

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento y entendimiento de las características y relaciones de las diversas facies clásticas pueden constituir herramientas poderosas para una más exitosa y eficiente exploración y producción de hidrocarburos. La identificación de tipos específicos de facies clásticas permite al geólogo elaborar hipótesis más plausibles acerca de la ocurrencia potencial, distribución, tamaño, forma y calidad de los depósitos de almacenamiento. Aunque la geología de facies puede ser de tan igual importancia a las actividades de exploración como a las de producción, este manual se limitará principalmente a aquellos aspectos del análisis aplicado que sean útiles en áreas donde existe un control de pozos bastante estrecho. Es en estas áreas con información suficiente donde el conocimiento de las facies puede ser de máxima utilidad en una gama de operaciones que van desde la exploración por una trampa estratigráfica local hasta la descripción de un yacimiento.

Los términos utilizados corrientemente por el geólogo a menudo se emplean con diferente significado, lo cual puede dar origen a confusiones. Por consiguiente, a fin de mejorar el entendimiento y la comunicación, algunos conceptos y términos importantes se definen a continuación.

**Facies:** El aspecto total de una roca, o de un depósito: físico, químico y biológico, que la hace única y que la distingue de otras rocas o depósitos. Los términos empleados en la designación de facies pueden usarse en un sentido amplio, o bien en un aspecto más específico; como p. ej.: 1) lutita; 2) arenisca con estratificación cruzada; ó 3) arcilita fosilífera y caliza dolomítica, micrítica, esquelética, uniformemente laminadas, negras.

**Ambiente:** La suma total de todas las condiciones externas que pueden actuar sobre un organismo o una comunidad como para influenciar su desarrollo o su existencia. Esta es una definición restringida para ser aplicada a los campos biológicos y sociológicos. Sin embargo, el término ambiente tal como se usa corrientemente en el análisis de facies se define más propiamente como la suma de los factores físicos, químicos y biológicos que incluyen o afectan un sedimento durante o poco después de la deposición.

**Ambiente de Sedimentación:** El complejo de las condiciones físicas, químicas y biológicas bajo las cuales se acumula un sedimento; el "sitio" donde se deposita el sedimento.



*Dunas de arena – un ambiente sedimentario*



*Ensenada de marea – un ambiente sedimentario*



*Espolones aluviales en una corriente meándrica – un ambiente sedimentario*

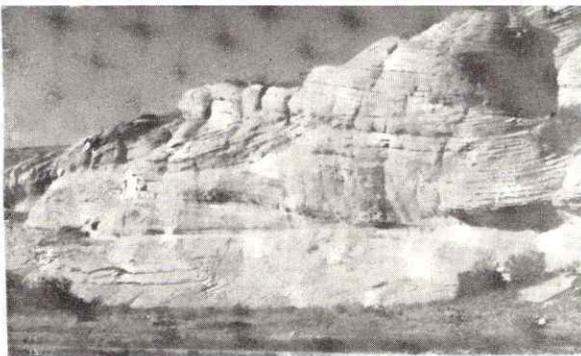


*Corriente entrelazada – un ambiente sedimentario*

**Facies Ambientales:** Son las facies formadas por un conjunto dado de procesos en un ambiente sedimentario específico. Bajo este nombre se unen los términos de los ambientes sedimentarios con los de facies. Por ejemplo, “arenisca laminada”, un término de facies, se combina con “barra de desembocadura”, un término de ambiente sedimentario, para formar “arenisca laminada de barra de desembocadura”, que es un término de facies ambientales.



*Arenisca de espolón aluvial (barra de meandro)*



*Arenisca de duna*

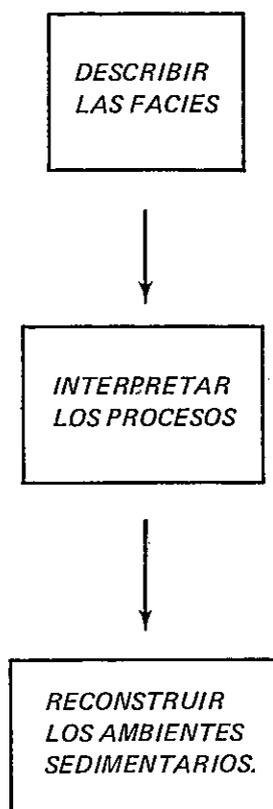


*Arenisca de espolón aluvial inferior*



*Conglomerado de abanico (cono) aluvial*

**Análisis de las Facies Ambientales:** Se refiere al procedimiento de observación y descripción de las facies, a la interpretación de los procesos necesarios para la formación de las mismas y luego a la deducción de los ambientes sedimentarios donde, con mayor posibilidad, estos procesos habrían tenido lugar.



#### FACIES Y AMBIENTES

La estrecha relación genética entre los ambientes sedimentarios y las facies relacionadas con ellos permite el desarrollo de sistemas lógicos de clasificación. Los que se presentan aquí han sido desarrollados para promover una mejor comunicación y un entendimiento común, y están basados en las amplias relaciones existentes dentro de una cuenca deposicional; tal como p. ej., la cantidad relativa de clásticos terrígenos y la profundidad del agua. Un ordenamiento general, inicial, de las facies, puede establecerse de acuerdo al suministro relativo de las partículas de clásticos terrígenos que han sido acarreadas al sitio de acumulación.

- I. Abundante a moderada cantidad de sedimentos terrígenos — Clásticos deltaicos\*
- II. Poca a moderada cantidad de sedimentos terrígenos — Clásticos interdelticos\*
- III. Poco o nada de sedimentos terrígenos — Carbonatos, evaporitas y otros sedimentos químicos.

\*Incluye algunos depósitos de cono de agua profunda y facies asociadas.



	I DELTAICO		II INTERDELTAICO	III CARBONATO EVAPORITICO
A ↑ AUMENTA LA PROFUNDIDAD DEL AGUA	VALLE ALUVIAL	LLANURA DELTAICA		
	Corriente Entrelazada Llanura de Inundación Pospantano Espolón Aluvial Dique Natural Marisma Lacustrino Abanico (cono) Aluvial Canal	Corriente Entrelazada Llanura de Inundación Pospantano Espolón Aluvial Dique Natural Marisma Lacustrino Duna Playa Llanura de Marea Caño (canal distribuidor)	Duna Playa Llanura de Marea Canal de Marea	Duna Playa Llanura de Marea Canal de Marea
	FRENTE DELTAICO			
B ↓ ENERGIA DECRECIENTE	Barra de Desembocadura Caño (Canal distribuidor) Bahía o Laguna Anteplaya Abanico de Rotura Frente Deltaico		Delta de Marea Ensenada de Marea Bahía o Laguna Anteplaya Marino Próximo- costero	Delta de Marea Ensenada de Marea Orilla Posarrecife Arrecife Ante-arrecife Marino Somero
	C ← AUMENTAN LOS CLASTICOS TERRIGENOS	Frente Deltaico Prodelta Marino Costafuera Marino Profundo <i>Como Marino profundo</i>		Marino Costafuera Marino Profundo <i>Como Marino Pro-                  fundo</i>

Clasificación de los ambientes deposicionales

Figura 1. Clasificación de los ambientes deposicionales.

6 La combinación de los ambientes sedimentarios y las facies con las cuales (figura 2) están relacionados origina la siguiente clasificación de las principales facies ambientales. Las facies de almacenamiento potenciales se ilustran en negrillas.

		I CLÁSTICOS DELTAICOS (DELTAICOS ALUVIALES)		II CLÁSTICOS INTERDELTAICOS	III CARBONATOS Y EVAPORITAS*
		VALLE ALUVIAL	LLANURA DELTAICA		
A	AUMENTA LA PROFUNDIDAD DEL AGUA ↓	Arenisca y conglomerado de corriente entrelazada	Arenisca y conglomero de corriente entrelazada		
		Limo y arcilita de llanura de inundación	Arcilita de llanura de inundación		
		Arcilita de pospantano	Arcilita de pospantano		
		Arenisca y conglomerado de espón aluvial	Arenisca y conglomerado de espón aluvial		
		Limo y arcilita de dique natural	Arcilita de dique natural		
		Arcilita de marisma	Arcilita de marisma		
		Arcilita lacustrina	Arcilita lacustrina		
		Arenisca y conglomerado de cono aluvial	Arenisca de duna	Arenisca de duna	Caliza (oolítica, esquelética o peletóide); los componentes tienen el tamaño de los granos de las dunas de arena.
B	↓	Limo y arcilita de relleno de canal	Arenisca de playa	Arenisca de playa	Caliza de playa (calcarenita)
			Arcilita de llanura de marea	Arcilita de llanura de marea	Depósitos de llanura de marea
			Arenisca del relleno del canal distribuidor	Arenisca y conglomerado del canal de marea	Depósitos de canal de marea
		FRETE DELTAICO			
		Arenisca de barra de desembocadura	} Arenisca de barra digitiforme	Arenisca del delta de marea	Depósitos del delta de marea
		Arenisca del relleno del canal distribuidor		Arenisca de la ensenada de marea	Depósitos de la Ensenada de mares
		Arcilita de bahía o de laguna		Arcilita de bahía o de laguna	Depósitos de la orilla
		Arenisca de anteplaya		Arenisca de anteplaya	Depósitos de posarrecife
		Arenisca de abanico de rotura		Arcilita marina proximocóster	Depósitos de arrecife
		Arenisca, limolita y arcilita del frente deltaico, sin diferenciar			Depósitos de antearrecife
			Depósitos de aguas marinas someras		
C	← AUMENTAN LOS CLÁSTICOS TERRIGENOS	Limolita y arcilita del frente deltaico	Arenisca de agua profunda	Arenisca de agua profunda	
		Arcilita del prodelta	Arenisca de agua profunda	Arcilita marina-costafuera	
		Arcilita marina-costafuera		Arcilita marina-profunda	
		Arcilita marina-profunda			

\*La mayoría de estas facies carbonáticas son depósitos potenciales si han sido favorablemente alteradas por diagénesis.

Figura 2. Clasificación de las facies ambientales.

Los clásticos terrígenos son generalmente transportados a la cuenca deposicional por los ríos a través de sus sistemas deltaicos. Los diferentes ambientes deltaicos son los lugares donde la mayor parte de la carga de la corriente es finalmente depositada para su preservación en la columna geológica. En consecuencia, la sedimentación deltaica es fundamental en los procesos de relleno de las cuencas con sedimentos clásticos y, más específicamente, con prolíficas rocas clásticas de almacenamiento.

La clasificación (figura 3) siguiente relaciona los ambientes deltaicos específicos con las divisiones generales de los ambientes deltaicos. Al mismo tiempo se indican las facies típicas asociadas con estos ambientes.

		AMBIENTES GENERALES				
AMBIENTES ESPECIFICOS		LLANURA DELTAICA	FRENTE DELTAICO	PRODELTA	MARINO COSTAFUERA	
PLAYA DEL COMPLEJO DE LA ISLA DE BARRERA *		DIQUE NATURAL	ARCILLA Y LIMO, LAMINADOS, ARENA EN MENOR CUANTIA			
		MARISMA	ARCILLA RICA EN MATERIA ORGANICA LIMO EN MENOR CUANTIA			
		POSPANTANO	ARCILLA RICA EN MATERIA ORGANICA LIMO EN MENOR CUANTIA			
		CANAL EN LA CURVA DEL MEANDRO	ARCILLA Y LIMO RICOS EN MATERIA ORGANICA ARENA EN MENOR CUANTIA			
		ESPOLON ALUVIAL	ARENISCA Y GRAVA CON ESTRATIFICACION CRUZADA *			
		LAGO	LIMO Y ARCILLA LAMINADOS			
		LLANURA DE MAREA	ARCILLA LAMINADA, LIMO, Y ARENA EN MENOR CUANTIA			
		PLAYA	ARENA LIMPIA LAMINADA *			
		DUNA	ARENA LIMPIA CON ESTRATIFICACION CRUZADA *			
		CANAL DISTRIBUIDOR (CAÑO) "RECTO"	ARENA, LIMO Y ARCILLA, LAMINADOS A CON ESTRATIFICACION CRUZADA *			
		BARRA DE DESEMBOCADURA O "CONO"		GRAVA, ARENA, LIMO Y ARCILLA LAMINADOS Y CON ESTRATIFICACION CRUZADA *		
		BAHIA O LAGUNA		ARCILLA LAMINADA U HORADADA, LIMO Y ARENA EN MENOR CANTIDAD		
		ANTEPLAYA		ARENA, LIMO Y ARCILLA, LAMINADOS Y HORADADOS *		
		ROTURA		LIMO Y ARENA CON ESTRATIFICACION CRUZADA *		
		FRENTE DELTAICO SIN DIFERENCIAR		ARCILLA, LIMO Y ARENA, LAMINADOS Y CON ESTRATIFICACION CRUZADA		
	PRODELTA SIN DIFERENCIAR			ARCILLA LAMINADA Y CALIZAS ARCILLOSAS DELGADAS		
	FLUJO DE TURBIDITA			LIMOS, ARENAS Y GRAVAS LAMINADAS *	LIMOS Y ARENAS LAMINADOS *	
	MARINO COSTAFUERA				ARCILLA LAMINADA Y CALIZAS ARCILLOSAS DELGADAS	

Figura 3. Clasificación de facies ambientales deltaicos.

Los yacimientos en sedimentos clásticos aluviales-deltaicos producen la mayor parte de los hidrocarburos del mundo (ver la tabla I.). Venezuela no parece ser la excepción ya que el análisis de facies ambientales efectuado en muestras de núcleos y de afloramientos indica que la mayor parte de la producción del Este como del Oeste de Venezuela proviene de facies deltaicas y de depósitos estrechamente relacionados. Los resultados de los análisis de facies han indicado, que los prolíficos yacimientos miocenos del Lago de Maracaibo, como p. ej. aquellos en las áreas de LL3 y LL5, son gruesas secuencias deltaicas y secuencias asociadas con estos depósitos. Los yacimientos LL3 y LL5 están presentes en un intervalo de varios centenares de pies y ocurren principalmente en el Miembro Lagunillas Inferior de la Formación Lagunillas y en La Rosa. Estos depósitos consisten de una compleja sección de arcilitas, limolitas y de areniscas discontinuas superpuestas que descansan sobre una discordancia que trunca las rocas Eocenas subyacentes.

**EJEMPLOS DE CAMPOS DE PETROLEO Y GAS CUYA PRODUCCION PROVIENE DE  
SEDIMENTOS ACUMULADOS EN AMBIENTES DE DEPOSICION CLASTICA**

**CAMPOS COSTAFUERA**

<u>Campo</u>	<u>Localización</u>	<u>Ambiente</u>	<u>Edad</u>
Leman Bank	Inglaterra- Mar del Norte	Eólico-Aluvial	Pérmico
Safaniya	Golfo Pérsico	Aluvial-Deltaico	Cretácico
Cuenca de Gippsland	Australia	Corriente (río) entrelazada Barra de meandro Playa	Cretácico Superior Terciario Inferior
Ensenada de Cook	Alaska	Aluvial	Pérmico
Bloque 73	Luisiana	Turbidita	Mioceno Superior

**CAMPOS EN TIERRA Y COSTANEROS**

<u>Campos del Grupo Wilcox</u> Sheridan Green Branch	Texas, Luisiana	Deltaico	Eoceno
<u>Golfo Pérsico</u> Burgan Zubair Rumaila	Kuwait Irak Irak	Aluvial-Deltaico	Cretácico
<u>Campos del Grupo Cherokee</u> Burbank	Oklahoma	Aluvial-Deltaico	Pensilvanico
<u>Campos de la Formación Frío</u> Kelsey Borregos	Texas	Barra de meandro	Mioceno
<u>Campos de la Serie Morrow</u> Area de Gas de Hansford	Texas-Oklahoma	Barra de meandro	Pensilvánico Inferior
Groningen	Holanda	Corriente entrelazada	Pérmico
Sarir	Libia	Corriente entrelazada	Cretácico
Quiriquire	Venezuela	Cono aluvial	Terciario
Elk City	Oklahoma	Cono aluvial	Pensilvánico
Campo Costanero Bolívar	Venezuela	Deltaico- Llanura de marea	Terciario
Laverne "Hoover"	Oklahoma	Llanura de marea	Pensilvanico
Ventura	California	Turbidita	Plioceno
Cazaux	Francia	Turbidita	Jurásico Superior, Cretácico Inferior
<u>Formación Weber</u> Rangely	Colorado	Eólico-Aluvial	Pensilvánico

Tabla I.

## YACIMIENTOS EN DEPOSITOS DEL MIOCENO-LAGO DE MARACAIBO

Aunque existe mucha complejidad y variación en los tipos de arenisca de la Cuenca Miocena del Lago de Maracaibo, la mayoría de los depósitos de almacenamiento de alguna importancia parecen ser bien 1) areniscas de espolón aluvial, 2) areniscas de barra de desembocadura o areniscas tabulares del frente deltaico, 3) areniscas del relleno del canal distribuidor, 4) areniscas de rotura, o 5) una variedad de depósitos de la playa-anteplaya. Cada una de estas facies de almacenamiento tiene ciertas características que deberían ser de interés para los geólogos que tienen que ver con la geología aplicada a la interpretación de las facies.

### **Areniscas de Espolón Aluvial (Barra de Meandro)**

Estos depósitos generalmente tienen una base socavada (scoured) plana, concordante con la estratigrafía local y pierden sección desde el tope. La porción más gruesa, más porosa y más permeable se encuentra en la zona inferior. Buenas técnicas de completación indican que esta zona inferior, de ser posible, debería siempre ser cañoneada. El espesor y extensión de los depósitos de espolón aluvial están en función de la corriente o de la descarga del distribuidor. Lógicamente, las corrientes de gran magnitud desarrollan depósitos extensos de espolón aluvial en comparación con los depósitos de poca importancia asociados con las corrientes muy pequeñas. La experiencia ha demostrado que los espolones aluviales de la llanura deltaica pueden variar en tamaño desde un espesor promedio, máximo, de 4,6 metros (15 pies) con un diámetro de curva de aproximadamente 530 metros hasta alcanzar espesores de 30-36 metros (100-120 pies) y un diámetro de curva de 5 a 8 kilómetros. Por supuesto, los depósitos de espolón aluvial no ocurren como curvas aisladas sino que más bien desarrollan complejos lineales de arena generalmente arrumbados perpendicularmente al rumbo deposicional. Estos arrumbamientos de arena pueden ser estrechos y se originan del simple cauce del meandro de una corriente o de un distribuidor, o pueden ser una faja más ancha y más compleja de arenas coalescentes que tiene un ancho hasta tres veces el largo del meandro y representa de esta manera una faja de meandros de múltiples cauces de la corriente.

En la Cuenca Miocena del Lago de Maracaibo, los sistemas de espolones aluviales más pequeños (caños distribuidores pequeños), como una función de la morfología del delta, probablemente están dirigidos perpendicularmente al rumbo deposicional local, mientras que los sistemas de espolones mayores y sus fajas de meandros probablemente estarían alineadas en una dirección perpendicular al rumbo regional.

### **Areniscas de la Barra de Desembocadura y Areniscas Tabulares del Frente Deltaico**

La magnitud y dirección de las rocas de almacenamiento (yacimientos) depositadas en el ambiente de barra de desembocadura varía muchísimo dependiendo de factores tales como profundidad del agua, magnitud de la corriente, persistencia de un distribuidor (caño) en mantener su curso, y en la energía de los procesos marinos. En consecuencia, actualmente no puede hacerse ninguna predicción cuantitativa acerca de la extensión de esta clase de cuerpos de arena por lo que cada uno debe ser analizado a partir del control de pozos existentes.

