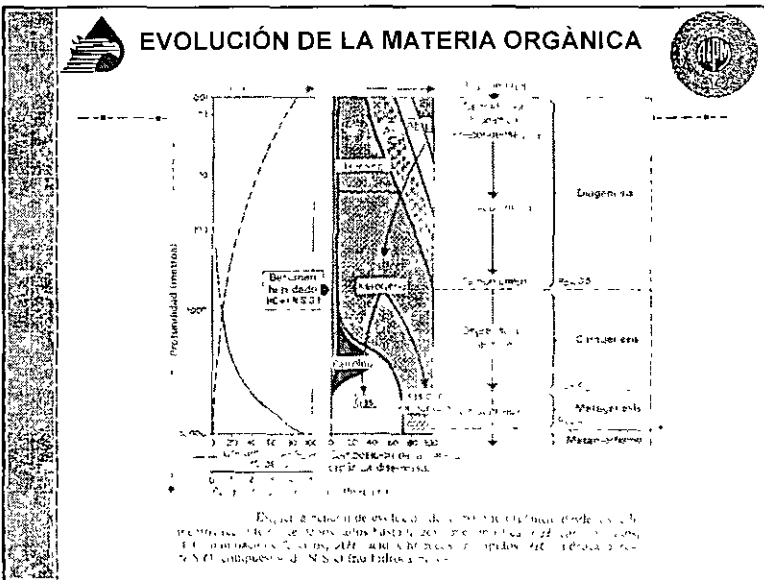
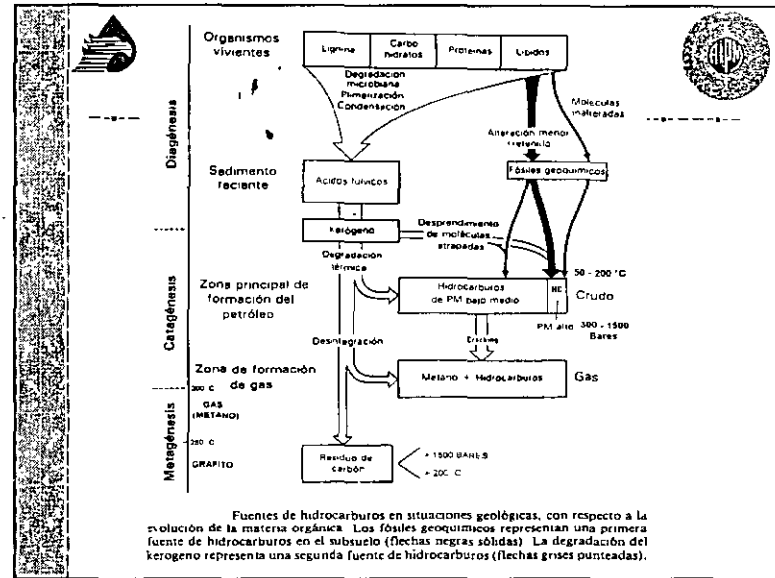
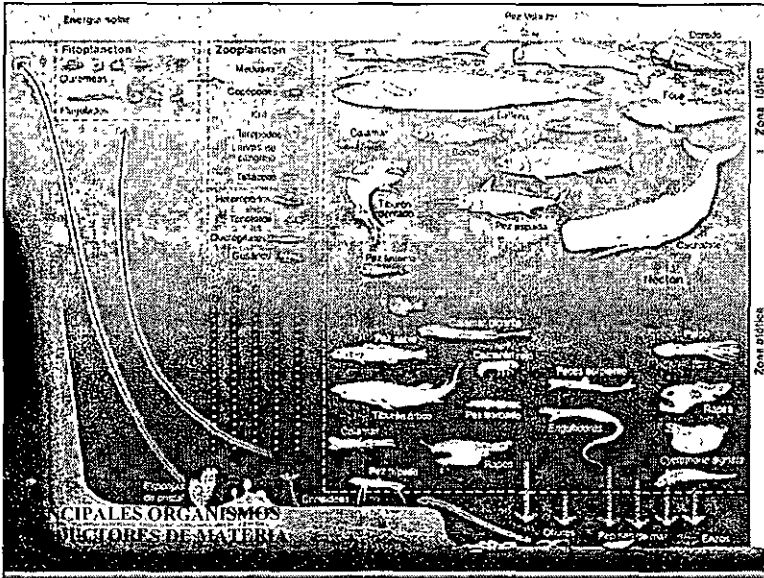
Objetivo. El alumno conocerá, analizará y explicará las características geológicas por las cuales se originan, migran y acumulan los hidrocarburos, tomando como base aspectos sedimentológicos, estratigráficos y estructurales.

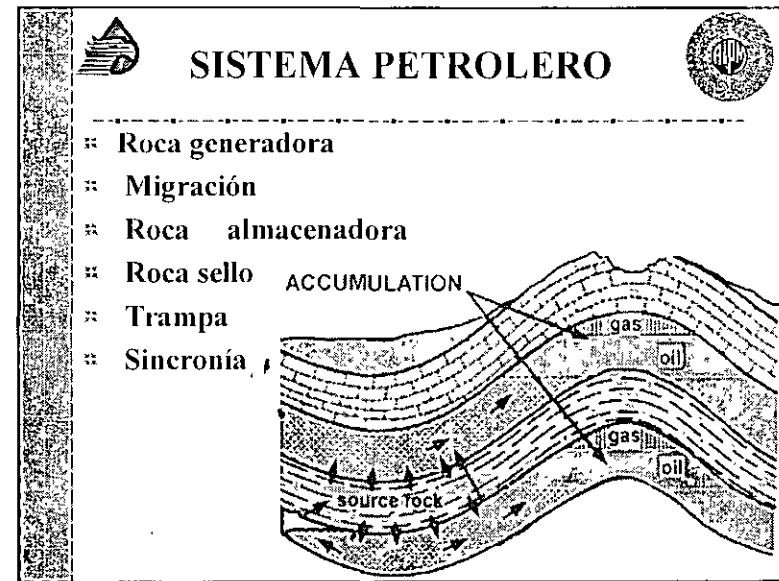
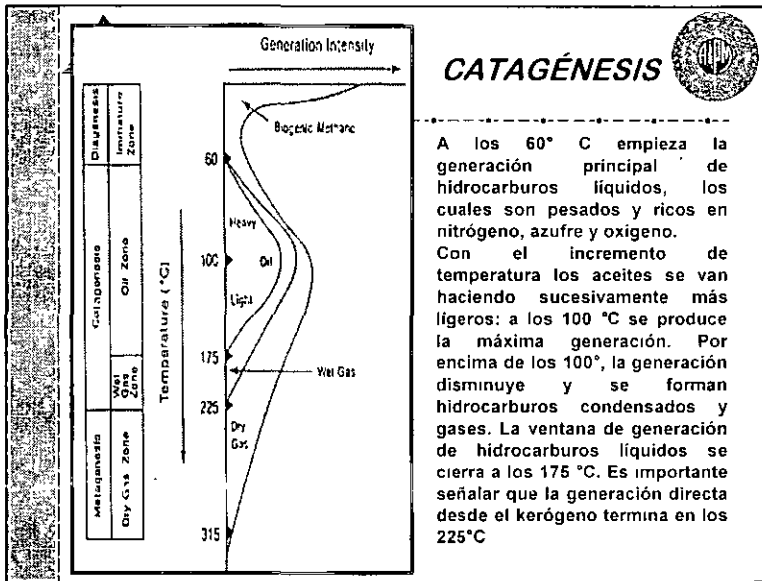
- 4.1 Rocas generadoras, almacenadoras y sello
- 4.2 Migración y sincronía
- 4.3 Evaluación petrolera de cuencas sedimentarias
- 4.4 Yacimientos petroleros de México

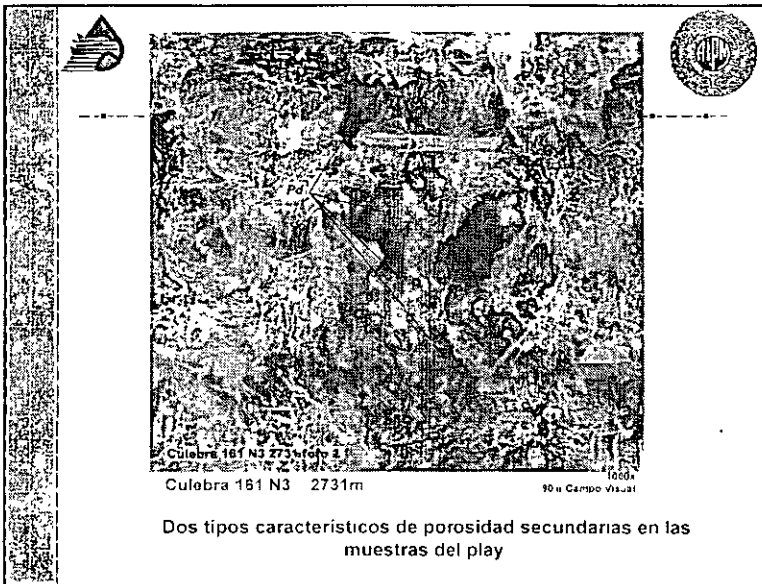
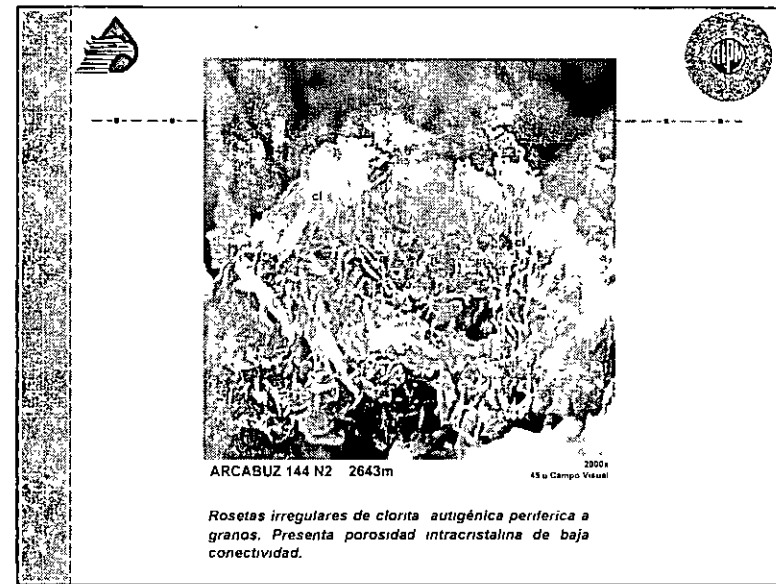
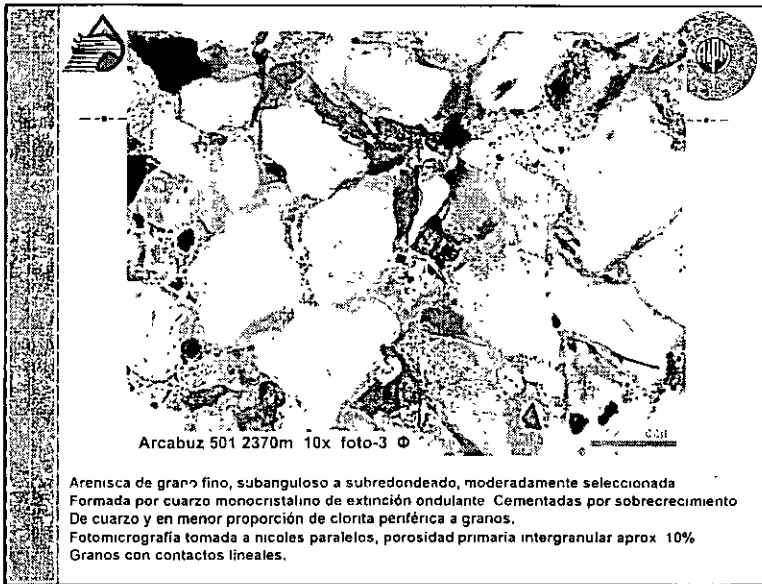


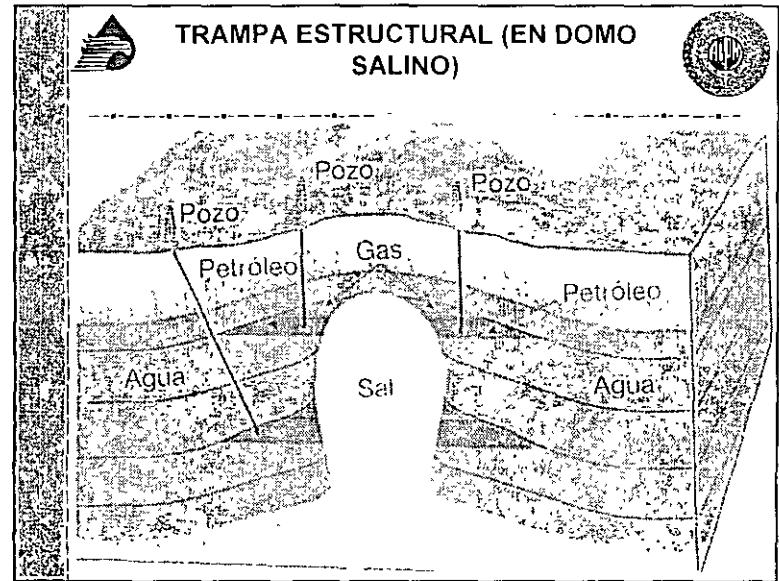
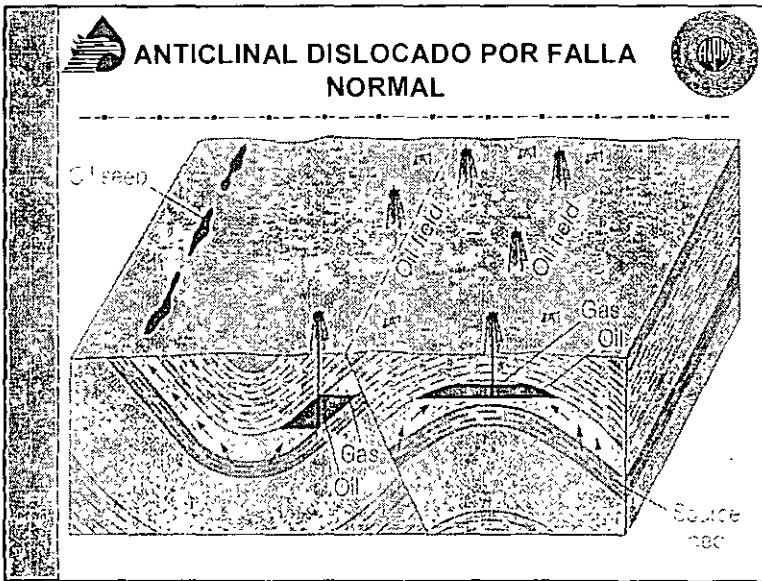
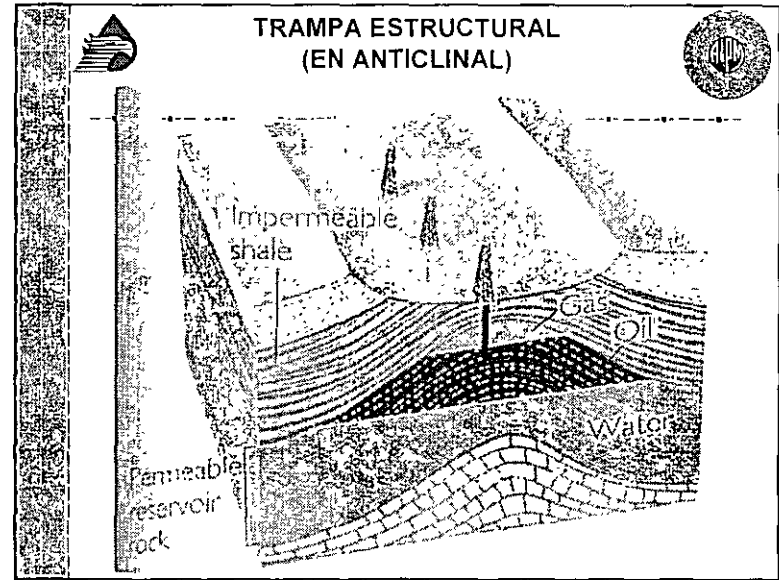
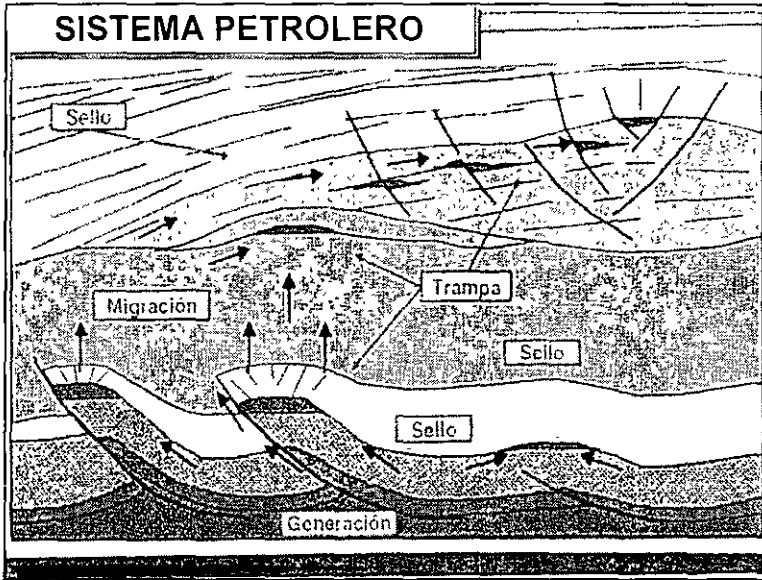
ORIGEN Y FUENTE DE LA MATERIA ORGÁNICA: LA FOTOSÍNTESIS

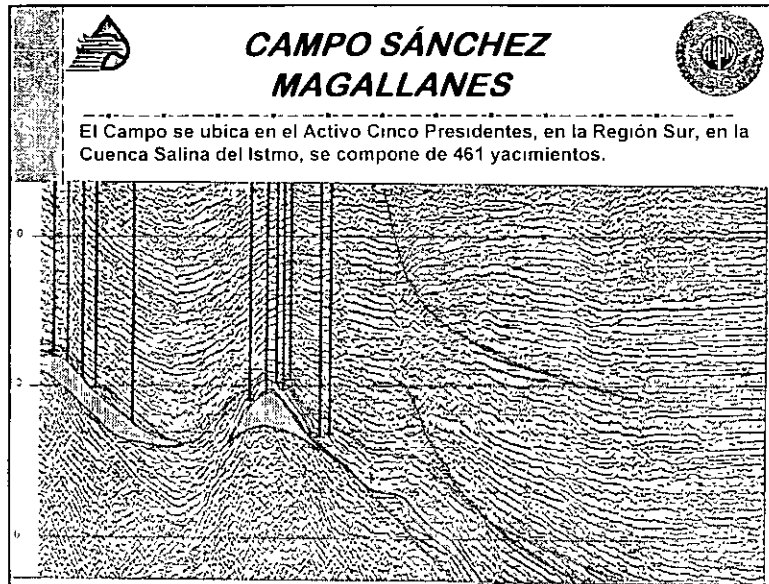
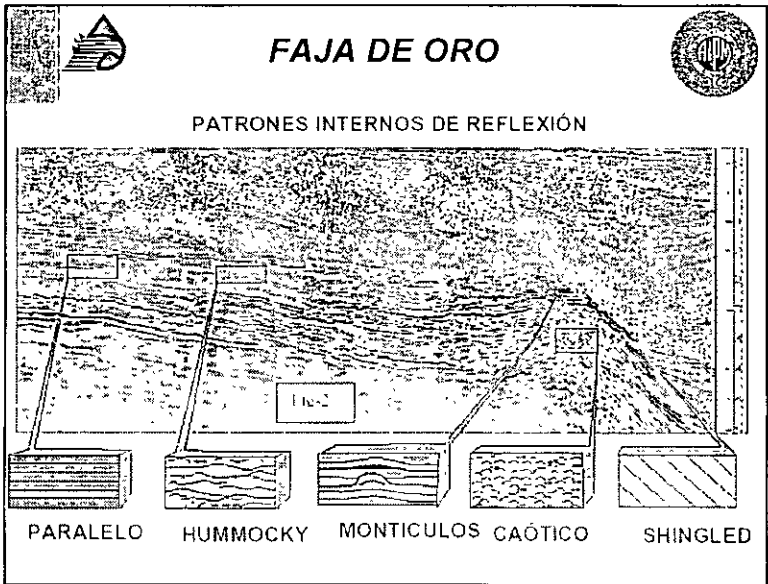
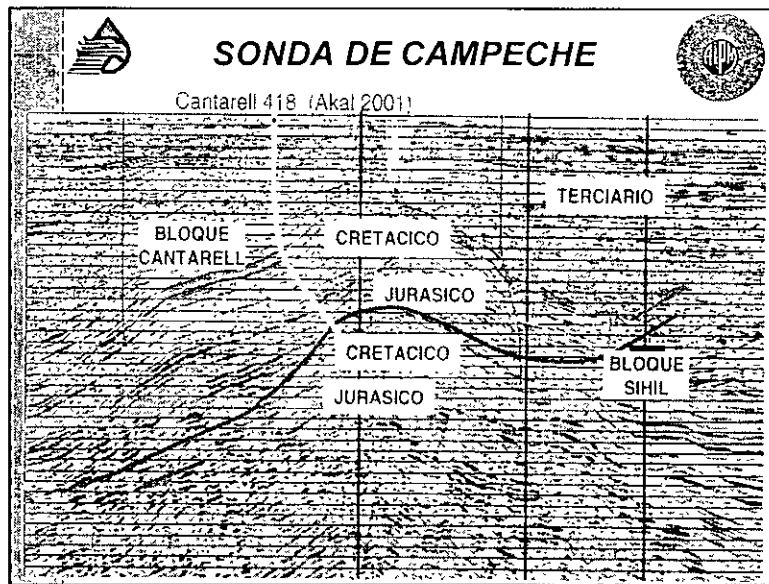
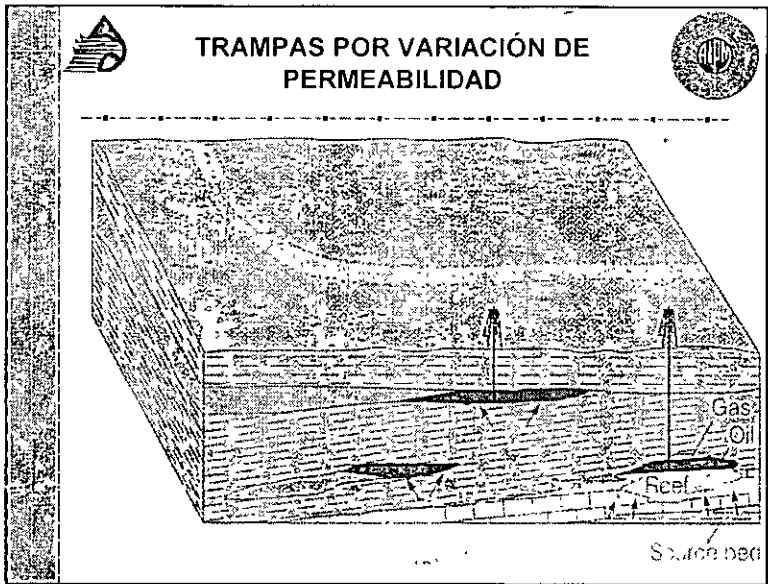


