



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS
LITOFACIES DEL PLAY PALEOCENO WILCOX EN EL ÁREA
CHINA – BARRILETE DE LA CUENCA DE BURGOS; NE DE
MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ALBERTO HERRERA PALOMO



**TUTOR:
Dr. JOAQUÍN E. AGUAYO CAMARGO**

2006

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. C. Holguin Quiñónez Noel

Secretario: Ing. León Islas Felipe Jaime

Vocal: Dr. Aguayo Camargo Joaquín Eduardo

1^{er} Suplente: M. A. Juárez Casas Miguel

2^{do} Suplente: M. en I. Treviño Rodríguez Alfredo F.

Lugar donde se realizó la tesis:

Ciudad Universitaria; México D. F.

TUTOR DE TESIS

Dr. JOAQUIN EDUARDO AGUAYO CAMARGO

FIRMA

ÍNDICE	pág.
Resumen	1
Capítulo 1 Introducción	2
Capítulo 2 Generalidades	3
2.1 Localización del área de estudio	3
2.2 Objetivo	4
2.3 Antecedentes	5
2.3.1 Geofísicos	5
2.3.2 Geológicos	6
Capítulo 3 Marco geológico	8
3.1 Tectónico – estructural	8
3.2 Marco estratigráfico	9
3.3 Sistema petrolero	13
Capítulo 4 Metodología	15
4.1 Atributos Texturales	20
4.1.1 Tamaño	21
4.1.2 Selección	26
4.1.3 Forma y esfericidad	28
4.1.4 Empaque	30
4.1.5 Madurez	31
4.2 Porosidad	34
4.2.1 Porosidad secundaria	35
4.3 Clasificación y registro geofísico	42
4.4 Petrogénesis	47
4.4.1 Procedencia	47
4.4.2 Intemperismo	47
4.4.3 Transporte	48
4.4.4 Depósito	49
Capítulo 5 Análisis y discusión de resultados	51
Conclusiones y recomendaciones	64
Bibliografía	67
Anexo	

RESUMEN

Con el fin de evaluar el potencial petrolero del área China – Barrilete del Paleoceno Wilcox en la Cuenca de Burgos en el Estado de Nuevo León, la Subdirección de Exploración de Petróleos Mexicanos, formó un grupo interdisciplinario para realizar el análisis estratigráfico, petrográfico, sísmico, estructural y la evaluación petrofísica del área.

El presente trabajo se enfocó al estudio petrográfico, de veinte láminas delgadas pertenecientes a los pozos: Zinfandel – 1, Alicata – 1 y Flamante – 1, con el fin de identificar y caracterizar las litofacies presentes en el área de estudio.

En función de las características texturales, empaque, porosidad y composición mineralógica, de cada una de las veinte láminas delgadas, registros de Rayos Gamma de los tres pozos y con la utilización de programas de computo como el software Omnimet de Buelher y Petrel de Schlumberger, se determinó la clasificación de las litofacies como wackas y arcosas de acuerdo a Folk en 1954, con características mineralógicas y texturales similares, en las cuales se presentan como tamaño predominante de grano los limos, matriz detrítica, cementante carbonatado, cuarzo, plagioclasas, fragmentos de roca, calcita y minerales opacos.

La porosidad primaria es intergranular, mientras que la porosidad secundaria es el resultado de fracturamiento y disolución con valor promedio de 10.4 %.

El ambiente de depósito es nerítico asociado a un sistema de bajo nivel de mar (LST) de un evento regresivo, con expresión grano creciente hacia la parte superior de la secuencia y hacia el Oeste del área de estudio.

La expresión de las wackas y arcosas en los registros de Rayos Gamma se incrementa cuando el contenido de matriz es mayor al 30%, el contenido de cementante mayor al 25% y el índice de proximidad de empaque es menor a 5.

Capítulo 1 INTRODUCCION

El presente trabajo es parte de un proyecto integral e interdisciplinario solicitado por la Subdirección de Exploración de PEMEX, el cual consiste en la evaluación del Play Paleoceno Wilcox en el área China – Barrilete de la Cuenca de Burgos.

El alcance de este trabajo dentro del proyecto integral mencionado, es la identificación y caracterización de las litofacies presentes en el área.