Los depósitos de barra de desembocadura gradan hacia abajo a los limos y arcillas subyacentes del frente deltaico o del prodelta y crecen hacia arriba hasta el nivel del mar. Por lo tanto, el espesor que estos depósitos pudieran tener depende fundamentalmente de la profundidad del agua (distancia entre el nivel del mar y la plataforma del delta constituida por arcilla del prodelta). Un caño que mantiene su curso y que está descargándose en aguas relativamente profundas (> 30 metros) puede depositar una cuña gruesa, larga y estrecha de arena denominada depósito de barra digitiforme que tiene una dirección perpendicular al rumbo deposicional local (morfología del delta).

Los caños que desembocan en mares someros construyen un depósito más ancho y más delgado pero que también tiende a estar dirigido perpendicularmente al rumbo local. A menudo en deltas de aguas llanas pueden existir muchos caños y las resultantes barras de desembocadura coalescen en un amplio frente arenoso a través de todo el delta, el que a medida que prograda deposita una arenisca tabular del frente deltaico cuya área es relativamente grande.

Los yacimientos de barra de desembocadura de cualquier tipo tienen la mejor porosidad, permeabilidad y la textura más gruesa en la parte superior. De ser posible, esta parte de dichas arenas debería ser cañoneada para obtener mejores completaciones en los pozos.

Los depósitos de barra de desembocadura y de espolón aluvial a menudo ocurren conjuntamente de una manera característica. Las areniscas de espolón aluvial de la llanura deltaica gradan a través de la subyacente barra de desembocadura del frente deltaico y bien cortan dentro o están ligeramente separadas de ella. Esta combinación, se ha encontrado en los depósitos clásticos de todas las edades del mundo entero y recibe el nombre de empalme deltaico cuando se observa en una secuencia vertical. Si los caños desarrollan meandros, los depósitos de espolón aluvial que siguen la desembocadura de la corriente a menudo reemplazan parcial o completamente la mayor parte de la arenisca de la barra de desembocadura,

ya que ambos están en competencia por ocupar el espacio. Si el frente deltaico se está hundiendo o si la barra de desembocadura se sumerge rápidamente dentro de los barros subyacentes del prodelta, existe una mejor oportunidad para que toda o la mayor parte de las facies de la barra de desembocadura se preserve por debajo de los depósitos de espolón aluvial que siguen a continuación. De cualquier manera es posible la existencia de varias combinaciones, a saber: los depósitos de barra de desembocadura pueden ser casi completamente removidos dejando sólo remanentes; los depósitos de espolón aluvial pueden cortar dentro y descansar solamente sobre la parte más baja o distal de la barra de desembocadura; o un depósito completo de barra de desembocadura puede ser preservado.

#### **Arenisca del Relleno del Canal Distribuidor**

Unas pocas areniscas del relleno del canal distribuidor fueron identificadas en el análisis. Estas pueden estar asociadas con depósitos de barra de desembocadura o de barra digitiforme en cuyo caso llegan a formar parte de todo el cuerpo arenoso. También pueden ocurrir como depósitos aislados en la llanura deltaica, donde se presentan como areniscas de almacenamiento largas, estrechas y a menudo gruesas que tienen una dirección perpendicular al rumbo deposicional local. Por supuesto que su tamaño es una función directa de la descarga del distribuidor, pero ejemplos comunes varían de 9 a 30 metros (30 a 100 pies) de espesor y pueden ocurrir en alineaciones de varios kilómetros de largo y de 30 a más de 450 metros (100 a 150 pies) de ancho.

#### **Areniscas de Rotura**

A medida que los distribuidores (caños) construyen lóbulos deltaicos individuales y desarrollan sistema de diques, se forman áreas de bahía entredistribuidores detrás de la desembocadura de los distribuidores activos. A medida que los lóbulos del delta progradan, se desarrollan condiciones hidráulicas ineficientes hasta que en el período de inundación los distribuidores irrumpen en las bahías adyacentes y depositan areniscas de rotura. Este es uno de los más importantes entre los procesos involucrados con la progradación de la masa deltaica completa.

Los depósitos de rotura exhiben muchos rasgos que son comunes tanto a las areniscas de espolón aluvial como a las de barra de desembocadura; el espesor es una función de la profundidad del agua en las bahías y en cuanto al área depende del suministro de sedimento y de la persistencia en su formación. Algunas veces, una rotura capturará la descarga completa del distribuidor de modo que comienza un nuevo lóbulo del delta y una barra de desembocadura se construye rápidamente a través de la bahía y comienza a desarrollarse en agua relativamente más profunda. Las areniscas de rotura de la Cuenca de Maracaibo generalmente alcanzan menos de 4,6 metros (15 pies) de espesor y probablemente tienen una forma semi-ovalada de poca extensión (10 kilómetros cuadrados).

#### **Depósitos de Playa-Anteplaya**

Algunos depósitos de playa-anteplaya ocurren en el Mioceno del Lago de Maracaibo. Se les ha identificado como colinas playeras unidas con las barras de desembocadura o como depósitos asociados con ambientes deltaicos o interdeltaicos abandonados. Complejos simples, aislados, de playa-anteplaya forman yacimientos alargados, estrechos de excelente porosidad y permeabilidad. Estos depósitos generalmente tienen entre 9 y 12 metros (30-40 pies) de espesor con su parte inferior interdigitada con arcillas marinas de costafuera o arcillas del prodelta del frente deltaico. Si persisten condiciones favorables, los ambientes de playa-anteplaya pueden progradar a lo largo de un amplio frente que da origen a una arenisca tabular extendida. Sin embargo, en el Mioceno del Lago de Maracaibo, estos sedimentos probablemente son depósitos simples, relativamente largos y estrechos que posiblemente varían de 1,5 a 24 (o más) kilómetros de largo y entre 900 metros a 5 kilómetros de ancho. Si estos depósitos de playa-anteplaya están asociados con lóbulos deltaicos abandonados (o son parte de un sistema activo de barra de desembocadura) tendrán una dirección paralela al rumbo deposicional local, a lo largo del margen exterior del delta. Si se les identifica como de origen interdeltaico; pueden entonces ser muy largos y estar alineados paralelamente al rumbo deposicional regional (orientación promedio de la costa).

### **Historia Deposicional**

Después del truncamiento de las rocas eocenas en la Cuenca de Maracaibo, un mar de poca profundidad traspasó sobre la discordancia depositando una unidad basal de facies interdeltaicas marinas próximo-costeras que estuvo asociada con la línea de playa que avanzaba (parte inferior de la Formación La Rosa). Durante esta transgresión, cantidades importantes de clásticos terrígenos fueron traídas a los deltas por las corrientes y fueron depositadas en una variedad de ambientes deltaicos. En varios pozos donde se tomaron muestras de núcleo, se identificaron facies ambientales deltaicas muy próximas o casi directamente sobre la discordancia. La sedimentación deltaica llegó a ser cada vez más importante y eventualmente el proceso dominante durante la deposición de los Miembros Lagunillas Inferior y Laguna Inferior. Los depósitos de La Rosa, Lagunillas y Laguna muestran un patrón progradacional ordinario en el cual la mayoría de las facies marina costafuera e interdeltaicas ocurren en los depósitos más viejos por encima de los cuales se encuentran tipos deltaicos e interdeltaicos mezclados. Estos son seguidos y cubiertos por depósitos deltaicos

en su mayoría. Facies de la llanura deltaica predominan en la parte superior del Miembro Lagunillas Inferior. Depósitos de valle aluvial y de llanura costera aluvial probablemente están presentes en el Miembro Laguna.

La mayoría de los depósitos objeto de análisis representan una mezcla compleja de llanura deltaica, frente deltaico activo y facies abandonadas del ambiente del frente deltaico. Estos sedimentos deltaicos fueron depositados más a menudo en aguas relativamente poco profundas, de menos de 30 metros (100 pies) de profundidad, donde hubo cambios rápidos en la sedimentación deltaica activa y abandono de los lóbulos deltaicos. Los depósitos de rotura constituyen una parte importante en la historia deposicional y las barras de desembocadura se extienden lateralmente y a menudo coalescen en depósitos tabulares del frente deltaico. Los procesos marinos no fueron aparentemente demasiado potentes y hubo una gran cantidad de material clástico que estaba siendo introducido por medio de uno o más sistemas de deltas mayores. Las ilustraciones 5, 6, y 7, muestran la sedimentación deltaica en bahías someras frente a la costa este de México, y, en general, indican como deben haber sido las condiciones en cualquier momento durante la deposición de la mayor parte del Miembro Lagunillas Inferior. Note la asociación estrecha entre los depósitos de playa deltaica, rotura, barra de desembocadura y espolón aluvial.



Figura 5. Depósitos deltaicos acumulandose en agua llana sobre la costa este de México.

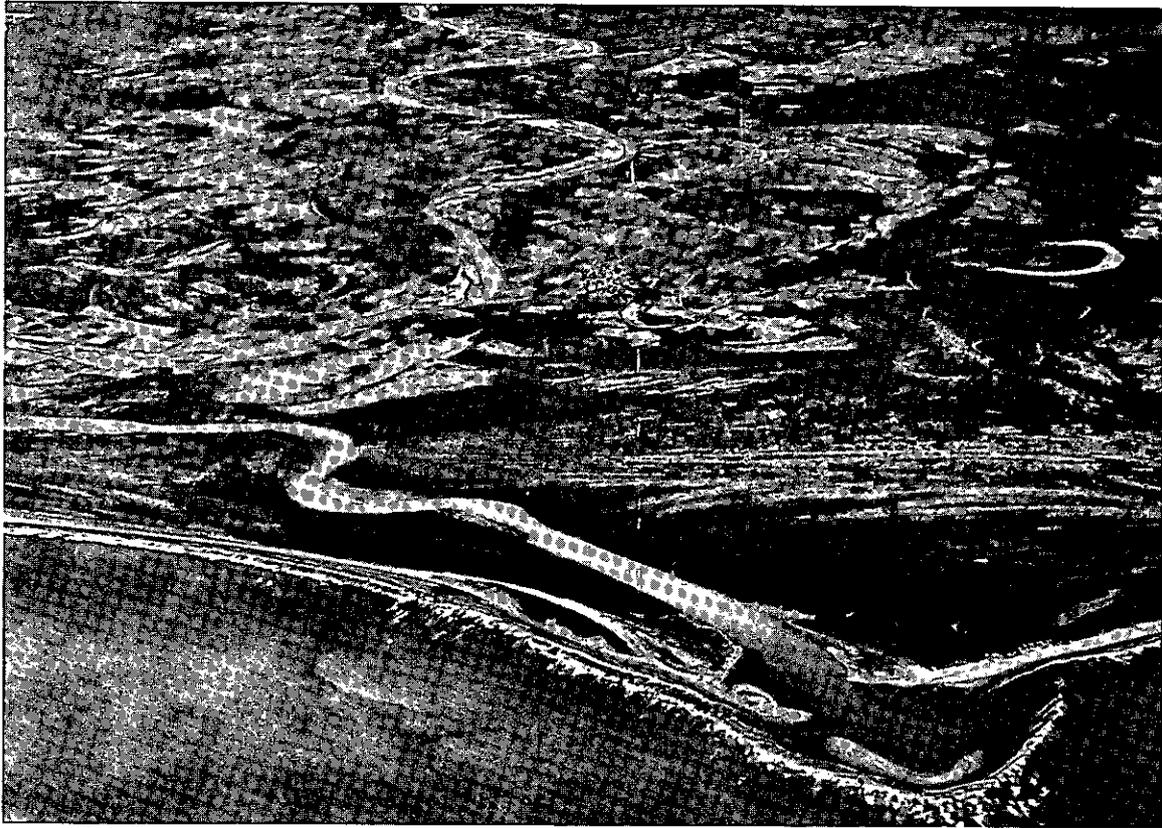


Figura 6:



Figura 7.

## PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DE LAS FACIES AMBIENTALES

Cuando hay control suficiente y existe interés en la exploración, un análisis completo de las facies ambientales consiste de cuatro etapas distintas. Se comienza con los puntos donde existe información individual y se concluye con la interpretación regional final. En vista de que los ejercicios de este manual han sido seleccionados fundamentalmente para su utilización por ingenieros y geólogos de yacimiento, los participantes estarán principalmente involucrados con las actividades una y dos. En los proyectos reales, mejores resultados se obtendrían mediante el pase a la etapa 3 donde se establece un marco de referencia tridimensional y se dibujan mapas isolitos de los yacimientos más importantes. Este es el tipo de interpretación que se requiere en la descripción de yacimientos y en la exploración detallada-especialmente en la búsqueda de trampas-estratigráficas. A fin de lograr este objetivo, todo el control disponible debe utilizarse poniendo mucha confianza en las implicaciones de facies ambientales que sugieren las curvas de los registros eléctricos.

Brevemente las cuatro etapas del procedimiento son:

- Etapas 1. Secuencia Vertical de las Facies Ambientales** – Con las muestras de núcleo existentes haga un perfil de la secuencia vertical de las facies y efectúe una interpretación de los ambientes que se determinan. Este procedimiento requiere la preparación de un registro gráfico para cada núcleo que se haya examinado.
- Describa las facies
  - Interprete los procesos
  - Reconstruya los ambientes
- Etapas 2. Relación Lateral de las Facies Ambientales** – Con el control disponible determine la extensión lateral de las facies ambientales mediante la preparación de secciones cuidadosamente correlacionadas.
- Establezca correlaciones locales
  - Use núcleos adicionales
  - Use las características del registro eléctrico.
  - Use muestras de canal
  - Construya secciones stratigráficas relacionando las facies ambientales.
- Etapas 3. Marco de Referencia Tridimensional, Local, de las Facies Ambientales.**  
Desarrolle el marco de referencia tridimensional de las facies ambientales, en áreas con estudios detallados y estrecho control, mediante la preparación de secciones entrelazadas y mapas apropiados de las facies ambientales críticas. El tamaño del cuerpo de arena, la forma, calidad y la dirección deberían ser mostradas y el comportamiento potencial de los yacimientos indicarse.
- Establezca correlaciones locales
  - Use núcleos adicionales, registros eléctricos y muestras de canal
  - Construya secciones stratigráficas entrelazadas.
  - Use todo el control local disponible para identificar y dibujar en un mapa las facies ambientales críticas.
- Determine el tamaño potencial, la forma, calidad, dirección y localización de los yacimientos.
- Etapas 4. Interpretación Regional y Análisis de Tendencia.** Expanda la interpretación local a una escala regional y efectúe un análisis de tendencia de las arenas productoras del yacimiento.
- Construya secciones regionales que incluyan áreas con estudios a fondo y que relacionen las facies ambientales; utilice los datos sísmicos, gravimétricos y magnéticos de que se disponga.
  - Establezca el programa de mayor utilidad para el levantamiento de mapas regionales
  - Determine el origen del material del yacimiento.
  - Indique las tendencias de las facies ambientales más significativas.
  - Construya mapas paleogeográficos e interprete la historia geológica.
  - Extienda las facies ambientales significativas a las áreas que tienen poco o ningún control, relacionando las facies con los datos sismo-estratigráficos.
- Localice áreas potenciales para el desarrollo de yacimientos.

La inspección y el análisis de muestras de núcleo cortadas en lonjas o tajadas suministrarán experiencia práctica en las técnicas de la Etapa 1. Se describen las facies, se reconstruyen los procesos, y se determina la secuencia vertical de las facies ambientales. Una vez que la secuencia vertical ha sido analizada, los resultados se combinan con las curvas del registro eléctrico y las facies ambientales se relacionan en las Etapas 2 y 3 del procedimiento. Se construyen las secciones y toda la información disponible se usa a fin de relacionar lateralmente los depósitos del yacimiento y para interpretar el marco referencial de facies en tres dimensiones, lo que permitirá la construcción de mapas isolitos del yacimiento.

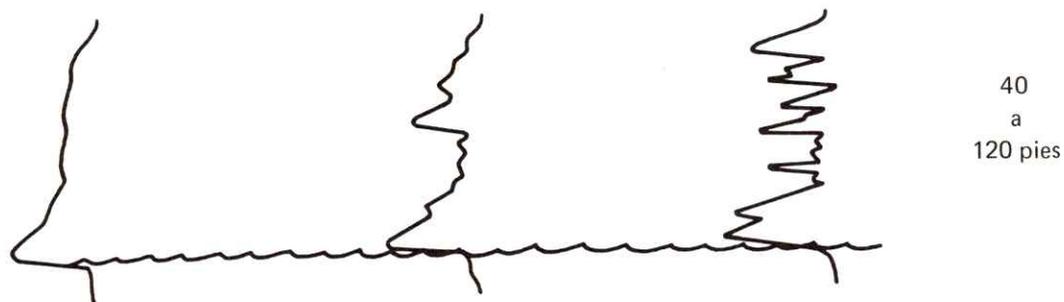
**Patrones de Facies en el Registro Eléctrico**

Por el hecho de que las muestras de núcleo no son comunes en la gran mayoría de los campos petroleros, es necesario utilizar, en las Etapas 2 y 3, la información de facies contenida en los registros eléctricos. Los registros de Rayos Gamma y de Potencial Espontáneo generalmente reflejan la cantidad relativa de arcillita y limolita en una arenisca. En vista de que las cantidades relativas de estos clásticos generalmente son una función de la energía ambiental (por lo tanto del ambiente), es lógico pensar que el cambio relativo (patrón) en estos registros proporciona un indicio de las facies ambientales de los depósitos del yacimiento. Los registros también pueden indicar contactos abruptos o gradacionales de las capas, la naturaleza de los cuales es también un indicador de las facies ambientales. Mediante la utilización combinada de patrones de registros con la información de los núcleos, el geólogo o el ingeniero pueden usar todo el control de pozos disponible para hacer sus interpretaciones.

A continuación se muestran algunos modelos generalizados de registro con facies clásticas específicas (figuras 8, 9, y 10).



Figura 8. Facies tipos deducidos de registros electricos (SP o Gamma).



RELLENO DEL CANAL DISTRIBUIDOR

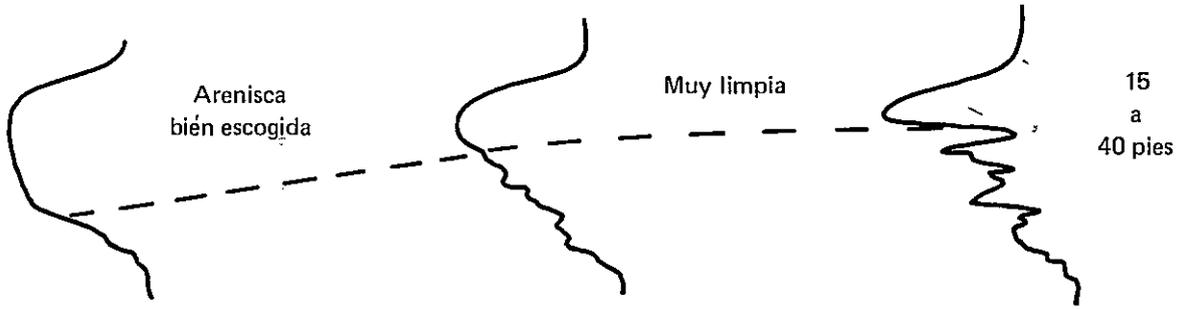


DEPOSITO DE LA BARRA DIGITIFORME



EMPALMES DELTAICOS

Figura 9. Facies tipos deducidos de registros electricos (SP o Gamma).



PLAYA – MARINO PROXIMOCOSTERO

Figura 10. Facies tipos deducidos de registros electricos (SP o Gamma).

Construccion De La Seccion

Para indicar las relaciones con mayor claridad debe de existir un acuerdo respecto a la correspondencia entre líneas de sección y de facies. Se sugieren las indicaciones siguientes: (figuras 11, 12, y 13).

Tipo A \_\_\_\_\_ línea simple = superficie, o límite, de tiempo equivalente aproximado.