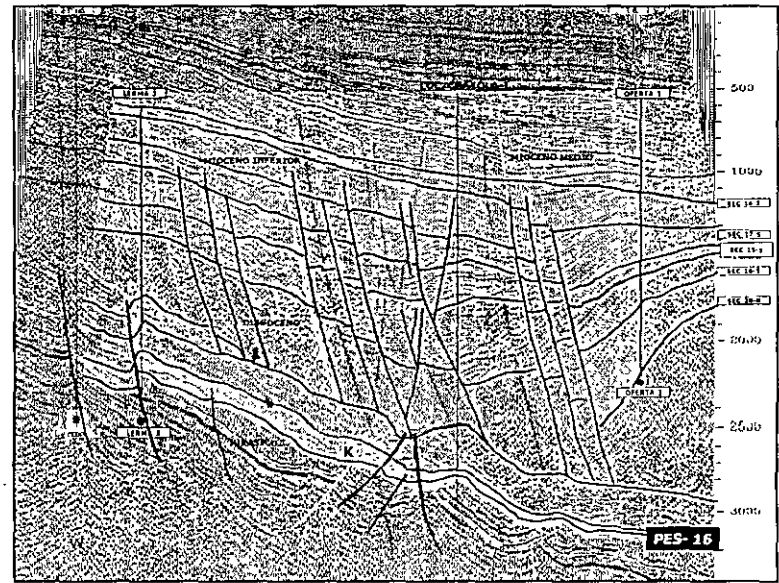
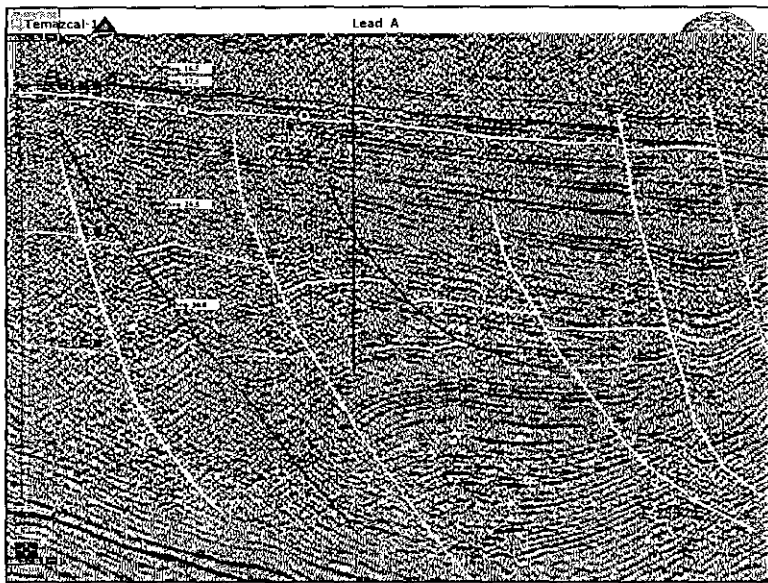
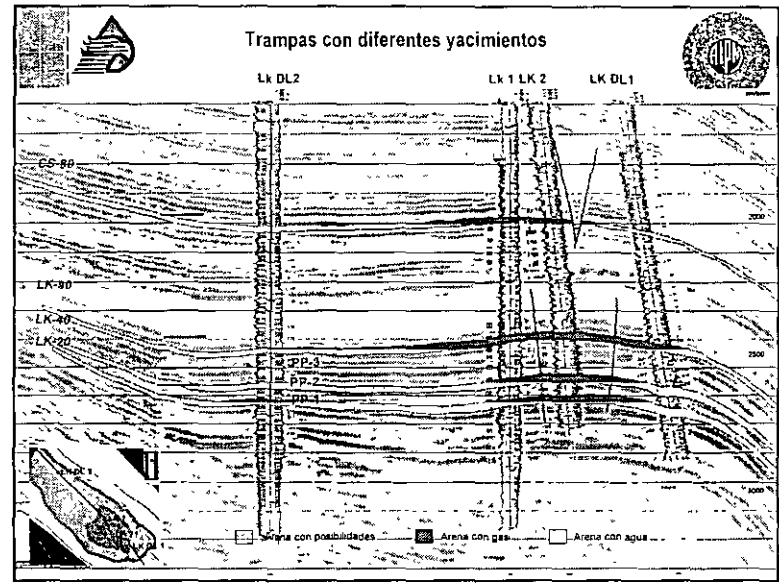
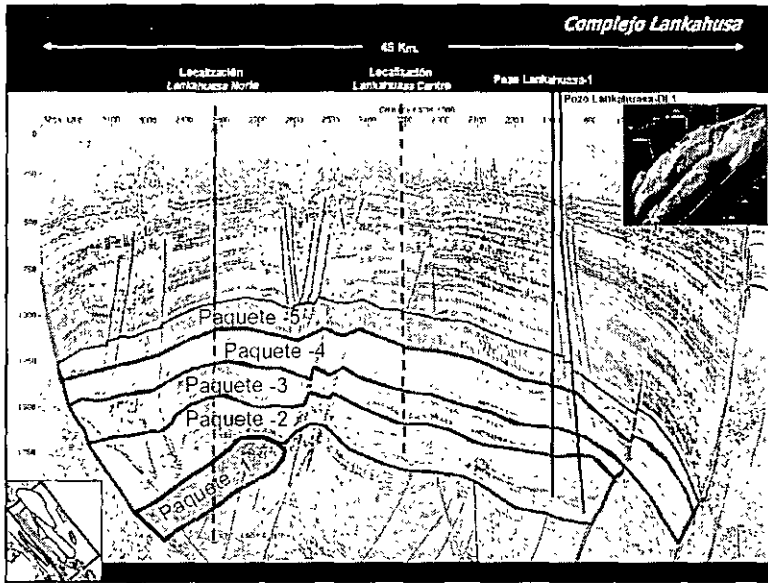


















**ASOCIACIÓN DE INGENIEROS
PETROLEROS DE MÉXICO**

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**

Presentación 12

**INSTRUCTOR ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETROLEO**






SISTEMA PETROLERO

**• MAQUINA NATURAL DE HACER
PETROLEO**

OBJETIVO



*Analizar el concepto y las aplicaciones del Sistema
Petrolero y de Play.*

**El SISTEMA PETROLERO
"MAQUINA NATURAL DE HACER
PETROLEO"**

El sistema petrolero es un sistema natural, que incluye todos los elementos y procesos geológicos esenciales para que un yacimiento de aceite y/o gas exista en la naturaleza.

El sistema petrolero se estudia como un modelo dinámico, donde intervienen varias entradas a la cuenca sedimentaria (sedimentos, materia orgánica), ocurre su transformación (diagénesis, catagénesis), y se genera el aceite y/o gas, que finalmente puede acumularse en una trampa petrolera

**CONCEPTOS CLAVE EN LA TEORIA
GENERAL DE SISTEMAS**

- ⋮ SUBSISTEMAS O COMPONENTES
- ⋮ SINERGIA
- ⋮ MODELO DE ENTRADA-TRANSFORMACIÓN-SALIDA
- ⋮ LIMITES DEL SISTEMA
- ⋮ ESTADO ESTABLE-EQUILIBRIO DINAMICO
- ⋮ JERARQUIA
- ⋮ EQUIFINALIDAD

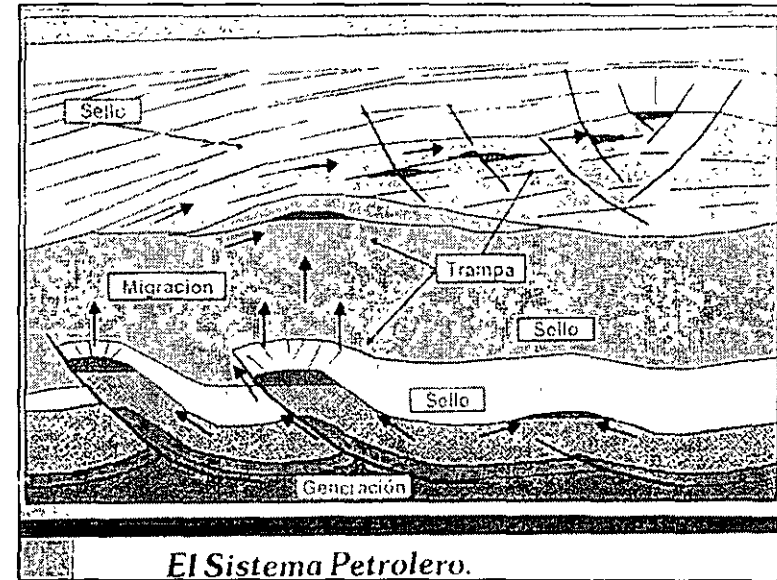
SUBSISTEMAS
(Concepto clave)

Los subsistemas básicos son:

- * Generador
- * Migración
- * Almacenador
- * Sello
- * Entrampamiento

Todos estos subsistemas deben estar concatenados en tiempo y espacio para que se forme una acumulación natural de petróleo en la corteza terrestre, susceptible de explotarse con rendimiento económico

Evaluar de manera integral todos los componentes, requiere de diversas disciplinas con especialistas que trabajen en equipo, para alcanzar con éxito los objetivos



Concepto clave

SINERGIA

EL SISTEMA SE EXPLICA COMPLETAMENTE, SOLO SI SE ANALIZA COMO UNA TOTALIDAD

MODELO DE ENTRADA - TRANSFORMACION SALIDA

EL SISTEMA DEBE SER CONSIDERADO COMO UN MODELO DE TRANSFORMACIÓN, EN UNA RELACIÓN DINÁMICA

Concepto clave

LIMITES DEL SISTEMA

EL SISTEMA PETROLERO ES UN SISTEMA ABIERTO CON LIMITES PERMEABLES Y FORMA PARTE DE UN SUPRASISTEMA MÁS AMPLIO (MEDIO AMBIENTE)

ESTADO ESTABLE - EQUILIBRIO DINÁMICO

EL SISTEMA PETROLERO SE MANTIENE EN EQUILIBRIO DINÁMICO POR CIERTO INTERVALO DE TIEMPO



Concepto clave



JERARQUÍA

EL SISTEMA PETROLERO ESTA INTEGRADO POR SUBSISTEMAS DE MENOR ORDEN: GENERADOR, ALMACENADOR, SELLO, ETC., QUE A SU VEZ ESTAN FORMADOS POR SUBSISTEMAS DE ORDEN INFERIOR

EQUIFINALIDAD

LA EQUIFINALIDAD SUGIERE QUE LOS RESULTADOS (YACIMIENTOS PETROLEROS) PUEDEN FORMARSE POR DIFERENTES CONDICIONES INICIALES, DE TRANSFORMACIÓN Y POR MEDIOS DIFERENTES.



CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PETROLEROS

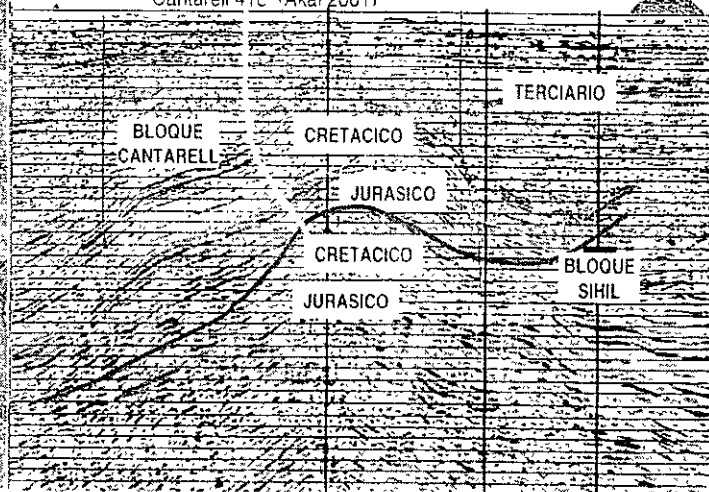


Los sistemas petroleros son muy variados, tenemos sistemas puros e híbridos

LOS SISTEMAS PUROS tienen la particularidad de no presentar deformación estructural significativa, ya que sus características se deben principalmente a aspectos sedimentológicos; como consecuencia, sus trampas son principalmente estratigráficas. Los ejemplos que podemos citar para México son Sistema Paleocanal de Chicontepec, Sistema Paleógeno-Neógeno de Burgos y Sistema Paleógeno-Neógeno de Veracruz

LOS SISTEMAS HÍBRIDOS se caracterizan por presentar reorientación estructural por efecto de deformación, por lo que estos sistemas se distinguen por trampas en pliegues anticlinales, en fallas, aunque lo más frecuente es que el sistema tenga pliegues dislocados ejemplos de este tipo para México son: Jurásico Superior-Cretácico Sonda de Campeche y La Casita-Menchaca-Padilla del Golfo de Sabinas

Cantarell 41e (Akal 2001)

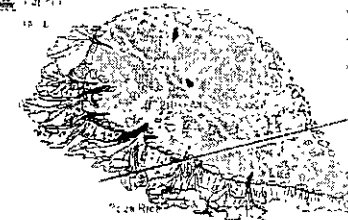


Estructura Cantarell Bloque Cabalgado



ATOLON DE LA FAJA DE ORO
(Plataforma de Tuxpan)

- 7 años estratigráficas del Cretácico Medio
- 1.500 millones producidos en el aceite
- Aceite pesado en tierra ligera costa afuera
- Play talud
- Pico Roca ha producido 1.31 millones



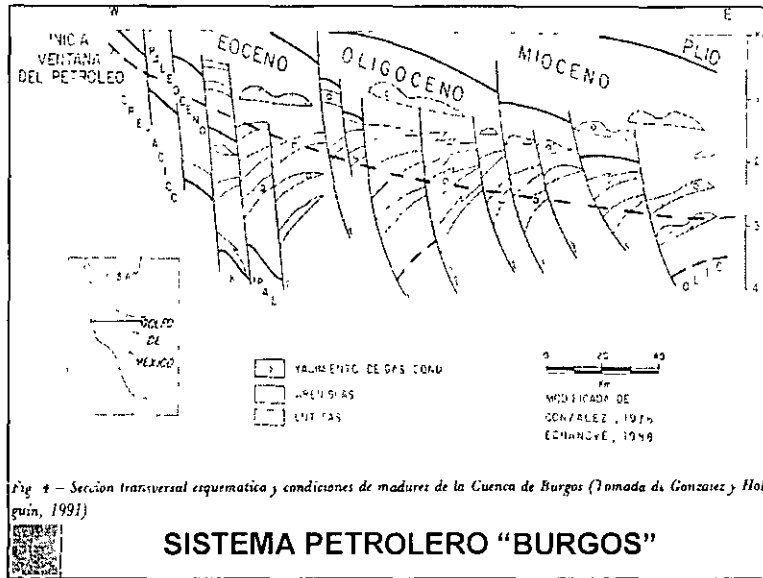


Fig. 4 - Sección transversal esquemática y condiciones de madurez de la Cuenca de Burgos (Tomada de González y Holguín, 1991)

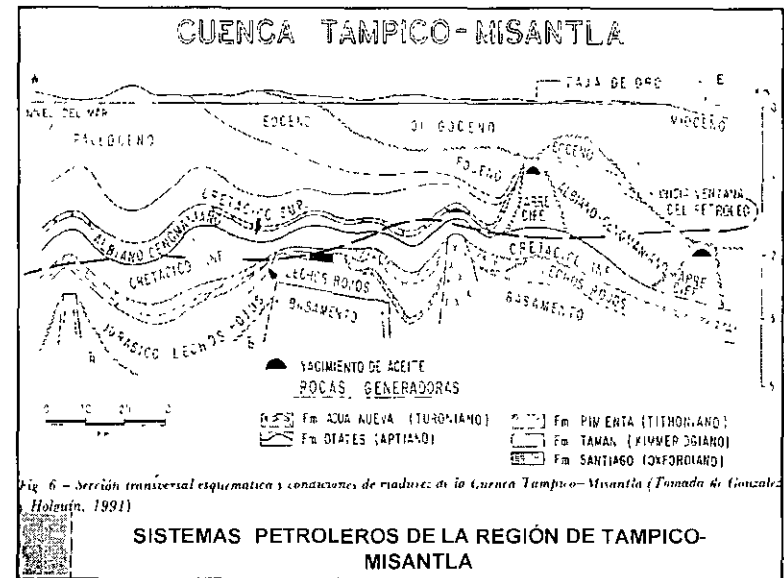


Fig. 6 - Sección transversal esquemática y condiciones de madurez de la Cuenca Tampico-Misantla (Tomada de González y Holguín, 1991)

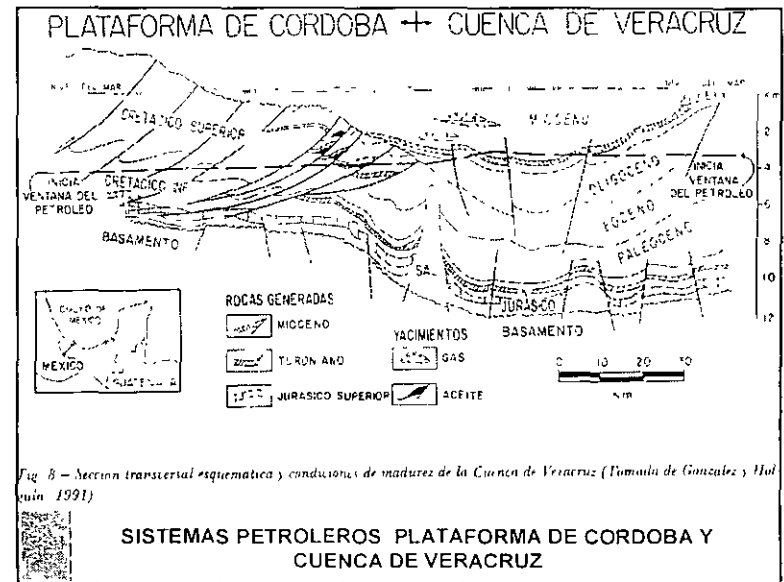
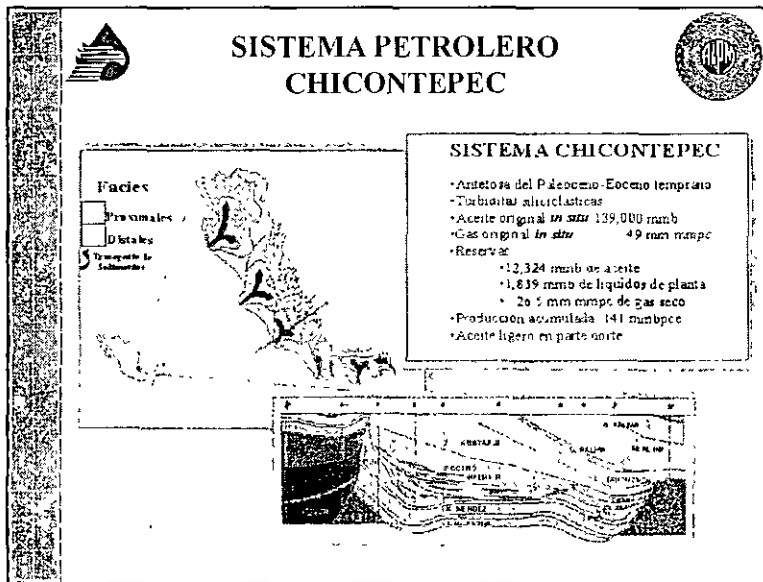




Fig. 8 - Sección transversal esquemática y condiciones de madurez de la Cuenca de Veracruz (Tomada de González y Holguín, 1991)

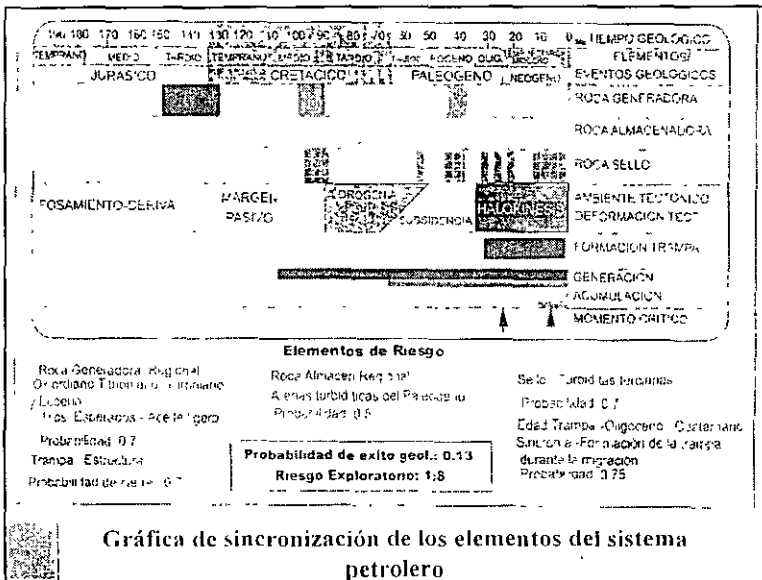
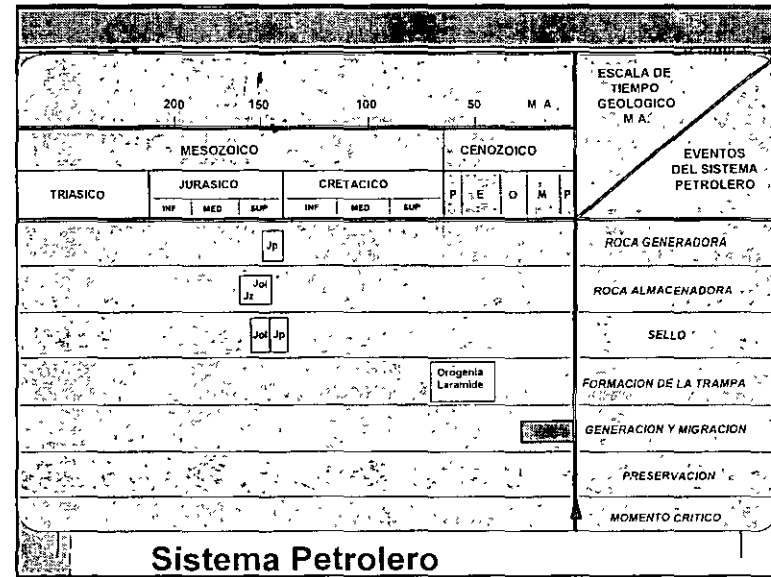


PLAY



Es un modelo que se basa en la evolución estratigráfica y estructural de una cuenca, donde intervienen varios factores geológicos que podrían combinarse para producir acumulaciones de petróleo en un nivel estratigráfico determinado.

Los yacimientos de una cuenca comparten en común una misma roca almacen, una misma roca sello y un mismo sistema de carga.





ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**

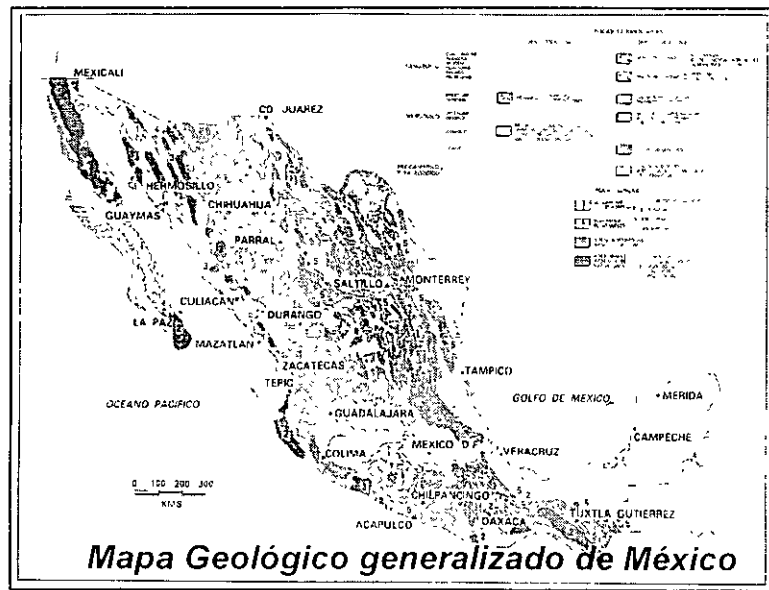
Presentación 13

INSTRUCTOR: ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

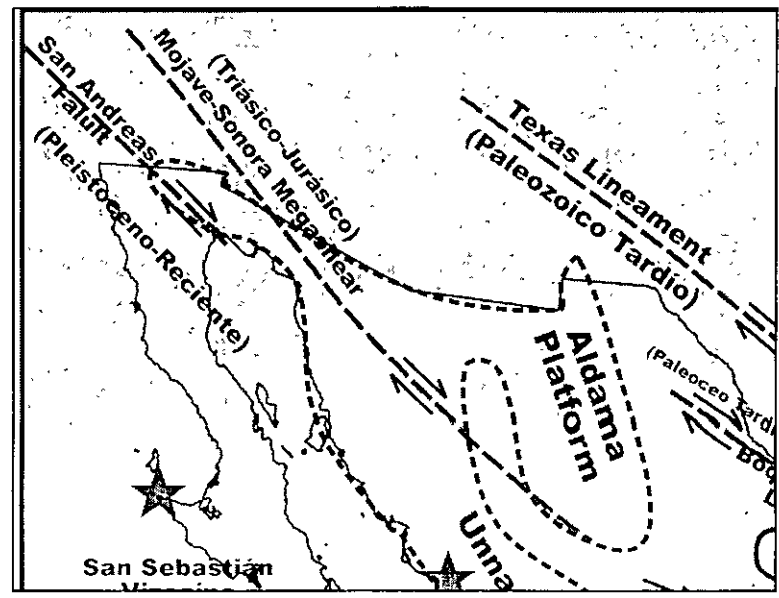


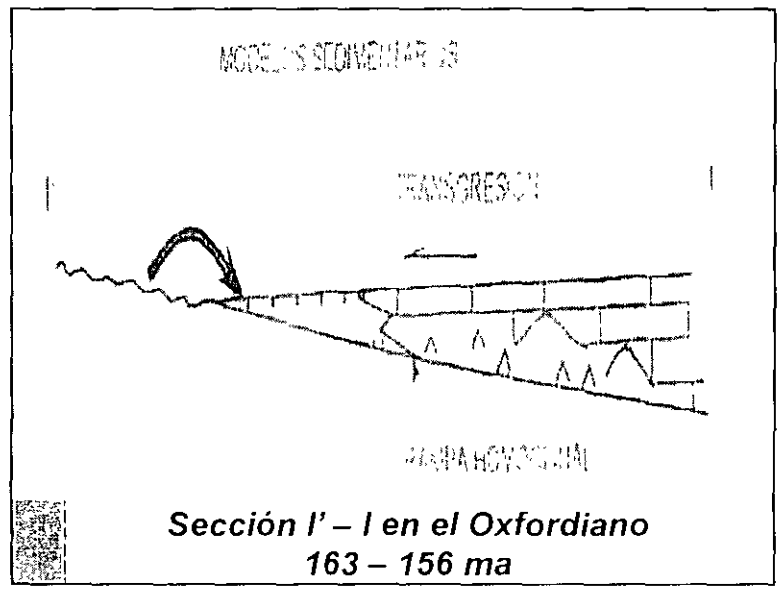
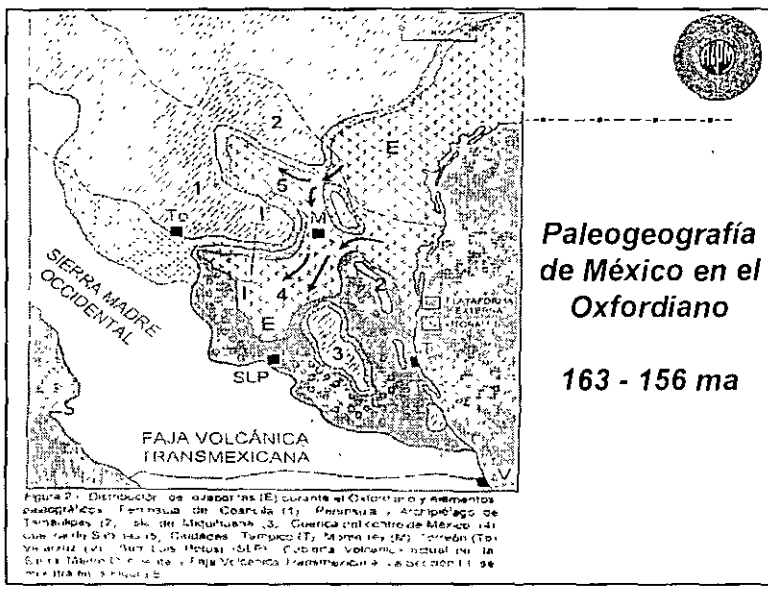
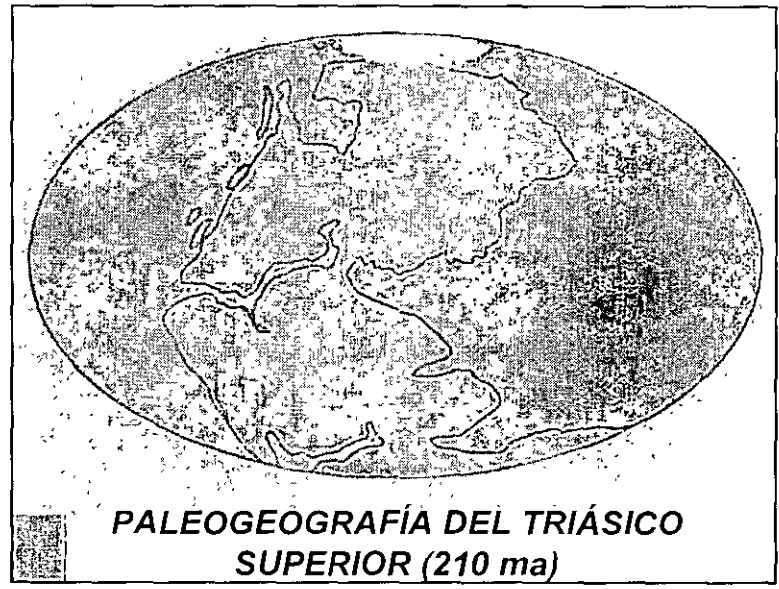
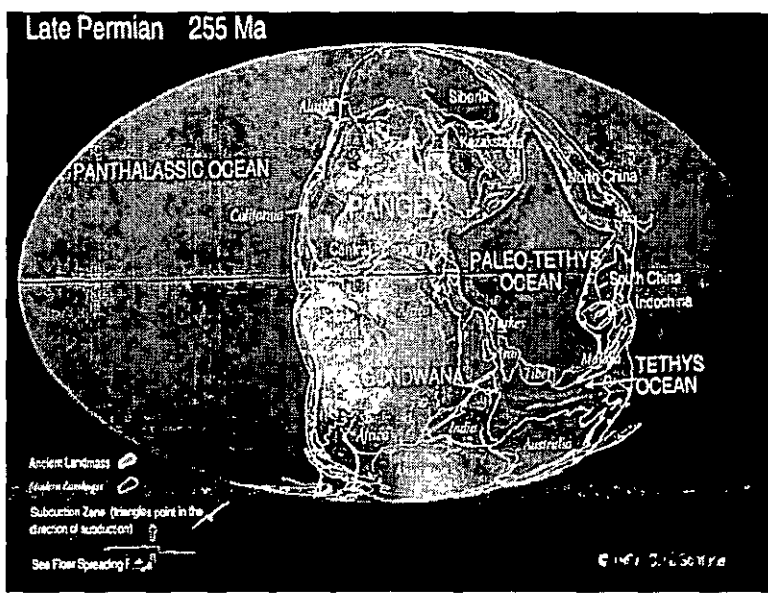
OBJETIVO

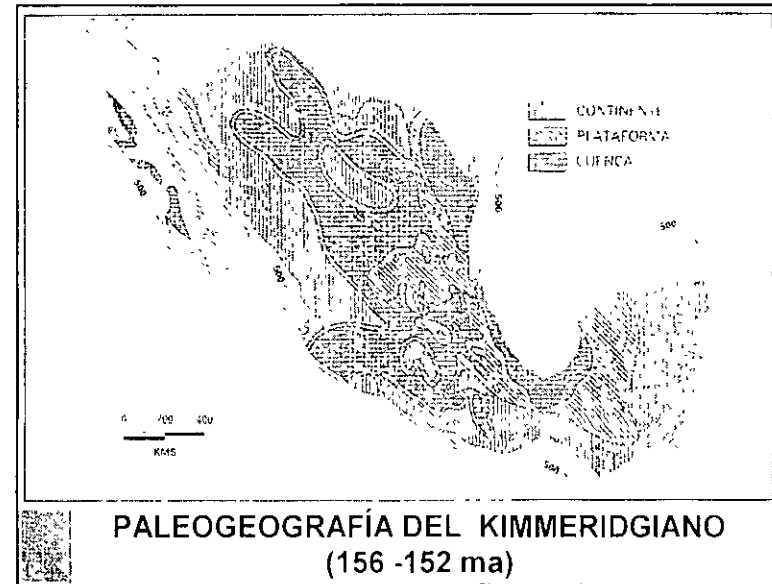
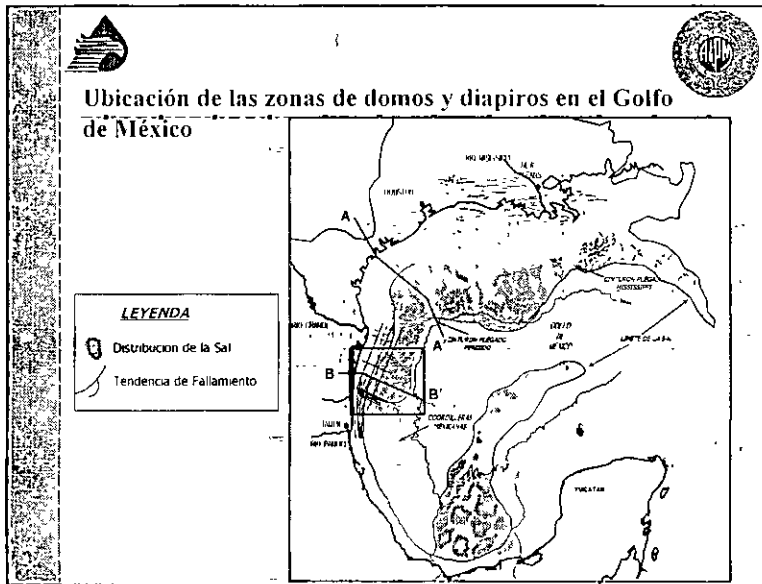
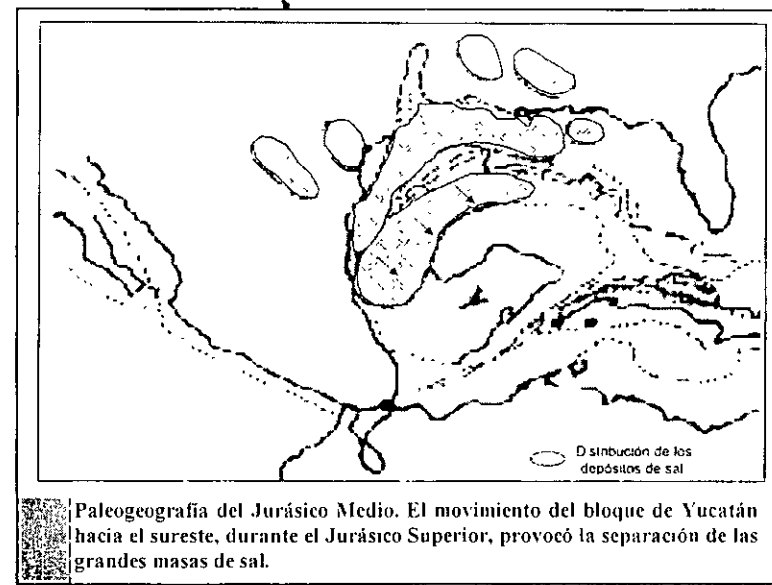
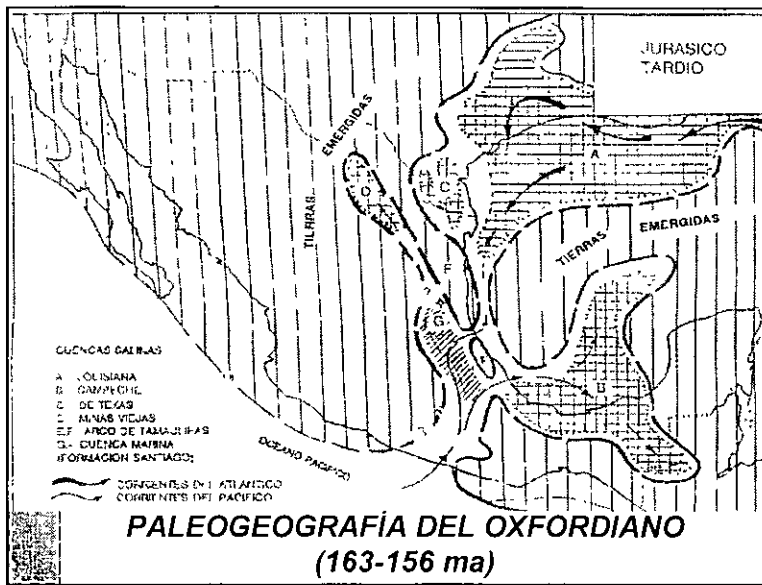
Conocer las principales características de
Los Yacimientos Petroleros de México.

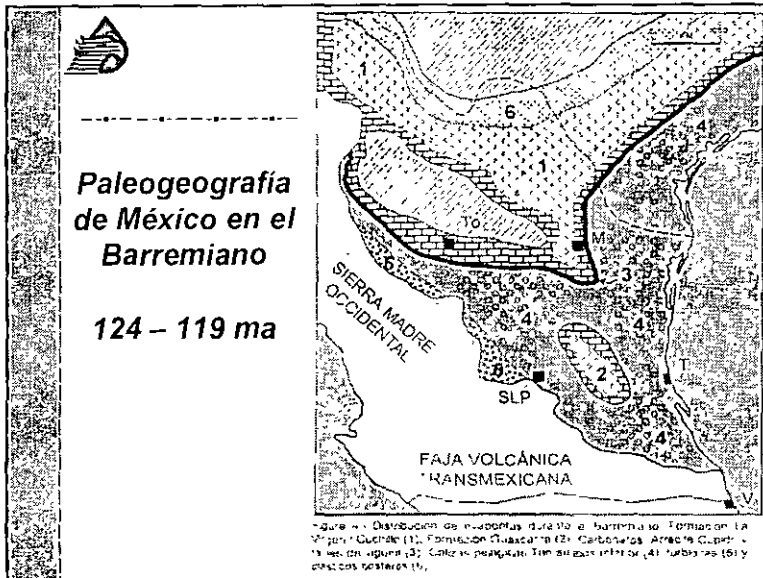
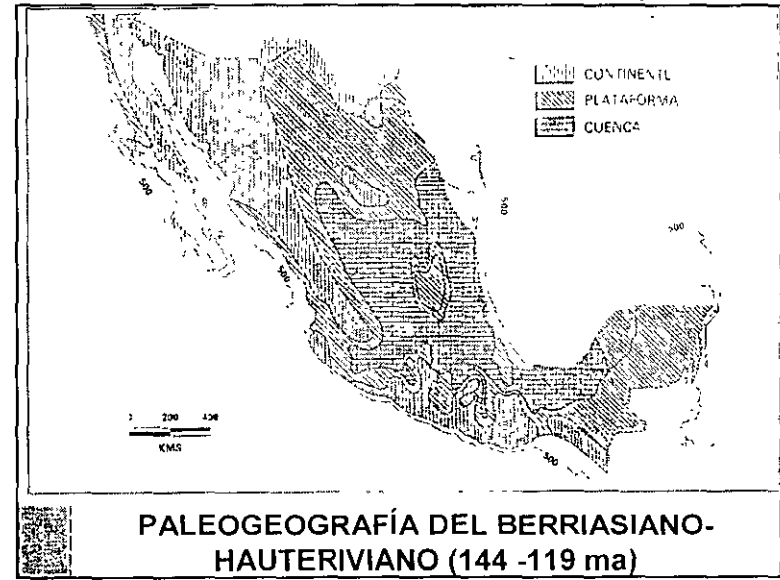
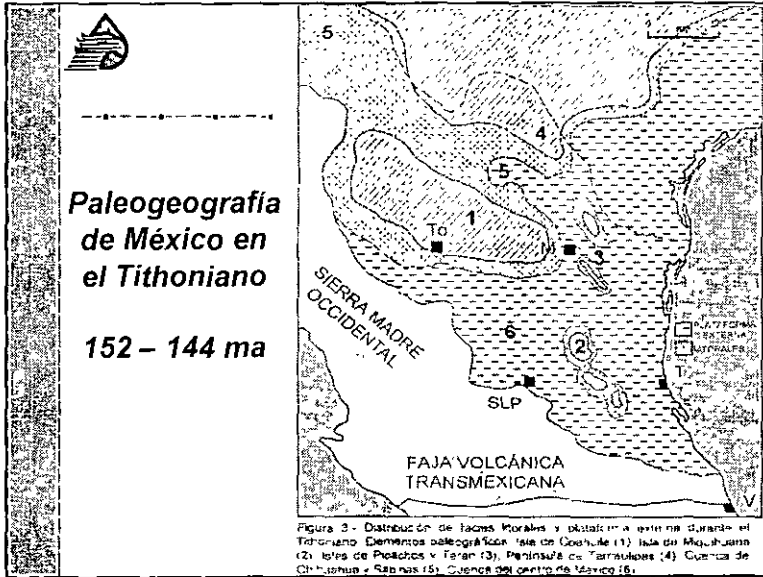


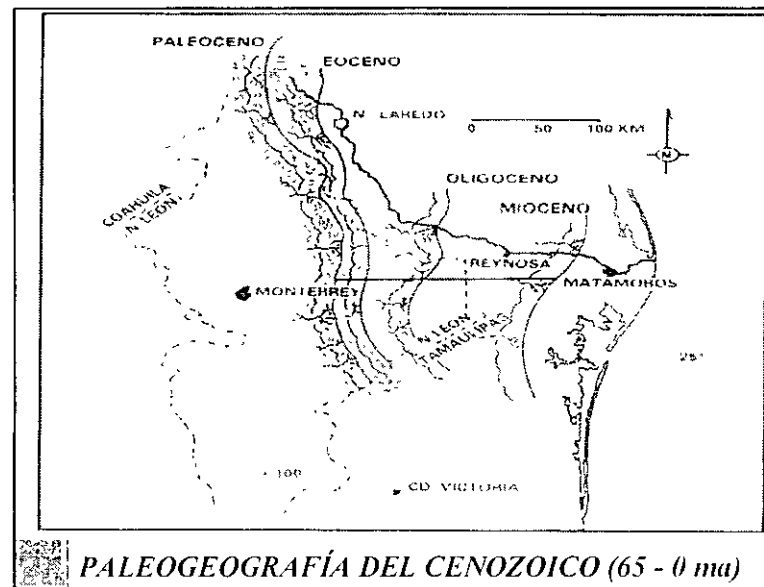
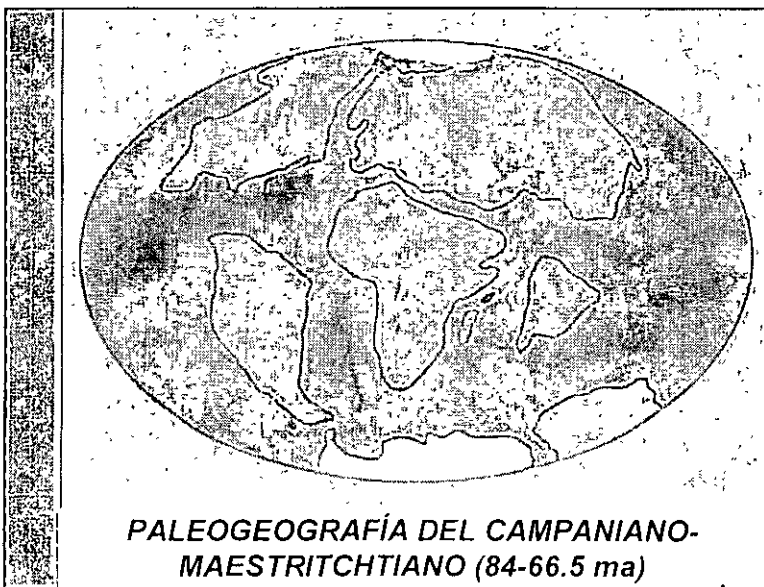
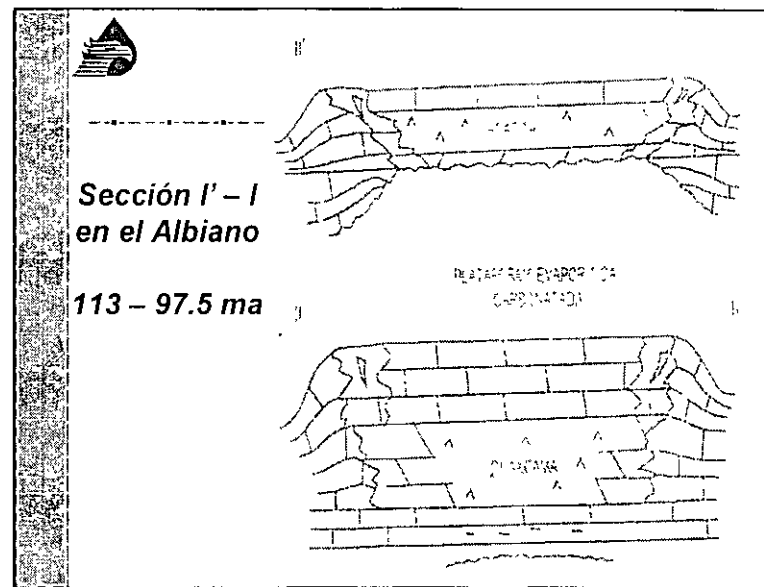
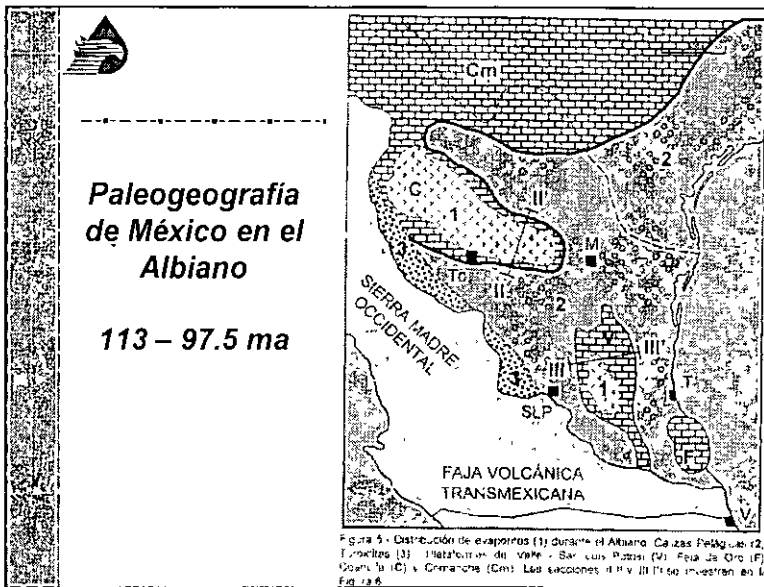
Mapa Geológico generalizado de México

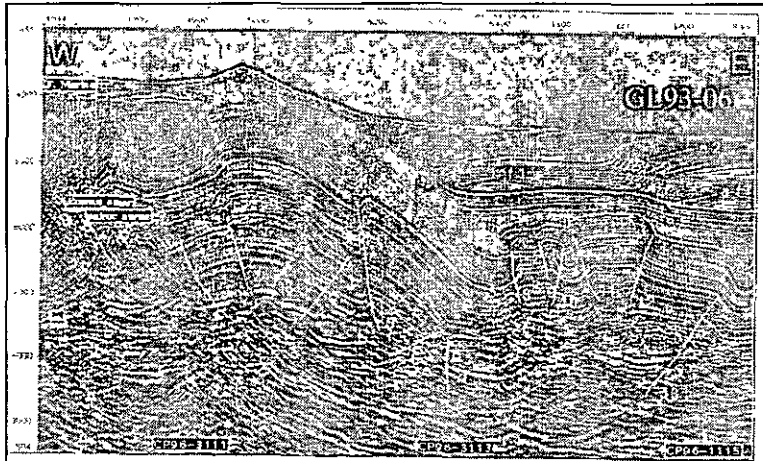




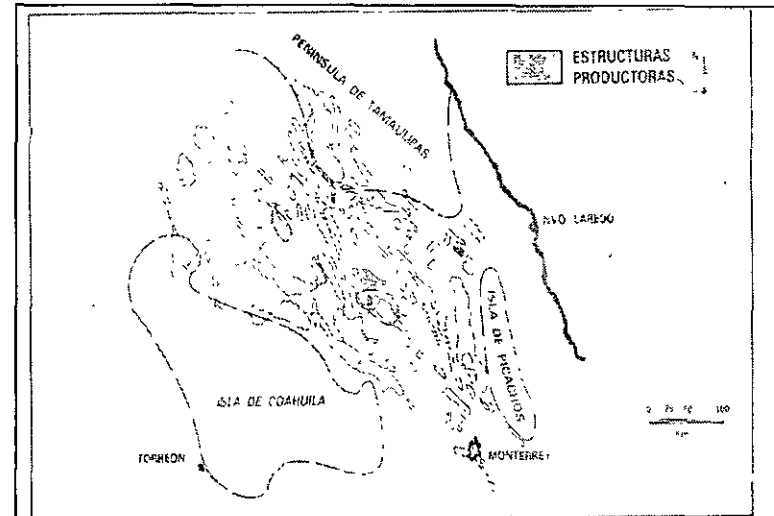




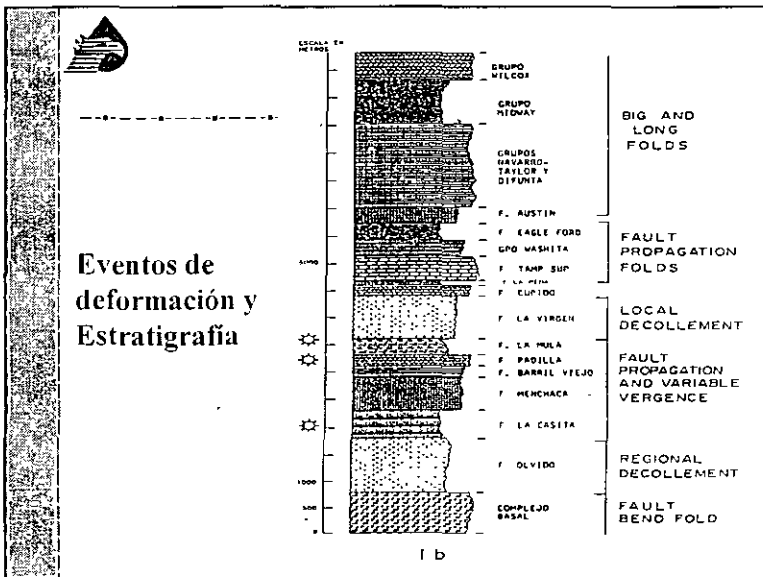




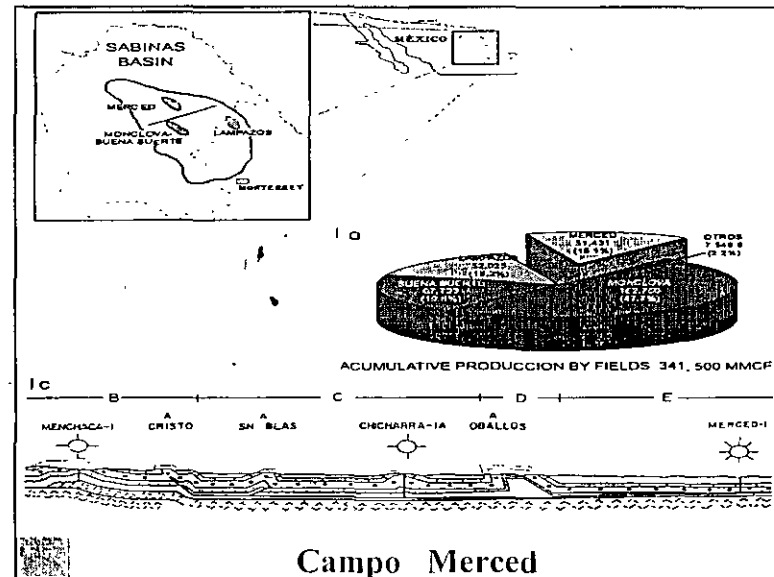
El anticlinal PEP del Cinturón Plegado Perdido Mexicano es una estructura con despegue profundo con una gruesa columna de sal.