Para alcanzar la encomienda se realizó el estudio petrográfico de veinte láminas delgadas pertenecientes a los Pozos Zinfandel -1, Alicata -1 y Flamante -1; ya que de la información proporcionada por PEMEX, solo estas láminas pertenecen a la distribución temporal y espacial del área de estudio.

En el estudio petrográfico se analizan los parámetros texturales de las muestras como son: distribución de tamaños de los siliciclastos, redondez, índice de proximidad de empaque, así como porosidad, composición mineralógica, el porcentaje de las fases presentes y la expresión en los registros de Rayos Gamma.

Se cuantificaron las características petrográficas de cada muestra, por medio de conteos estándar de puntos y analizador de imágenes.

Las muestras presentan características similares, clasificadas de acuerdo a Folk (1954) como wackas y arcosas.

La porosidad se identificó como porosidad primaria intergranular, porosidad secundaria formada debido a la disolución y porosidad de fracturas causada por el fracturamiento de detritos.

El ambiente sedimentario de depósito corresponde a nerítico medio asociado a un sistema de bajo nivel del mar (LST) asociado a un evento regresivo del área.

Los resultados generales indican que las muestras son similares con respecto a su textura, mineralogía y porosidad, lo que provoca la disminución de la calidad del yacimiento.

Capítulo 2 GENERALIDADES

2.1 Localización del área de estudio

El área China – Barrilete tiene una extensión aproximada de 525 Km²; se ubica al suroeste de la Cuenca de Burgos, en el municipio de China, Nuevo León; geográficamente, el área de estudio se localiza entre los paralelos: 25° 54' 21" y 25° 30' 59" de Latitud Norte y los meridianos 99° 02' 46" y 99° 19' 78" de Longitud Oeste; quedando comprendido en la Región Noreste de la República Mexicana. (fig.1)

Geológicamente pertenece a la Cuenca de Burgos.

Fisiográficamente, la Cuenca Terciaria de Burgos ubicada en el noreste de México, cubre un área aproximada de 50 000 km²

La cuenca de Burgos es una cuenca terciaria de antepaís en México que, de acuerdo a López – Ramos (1983) representa la extensión hacia el sur de la Bahía del Río Grande de Texas, la cual comprende un área que se extiende desde la ciudad de Matamoros en el norte hasta el este de la ciudad de Soto La Marina en el sur, limitada al oriente por el Golfo de México y al sur suroeste por el río Soto La Marina y el flanco oriental de la Sierra de Cruillas a lo largo del contacto Cretácico – Terciario hacia el norte hasta el oeste de Nuevo Laredo, Estado de Tamaulipas.

Geológicamente tiene continuidad al norte con el embahamiento del Río Grande en la región sur de Texas, USA; al sur está limitada por la presencia de la Cuenca Tampico – Misantla, al oriente continúa hacia la Plataforma Continental del Golfo de México y al occidente la delimitan afloramientos que marcan el contacto Cretácico – Terciario.