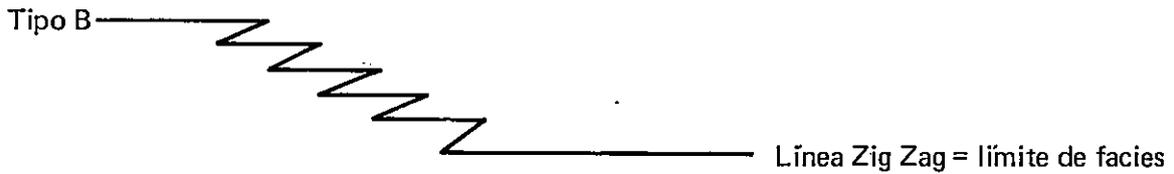
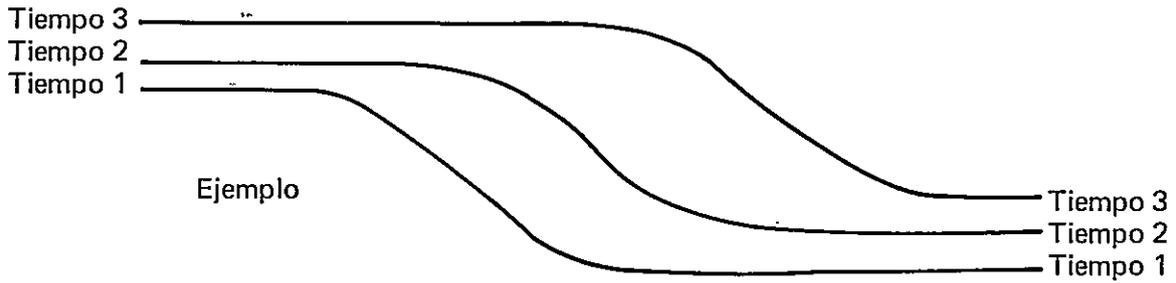


Figura 11. Secciones gráficos.



TIPO C  Línea ondulada = Superficie socavada o erosionada

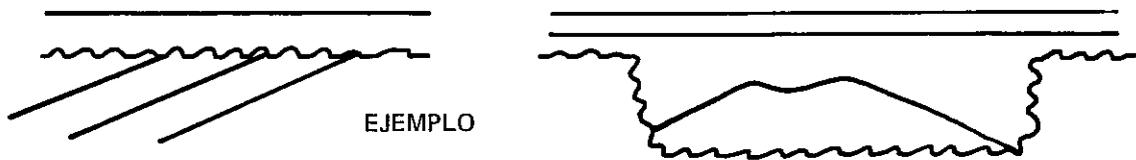


Figura 12. Secciones graficos.

El ejemplo siguiente muestra los patrones del registro eléctrico de tres pozos del yacimiento LL3 que están alineados y relativamente próximos. El ejemplo indica el método sugerido para dibujar la relación lateral de facies que se ha interpretado.

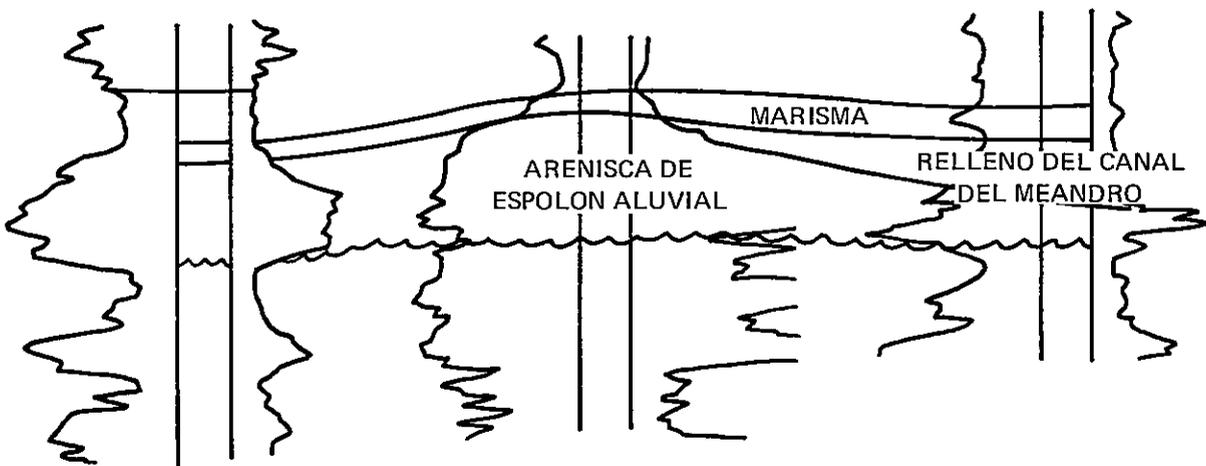


Figura 13. Ejemplo gráfico de la relacion lateral de facies ambientales.

Después que el estudiante ha examinado, perfilado y analizado las tajadas de núcleo, el ejercicio principal consistirá en relacionar las facies de Lagunillas Inferior en dos secciones. Estas secciones son del área LL3 y se cruzan con fuerte ángulo a fin de dar al estudiante la oportunidad para estudiar las relaciones en tres dimensiones. A continuación los participantes correlacionarían y dibujarían lateralmente las relaciones de facies entre el tope de Lagunillas Inferior y la discordancia del post-Eoceno. Luego dibujarían tantas líneas de tiempo equivalente, de límites de facies, y de superficies de socavación (frontamiento) como sean posibles.

Debe utilizarse la información de los patrones de perfiles y de los registros de facies que también aparecen en la sección. Estos registros fueron preparados en 1971 por personal de la EPRCO mientras hacían un estudio de facies del LL3.

El otro material proporcionado con esta guía debería no solamente ayudar al estudiante con los ejercicios sino también en los estudios futuros sobre facies. Este material adicional incluye:

1. Ejemplos de la estratificación típica y de las estructuras sedimentarias de los sedimentos clásticos.
2. Lista de las características de las rocas clásticas que deberían usarse total o parcialmente en la descripción de las facies clásticas.
3. Tabla mostrando la ocurrencia relativa de texturas típicas, estratificación y estructuras sedimentarias de las facies clásticas comunes.
4. Fotografías seleccionadas de núcleos de los sedimentos de Lagunillas Inferior en el área de LL3. Estas ilustran la apariencia de algunas de las facies en el área LL3 y pueden ser útiles en la preparación de los análisis de facies. También se incluyen histogramas que muestran la distribución de los tamaños del grano de algunas muestras. Tal información sobre la textura es muy útil en la elaboración de interpretaciones acerca de las facies ambientales.
5. Se suministran hojas de registro para ser utilizadas en la descripción de las tajadas, o secciones, de los núcleos y se sugieren símbolos para ser utilizados en estas hojas.

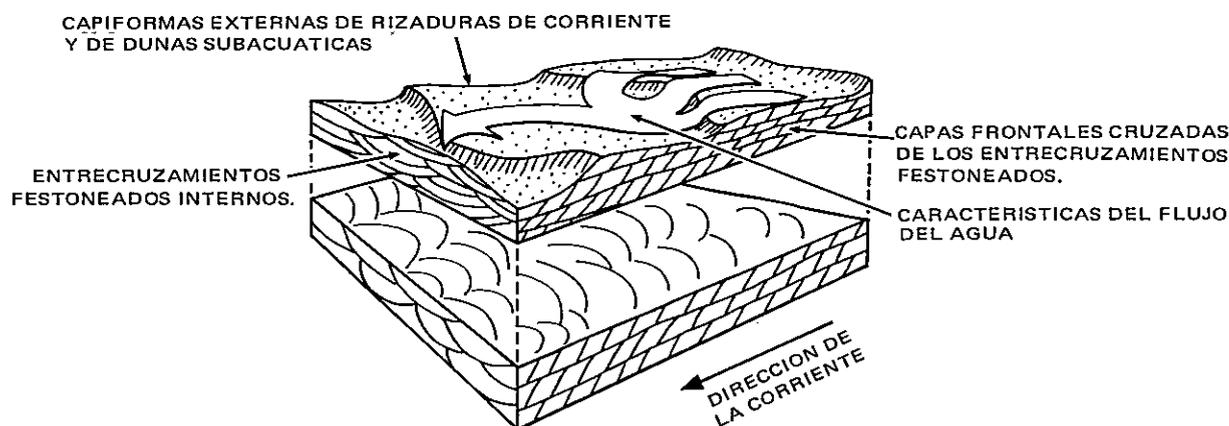
## LAS ESTRATIFICACIONES Y ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS COMUNES EN LOS SEDIMENTOS CLASTICOS

Una cuidadosa descripción de las facies es muy importante para interpretar correctamente los procesos y los ambientes deposicionales. El reconocimiento y la clasificación uniforme de los tipos de estratificación y de las estructuras sedimentarias contribuirá a un análisis de facies más consistente, y a una mejor comunicación entre los geólogos.

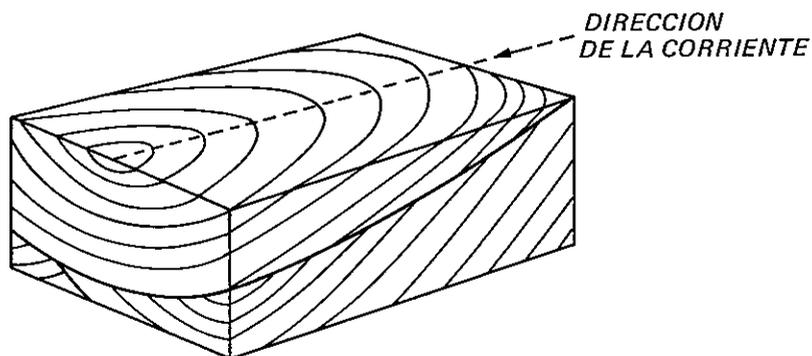
Aunque la literatura está llena de métodos complejos e intrincadamente concebidos para clasificar las formas estratificadas, la experiencia ha demostrado que un estudio simple de la estratificación cruzada es lo mejor para efectuar un análisis realista de las facies ambientales. Aparte de la estratificación asociada con dunas eólicas de gran amplitud, la mayor parte de la estratificación cruzada que se observa en las rocas antiguas es el resultado del flujo unidireccional de la corriente, o del movimiento oscilatorio de las olas.

El flujo unidireccional generalmente desarrolla "capiformas": rizaduras de corriente y dunas subacuáticas, que causan entrecruzamientos festoneados en pequeña y gran escala. Las amplitudes de 0,6 a 3,8 centímetros caracterizan las rizaduras de corriente y los entrecruzamientos festoneados en pequeña escala, mientras que las amplitudes de las dunas subacuáticas (ondas de arena) y de la estratificación cruzada en gran escala pueden variar desde 11,4 centímetros a varios metros.

Los diagramas ilustran las relaciones básicas entre la "capiforma" de la rizadura de corriente y la dunas, y la estratificación cruzada festoneada.



*Morfología interna y externa de las rizaduras y dunas*



*Vista en tres dimensiones de la estratificación cruzada festoneada*

## LAS FORMAS CARACTERISTICAS DE LA ESTRATIFICACION Y DE LAS ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

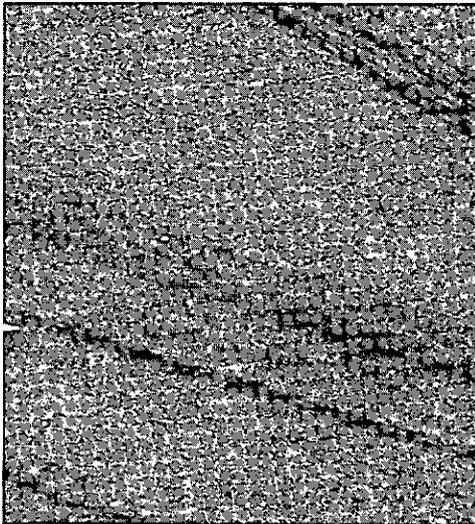
Varios ejemplos se muestran a continuación a fin de facilitar la identificación y la descripción uniforme de los tipos de estratificación clásica, y de las estructuras sedimentarias.



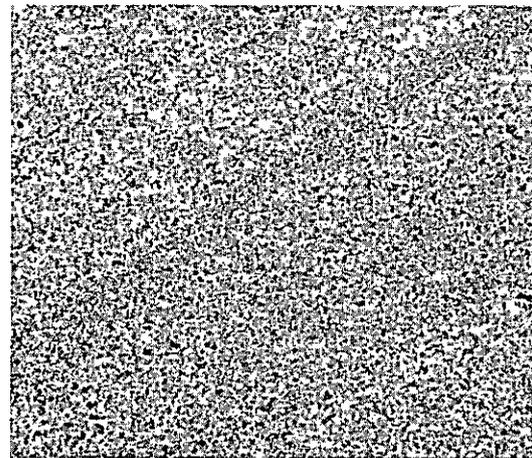
← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1



← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1



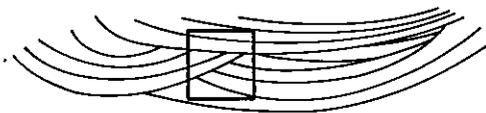
DIRECCION DE →  
LA CORRIENTE  
x1



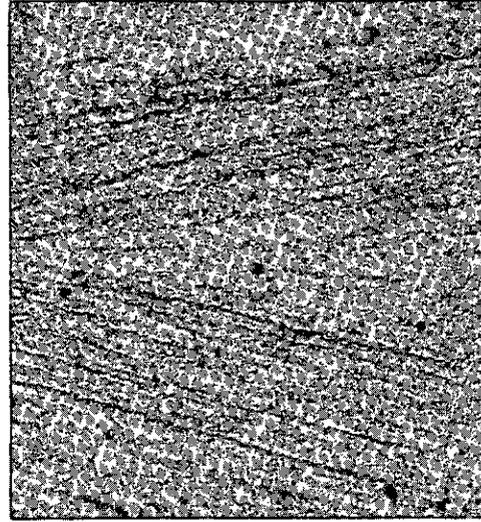
← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1

### Entrecruzamientos festoneados en gran escala.

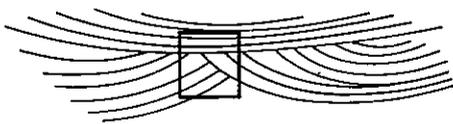
Este tipo de estratificación cruzada es consecuencia de las dunas subacuáticas en gran escala; los ejemplos están orientados paralelamente a la dirección de la corriente.



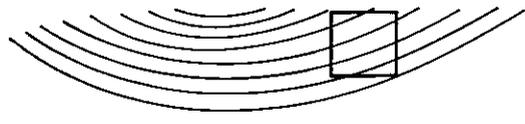
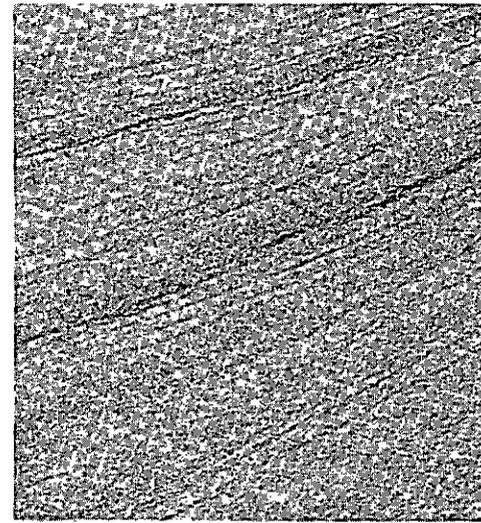
x1



x1

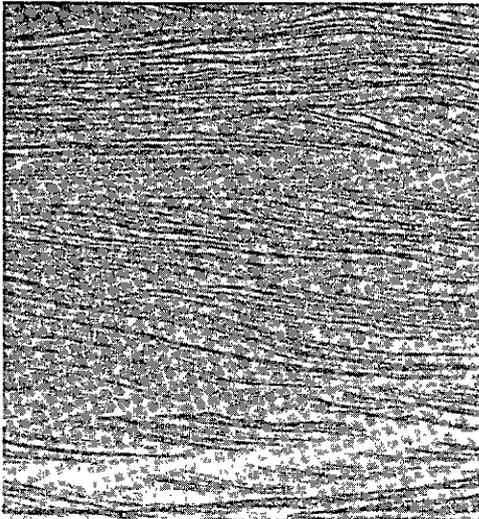


x1



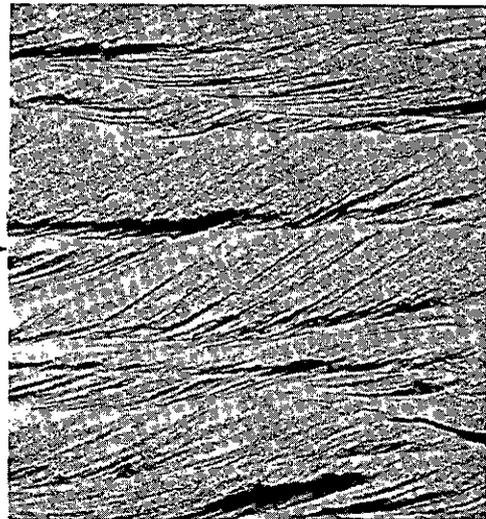
x1

**Entrecruzamientos festoneados en gran escala.**  
Tienen su origen en las dunas subacuáticas en gran escala; los ejemplos están orientados aproximadamente perpendiculares a la dirección de la corriente.



DIRECCION DE LA CORRIENTE →

*Ejemplo orientado aproximadamente paralelo a la dirección de la corriente, x1.*



ESTRATO MAS FINO →

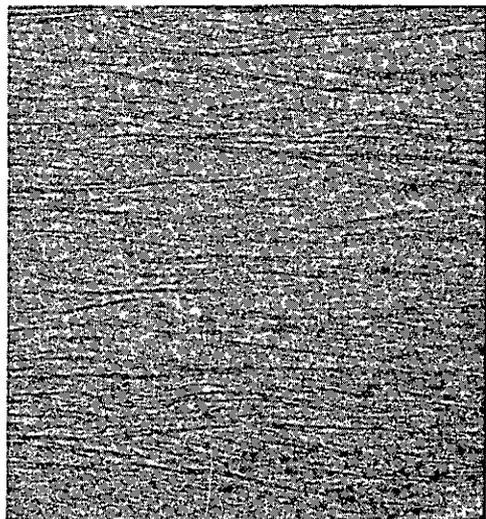
← DIRECCION DE LA CORRIENTE

*Ejemplo orientado paralelamente a la dirección de la corriente, x1.*



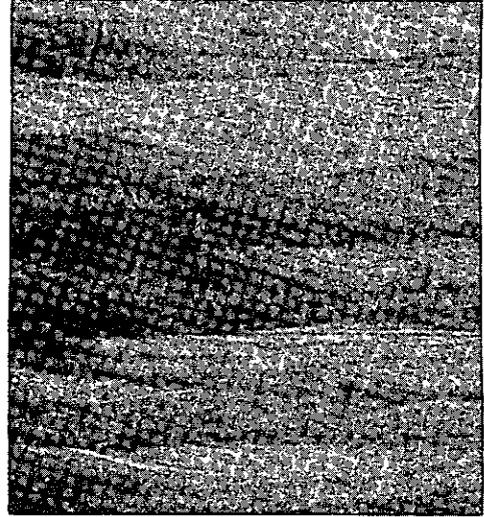
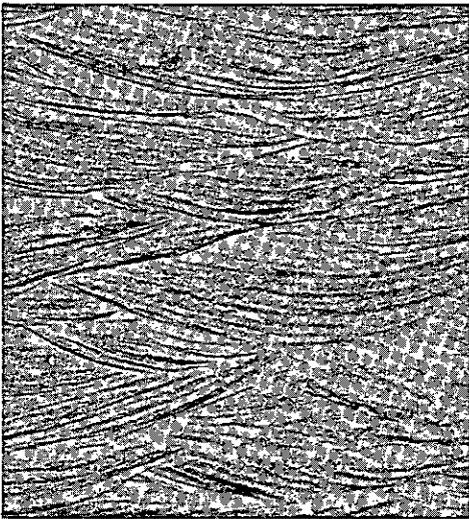
← DIRECCION DE LA CORRIENTE

*Ejemplo orientado aproximadamente paralelo a la dirección de la corriente, x1.*

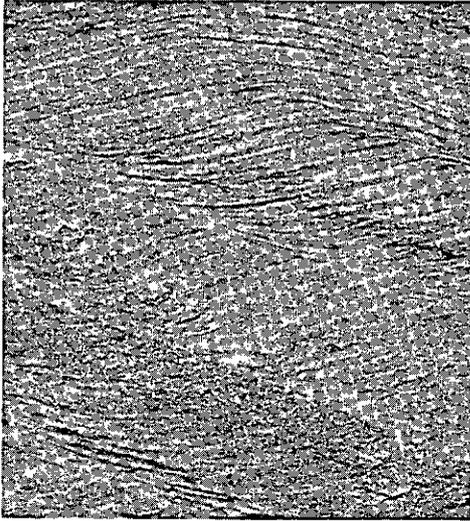


*Dirección cambiante de la corriente; debería designarse como estratificación irregular ondulada; x1.*

**Entrecruzamientos festoneados en pequeña escala.**  
Resultan de las "capiformas" rizaduras de corriente.

*x1**x1**x1**x1*

Entrecruzamientos festoneados en pequeña escala.  
Resultan de las "capiformas" rizaduras de corriente;  
los ejemplos están cortados perpendicularmente a la  
dirección de la corriente.