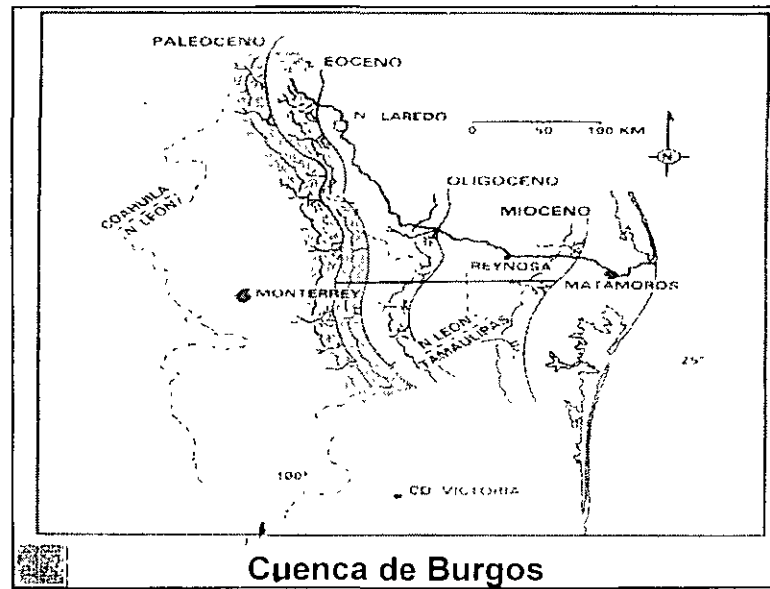
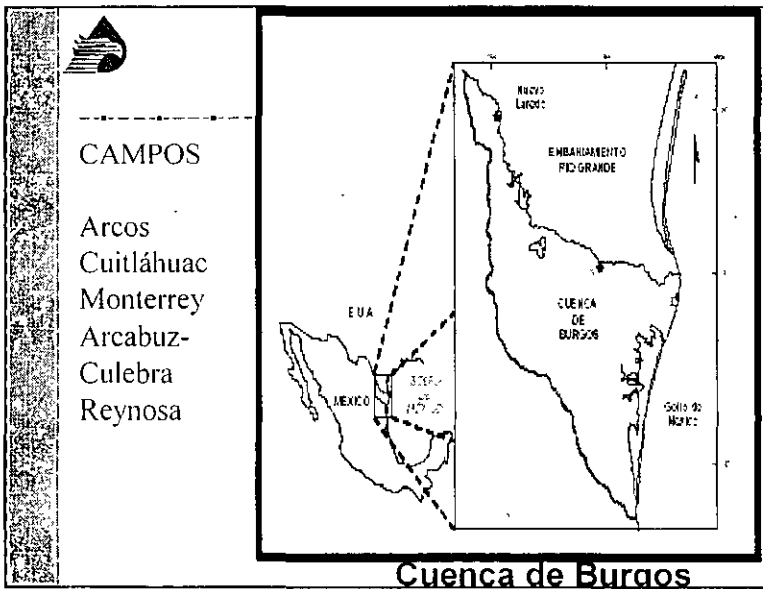
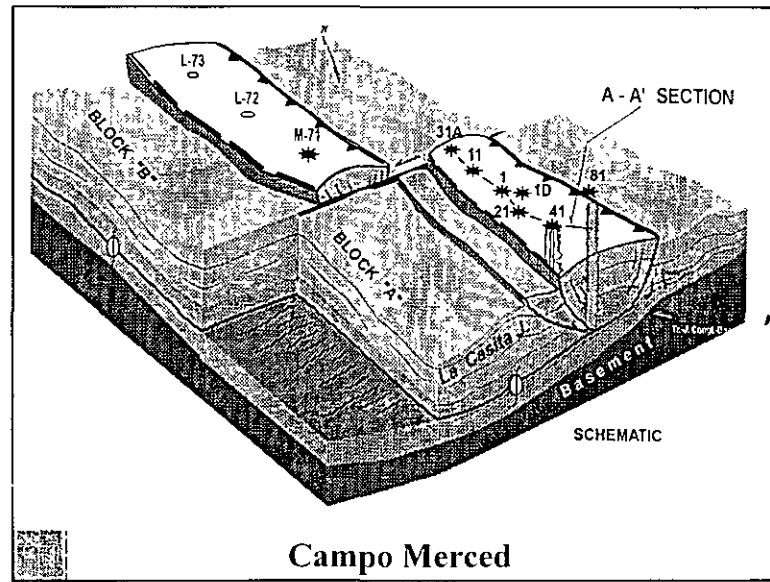
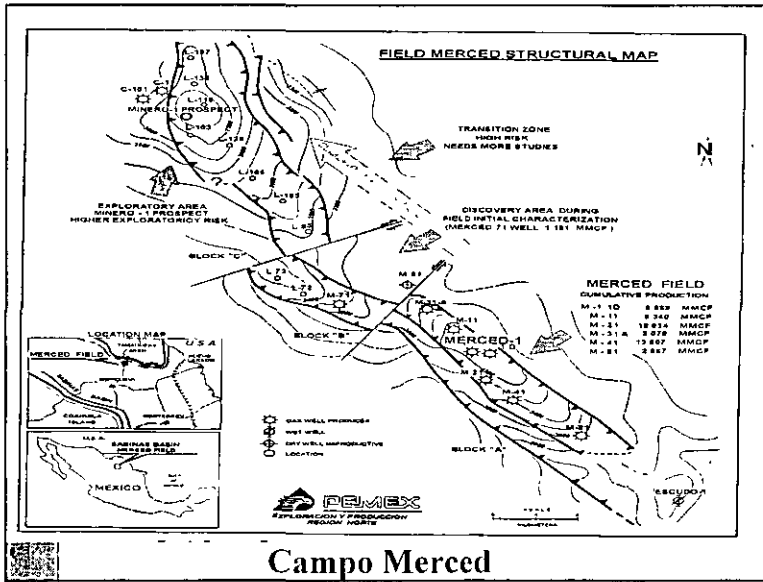
Golfo de Sabinas

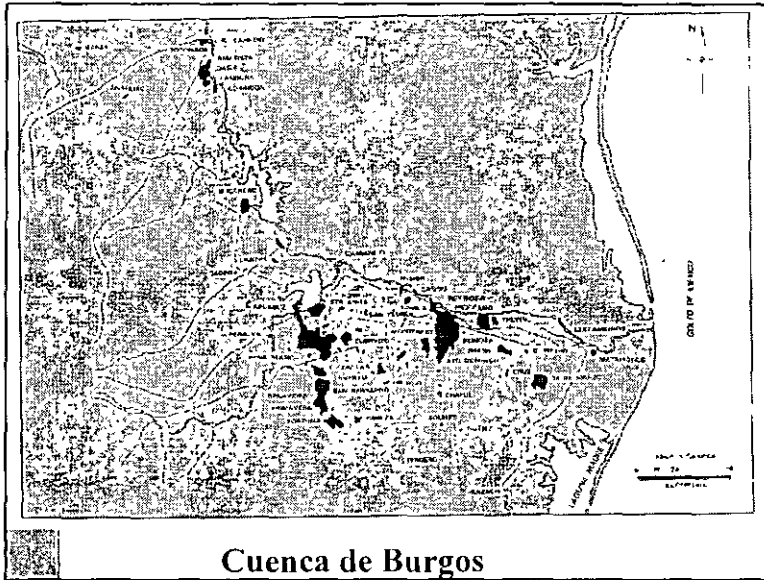


Eventos de deformación y Estratigrafía

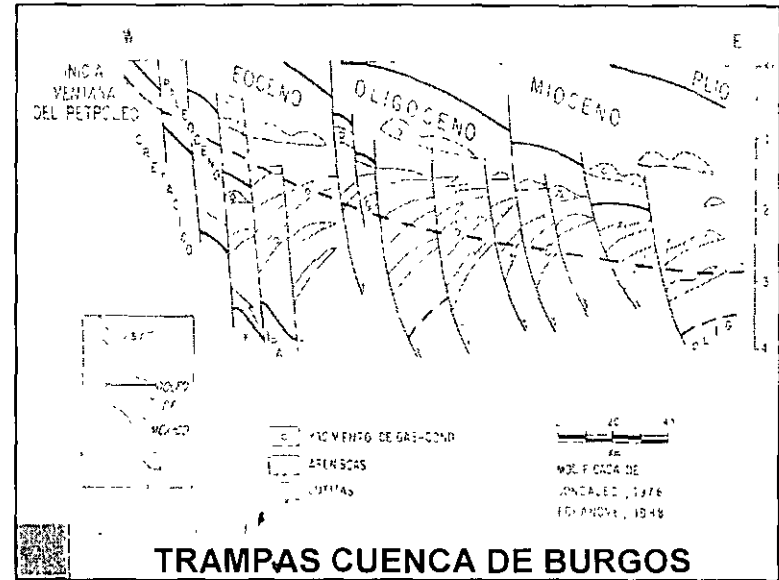


Campo Merced

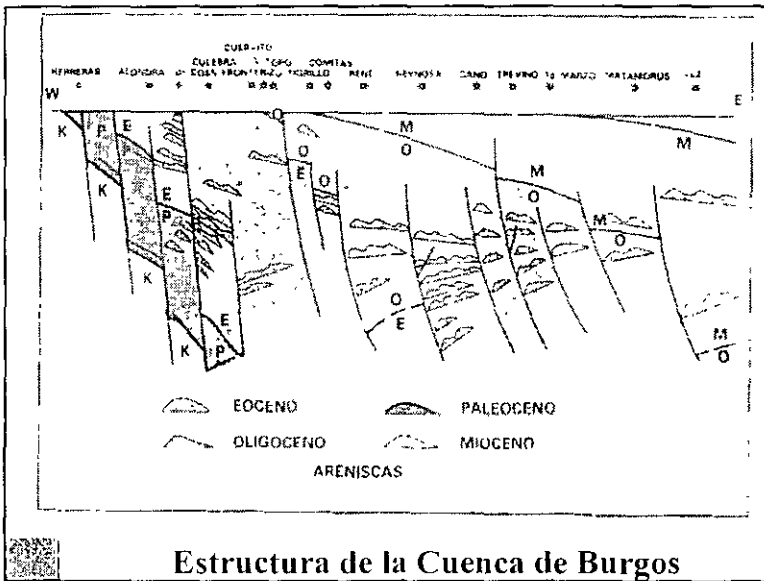




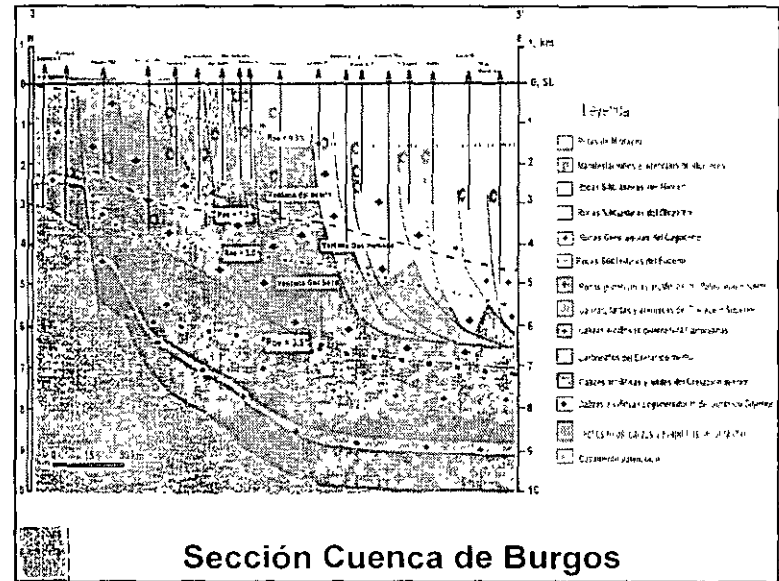
Cuenca de Burgos



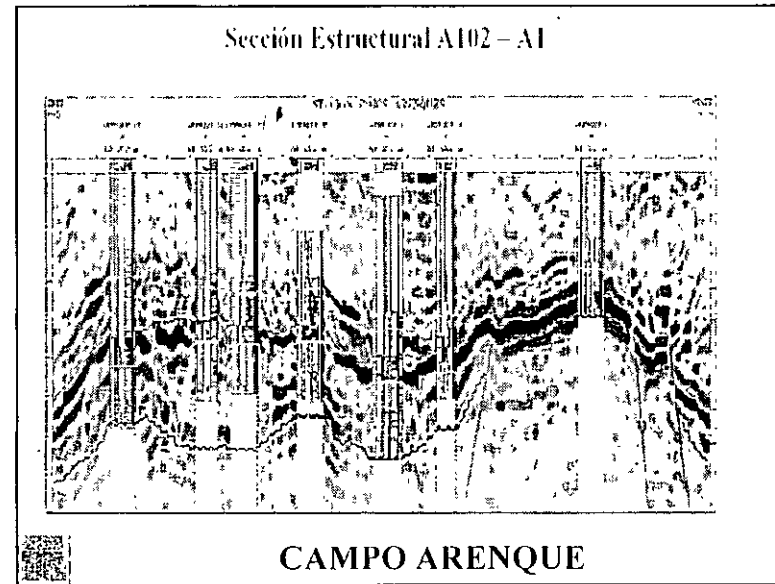
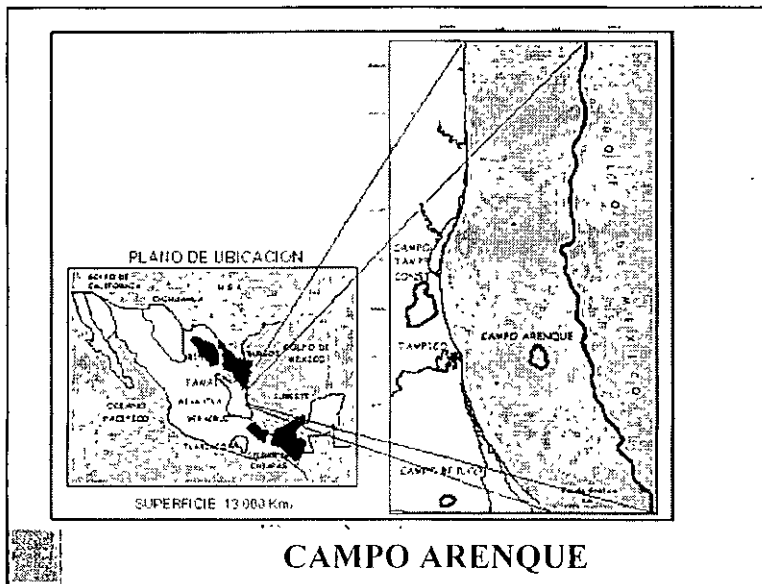
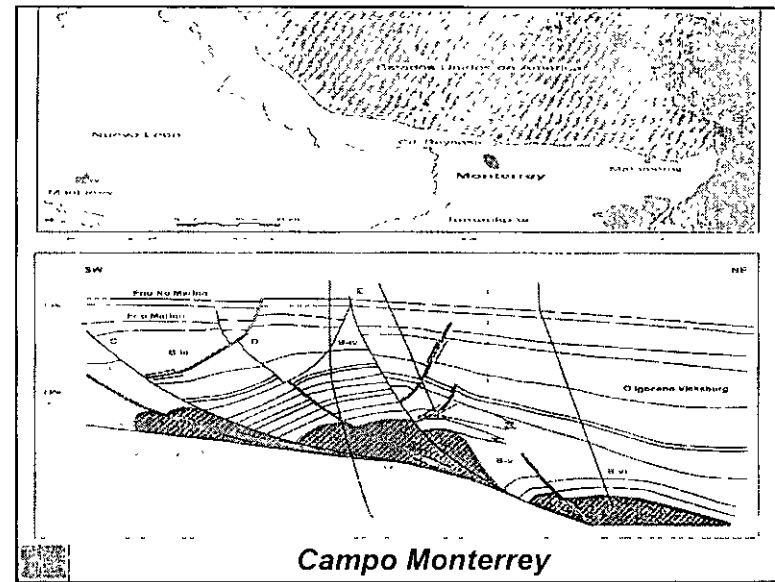
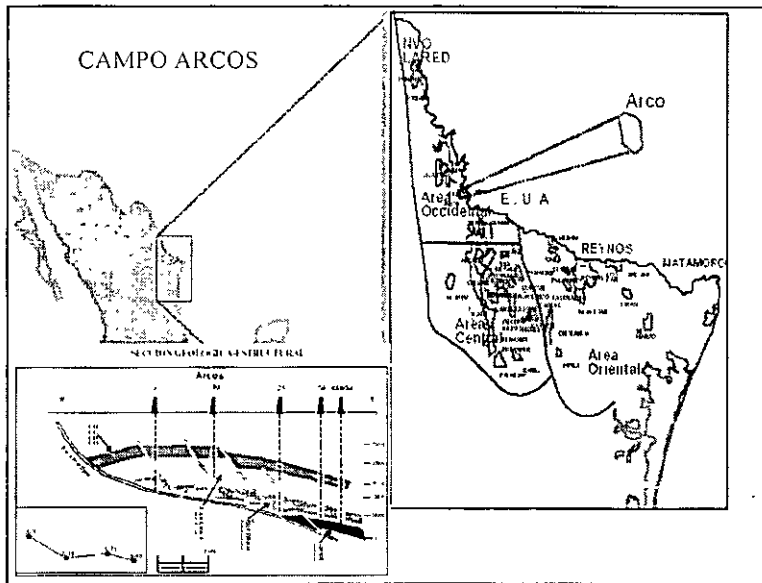
TRAMPAS CUENCA DE BURGOS

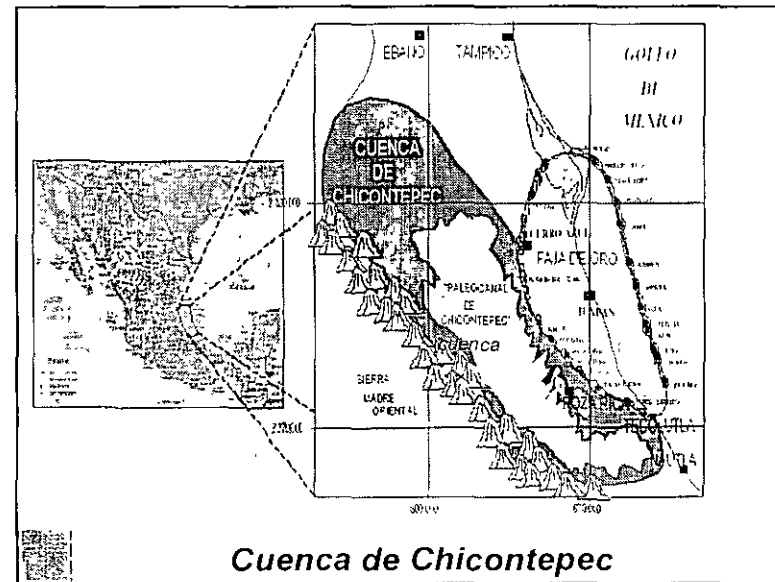
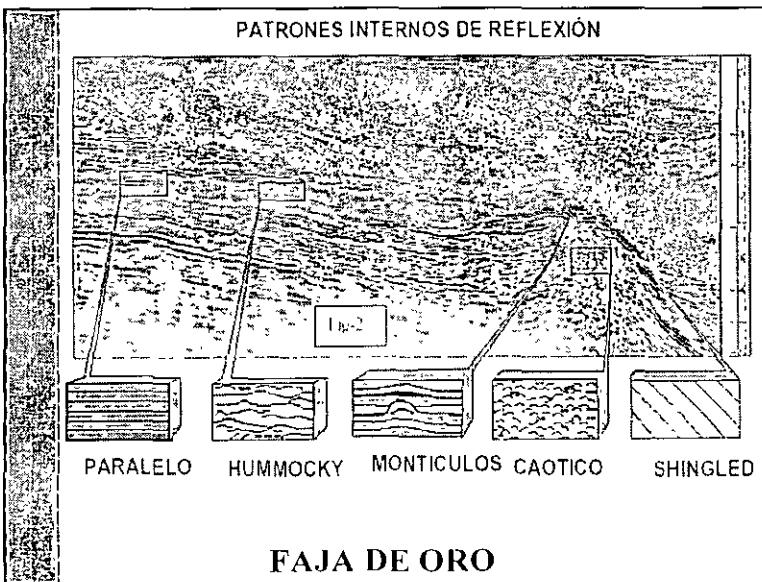
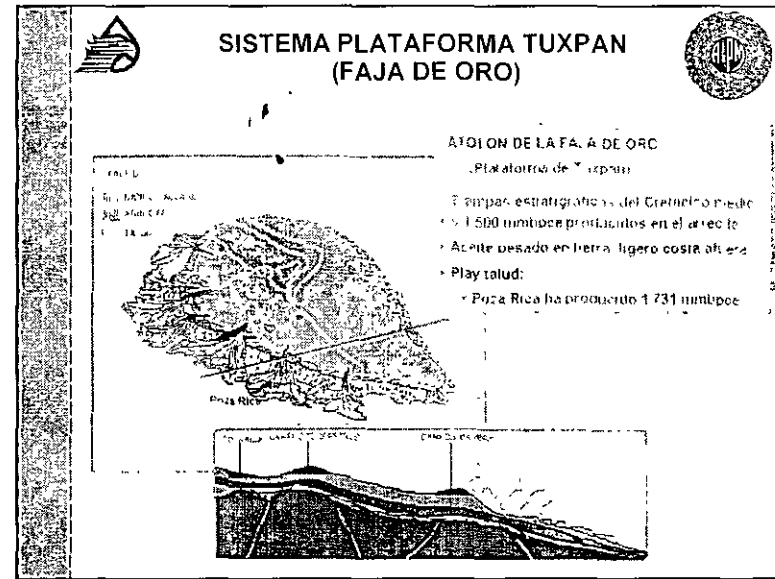
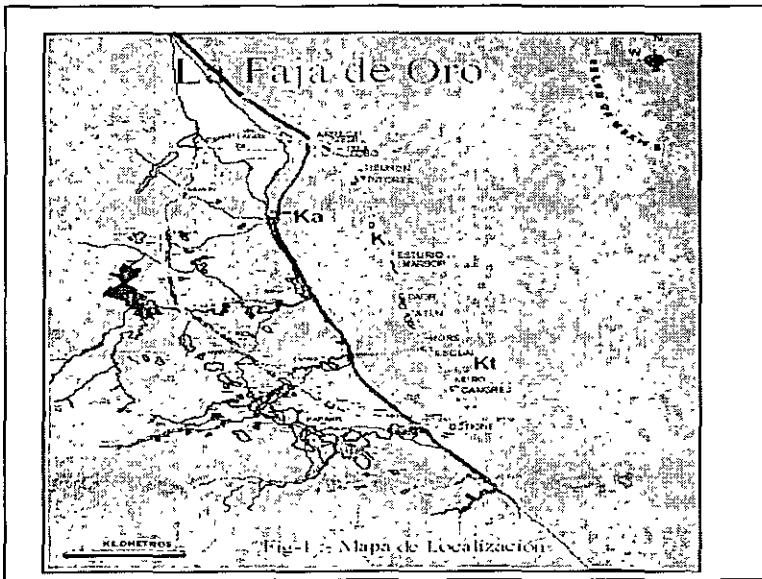