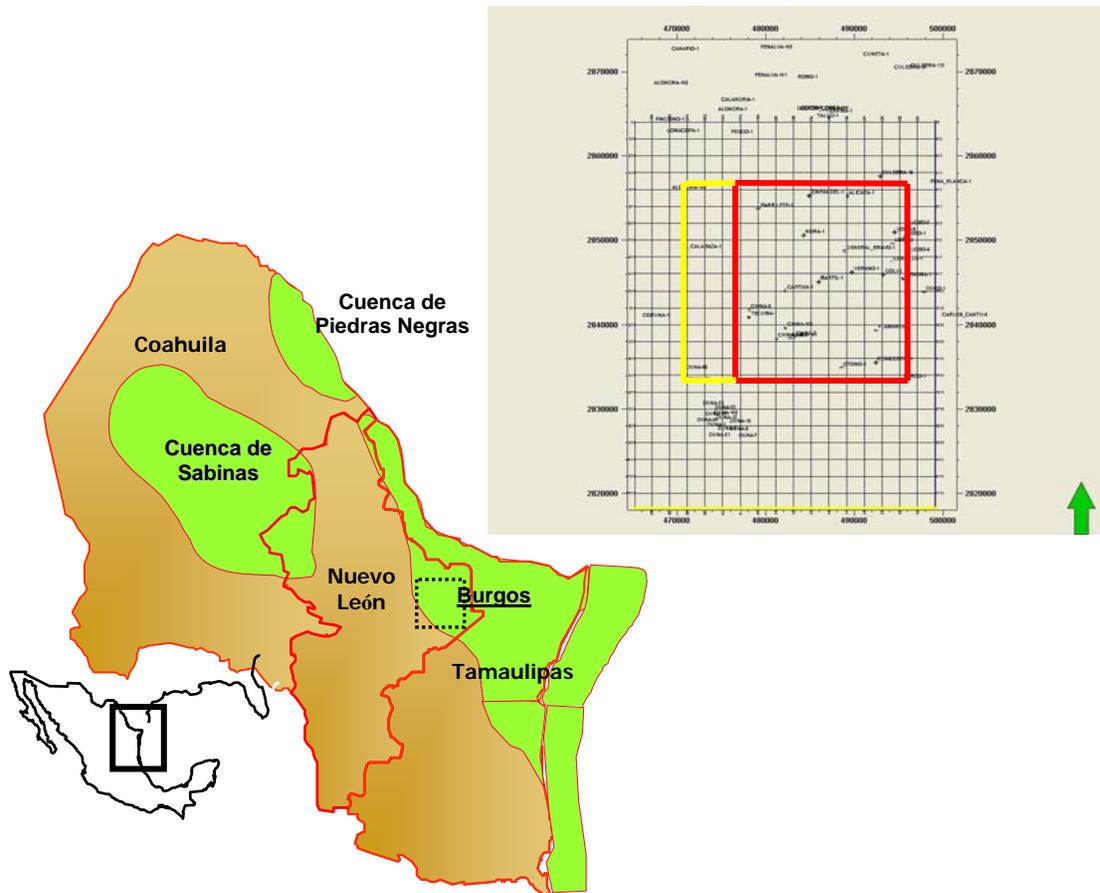


Fig. 1 Ubicación del área de estudio (Fernández-Turner 2006)

2.2 Objetivo

Este trabajo forma parte de un estudio interdisciplinario que solicitó la Subdirección de Exploración de Petróleos Mexicanos, el cual consta de cinco secciones. El proyecto es un estudio integrado cuyo propósito es la definición del marco geológico del play del Paleoceno Wilcox en la Cuenca de Burgos, mediante el análisis estructural, estratigráfico, petrográfico, petrofísico y sísmico, en la Cuenca de Burgos.

El objetivo de este trabajo es el de identificar y caracterizar las litofacies de los pozos Zinfandel – 1, Alicata –1 y Flamante – 1 del Paleoceno Wilcox ubicados en el cubo China – Barrilete de la Cuenca de Burgos.

2.3 Antecedentes

La exploración de la Cuenca de Burgos inicia en la década de 1930, en los estados de Tamaulipas y Nuevo León. Actualmente, ésta cuenca es la principal productora de gas no asociado en México, la cual está en una etapa de exploración y explotación madura. Su columna sedimentaria siliciclástica terciaria, relacionada con el desarrollo de sistemas deltaicos, que llegan a tener un espesor aproximado de 10, 000 m, está asociada a una serie de eventos que dan lugar al desarrollo de sistemas de fallas normales regionales con orientación general NW – SE, relacionándose a ellas los principales yacimientos, que a la fecha suman un total de 185 campos, con una producción acumulada de 5,772 mmmpc y una producción diaria que recientemente alcanzó los 1,035 mmpc.

2.3.1 Geofísicos

En el área se han realizado estudios de sismología 2-D y 3-D. Dentro de los estudios realizados, se encuentran el estudio sismológico 2-D Romo-Barril el cual fue realizado por la Compañía COMESA en el año 2000, el pozo Flamante-1, quedó en los límites del estudio sismológico 3-D Peña Blanca Sur – Benavides realizado por Petróleos Mexicanos, determinante para la visualización del perfil de las posibles estructuras que dieron lugar a la localización Flamante-1, también de este estudio se interpretó la línea 5340, donde se perforó el pozo Surco-1, en forma direccional alcanzando sus objetivos, quedando en una estructura anticlinal orientada norte-sur, truncada por la falla normal al poniente y antitética al oriente y por dos fallas de crecimiento con caída al oriente respectivamente.