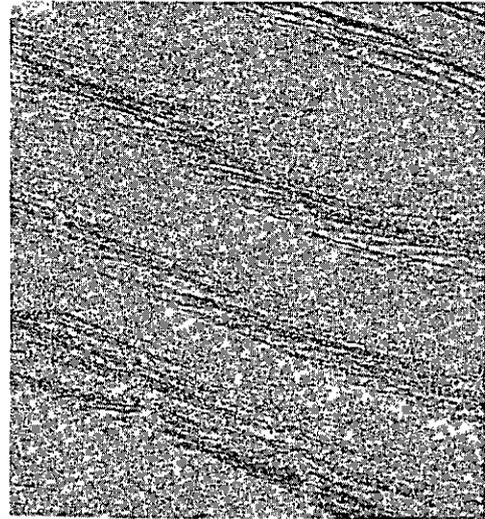
← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1



← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1

#### Rizaduras migratorias o ascendentes

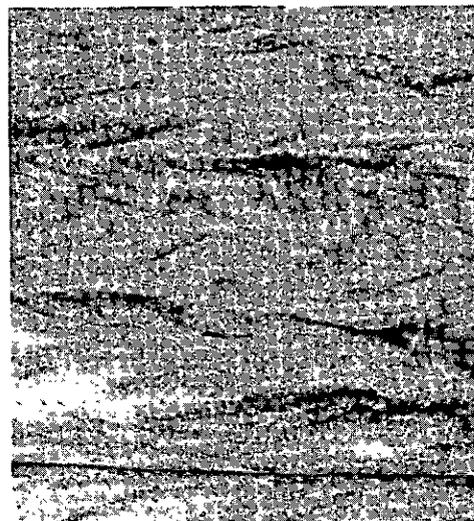
Resultan de la combinación de "capiformas" rizaduras de corriente en pequeña escala, con una sedimentación muy rápida. Cuando la velocidad decrece rápidamente y existe una carga en suspensión grande, el sedimento se deposita prontamente en conjuntos de rizaduras de corriente que ascienden sobre la parte posterior del conjunto precedente, el cual queda aguas abajo; las ilustraciones fueron preparadas en dirección paralela a la dirección de la corriente.



← DIRECCION DE  
LA CORRIENTE  
x1



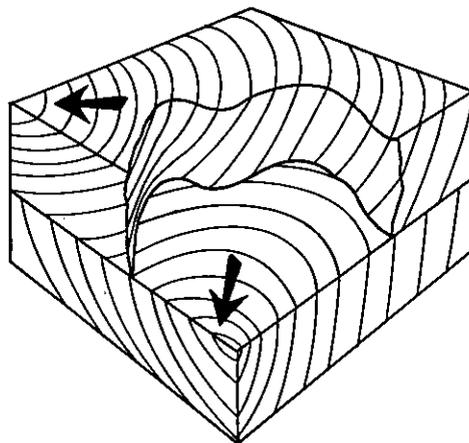
x1



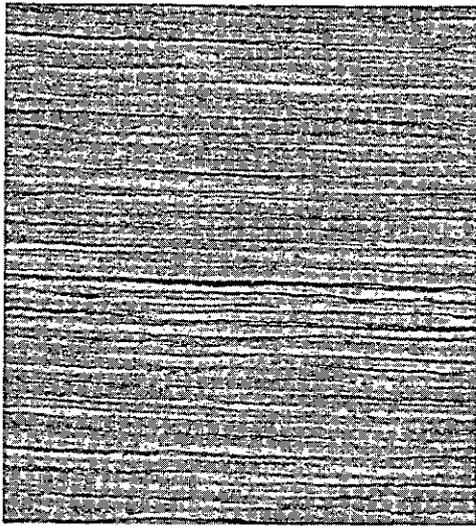
x1

**Entrecruzamientos en zigzag**—Las ilustraciones son aproximadamente paralelas a la dirección de la corriente.

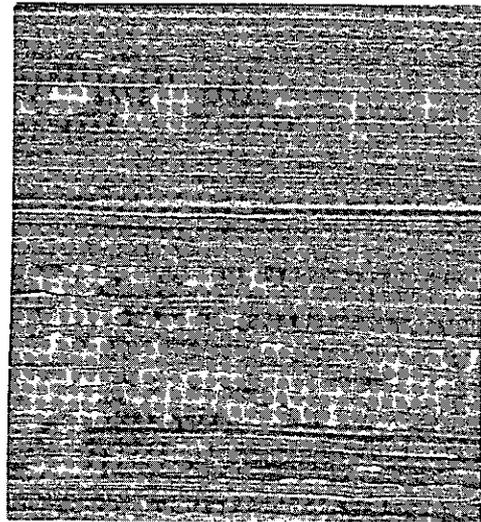
La estratificación cruzada en zigzag, con las capas frontales en direcciones opuestas, puede originarse a partir de las “capiformas” rizaduras de corriente de un flujo en dos direcciones. Un flujo en dos direcciones a menudo ocurre en los ambientes sedimentarios sujetos a la acción de las corrientes de marea. Un criterio importante para el reconocimiento de los depósitos de llanura de marea es la presencia de los verdaderos entrecruzamientos en zigzag. Pero debe tenerse cuidado con los falsos entrecruzamientos a fin de que no se interpreten como el resultado del flujo de corrientes opuestas. Si varios conjuntos de capas cruzadas son depositados por corrientes con direcciones que fluctúan en un arco que no excede  $30^\circ$ , estos conjuntos pueden ser cortados de tal manera que reflejen una falsa estratificación en zigzag; esto puede apreciarse en el diagrama siguiente.



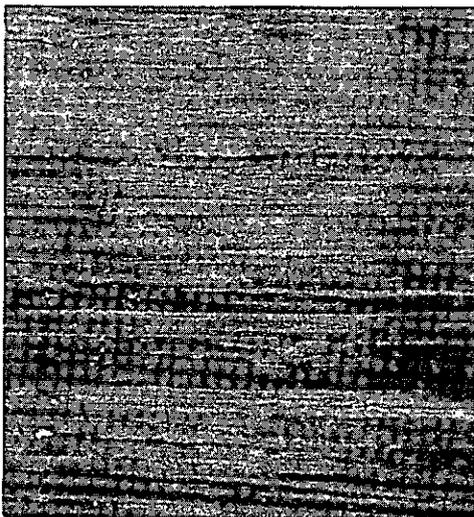
*Diagrama mostrando el desarrollo de la falsa estratificación cruzada en zigzag, la cual es generalmente producida por las corrientes unidireccionales.*



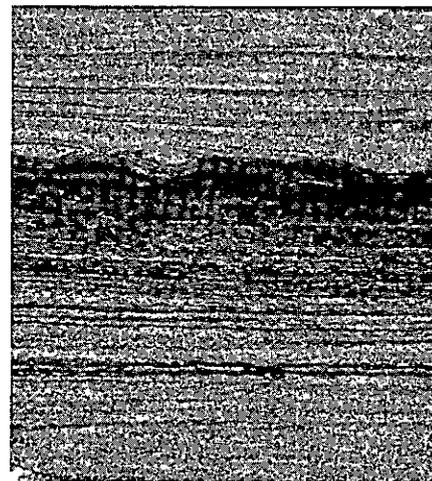
x1



x1

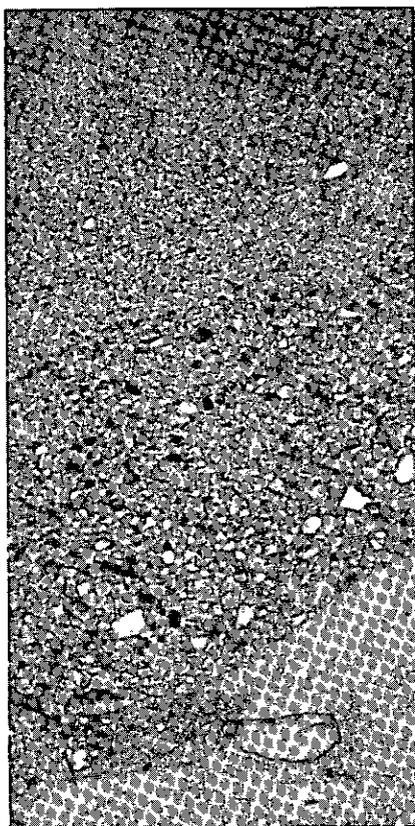


x1



x1

**Estratificación paralela horizontal uniforme —**  
Es el resultado de una “capiforma” plana..



*Estratificación gradada en una turbidita, x1.*

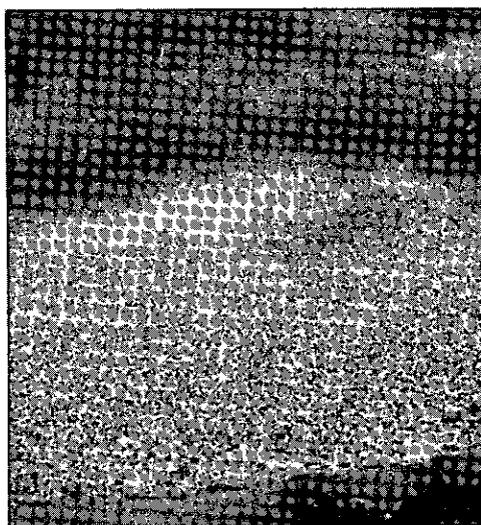
#### **Estratificación gradada**

La estratificación gradada se desarrolla principalmente cuando la velocidad del flujo disminuye rápidamente o se detiene, y existe una variación textural en la carga sedimentaria.

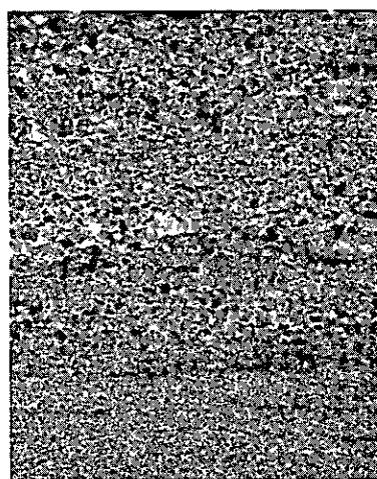
Cuando la velocidad se reduce, las partículas mayores se depositan primero y luego, sucesivamente, se acumulan partículas más pequeñas hasta que el limo y la arcilla cubren completamente la secuencia gradada.

La estratificación gradada puede resultar también del rápido asentamiento en el agua de un sedimento con variación en textura; las diferentes tasas de asentamiento causan la estratificación gradada.

La estratificación gradada es una característica diagnóstica importante de los depósitos de turbidita; sin embargo, capas delgadas gradadas pueden también ser depositadas en muchos otros ambientes.



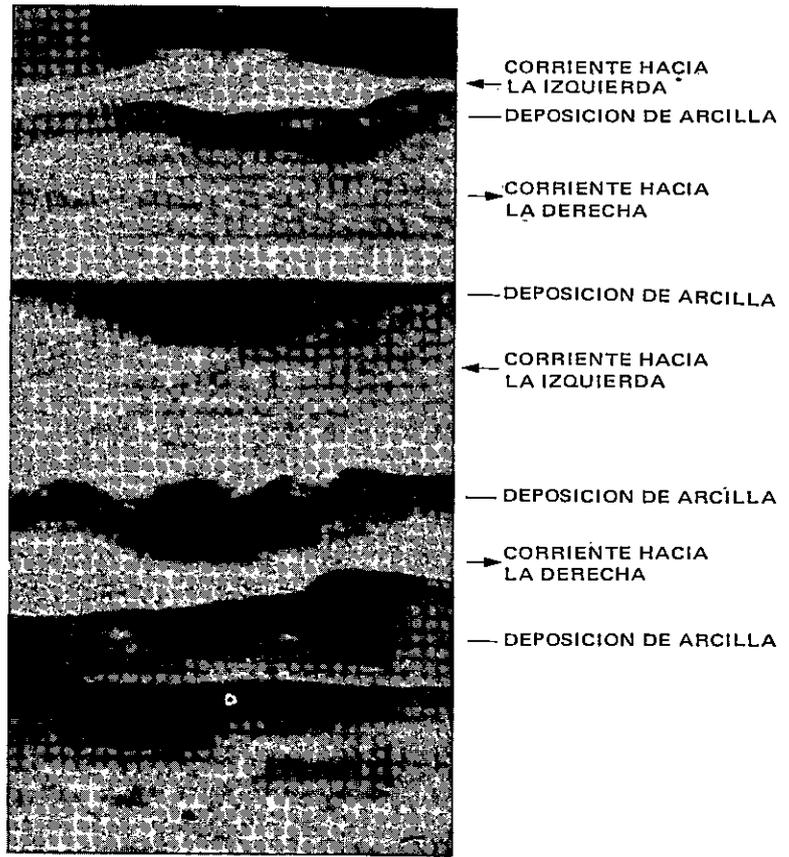
*Estratificación gradada resultante de la caída y asentamiento de ceniza volcánica, x1.*



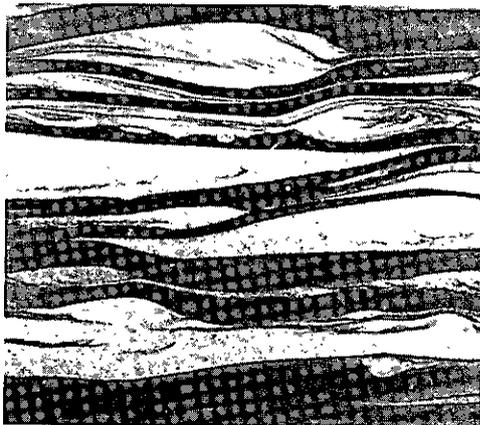
*Estratificación gradada (invertida) en un depósito de barra de desembocadura, x1.*

**Estratificación flaser (sedimentaria)**

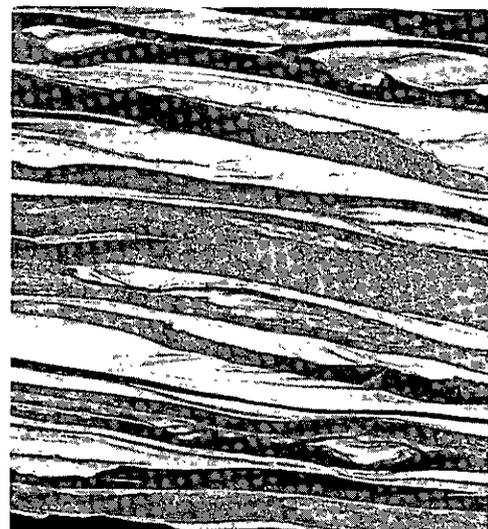
La estratificación flaser es un término puramente descriptivo y generalmente se refiere a zonas horizontales de limolita o arenisca con rizaduras de corriente, que alternan con capas horizontales de arcilita. En términos especializados, la estratificación flaser se refiere a un tipo único de arenisca y arcilita alternante que está asociado con los depósitos de llanura de marea. Las corrientes de marea entresacan, clasifican y mueven las partículas de arena dentro de una "capiforma" rizaduras de corriente. A medida que la velocidad de la marea decrece, la arcilla en suspensión se deposita sobre las rizaduras de arena y las entierra. Un verdadero depósito de llanura de marea se muestra a la derecha, en un núcleo cortado longitudinalmente.



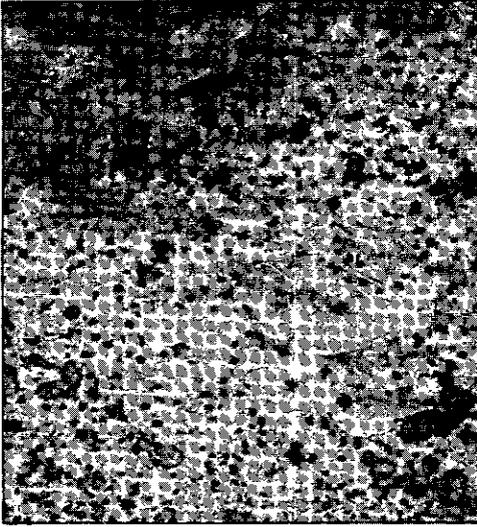
x1



x1



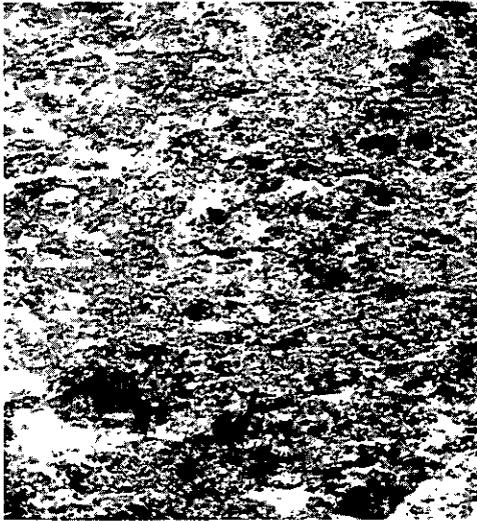
x1



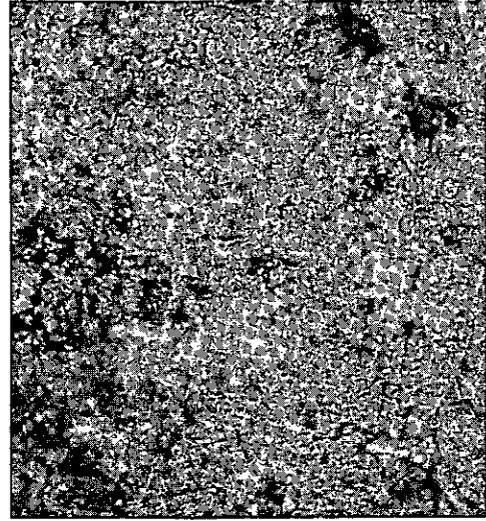
x1



x1



x1



x1

Arcilota moteada y arcilota limolítica—Una textura característica de la facies del pospantano—marisma.