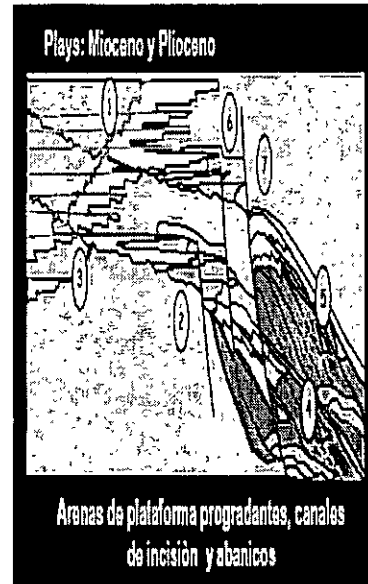
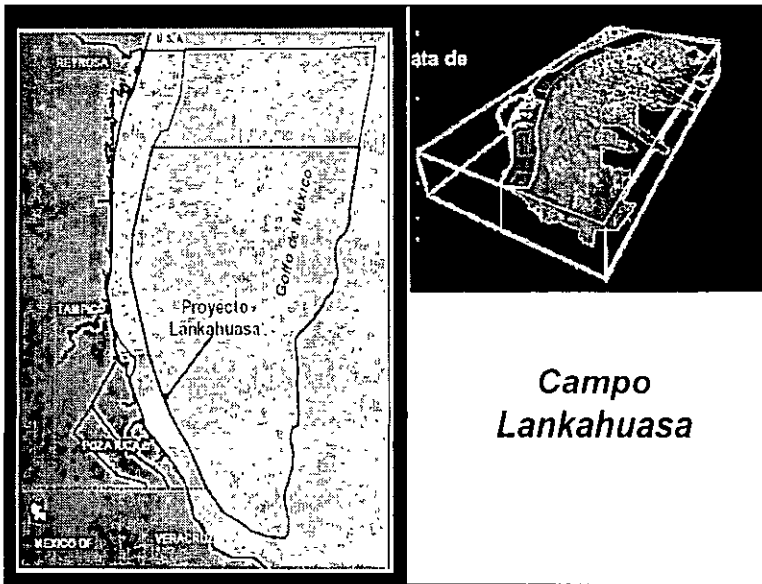
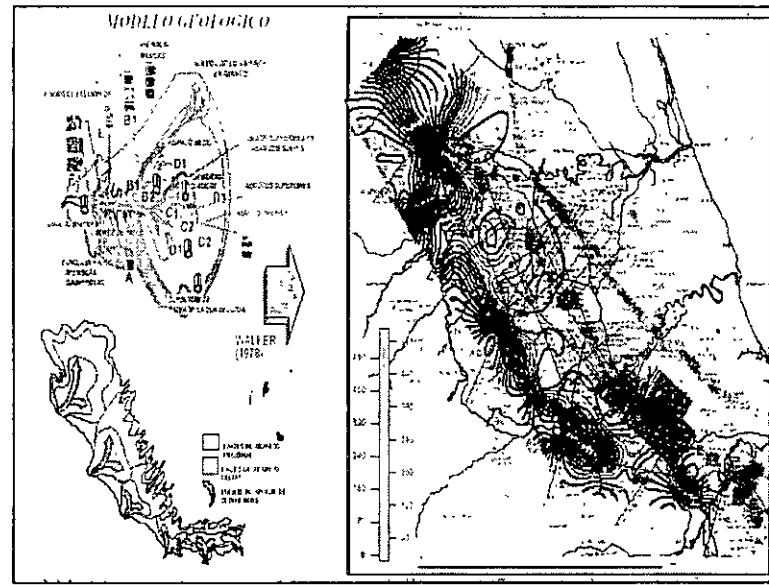
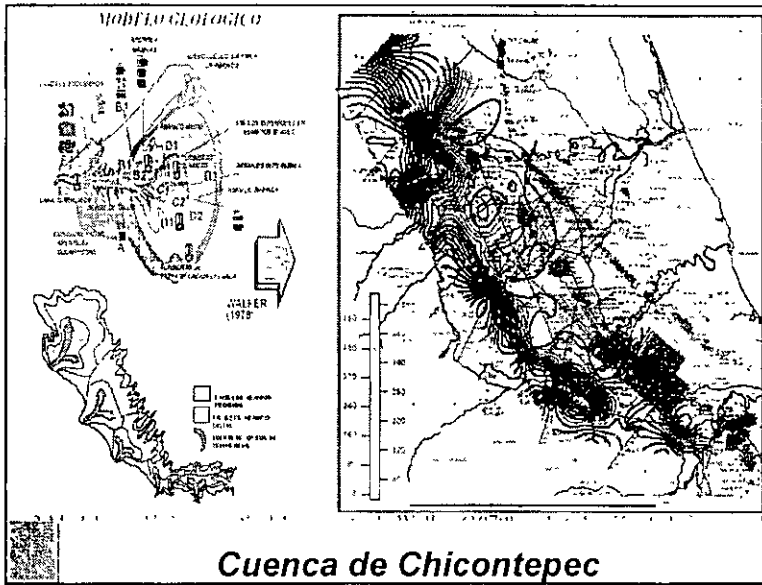
Estructura de la Cuenca de Burgos

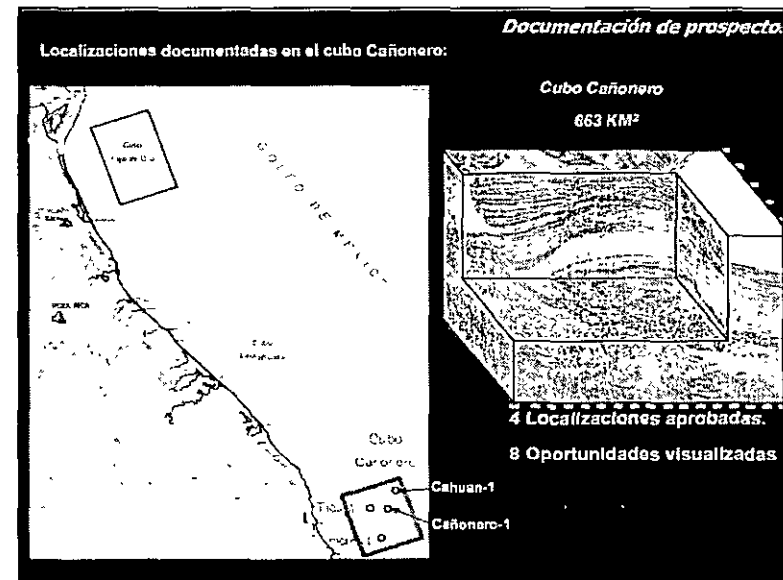
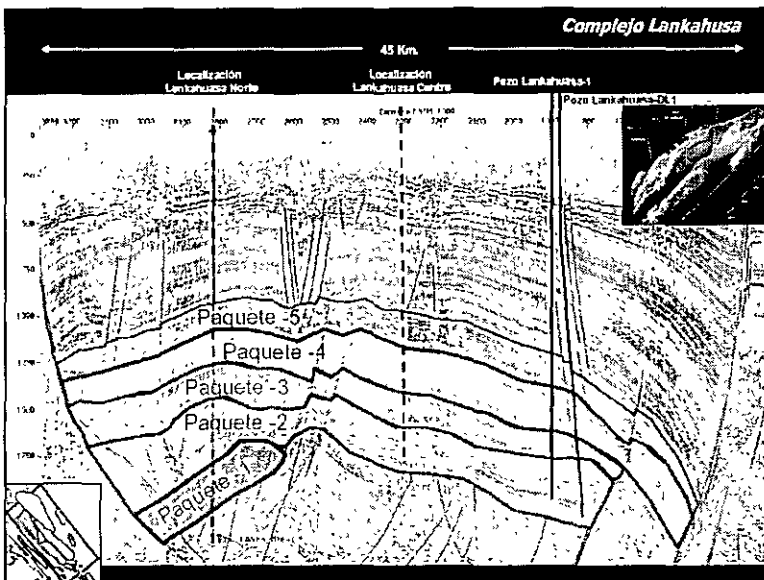
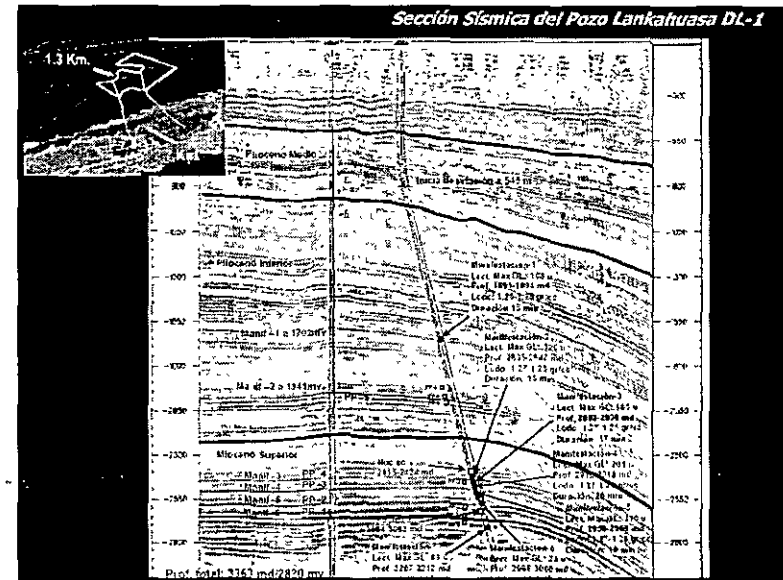
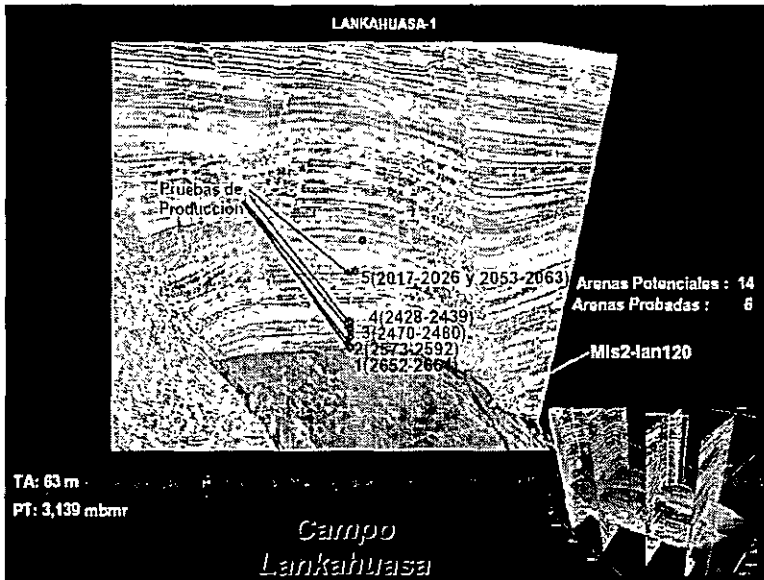


Sección Cuenca de Burgos









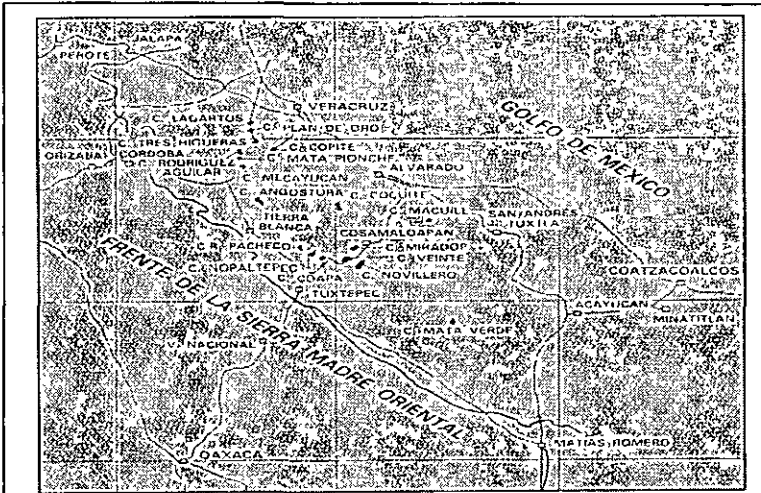
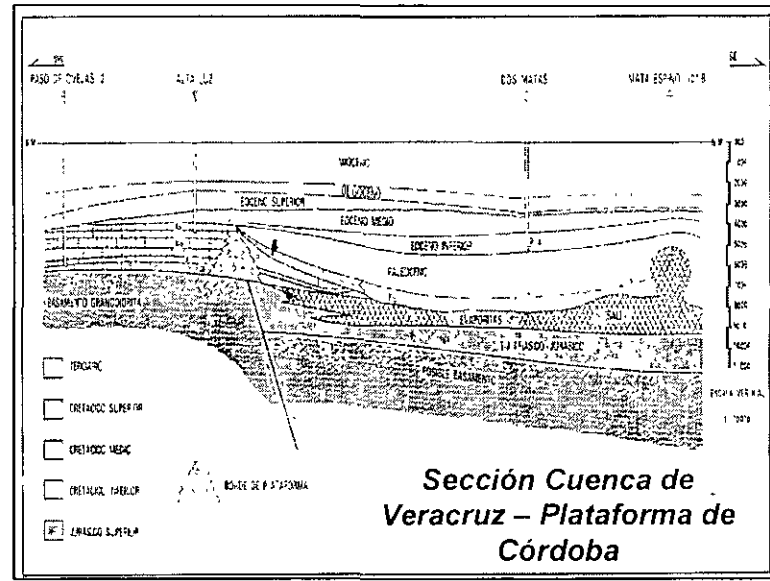
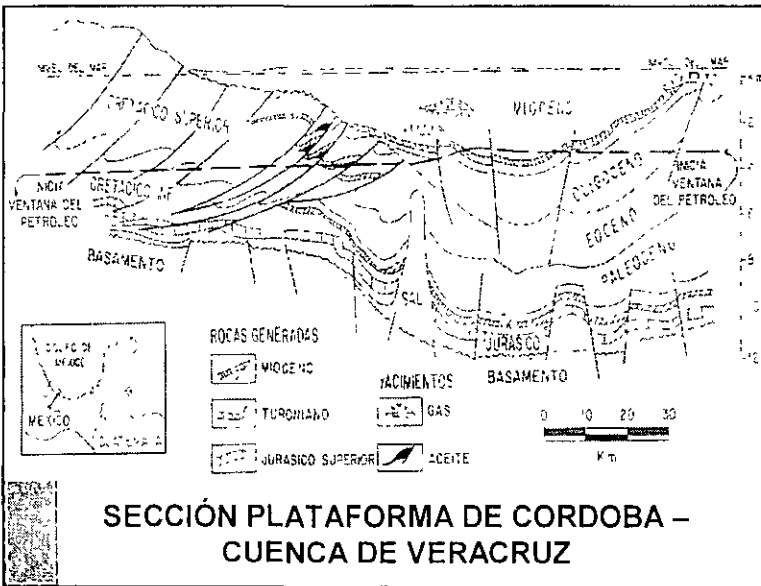


Fig. 1-18. Campos petroleros de la Cuenca de Veracruz y plataforma de Córdoba.