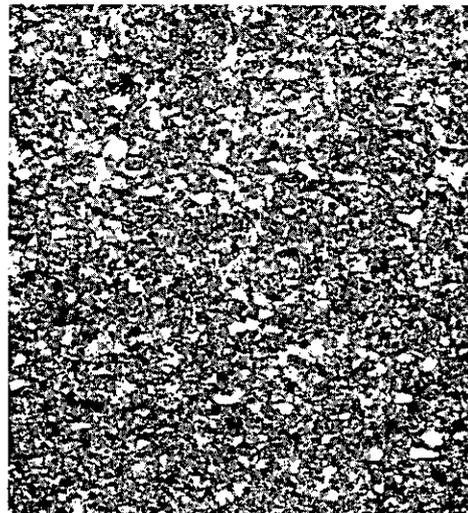
*Conglomerado de guijarros mezclados, x1.*



*Conglomerado compuesto principalmente por guijarros planos de arcilla, x1.*

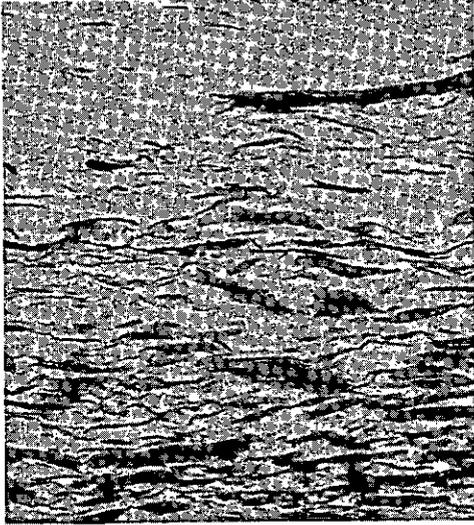


*Guijarros redondeados de arcilla en una matriz de arenisca fina, x1.*

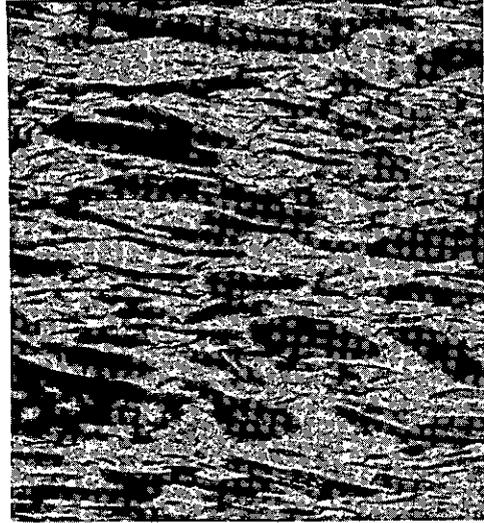


*Conglomerado compuesto por guijarros bien escogidos de cuarzo, x1.*

**Tipos de conglomerado**



*Estructura moniliforme y láminas desgarradas y rotas de arcilita, formando muchos fragmentos aplanados de arcilita en una matriz de arenisca, x1.*



*Fragmentos de arcilita formados por desgarraduras tensionales (estructura moniliforme), y láminas rotas de arcilita en una matriz de arenisca, x1.*

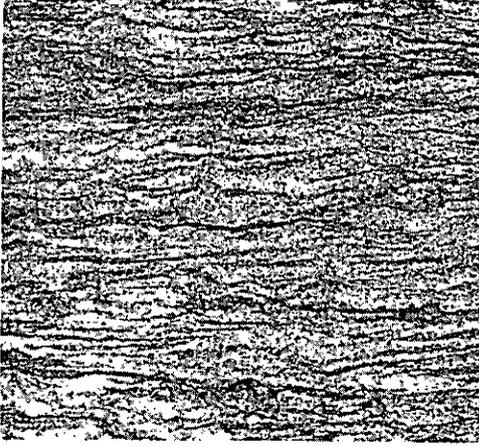


*Fragmentos grandes de arcilita en una matriz de arenisca muy desorganizada y mezclada, x1.*

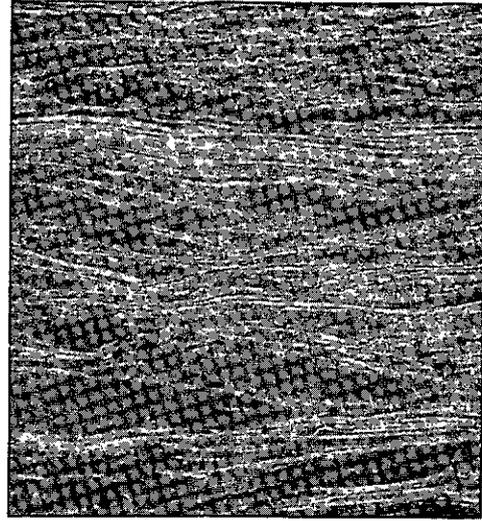


*Pedazo grande de arcilita en una matriz de arenisca, x1.*

**Tipos misceláneos de conglomerados de arcilita.**



*Estratificación horizontal, ondulada e irregular, x1.*



*Estratificación horizontal, ondulada e irregular, x1.*



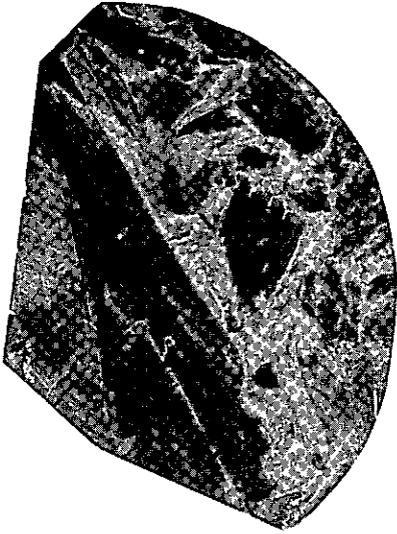
*Arenisca y arcilita intercalados, x0,75.*



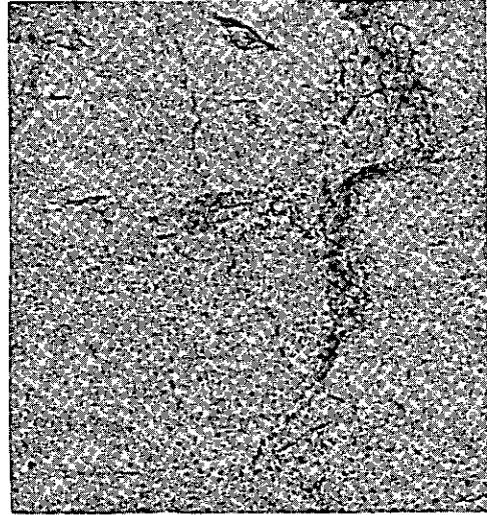
*Arenisca y arcilita intercalados, x1.*

**Tipos misceláneos de estratificación**

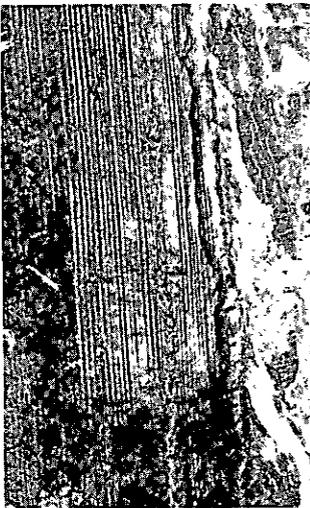




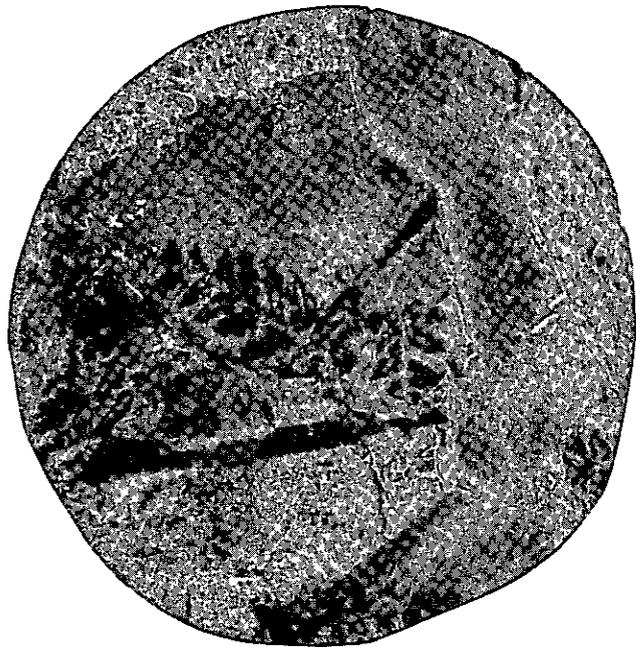
*x1*



*Raíces, x1.*

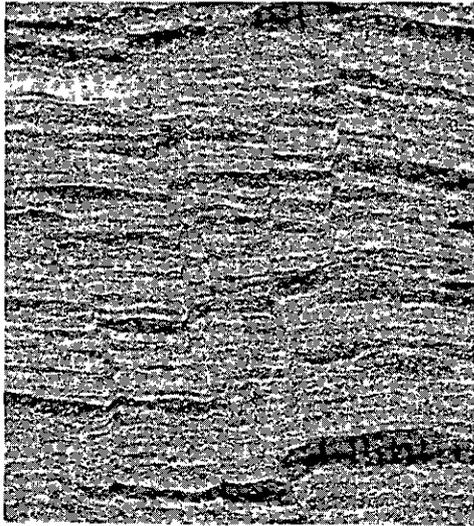
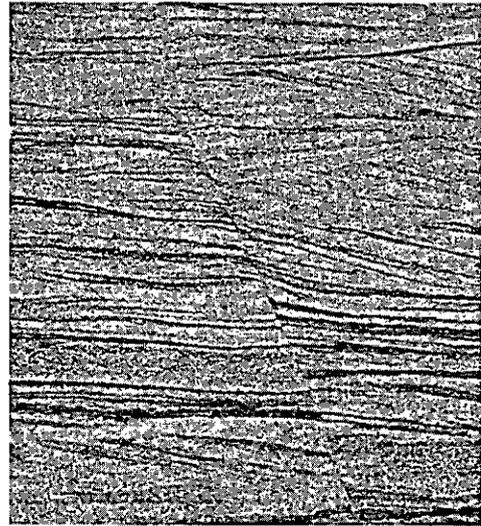
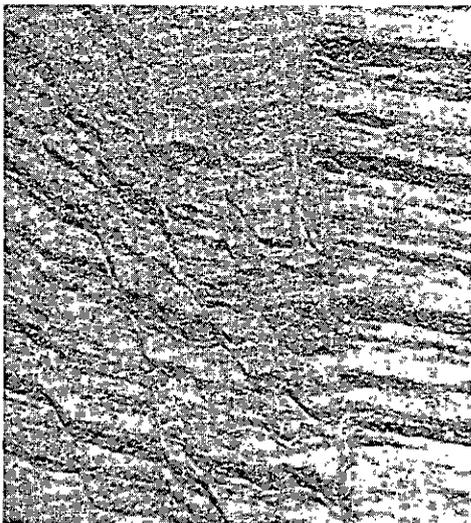
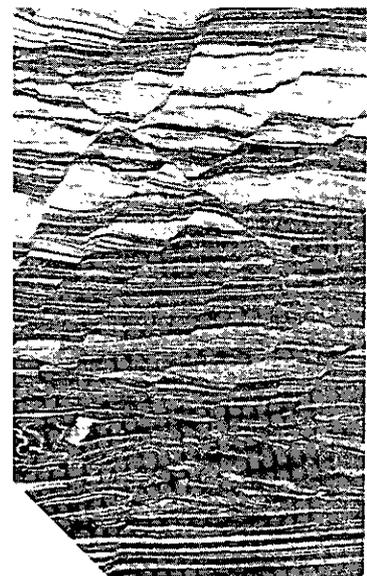


*x1*

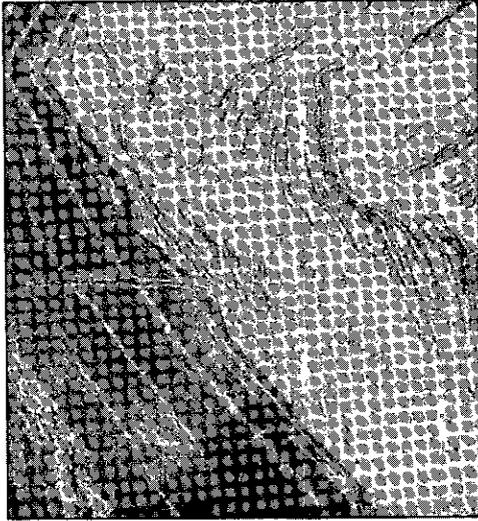


*Helechos y tallos, x1*

**Restos bastos de plantas carbonizadas**

*x1**x1**x1**x0,75*

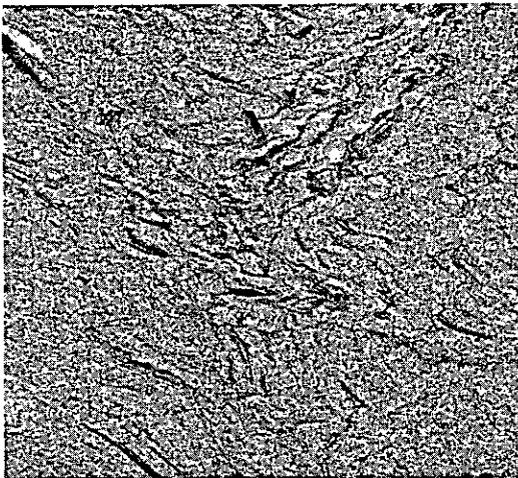
**Estratificación perturbada—Minifallas**  
Estos pequeños desplazamientos resultan de los movimientos de ajuste en sedimentos sin consolidar.



x1



x1



x1



x1

**Estratificación perturbada—Estratificación intraplegada**  
 Un tipo de estratificación que generalmente resulta del movimiento en los sedimentos sin consolidar.



*x1*



*x1*

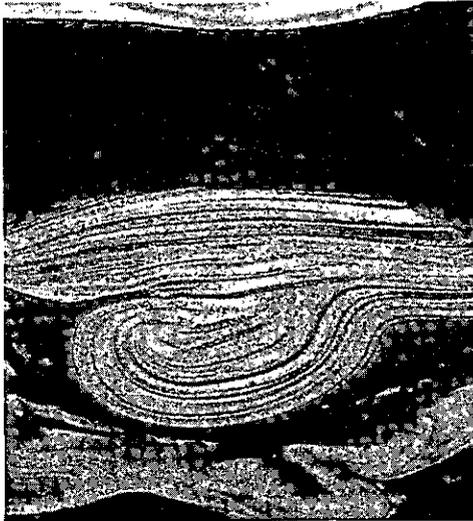


*x1*

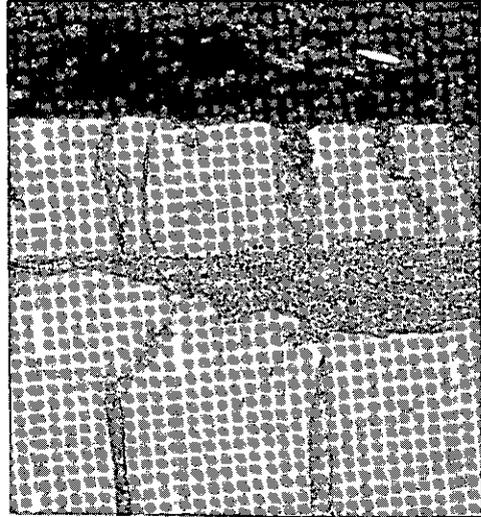


*x1*

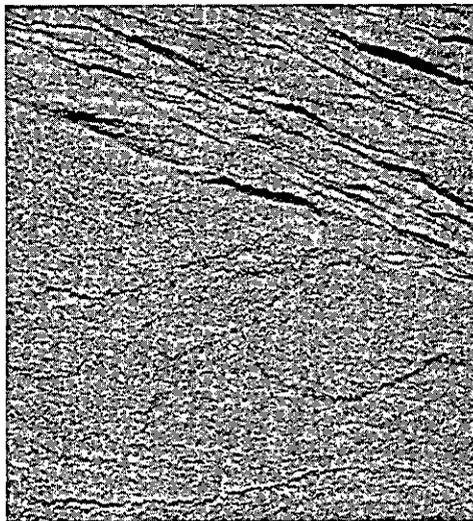
**Estratificación perturbada—Horadación, estructura tubular.**



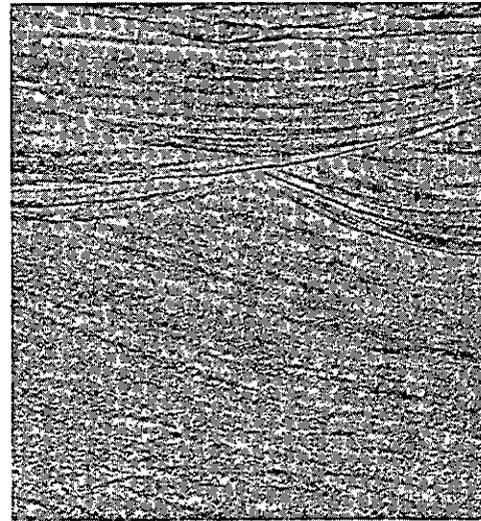
*Molde de carga intraplegado, x1.*



*Grietas de desecación en arcilita, x1.*



*Estratificación intraplegada, x1.*



*Entrecruzamientos festoneados en pequeña escala, superpuestos sobre entrecruzamientos festoneados en gran escala, x1.*

**Tipos misceláneos de estratificación y estructuras sedimentarias**

**CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS CLASTICAS  
QUE SON UTILES EN LA INTERPRETACION DE LAS FACIES AMBIENTALES**

por  
D.C. Swanson

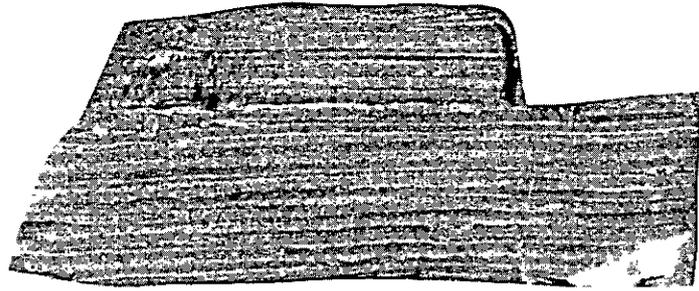
- I. *Composición*
  - A. Grano
    1. Insoluble en HCl diluido (cuarzo, feldespato, etc.)
    2. Soluble en HCl diluido (fragmentos esqueléticos, etc.)
  - B. Matriz
    1. Insoluble en HCl diluido (arcilla, "limo", etc.)
    2. Soluble en HCl diluido (cemento de calcita, etc.)
  
- II. *Textura*
  - A. Tamaño del grano
  - B. Material de la matriz (arcilla, limo)
  - C. Mezcla de grano y matriz (escogimiento);grano/matriz (modo)
  - D. Variación vertical en el tamaño del grano, material de la matriz y mezcla
    1. Variación vertical bruta del depósito
    2. Variación vertical de las unidades más pequeñas dentro del depósito
    3. Tipo de variación
      - a. variación de la partícula
      - b. interlaminada
  - E. Forma del grano
  - F. Orientación del grano
  - G. Tipo del grano insoluble (oolitos, esqueléticos, etc.)
  