Sección Cuenca de Veracruz – Plataforma de Córdoba



SECCIÓN PLATAFORMA DE CORDOBA – CUENCA DE VERACRUZ

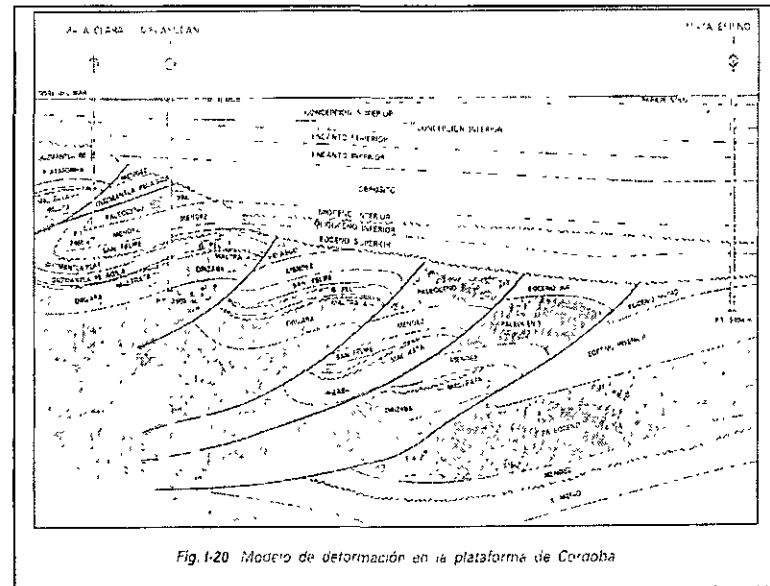
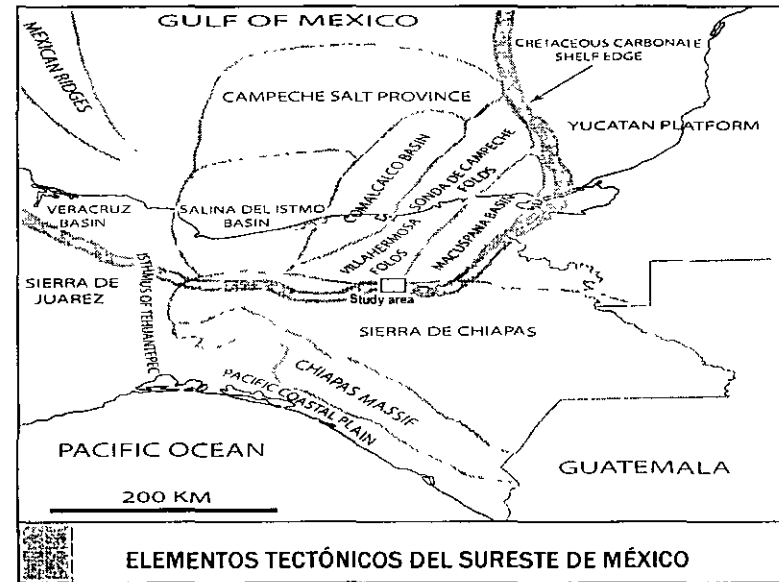
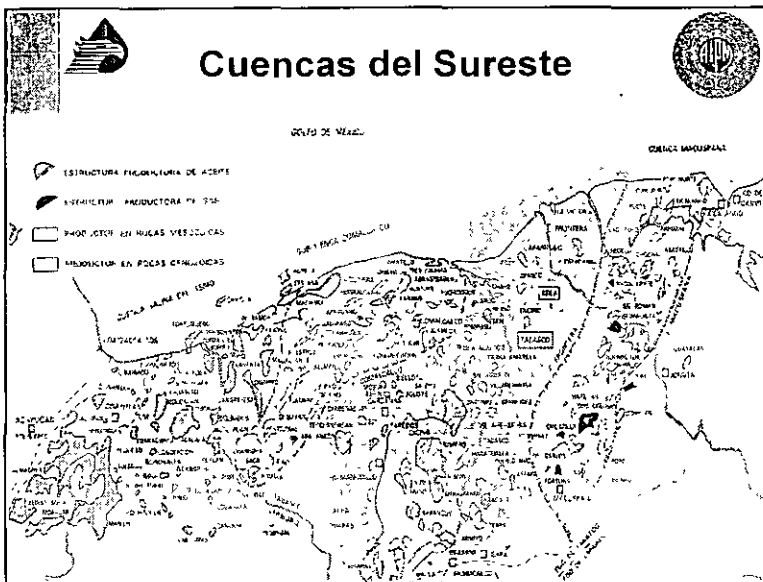
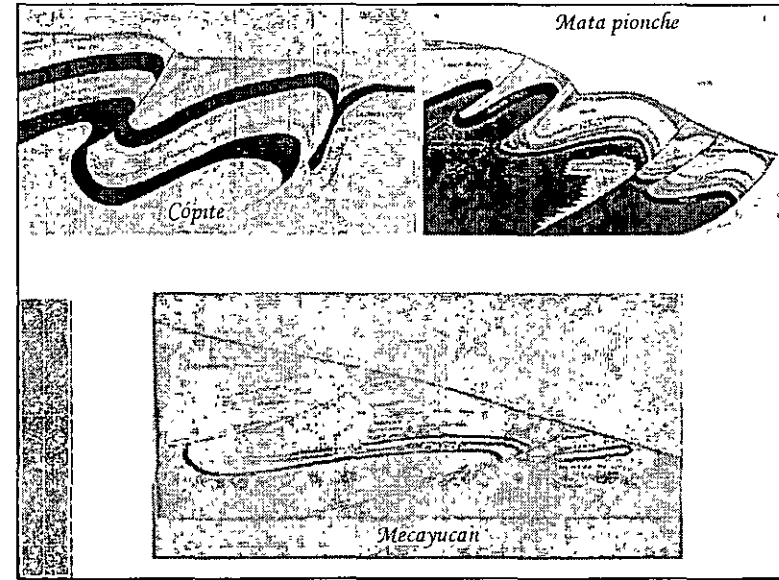
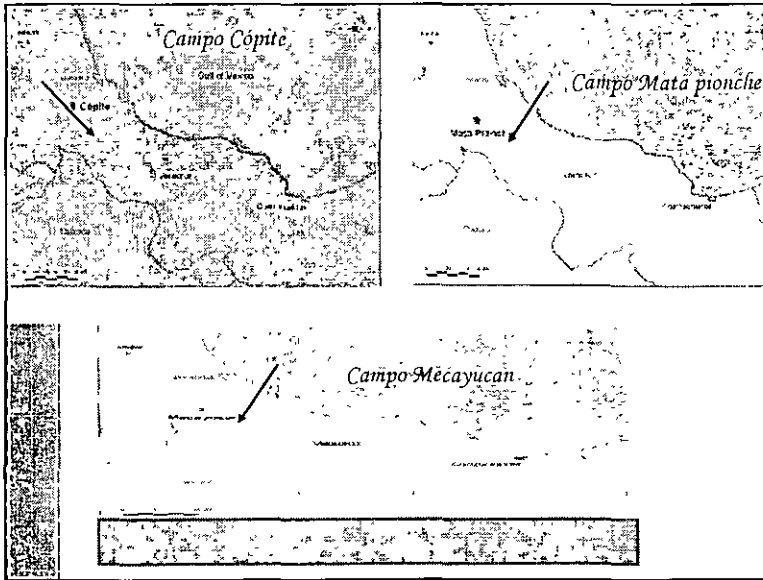
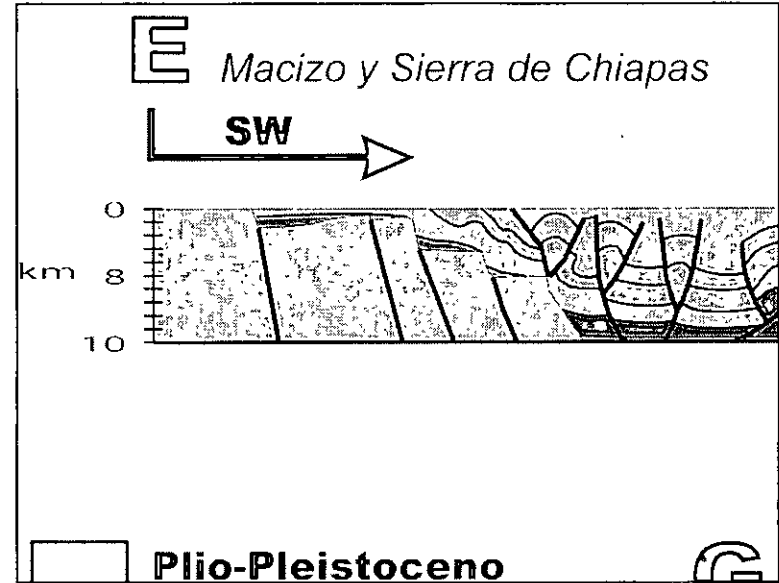
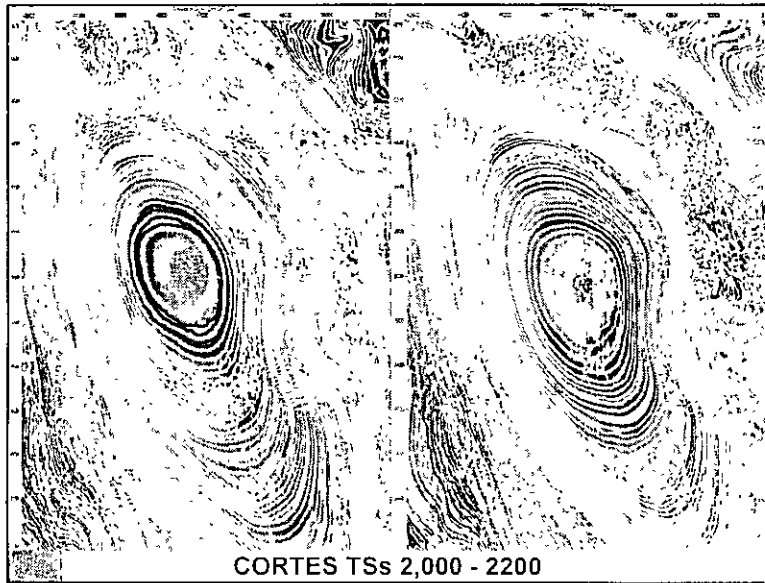
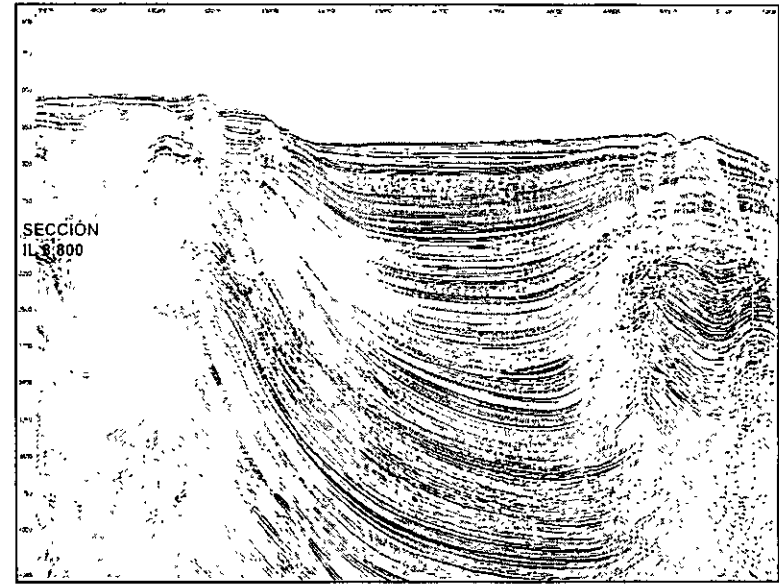
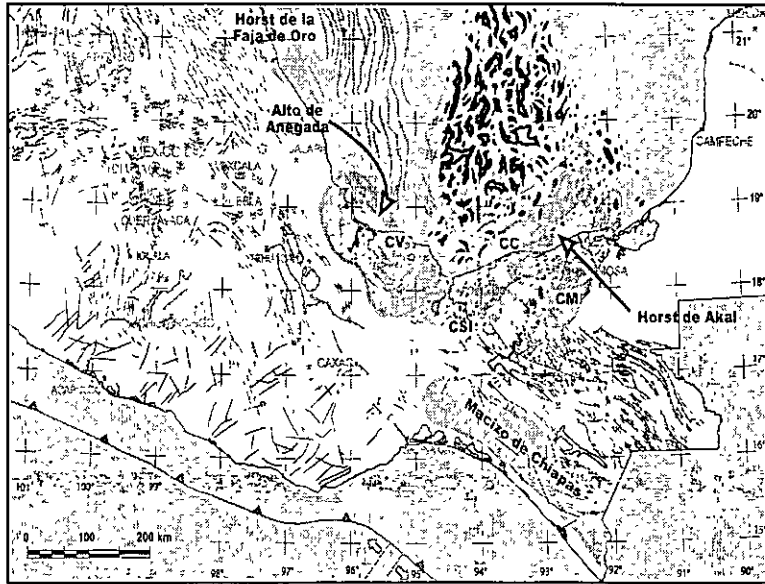
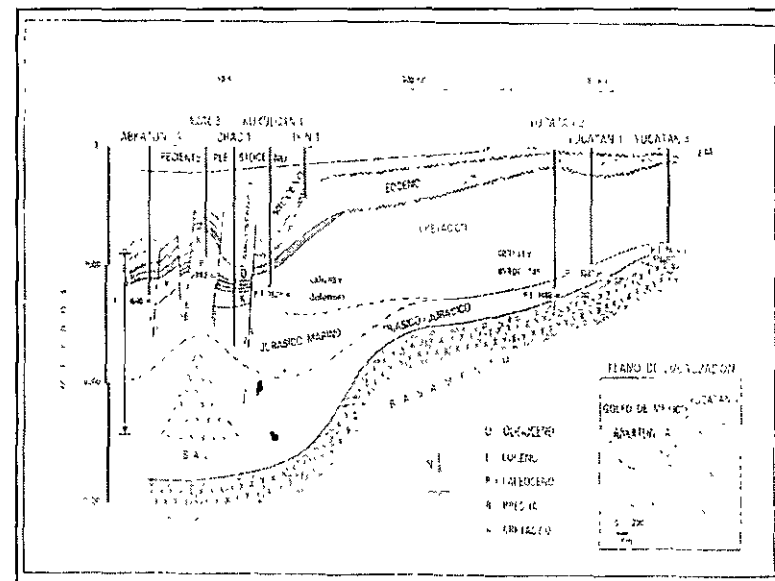
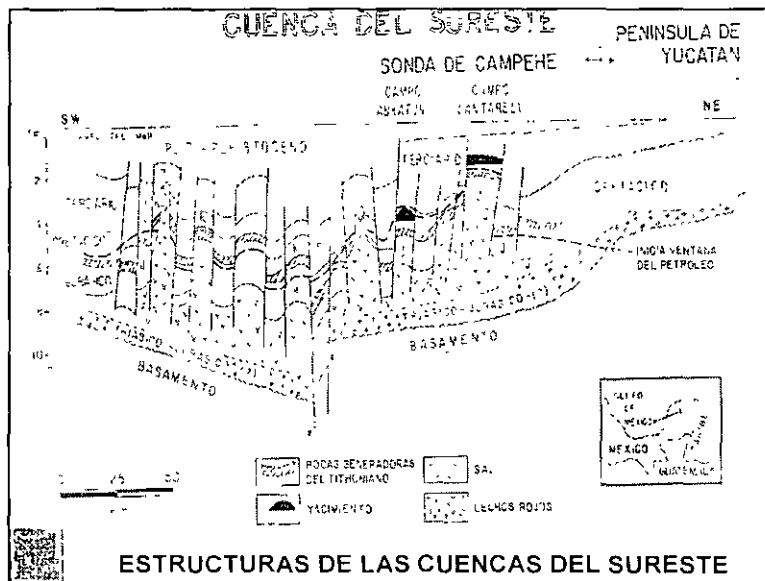
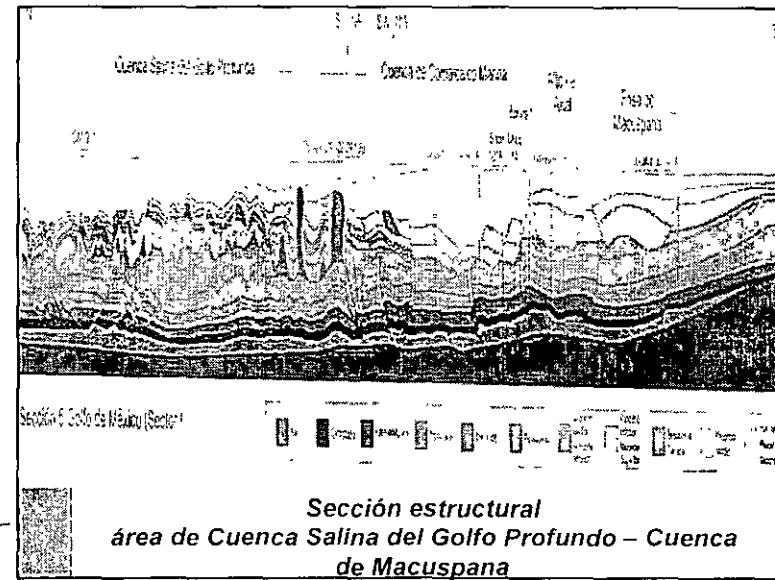
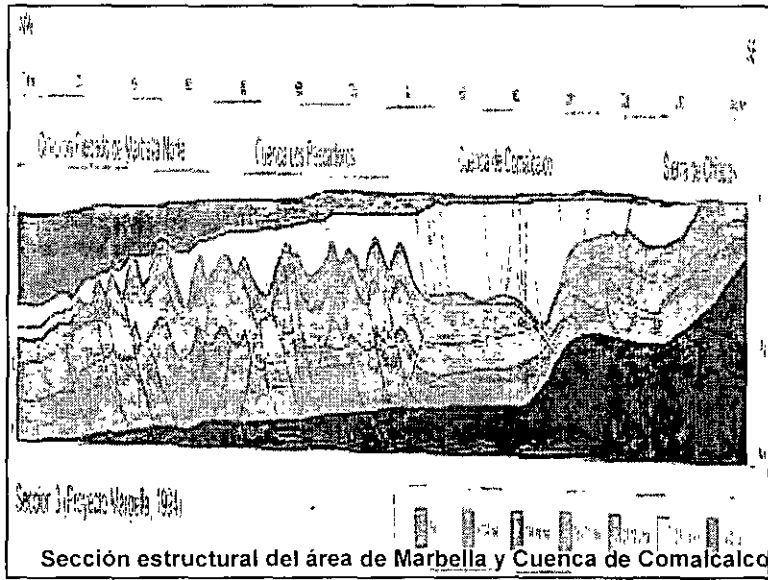


Fig. 1-20 Modo de deformación en la plataforma de Córdoba







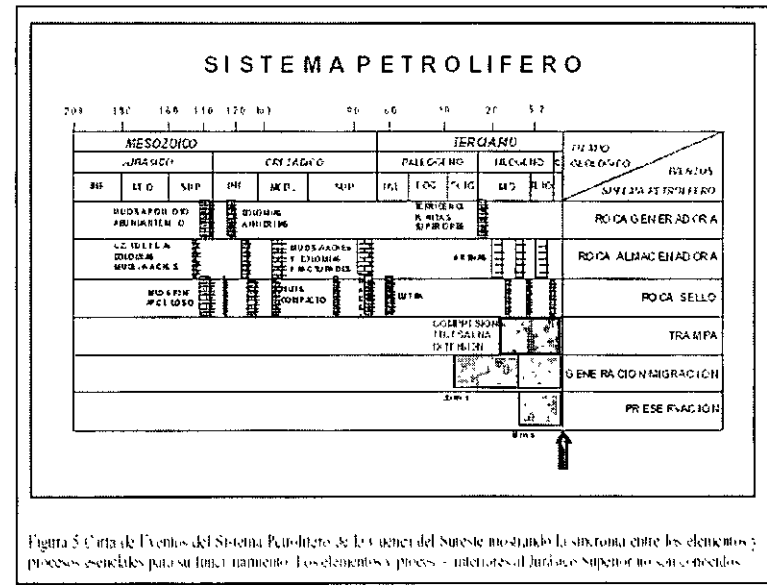
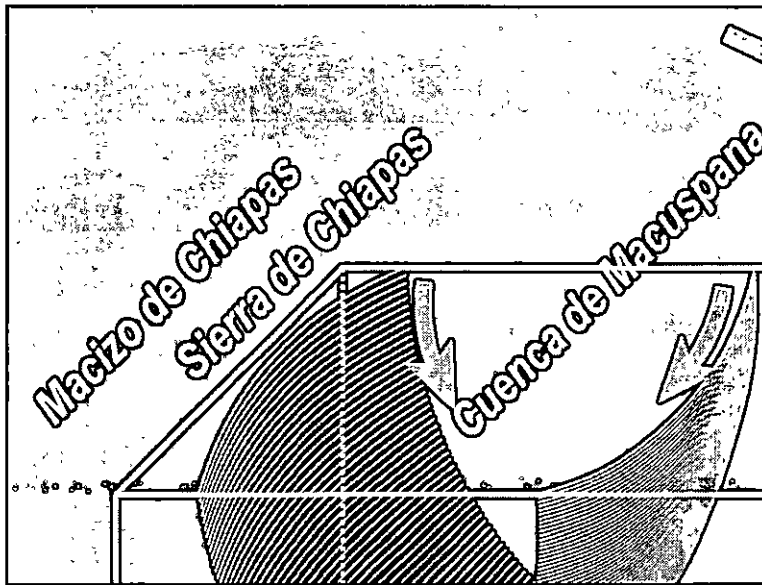
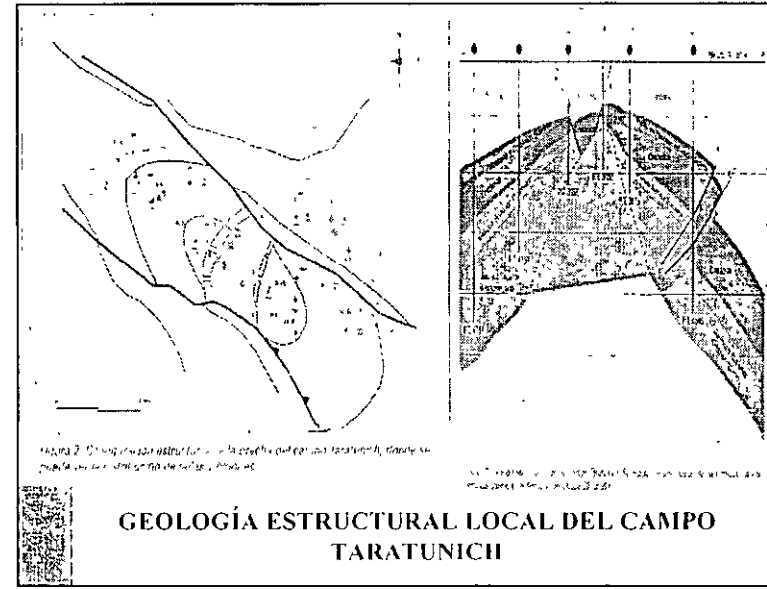
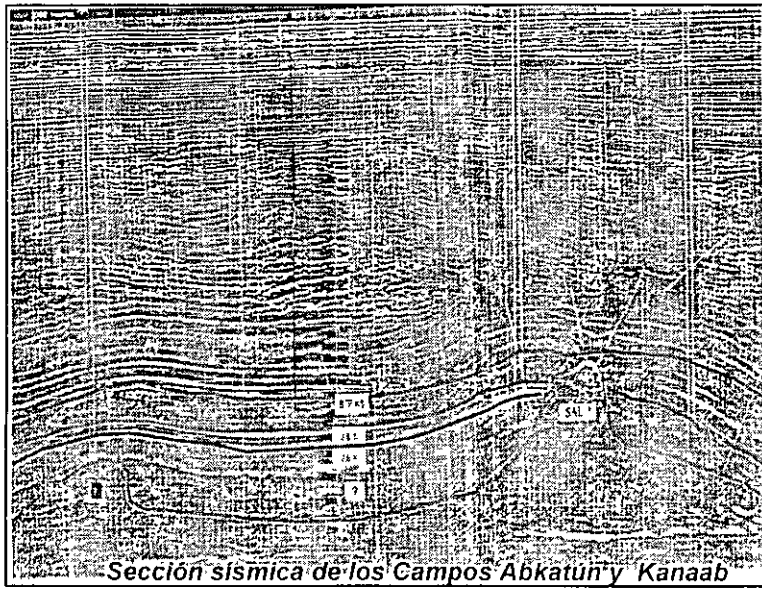
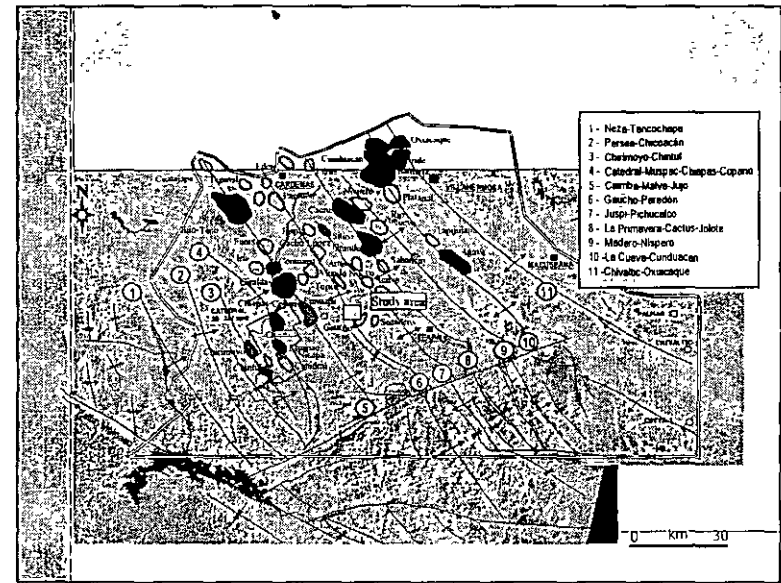
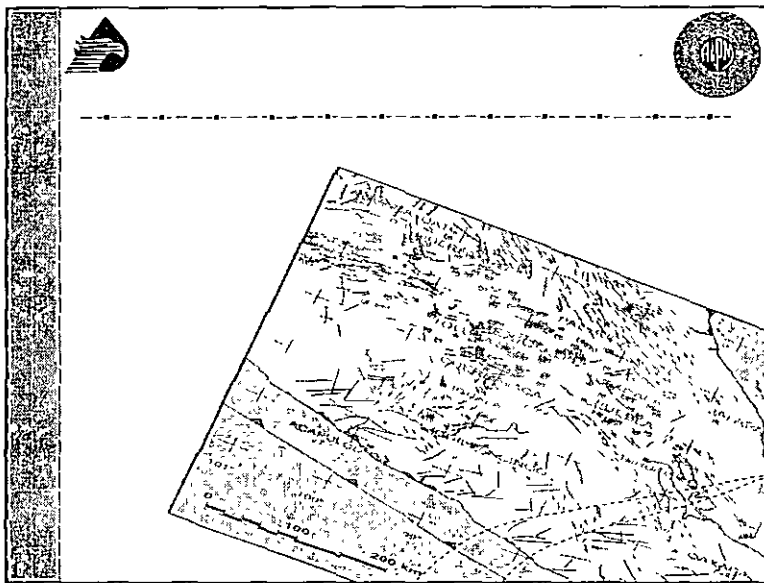
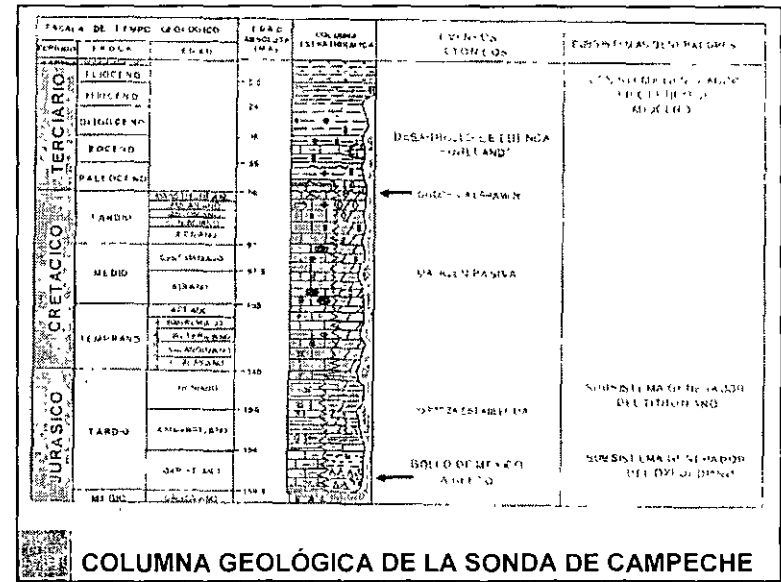
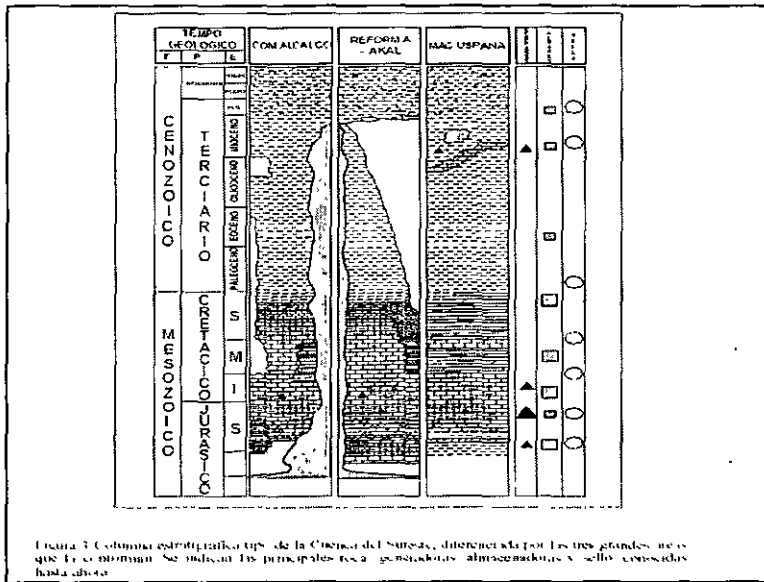
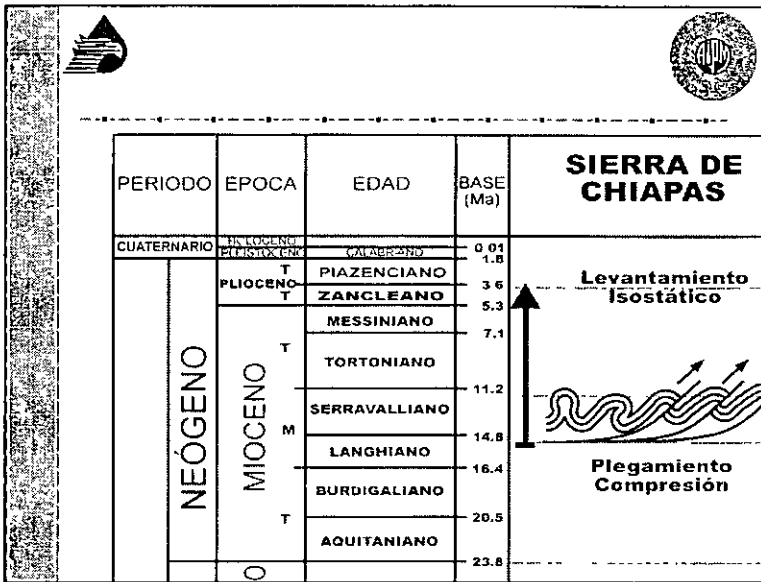


Figura 5 Carta de Eventos del Sistema Petrolifero de la Cuenca del Sureste mostrando la sincronia entre los elementos y procesos esenciales para su funcionamiento. Los elementos y procesos anteriores al Jurásico Superior no son conocidos.