- III. *Estructuras Sedimentarias*
  - A. Estratificación
    1. Porqué se nota la estratificación
      - a. Contraste en textura
      - b. Contraste en composición
      - c. Contraste en color
    2. Sin alteración (menos la estructura verdadera)
      - a. Masiva
      - b. Horizontal uniforme
      - c. "Horizontal" ondulada irregular
      - d. Entrecruzamientos en pequeña escala (regular, "rizaduras migratorias")
      - e. Entrecruzamientos en gran escala (festoneado, plana)
    3. Estratificación perturbada (no es "estructura")
      - a. Láminas discontinuas rotas
      - b. "Desgarraduras tensionales" (estructura moniliforme-  
"Pull apart")
      - c. Intraplegada
      - d. Horadada (vertical u horizontal)
      - e. Perturbada por raíces
      - f. Superficies de socavación (corte) y estratificación truncada
      - g. "Estructuras" de derrumbe
      - h. Microfallas
      - i. Estructuras de carga
      - j. Estructuras por la corriente
      - k. Irregularidad extrema causada por la mezcla de los tipos de  
textura en un estado fluido.
      - l. Estratificación perturbada por gas
      - m. Grietas de desecación y capas de clastos (clasts) de grano fino
  
- IV. *Naturaleza de las rocas asociadas*
  - A. Facies y posición relativa de las rocas más antiguas
  - B. Facies y posición relativa de las rocas más jóvenes
  - C. Facies y posición relativa de las rocas contemporáneas

- V. *Naturaleza del contacto entre el estrato de almacenamiento y las rocas asociadas*
  - A. Abrupto
    - 1. Deposición continua, pero abrupta
    - 2. Socavado o "recortado" abruptamente
  - B. Gradacional
    - 1. Gradación de partículas
    - 2. Facies interdigitadas o interlaminadas
  
- VI. *Naturaleza de la mezcla de los diferentes tipos de rocas o facies*
  - A. Interlaminada
    - 1. Tamaño de las láminas (1/32 mm, 15 cm, etc.)
    - 2. Forma de las láminas
    - 3. Cantidad relativa de los diferentes tipos (60% láminas de limo x 40% de arcilita)
  - B. Mezcla de partículas (conglomerados intraformacionales, conglomerados de clastos (fragmentos), etc.)
  
- VII. *Presencia de plantas o restos de madera*
  - A. Tamaño de los fragmentos
  
- VIII. *Paleontología general de los depósitos y de las rocas asociadas*
  
- IX. *Química de los depósitos y de las rocas asociadas*
  - A. Color original
  - B. Color presente
  - C. Condición y relación de los óxidos de hierro (depositado rojo, oxidado, reducido)
  - D. Material orgánico destruido (moldes, calcos, etc.)
  - E. Calcita intergranular, dolomita, anhidrita, etc.
  - F. Sulfuros minerales
  - G. Cementación por sílice (solución por presión y redeposición)
  - H. Presencia de zona de suelos o de mesa de agua
  
- X. *Porosidad del yacimiento*
  - A. Inicial
  - B. Actual
  
- XI. *Manifestaciones de hidrocarburos*
  
- XII. *Variaciones en todos los arriba mencionados*

A - ABUNDANTE C - COMUN R - RARO	LAMINAS PARALELAS	RIZADURAS DE CORRIENTE	RIZADURA DE OSCILACION	ESTRATIFICACION CRUZADA FESTONEADA	CORTE Y RELLENO	LAMINAS TRUNCADAS	HORADACIONES	HORADACIONES	ESTRUCTURAS DE CARGA Y FLAMIFORME	ESTRATIFICACION INTRAPLEGADA	ESTRATIFICACION FLASER	RAICES	CONCHAS
CONO ALUVIAL	C			C	C								
CORRIENTE (RIO) ENTRELAZADA	R	R		A	C					R			
BARRA DE MEANDRO	C	C		C			R	R	C	C		C	A
DUNA	R	R		A			R			R		A- R	
PLAYA	A	R	R			C	R						R
ANTEPLAYA	C	R	R	R	R		C	A					R - C
COSTAFUERA	C	R					C						R
ALTA LLANURA DE MAREA	C	C		C			A			C	R	R	C
BAJA LLANURA DE MAREA		A					A	C			A		C
LAGUNA - BAHIA	C	R	R				A					R	C
MARISMA	R											A	
BARRA DE DESEMBOCADURA	C	C	R	C				R		R			
FRENTE DELTAICO (BORDE)	R	A	R				C	R	A	C			R
PRODELTA	C						C-R						R
TURBIDITA	A	C			C		R		A	C			R

LA ESTRATIFICACION Y LAS ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS DE LOS AMBIENTES CLASTICOS

**FOTOGRAFIAS SELECCIONADAS DE NUCLEOS  
DE LOS SEDIMENTOS DE LAGUNILLAS INFERIOR  
EN EL AREA DE LL3**



Pozo TJ-49 Profundidad: 3005'  
X1

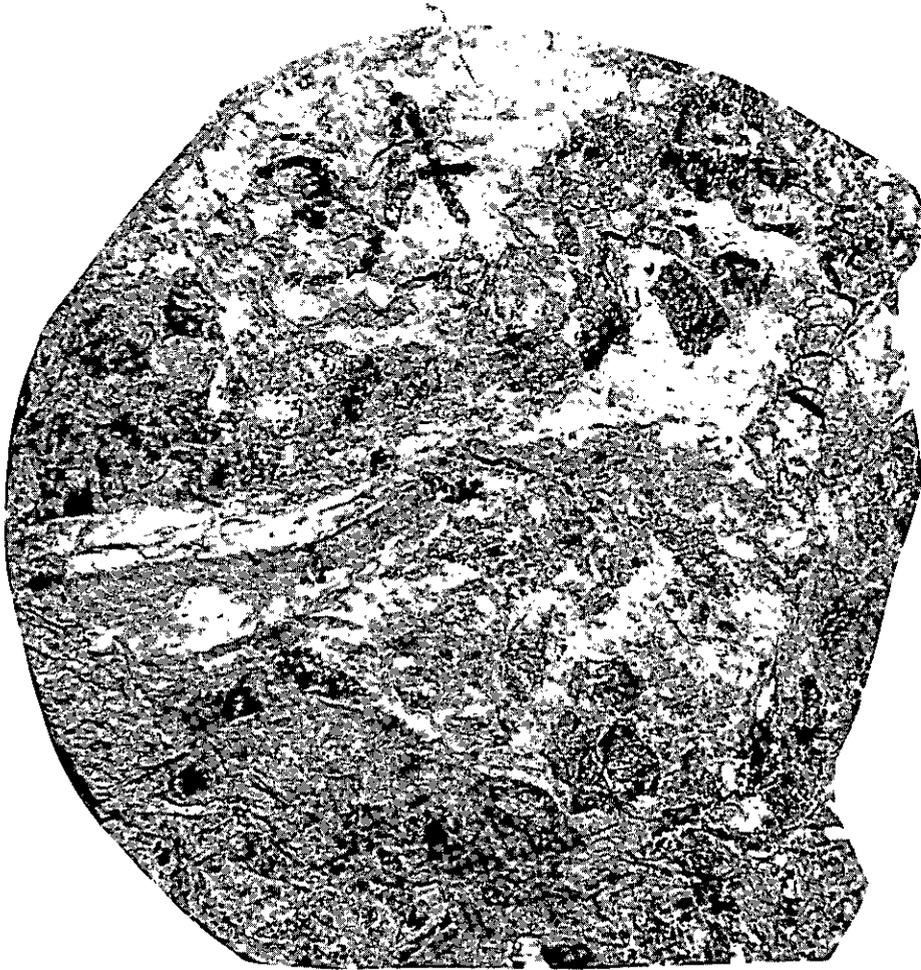


Pozo PB-125 Intervalo 2469'-2482'  
X1,5





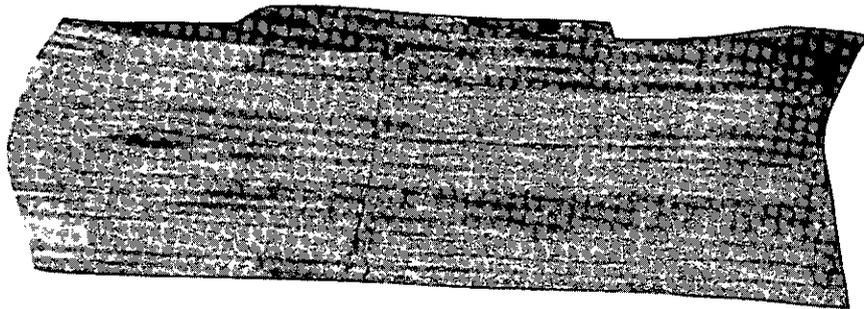
Pozo PB-125 Intervalo 2561'-2569'  
X1,5



Pozo PB-125 Intervalo 2605'-2615'  
X1,5



Pozo PB-125 Intervalo 2605'-2615'  
X1,5

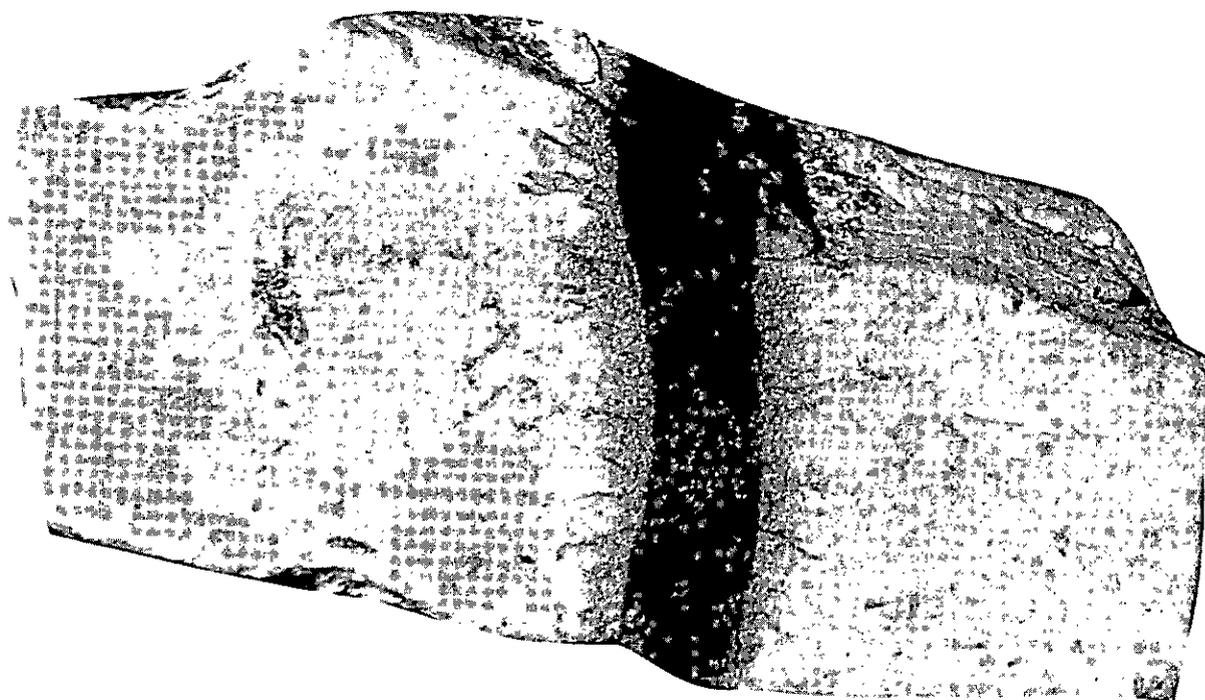


Pozo PB-125 Intervalo 2651'-2655'  
X1

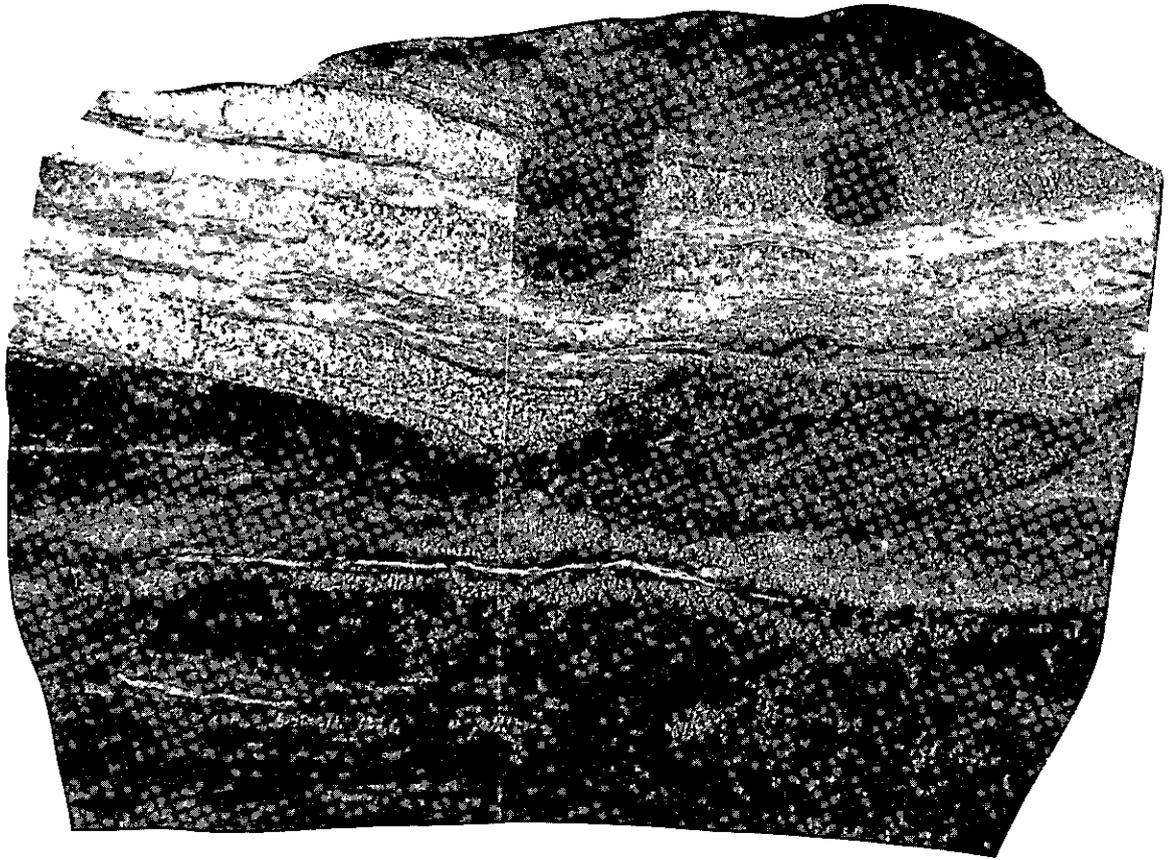




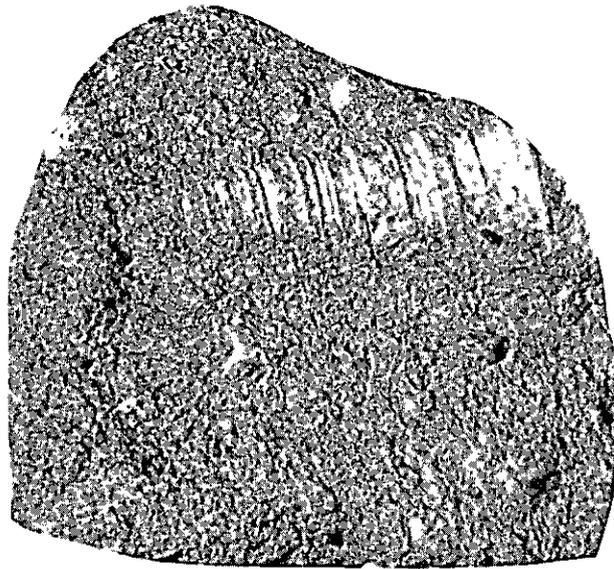
Pozo PB-125 Intervalo 2624'-2627'  
X1,5



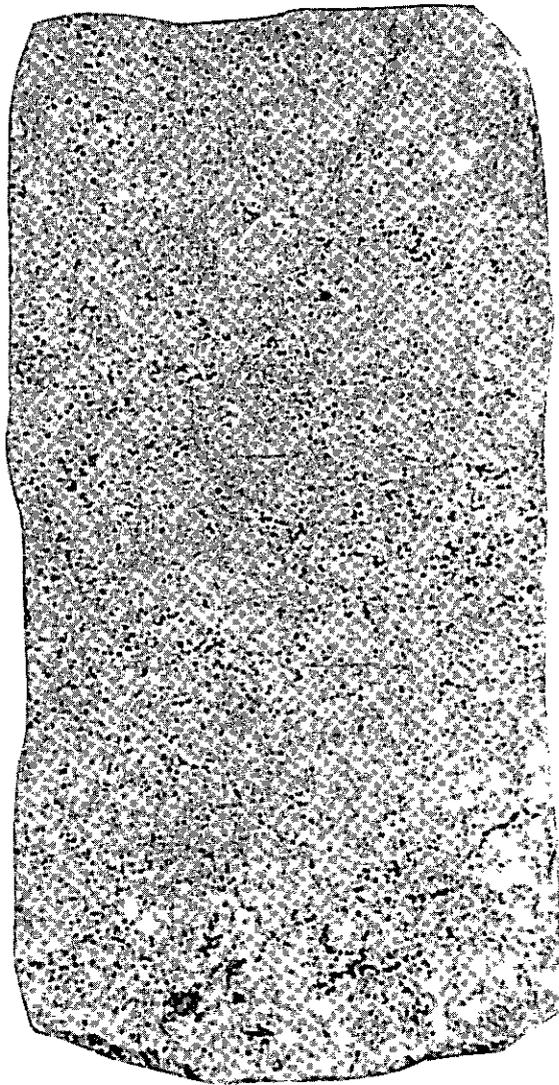
Pozo PB-125 Intervalo 2657'-2659'  
X1,5



Pozo PB-125 Intervalo 2663'-2676'  
X1,5



Pozo PB-125 Intervalo 2740'-2741'  
X1,5

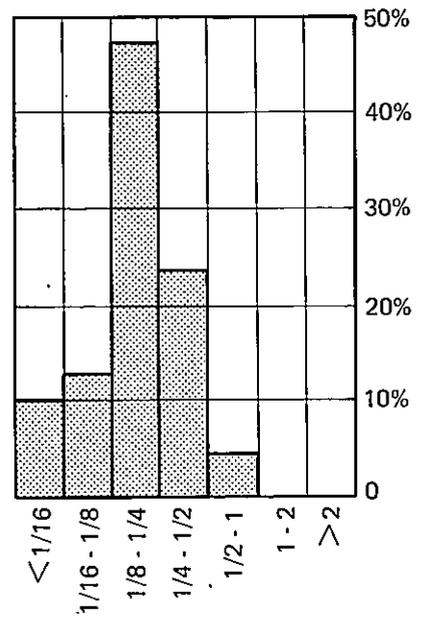


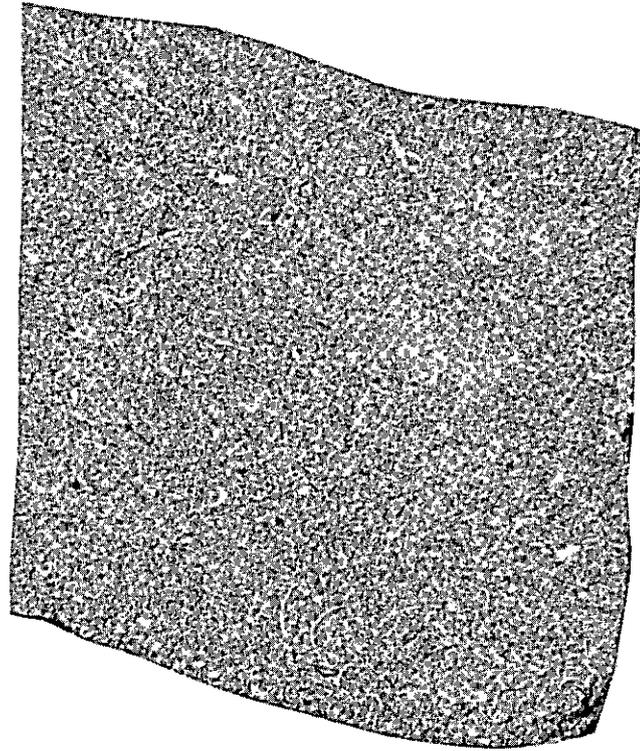
Pozo PB-134 Profundidad: 2708'  
X1



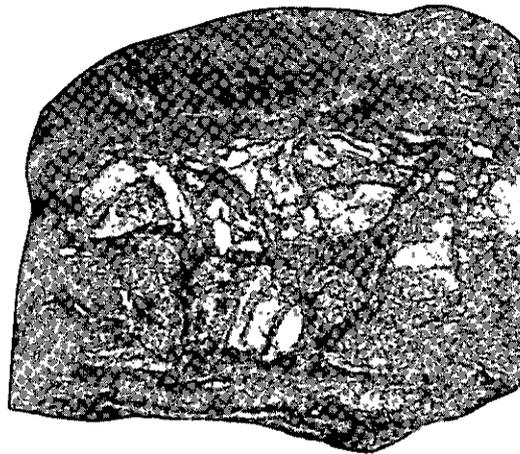
Pozo PB-146 Intervalo 3700'-3715'  
X1

Mediana = 0,197 Arena fina  
Coeficiente  
de escogimiento = 1,43  
Grano/Matriz = 8,91





Pozo PB-167 Intervalo 3220'-3223'  
X1



Pozo PB-157 Profundidad 3655'  
X.0,75



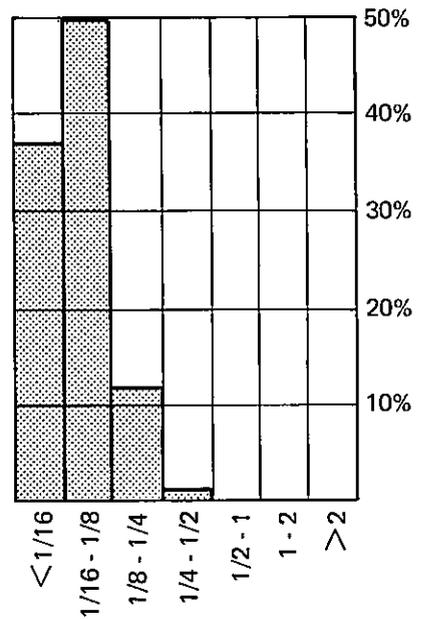


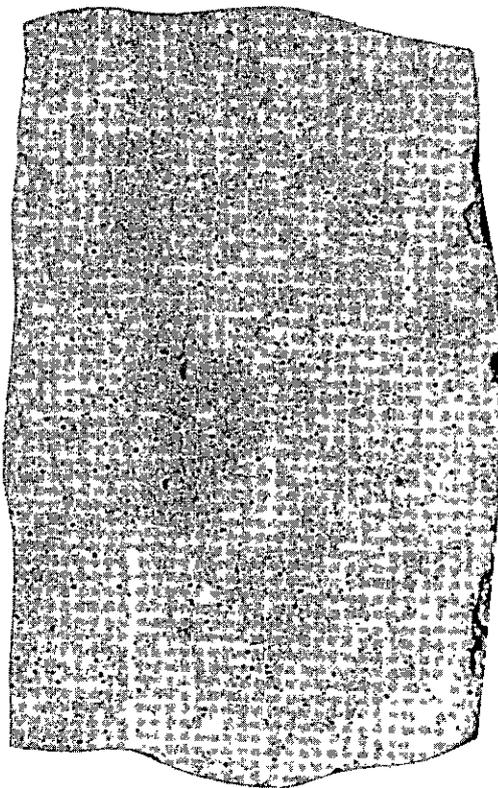
Pozo TJ-94  
Intervalo 3360'-3370'  
X.0,75



Pozo PB-167 Intervalo 2850'-2862'  
X0,75

Mediana = 0,077 Arena muy fina  
Coeficiente de escogimiento = 1.40  
Grano/Matriz = 1.66



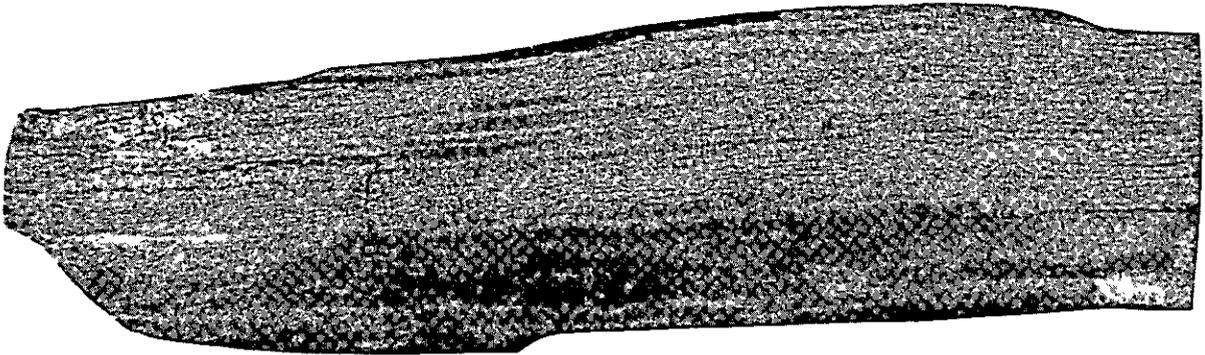


Pozo PB-146 Intervalo 3135'-3155'  
X1

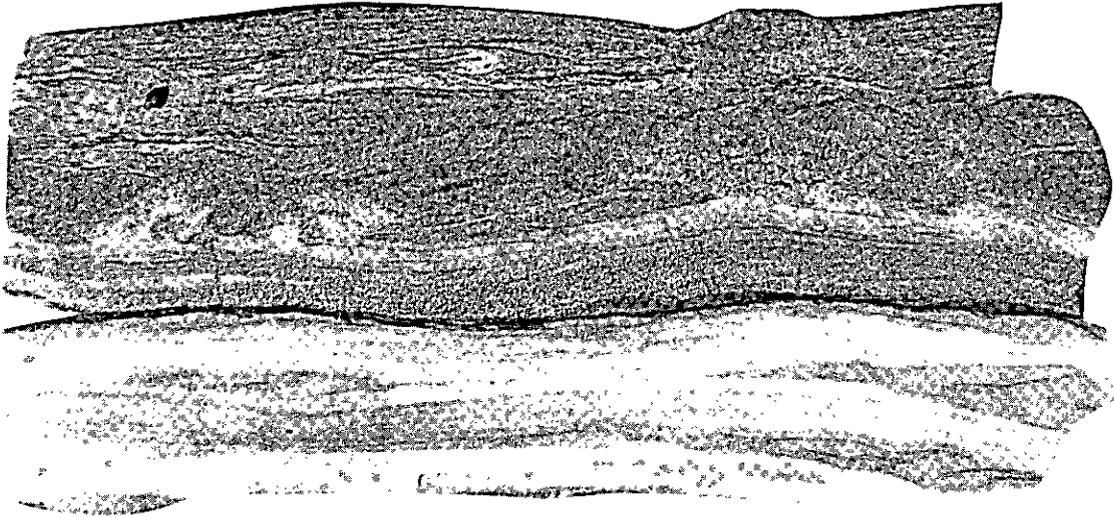


Pozo PB-146 Intervalo 3170'-3180'  
X1

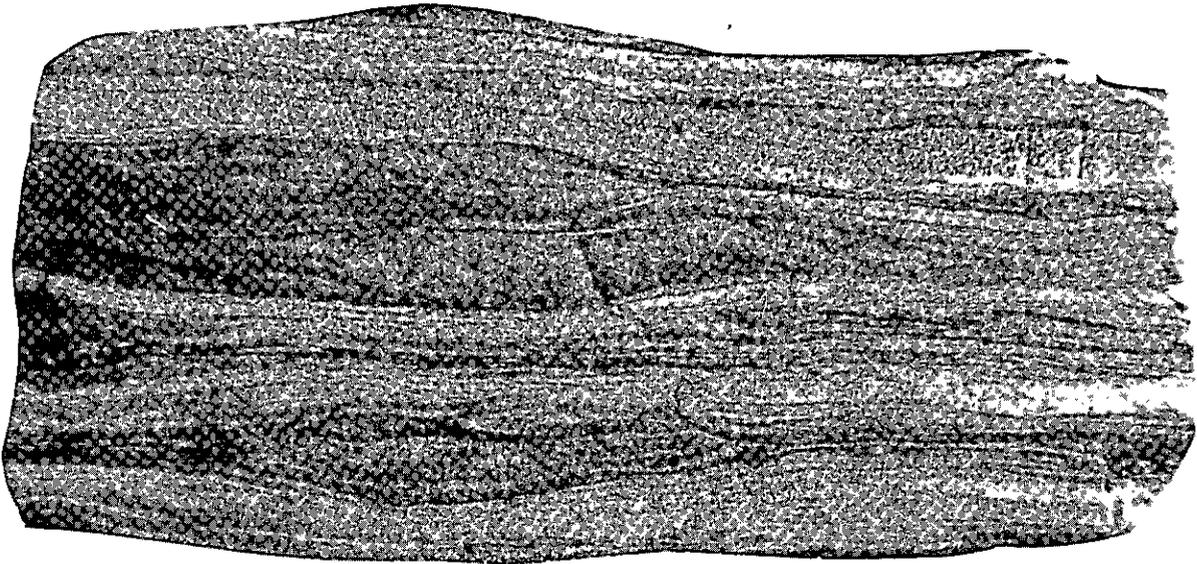




Pozo LL-918 Intervalo 4019'-4042'  
X1,5



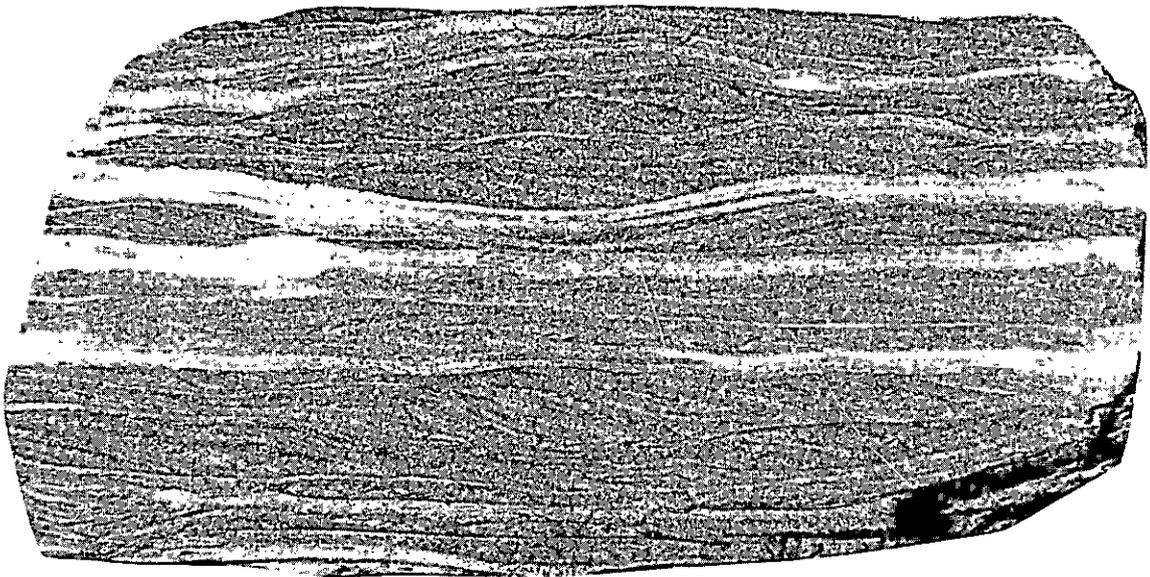
Pozo LL-918 Intervalo 4138'-4183'  
X1,5



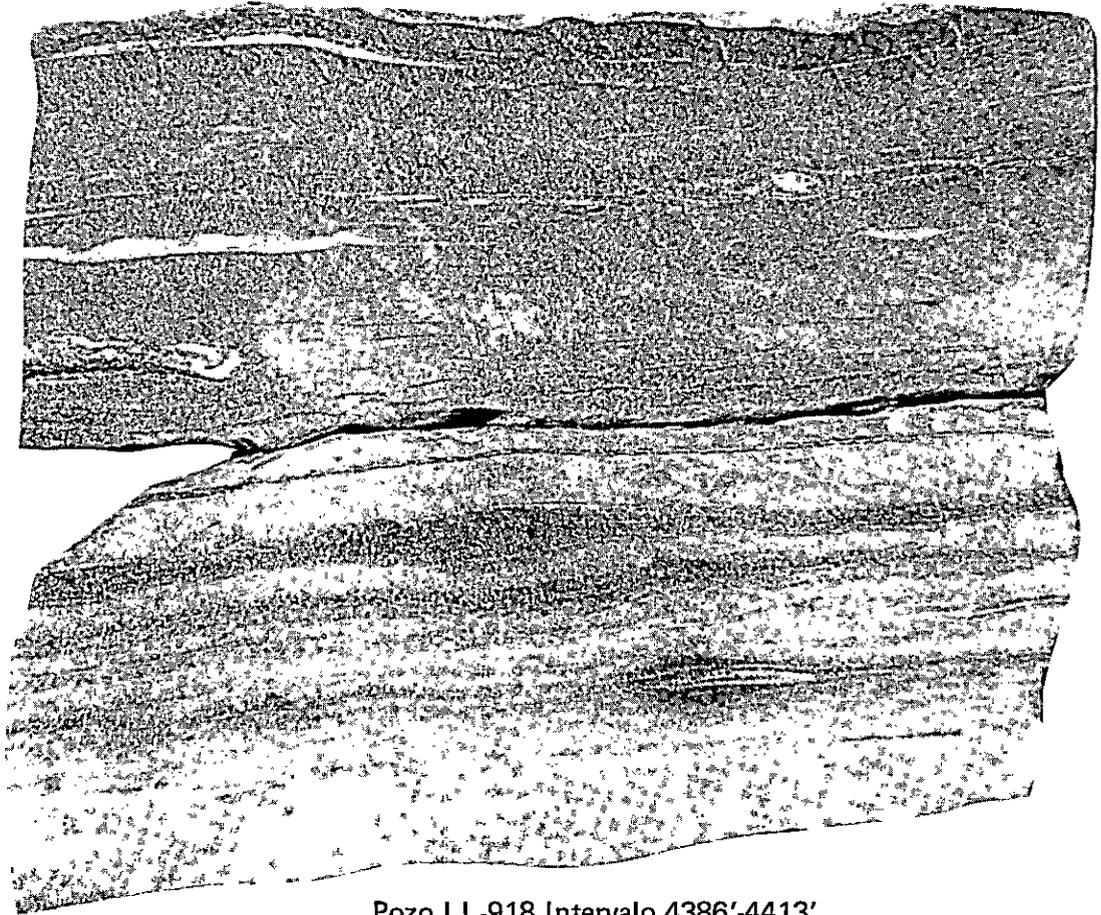
Pozo LL-918 Intervalo 4138'-4183'  
X1,5



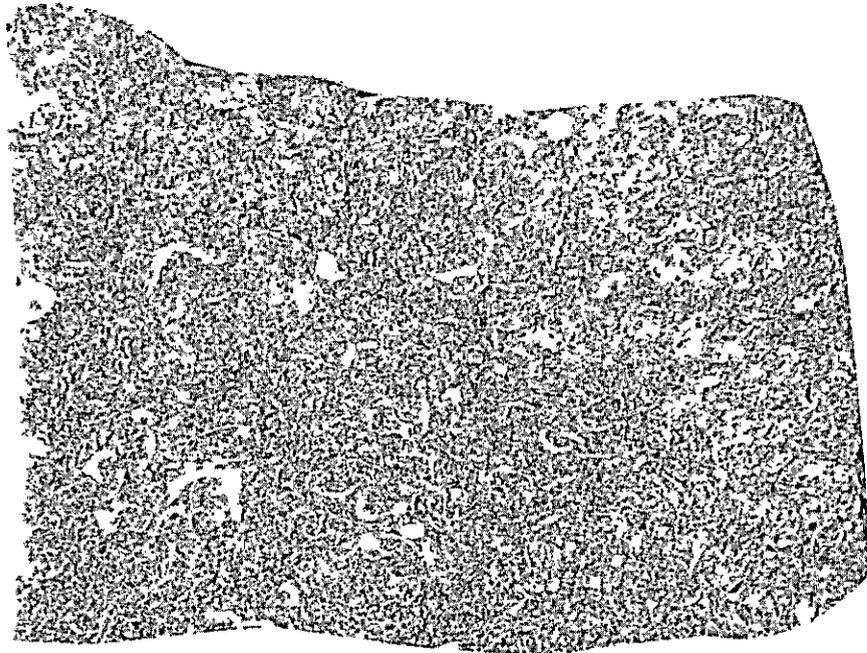
Pozo LL-918 Intervalo 4238'-4263'  
X1,5



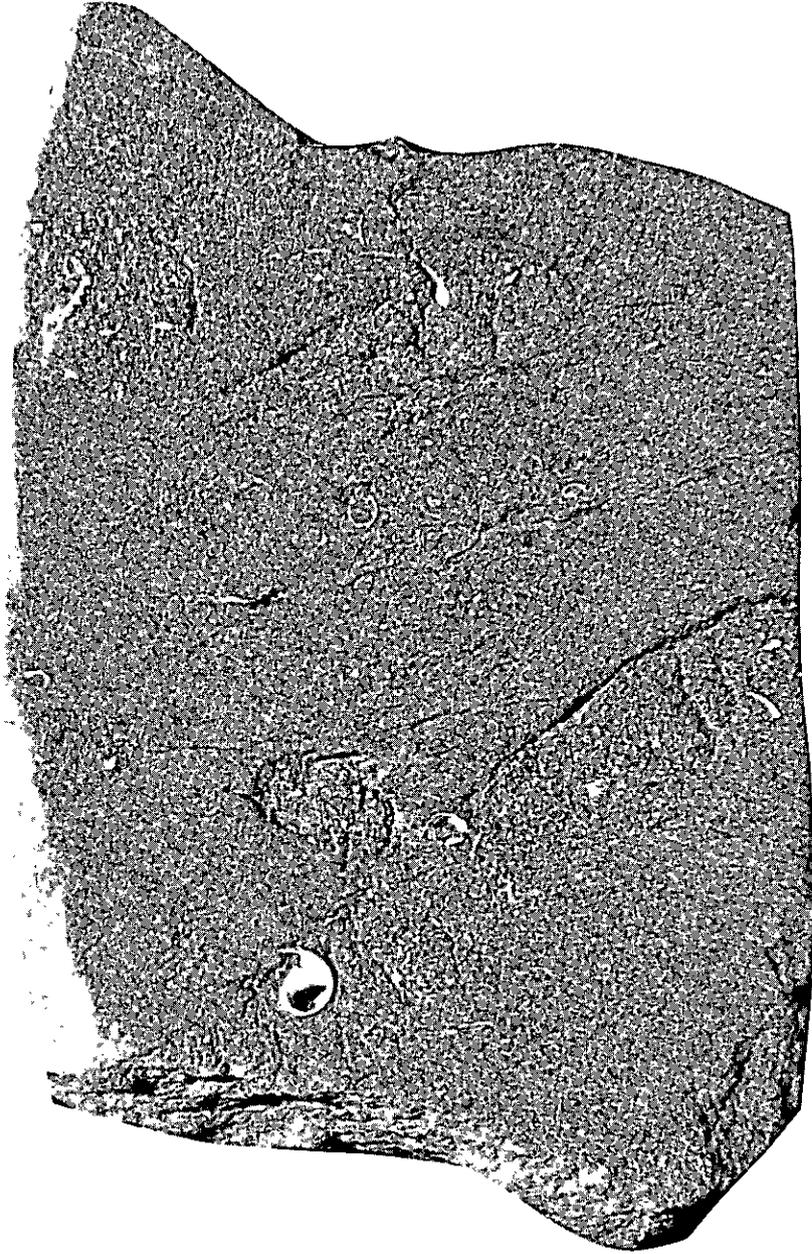
Pozo LL-918 Intervalo 4287'-4354'  
X1,5