ASOCIACIÓN DE INGENIEROS PETROLEROS DE MÉXICO

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**

Presentación 14

INSTRUCTOR: ING JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



V. FUNDAMENTOS DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA, GEOFÍSICA Y GEOQUÍMICA

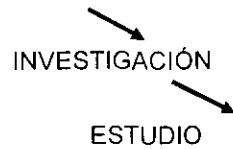
Objetivo. El alumno conocerá la metodología que se aplica en la exploración de los yacimientos de fluidos desde el punto de vista geológico, geofísico y geoquímico.

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Planeación en la exploración
- 5.3 Métodos geológicos, geofísicos y geoquímicos.
- 5.4 Ejemplos de casos



INVESTIGACIÓN Acción y efecto de indagar, y registrar.

SINÓNIMOS:



EXPLORACIÓN

ESTUDIO aplicación del entendimiento para comprender, profundizar y para adquirir nuevos conocimientos.



EXPLORACIÓN. acción de buscar, conjunto de estudios o experimentos que se realizan con el propósito de un descubrimiento o de una aplicación práctica.

INVESTIGACIÓN PURA
O BASICA

—————> El porque

INVESTIGACIÓN
APLICADA

—————> El para que

Deductivo
(Sintético)
General
↓
Particular

Inductivo
(Analítico)
Particular
↓
General



EXPLORACIÓN DIRECTA



El objetivo del trabajo geológico de campo, es la rectificación de las hipótesis de trabajo que se planea el explorador a partir del análisis de las diversas fuentes de información que consulta en las etapas previas al trabajo de campo.

Es la toma de datos (información): estratigráficos estructurales y geoquímicos. Es la toma de muestras para estudios petrográficos, paleontológicos y de geoquímica. Es la interpretación de la información



EXPLORACIÓN DIRECTA



SE EVALUAN:

- a) Las relaciones espaciales y temporales de los cuerpos rocosos para definir la historia geológica de la región
- b) La distribución y espesor de las unidades litoestratigráficas
- c) Los arreglos estructurales o estratigráficos de o entre cada una de las unidades litoestratigráficas.
- d) El contenido de sustancias de interés económico.
- e) Los atributos y propiedades de las rocas.



MÉTODO DE EXPLORACIÓN DIRECTA



ETAPA I
DE
GABINETE

- :: Recopilación de información antecedente
- :: Selección de la información antecedente
- :: Análisis de la información antecedente
- :: Síntesis de la información antecedente

TEXTO

Estratigrafía
Geología estructural
compilado
Tectónica
Evolución geológica
Indicadores económicos

MAPAS

Fotogeológico
Geológico
Estructural
Geomorfológico



MÉTODO DE EXPLORACIÓN DIRECTA



ETAPA II
DE
CAMPO

- :: Levantamiento de secciones estratigráficas
- :: Levantamiento de secciones estructurales
- :: Verificación de la cartografía
- :: Verificación de las estructuras
- :: Toma de muestras representativas
- :: construcción de un mapa geológico
- :: construcción de secciones geológicas

Litología
Fosiles
Sustancias de
interes
economico
Resistencia
mecanica, etc



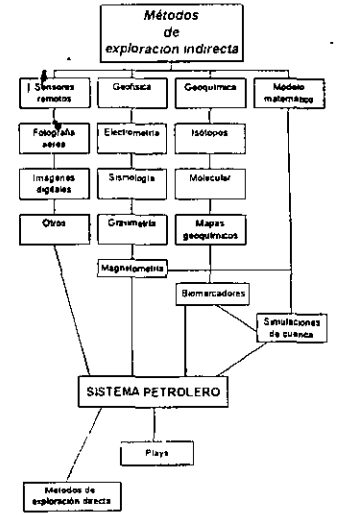
MÉTODO DE EXPLORACIÓN DIRECTA



ETAPA III DE GABINETE

- Análisis de datos estructurales de rocas
- Elaboración del informe técnico (texto)
- Elaboración del mapa geológico definitivo
- Elaboración de las secciones geológicas definitivas

Perforación de pozos exploratorios para AGUA, PETROLEO, MINERALES o MUESTRAS PARA MECÁNICA DE ROCAS.



MÉTODOS SÍSMICOS



NOCIONES DE SISMOLOGÍA

Introducción: aunque la sismología como disciplina científica data desde hace algo más de un siglo, la mayoría de los conocimientos científicos que ha proporcionado sobre la estructura interna de la tierra, se han conseguido en los últimos cincuenta años

Sin embargo, al principio de todo, el estudio de los terremotos se debe a los científicos del siglo XIX entre los que se encuentran. Ricker, Hooke, Wieschert, Milne, Galitzin, Mercalli, Lieberg, Montessus de Ballore, Enrique Abella, entre otros

Los estudios de sismología han formado la base de los métodos sísmicos de prospección petrolera

MÉTODOS INDIRECTOS DE EXPLORACIÓN

	METODO GRAVIMETRICO	METODO MAGNETICO	METODOS SÍSMICOS	METODOS ELECTRICOS	METODOS RADIACTIVOS	INDICADORES QUÍMICOS DE PETROLIO	METODO GEOQUÍMICO	
Principios	Es un método basado en la medición de la gravedad. Se utiliza para detectar anomalías gravimétricas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la intensidad del campo magnético terrestre. Las anomalías magnéticas pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la velocidad de las ondas sísmicas que se propagan a través de la corteza terrestre. Las anomalías de velocidad pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la resistividad eléctrica de las rocas. Las anomalías de resistividad pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la actividad radiactiva de las rocas. Las anomalías de actividad radiactiva pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la concentración de ciertos elementos químicos en las rocas. Las anomalías de concentración pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la concentración de ciertos elementos químicos en las rocas. Las anomalías de concentración pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Es un método que mide la concentración de ciertos elementos químicos en las rocas. Las anomalías de concentración pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.
Ventajas	Permite detectar anomalías gravimétricas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías magnéticas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de velocidad de las ondas sísmicas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de resistividad eléctrica que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de actividad radiactiva que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Permite detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.
Limitaciones	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.	Es un método que requiere una gran cantidad de datos y un procesamiento complejo.
Aplicaciones	Se utiliza para detectar anomalías gravimétricas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías magnéticas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de velocidad de las ondas sísmicas que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de resistividad eléctrica que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de actividad radiactiva que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.	Se utiliza para detectar anomalías de concentración de ciertos elementos químicos que pueden estar relacionadas con la presencia de hidrocarburos.



MÉTODOS SÍSMICOS



Sismología: la sismología es la ciencia que trata de los terremotos y de los fenómenos relacionados con ellos. En este aspecto incluye el estudio de las causas de los terremotos, la localización de los mismos, el estudio de las ondas que se reciben de ellos y los instrumentos de registro que se emplean.

Terremotos: un terremoto o sismo es un movimiento o una serie de movimientos transitorios y repentinos del terreno, originados en una región limitada de la corteza terrestre, que se propagan desde su origen en todas direcciones.



REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS (Testificación geofísica)



Antecedentes

Estos métodos fueron ideados y empleados por primera vez por los hermanos Schlumberger; convenientemente complementados entre sí, son casi insustituibles en la técnica de los sondeos mecánicos (núcleos de pozos).

Se puede decir que los registros geofísicos de pozos, adecuadamente aplicados y estudiados en conjunto, dan un resultado superior a los testigos mecánicos ordinarios, teniendo en cuenta las características de la mayoría de los problemas petroleros y mineros a resolver; especialmente considerando el factor económico.

Esto lo veremos con solo analizar someramente alguno de sus numerosos métodos, que en conjunto han revolucionado la técnica de los sondeos.



REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS (Testificación geofísica)



Importancia técnica y económica

La principal ventaja de estas nuevas técnicas es la velocidad que imprime a los sondeos y por tanto el ahorro de tiempo, ya que si efectuamos un sondeo sin testigo mecánico (núcleo de pozo), se pueden emplear procedimientos más rápidos de perforación, resultando más económicos. Una vez efectuado el sondeo, podremos realizar en cuestión de horas las siguientes medidas geofísicas: Resistividad y Polarización espontánea (o Porosidad), Radiaciones Gamma; Registro Neutrónico; dirección y echado de las capas; ángulo y dirección de desviación del sondeo; elasticidad y velocidad, testificación inductiva y densidad de las capas.

Todos estos métodos tienen la ventaja sobre el testigo mecánico (núcleo de pozo), de que si bien nadie puede negar la conveniencia de tenerlo en la mano, en cambio la determinación de la profundidad de cada medida es mucho más precisa de la que se consigue con este testigo, siempre más o menos roto en pedazos y desgastado en sus extremos.





REGISTROS GEOFÍSICOS DE POZOS (Testificación geofísica)



Importancia técnica y económica

La dirección y echado determinados eléctricamente, los espesores exactos de las formaciones y como complemento los métodos radioactivos y sísmicos, complementan la prospección del sondeo con resultados que son muy superiores a los clásicos.

A veces, la presión del lodo de perforación ha podido desalojar el petróleo contenido en un testigo mecánico (núcleo), arenoso e incluso taponar accidentalmente la capa, haciendo que esta se pase desapercibida o se de como no productiva; entonces la testificación geofísica nos da los medios para localizar la enmascarada capa de petróleo con exactitud de posición y potencia, indicándonos sus características y su mayor o menor interés, para poder hacer las pruebas de producción con las máximas probabilidades de éxito.






**ASOCIACIÓN DE INGENIEROS
PETROLEROS DE MÉXICO**

**CURSO: INGENIERÍA PETROLERA
PARA NO PETROLEROS**



Presentación 15

INSTRUCTOR: ING. JAVIER ARELLANO GIL
PROFESOR DE GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO



OBJETIVO

Reconocer e interpretar los principales atributos de las secciones sísmicas para identificar zonas de interés económico-petrolero.

Terremotos y Sismología

- ☒ *Sismo* o terremoto es una sacudida del suelo provocada por el movimiento brusco de dos bloques a profundidad.
- ☒ El *foco* o *hipocentro* es el lugar preciso donde se produce el movimiento inicial, es decir, donde se libera la energía.
- ☒ El punto situado en la superficie justo encima del foco, es llamado *epicentro*.
- ☒ Un sismo se expresa por la transformación de la energía generada durante el rompimiento a *ondas sísmicas*.
- ☒ El instrumento para registrar estas ondas es un *sismógrafo*.
- ☒ La *Sismología* es la ciencia que estudia estas ondas y qué nos dicen del interior de la Tierra, así como la física de los terremotos.

Ondas Sísmicas

@ *Ondas de Cuerpo*: Se propagan en el interior de la Tierra. Existen dos tipos:

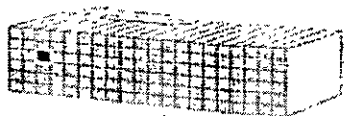
- Ondas Primarias (P), que son las primeras en arribar. Se propagan en todos los medios, sólidos y líquidos.
- Ondas Secundarias (S), se caracterizan por tener el mayor contenido energético. Sólo se propagan en medios sólidos.

$V_p > V_s$

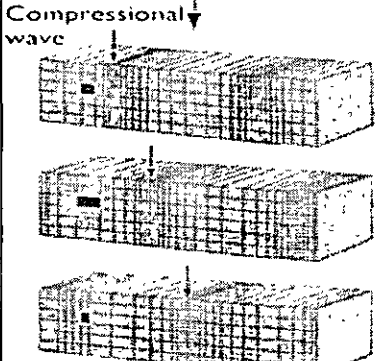
@ *Ondas Superficiales*: Se propagan en la superficie de la Tierra. Se originan cuando las ondas de cuerpo "chocan" con superficie. Existen dos tipos:

- Ondas Rayleigh, el movimiento de las partículas es elíptico y retrogrado.
- Ondas Love, por ser resultado de la interacción de las ondas SH con la superficie, el desplazamiento de las partículas es horizontal.

Slip on fault



Ondas P



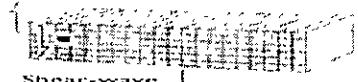
Compressional wave

$$V_p = \frac{k + 4/3 \mu}{\rho}$$

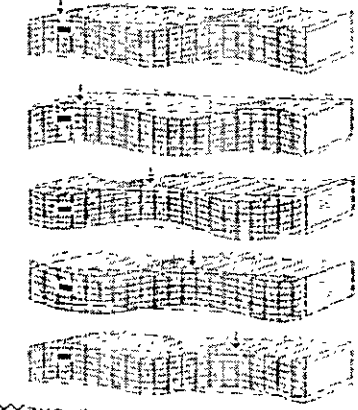
Donde:

- V_p (α) Velocidad Ondas P
- k Módulo de compresibilidad
- μ Módulo de Rigidez
- ρ Densidad del medio

Slip on fault



Ondas S



Shear-wave crest

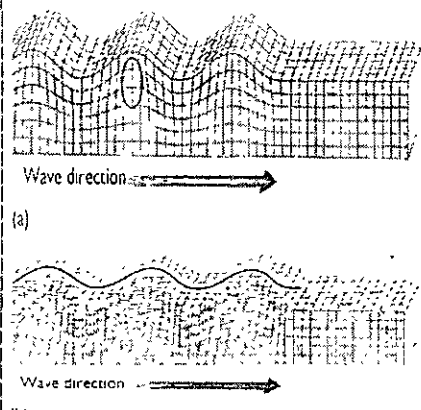
$$V_s = \frac{\mu}{\rho}$$

Donde:

- V_s (β) Velocidad Ondas S
- μ Módulo de Rigidez
- ρ Densidad del medio

Wave direction

Ondas de Superficie



Wave direction

(a)

(b)

Ondas (a) Rayleigh y (b) Love.

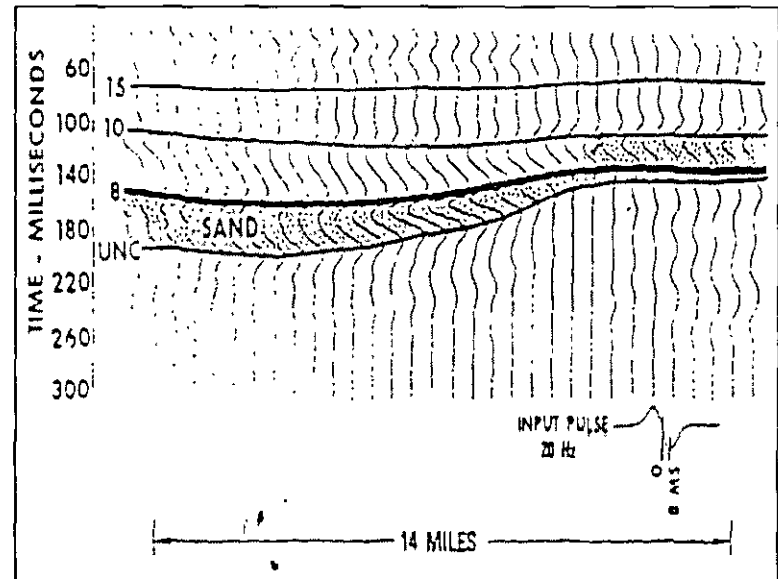
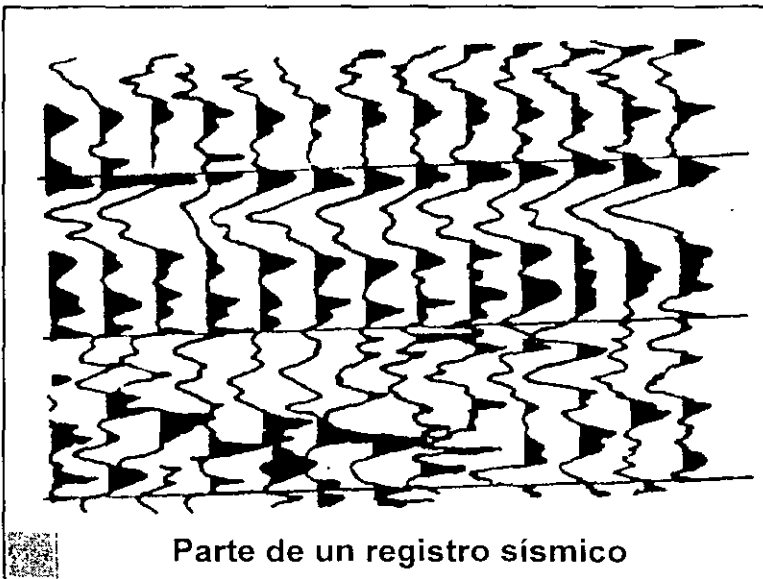
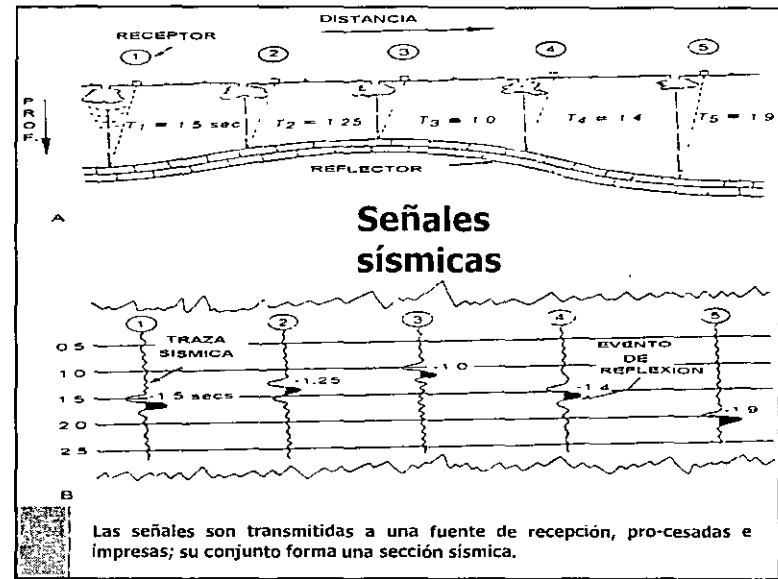
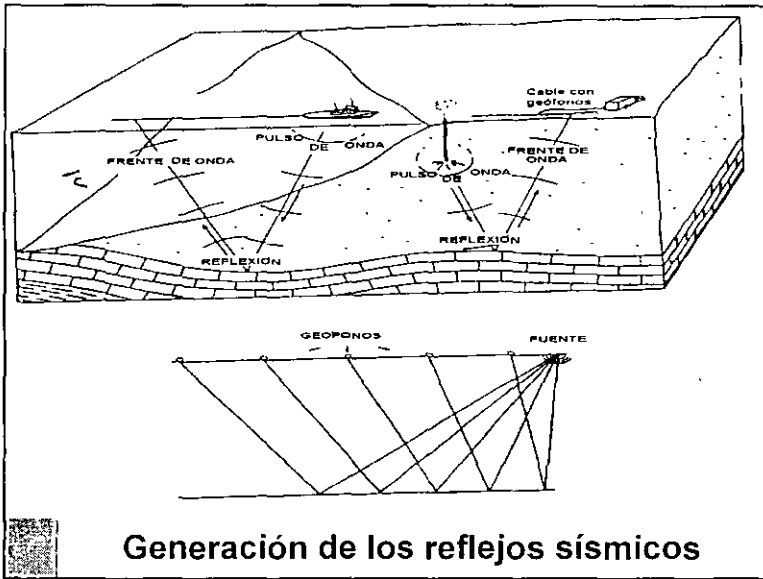
- @ Las Ondas Rayleigh se generan por la interacción del sistema P-SV con la superficie. Se registran en la componente vertical de un sismógrafo.
- @ Las Ondas Love se generan por la interacción de las ondas SH con la superficie. Se registran en las componentes horizontales de un sismógrafo.

ESTRATIGRAFÍA SÍSMICA

La sismología trata de las ondas que viajan a través de la Tierra. Estas vibraciones pueden ser naturales, como en los sismos, o producidas artificialmente por medio de explosiones u otras fuentes.

Las ondas sísmicas transmitidas por las rocas tienen frecuencias de 10-100 ciclos/s (las frecuencias de los sonidos que oímos son de 20-20,000 ciclos/s).



Las ondas producidas por cualquier fuente son reflejadas por las discontinuidades del subsuelo (planos de estratificación, discordancias, fallas, etc.) y refractadas al pasar de una capa a otra de distinta densidad y al cambiar su velocidad. Los reflejos son captados por detectores de sonido muy sensibles situados sobre la superficie terrestre.






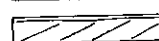
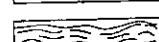
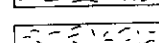
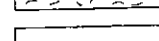


α (km/s)		
Materiales no consolidados		
Arena (seca)	0.2-1.0	
Arena (saturada)	1.5-2.0	
Arcilla	1.0-2.5	
Glacial Till	1.5-2.5	
Permafrost	3.5-4.0	
Rocas Sedimentarias		
Areniscas	Tercianas	2.0-6.0
	Carbonífero	4.0-4.5
	Cambrico (cuarcita)	5.5-6.0
Limoilitas	Cretácico	2.0-2.5
	Jurásico (oolitas)	3.0-4.0
	Carbonífero	5.0-5.5
Dolomias	2.5-6.5	
Sal	4.5-5.0	
Anhidrita	4.5-6.5	
Yeso	2.0-3.5	



α (km/s)	
Rocas Igneas y Metamórficas	
Granito	5.5-6.0
Gabro	6.5-7.0
Rocas ultramáficas	7.5-8.5
Serpentinita	5.5-6.5
Fluidos porosos	
Agua	0.3
Aire	1.4-1.5
Hielo	3.4
Petróleo	1.3-1.4
Otros materiales	
Acero	6.1
Fierro	5.8
Aluminio	6.6
Concreto	3.6

CONFIGURACIONES SÍSMICAS TÍPICAS

A Paralela		Depósito y subsidencia uniformes comúnmente en ambientes de plataforma
B Divergente		Variación lateral de la velocidad de depósito o inclinación progresiva
C Sigmoide		Progradación con poco aporte sedimentario y/o un levantamiento rápido del nivel del mar
D Oblicua tangencial		Capas de "foreset" y "bottomset" típicos de los deltas, no existen capas de "topset"
E Oblicua paralela		Alto aporte sedimentario y poca o ninguna subsidencia; nivel del mar estable
F En forma de tejas		Generalmente son delgadas capas sedimentarias que progradan en aguas someras
G Ondulada		Indica superposición o interdigitación de pequeños lóbulos deltaicos
H Caótica		1 - Ambiente variable de alta energía 2 - Estratificación desbaratada por una deformación posterior al depósito
I Sin reflejos		Depósitos gruesos homogéneos y monotonos de lutitas y areniscas

Parámetros sísmicos empleados en la estratigrafía sísmica y su significado geológico

Parámetro sísmico	Interpretación geológica
Configuración	Disposición de los estratos Procesos de depósito Erosión y paleotopografía Contactos entre fluidos
Continuidad	Continuidad de los estratos Procesos de depósito
Amplitud:	Contraste velocidad/densidad Distancia entre los estratos Contenido de fluidos
Frecuencia	Espesor de los estratos Contenido de fluidos
Velocidad del intervalo	Estimación de la porosidad Contenido de fluidos Estimación de la litología
Forma externa de las facies sísmicas	Ambiente generalizado Fuente de los sedimentos Marco geológico



Facies sísmicas

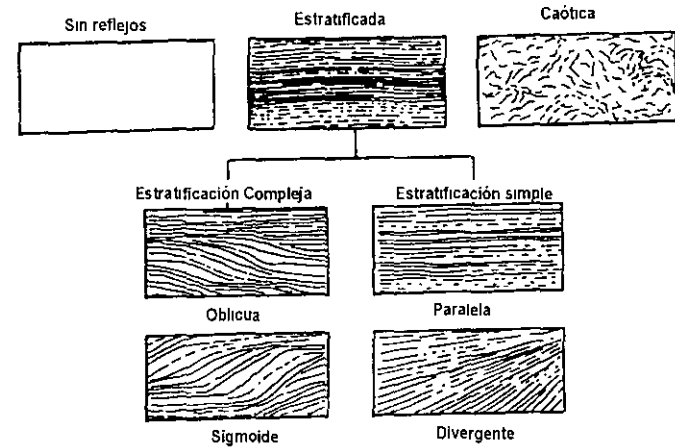


Una facies sísmica es la respuesta sísmica a una litofacies y se define como una "unidad tridimensional compuesta por reflejos sísmicos cuyos elementos (configuración, amplitud, continuidad, frecuencia y velocidad de intervalo) difieren de los elementos de las facies adyacentes". Estos parámetros reproducen los rasgos litológicos, estratigráficos y de depósito de la unidad sedimentaria que ha generado los reflejos.