Pozo LL-918 Intervalo 4386'-4413'  
X1,5



Pozo PB-248 Intervalo 2558'-2567'  
X1

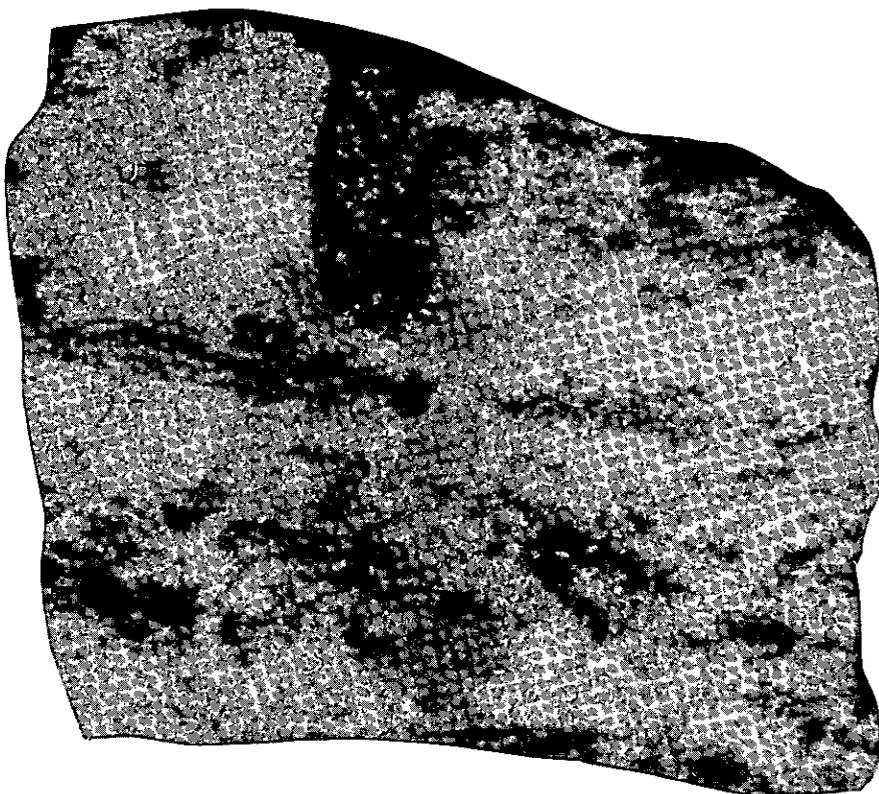


Pozo PB-248 Intervalo 2567'-2570'  
X1

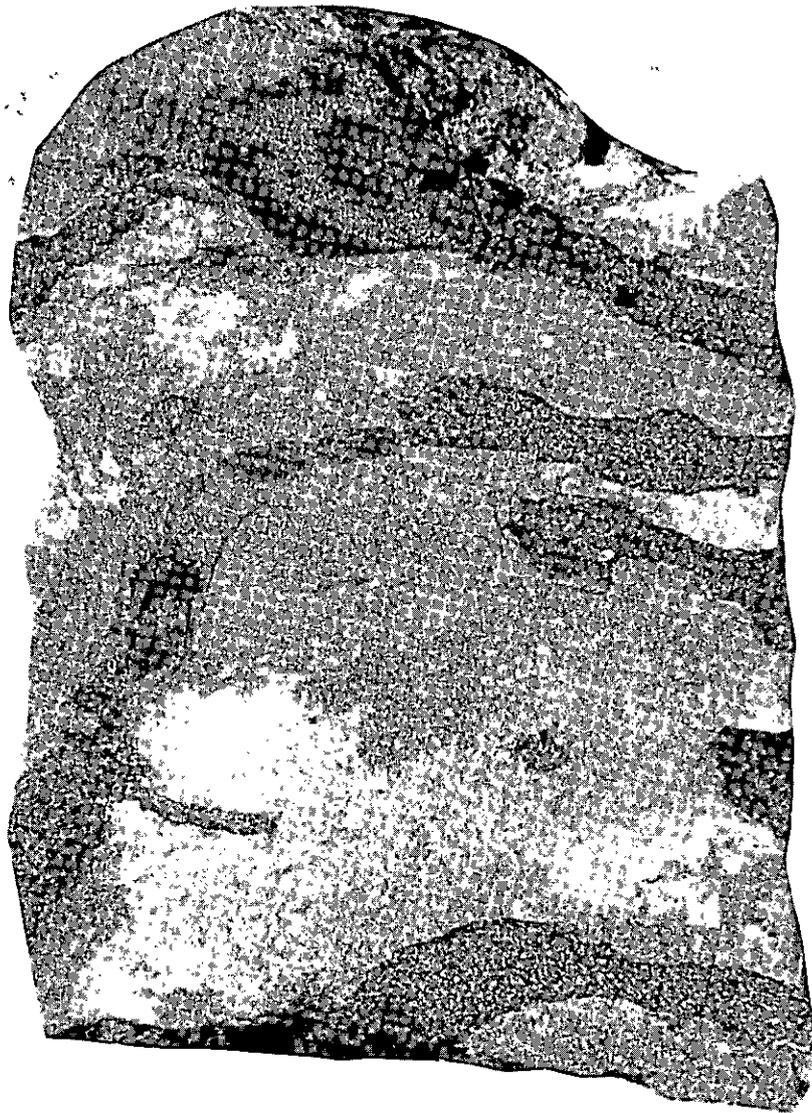




Pozo PB-248 Intervalo 2662'-2680'  
X1



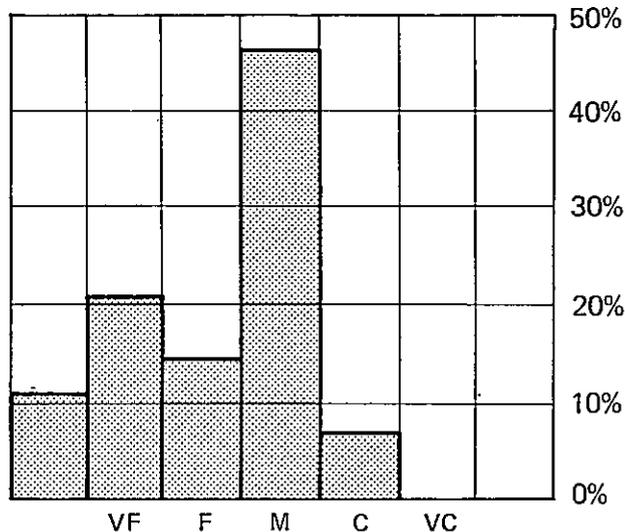
Pozo PB-248 Intervalo 2662'-2680'  
X1



Pozo PB-248 Intervalo 2662'-2680'  
X1

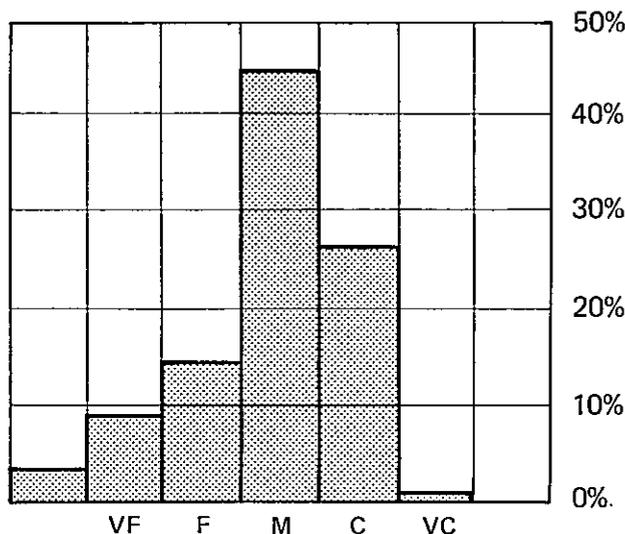


Muestra 39  
 Pozo P--125  
 2627'-2629'



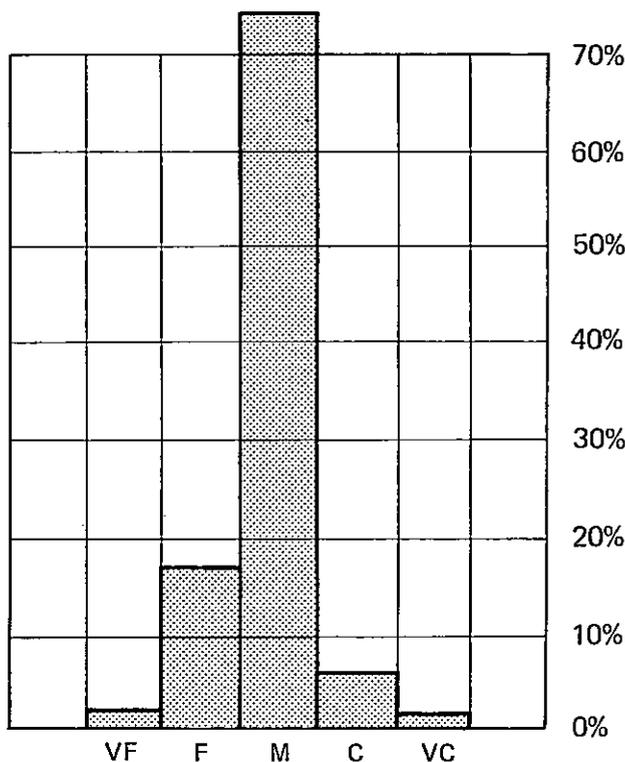
Mediana = 0,250 Arena media  
 Coeficiente de escogimiento = 1.53  
 Grano/Matriz = 7.7

Muestra 41  
 Pozo PB-125  
 2631'-2638'



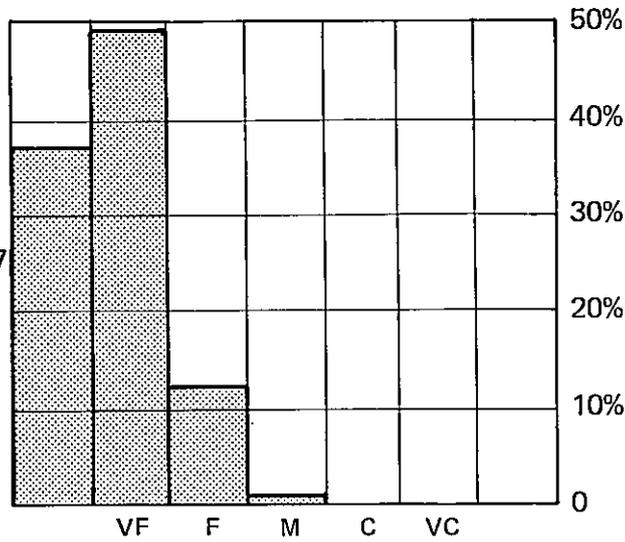
Mediana = 0,405 Arena media  
 Coeficiente de escogimiento = 1.46  
 Grano/Matriz = 53.0

Muestra 52  
 Pozo LL-918  
 4090'-4138'



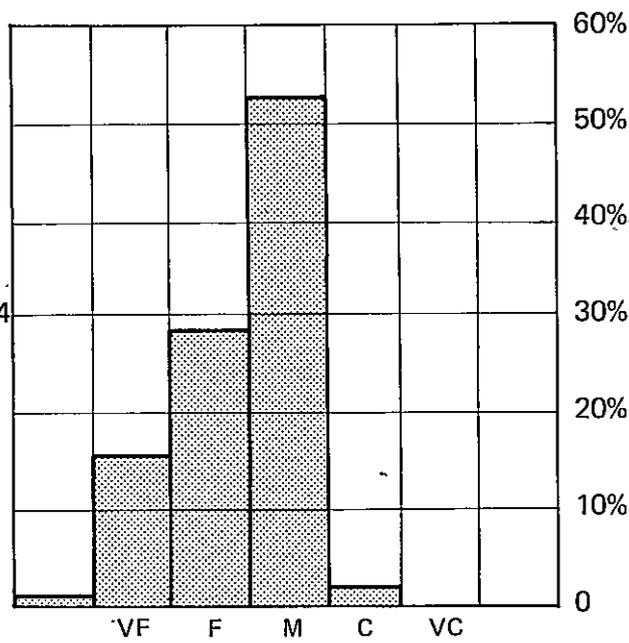
Mediana = 0,343 Arena media  
 Coeficiente de escogimiento = 1.22  
 Grano/Matriz = ∞

Muestra 83  
 Pozo PB-167  
 2850'-2862'



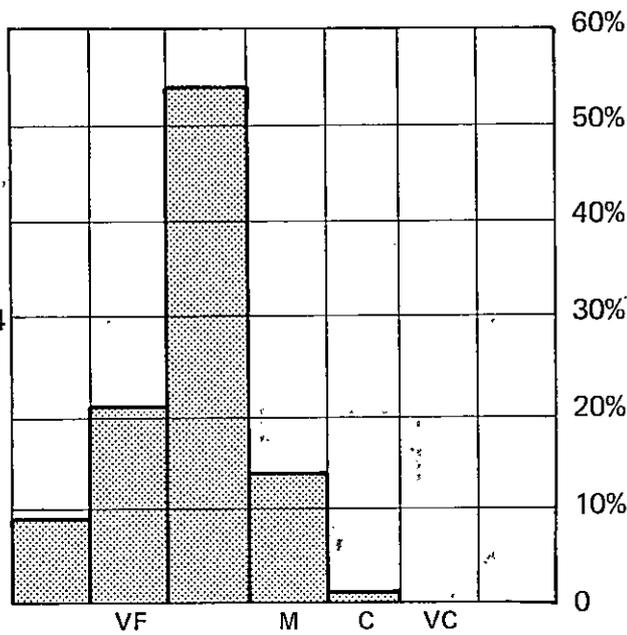
Mediana = .077 Arena media  
 Coeficiente de escogimiento = 1.40  
 Grano/Matriz = 1.66

Muestra 87  
 Pozo PB-134  
 2755'



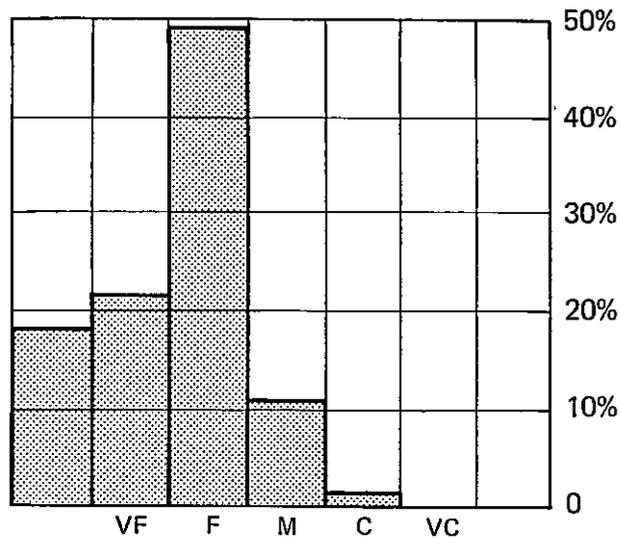
Mediana = .280 Arena media  
 Coeficiente de escogimiento = 1.46  
 Grano/Matriz = 165.6

Muestra 90,  
 Pozo PB-134  
 2765'



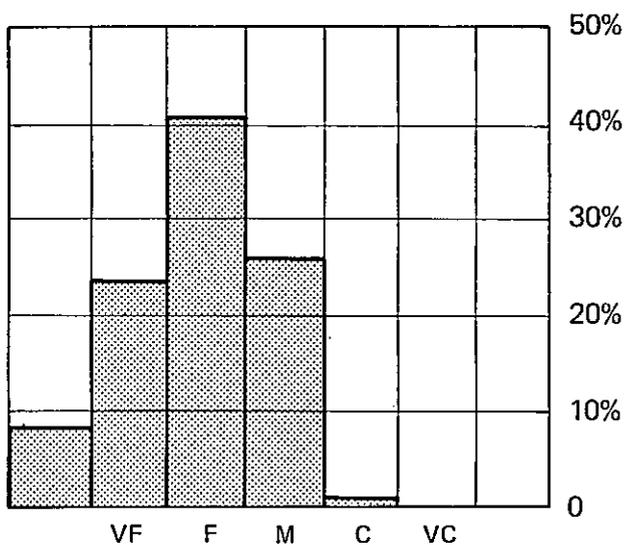
Mediana = .184  
 Coeficiente de escogimiento = 1.41  
 Grano/Matriz = 9.2

Muestra 204  
 Pozo PB-146  
 3135'-3155'



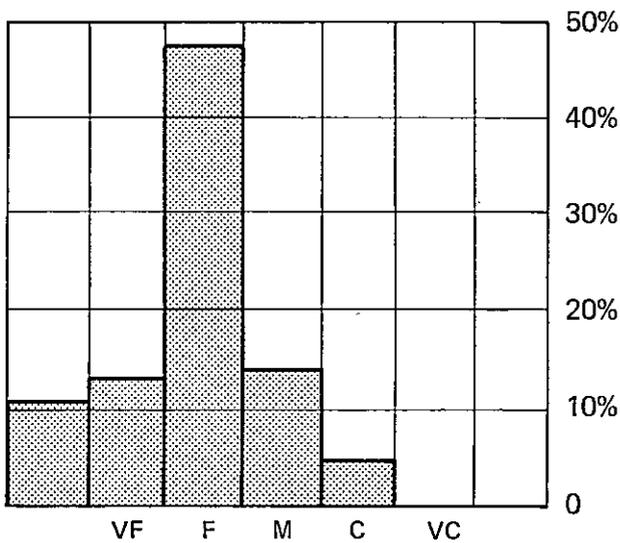
Mediana = .154 Arena-media  
 Coeficiente  
 de escogimiento = 1.53  
 Grano/Matriz = 4.47

Muestra 111  
 Pozo PB-157  
 3595'-3605'



Mediana = .179 mediano  
 Coeficiente  
 de escogimiento = 1.53  
 Grano/Matriz = 11.0

Muestra 213  
 Pozo PB-146  
 3700'-3715'



Mediana = .197  
 Coeficiente  
 de escogimiento = 1.43  
 Grano/Matriz = 8.91

COMPOSICIONESTRUCTURASTEXTURAS

ARCILITA

ESTRATIFICACION  
HORIZONTAL

F, M, G

FINO, MEDIO, GRUESO



LIMOLITA

ESTRATIFICACION  
IRREGULAR

ARENISCA

ESTRATIFICACION  
CONVOLUTA

CONGLOMERADO

ESTRATIFICACION  
CRUZADA  
EN GRAN ESCALA

CARBON

ESTRATIFICACION  
CRUZADA  
EN PEQUEÑA ESCALAABUNDANCIA DE FOSILS

A - ABUNDANTE

C - COMUN

E - ESCASO

R - RARO



CALIZA

ESTRUCTURA TUBULAR  
(HORADACION)

DOLOMITA



RIZADURAS

CONTACTOS

A - ABRUPTO

G - GRADACIONAL



ANHIDRITA



MOLDE DE CARGA



YESO



MOLDE DE SURCO.

MINERALES

B - BENTONITA

G - GLAUCONITA

P - PIRITA

S - SIDERITA



SAL

ESTRUCTURA  
FLAMIFORME

CEMENTO DE CALCITA



MICRO FALLA



CEMENTO DE DOLOMITA

SUPERFICIE DE  
SOCAVACION

CLASTOS DE LUTITA

ESTRUCTURAS  
MONILIFORMESFRAGMENTOS  
CARBONOSOS

GRIETAS DE DESECACION



CONCHAS



RAICILLAS



CONCRECIONES



FTANITA



GUIJARROS