Una facies sísmica puede variar lateralmente o verticalmente debido a cambios de litofacies. El paso de una litología a otra está marcado por cambios de forma, frecuencia o amplitud de los reflejos sísmicos.



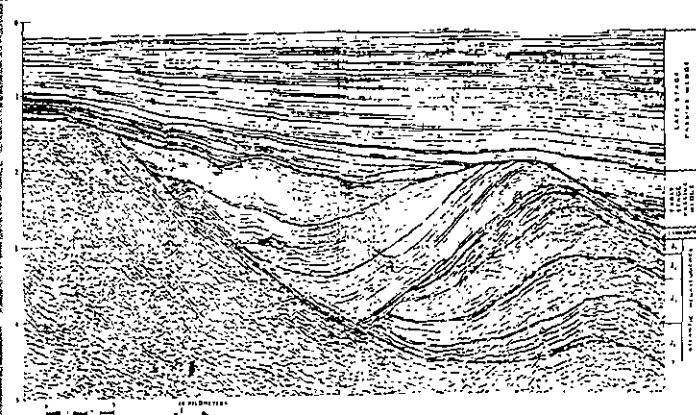
Distintos tipos de facies sísmicas



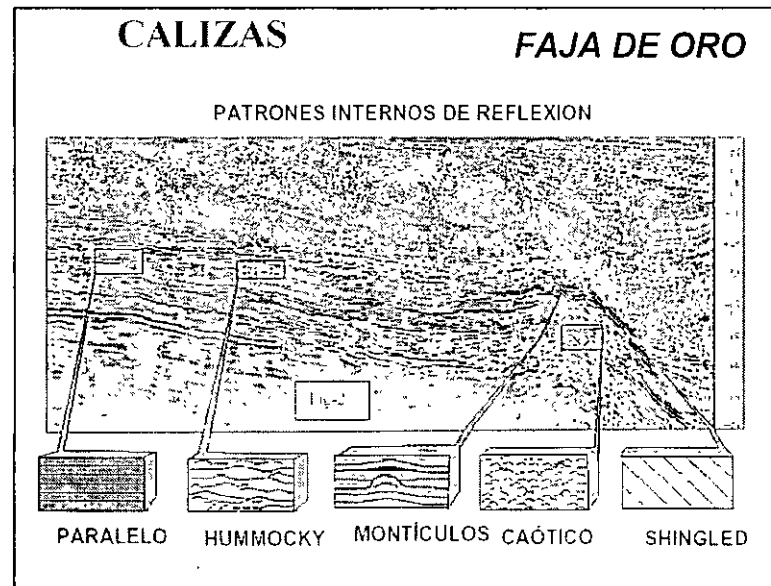
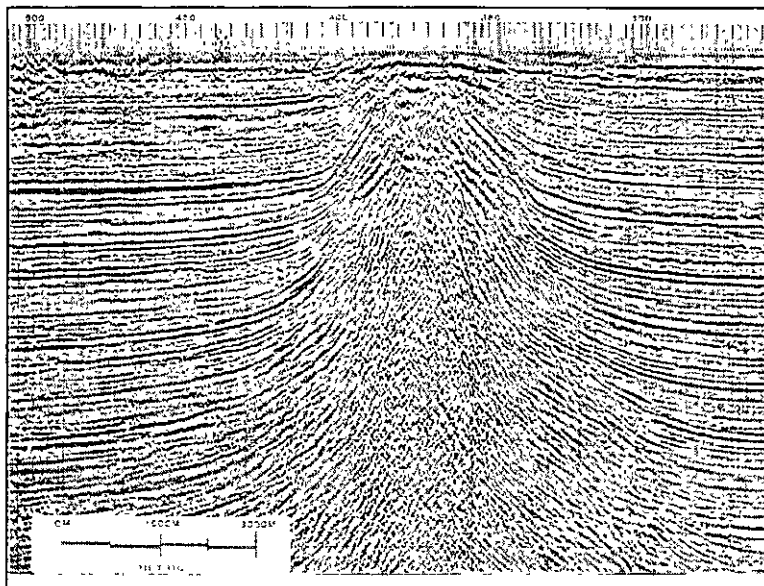
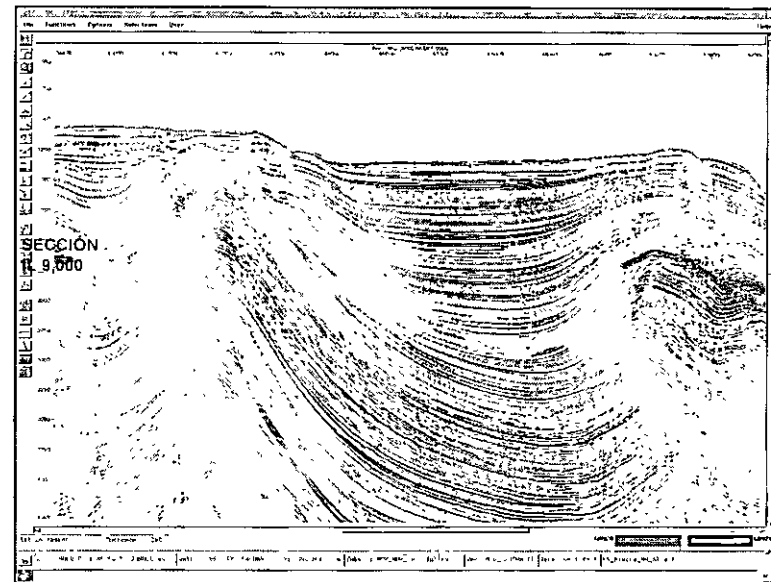
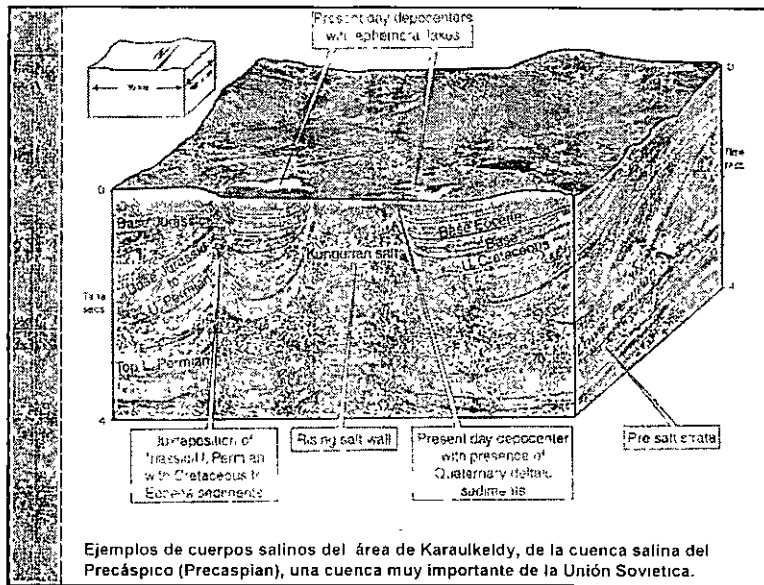
Distintos tipos de facies sísmicas

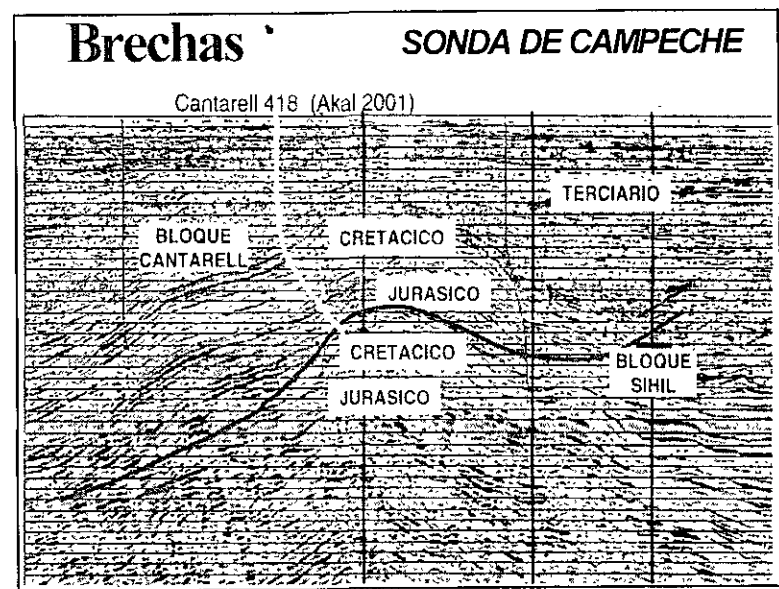
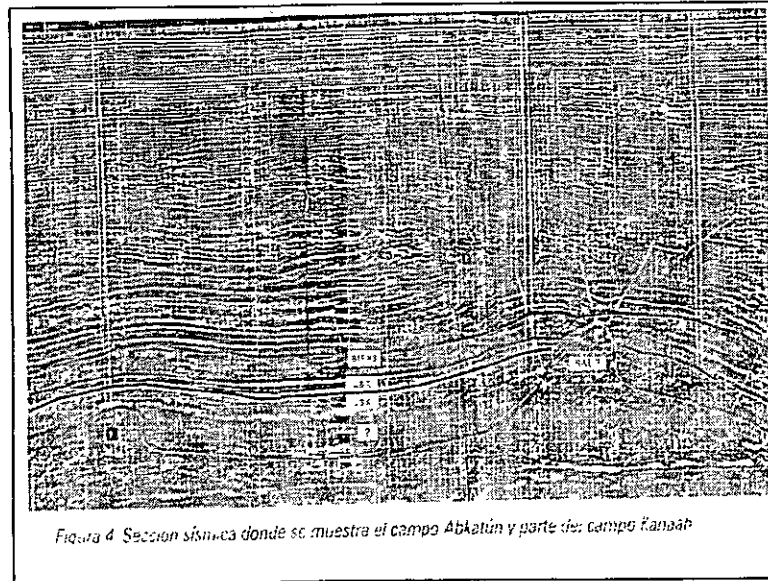
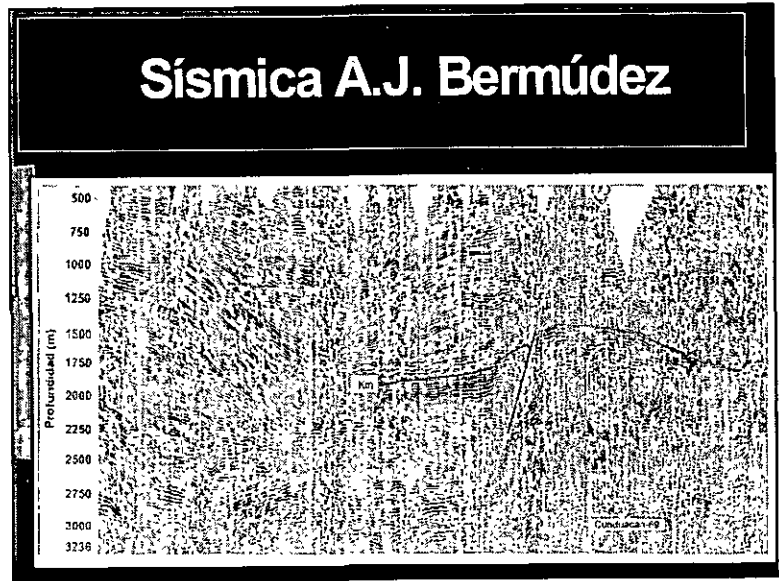
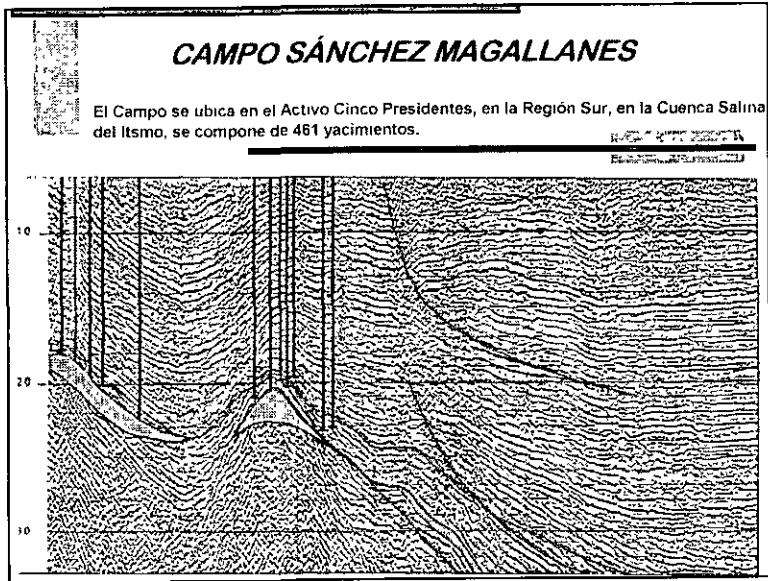


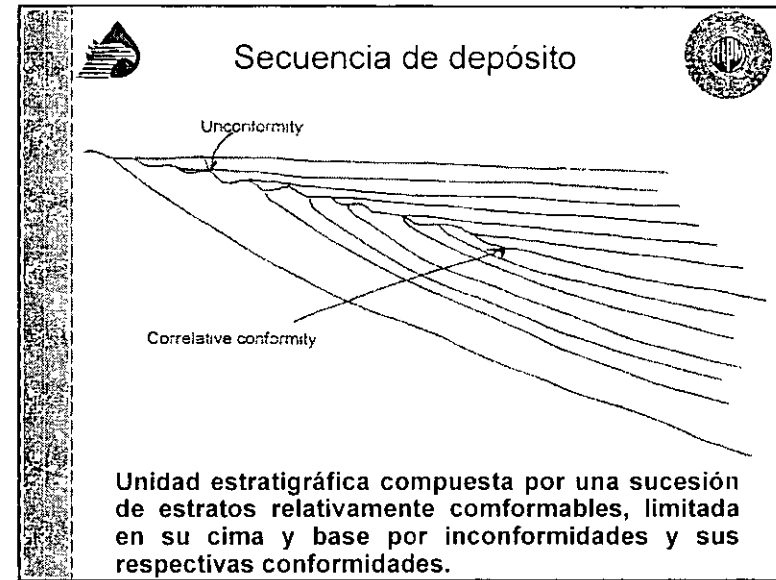
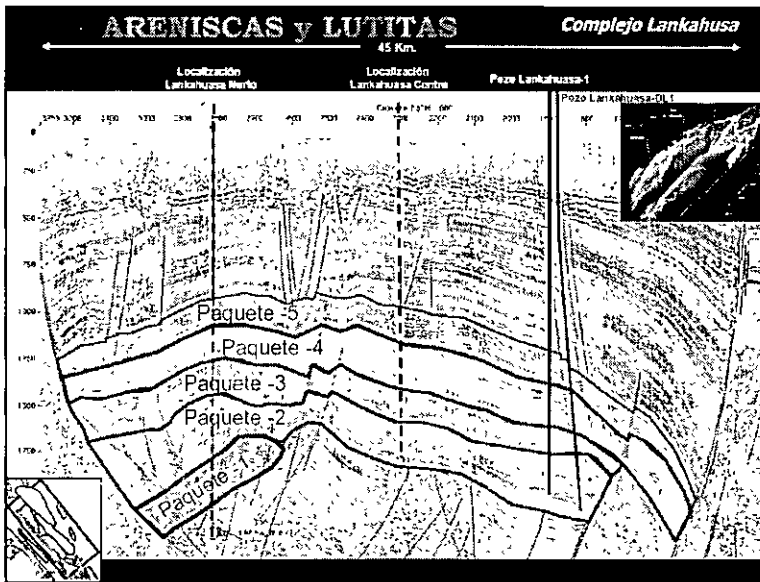
Configuración de los reflejos sísmicos	Interpretación
Paralela	Condiciones uniformes sobre una superficie estable o con subsidencia uniforme
Divergente	Variación lateral en la tasa de sedimentación, inclinación progresiva o una combinación de ambas
Oblicua	Crecimiento progresivo hacia aguas más profundas sobre una superficie inclinada; la cima de la configuración oblicua corresponde a los ambientes someros de alta energía (por ejemplo llanura deltaica)
Sigmoide	Subsidencia continua y baja energía del ambiente de depósito, puede ser depósito en agua profunda, a menudo escasez de arena
Caótica	Alta energía, variabilidad del depósito o su alteración posterior
Ausencia de reflejos	Ambiente clástico uniforme, por ejemplo lutitas marinas de gran espesor, carbonatos masivos o sal.



Sección sísmica que muestra secuencias sísmicas delimitadas por discordancias.

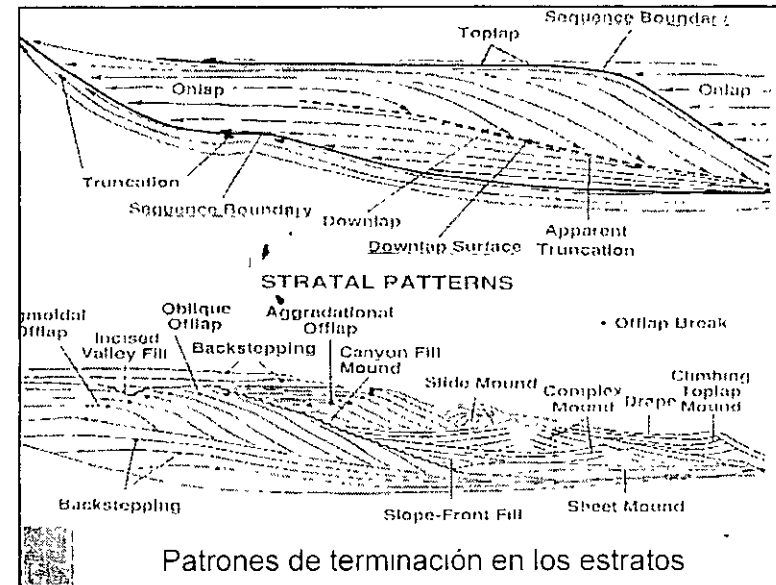




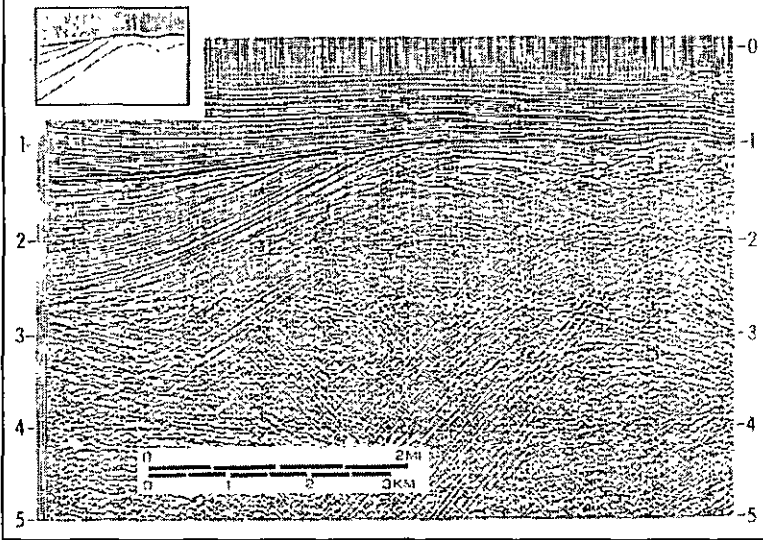


Estudio de las relaciones de las rocas dentro de un marco crono estratigráfico, relacionado con estratos limitados por superficies de erosión, no depósito o sus respectivas conformidades.

La unidad fundamental en la estratigrafía de secuencias es la secuencia, la cual es limitada por conformidades e inconformidades. Una secuencia puede ser dividida en **tracto-sistemas** definidos por su posición dentro de la secuencia y por los patrones de apilamiento de una para-secuencia limitada por superficies de estratificación.



Erosional Truncation



Down-Cutting Erosional Truncation

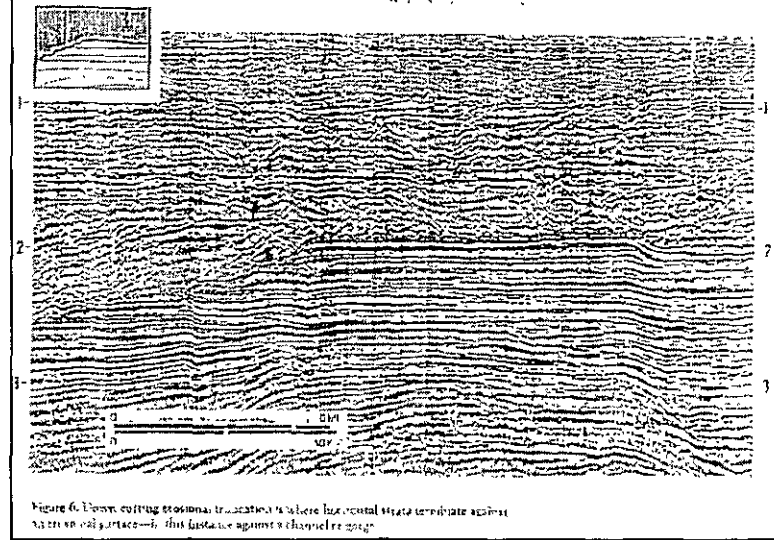


Figure 6. Down-cutting erosional truncation in which horizontal strata terminate against a zone of old surface—this distance against a channel range.

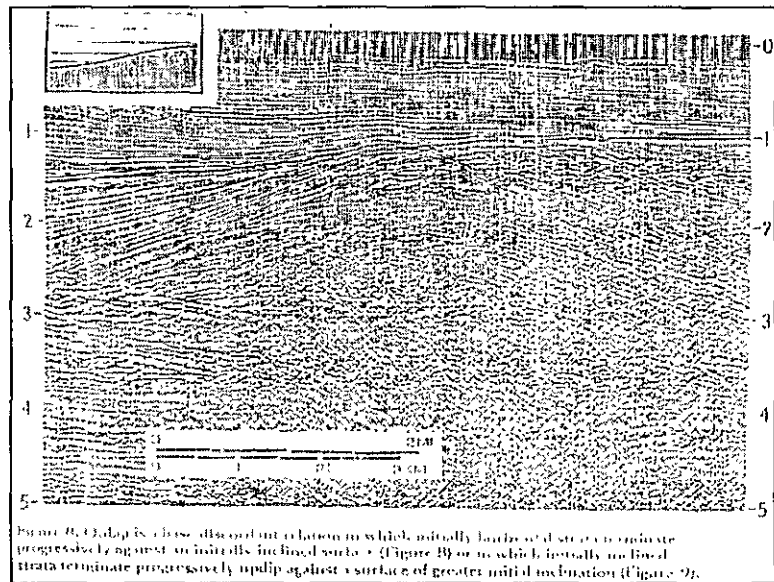
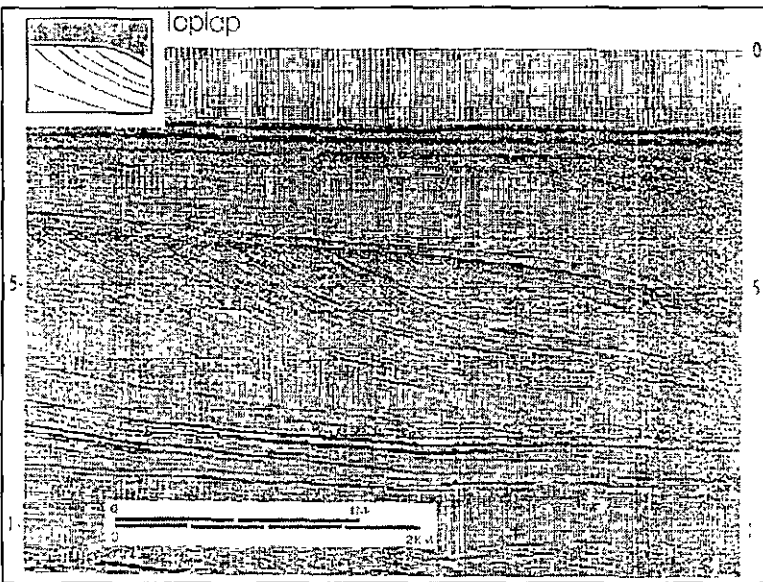


Figure 8. Laplap is a close alternation in which, usually, both old strata terminate progressively against an initially inclined surface (Figure 7) or in which, usually, the final strata terminate progressively up dip against a surface of greater initial inclination (Figure 9).