2.3.2 Geológicos

La Cuenca de Burgos inició su exploración desde los años 1920 a 1930 por compañías extranjeras cuyos reportes no están disponibles.

En 1969 se presenta la primera síntesis geológica de la Cuenca de Burgos elaborada por Yzaguirre, Rodríguez Santana, Sandoval Cambranis, García del Ángel y Castillo Chavira, en la cual establecen un panorama general de la estratigrafía de la cuenca mediante la descripción litológica de muestras de canal, registros eléctricos de algunos pozos y algunos controles paleontológico.

Echánove en 1976 elaboró un estudio regional pero más detallado, en el que se interpretó por primera vez eventos transgresivos y regresivos para la cuenca.

En 1992 Pérez Cruz realizó la Evolución Geológica de la Cuenca de Burgos, en donde considera la estratigrafía de secuencias y geología estructural de toda la región, interpretando numerosos perfiles sísmicos a diferentes escalas, desde los locales de aproximadamente 40 Km. de largo hasta regionales de 400 Km. de longitud que abarcan hasta el talud continental del Golfo de México.

En 1994 a 1995 se elaboró un estudio regional del Potencial Remanente del Terciario del Proyecto Integral Burgos, por PEMEX (informe inédito 1998), donde se delimitan de manera general los plays de la Cuenca de Burgos a través de interpretaciones de secciones sísmicas e informes finales de pozos.

Hasta la fecha, se han perforado 28 pozos en el área, los cuales han cortado una columna sedimentaria que va desde el Reciente hasta el Cretácico Superior Méndez.

La columna estratigráfica representativa del área está dada por las columnas de los pozos Barrilete-1 y Otoño-1 siendo los más completos del área.

Los yacimientos de hidrocarburos en el área están asociados principalmente a trampas estructurales y en segundo lugar a trampas estratigráficas y combinadas.

Las trampas estructurales son del tipo anticlinal, a consecuencia del plegamiento y al fallamiento. Las trampas estratigráficas y combinadas se encuentran representadas por acuíferos de arenas y discordancias.

Capítulo 3 MARCO GEOLÓGICO

En este capítulo se discutirán de forma general y regional, los principales eventos geológicos ocurridos en la cuenca de Burgos y en forma más detallada, se analizarán los principales eventos tectónicos – sedimentarios del Terciario.

3.1 Marco Tectónico – Estructural.

El origen de la cuenca de Burgos y de los paleoelementos del Noreste de México, están asociados a la apertura del protogolfo de México en el Jurásico Medio, como resultado de una etapa de ruptura (rift) acompañado de un fallamiento normal (Pérez, 1992)

Al concluir esta época, una subsidencia diferencial entre los bloques de basamento, da paso a depósitos marinos en el área. La sedimentación empieza durante el Calloviano, con la presencia de evaporitas, las condiciones de plataforma somera continúan presentes hasta el Oxfordiano con carbonatos de aguas someras arcillosas, así como capas rojas y evaporitas. En el área circunvecina a los paleoelementos positivos, la sedimentación fue predominantemente clástica. En la parte alta del Jurásico Tardío (Kimmeridgiano-Tithoniano) al continuar los movimientos de subsidencia, las condiciones fueron de aguas más profundas, dando margen al depósito de carbonatos arcillosos y arcillas.

A partir del Berriasiano cesaron los movimientos horizontales de placas asociados con la apertura del Protogolfo de México, dando paso a una sedimentación predominantemente calcárea con influencia de evaporitas y presencia de terrígenos en las márgenes de las áreas que aun permanecían emergidas. Los ambientes de depósito a partir de esta época y hasta el término del Cretácico Temprano, varían de plataforma interna a mar abierto.

A fines del Cretácico Tardío se manifiestan los primeros movimientos del evento Laramide mediante un levantamiento en la parte oeste. Al término de esta época e inicios del Terciario, los movimientos orogénicos alcanzaron su máxima expresión, incrementando con esto el aporte de clásticos. Asociado a este fenómeno, durante el Paleoceno, una

plataforma inestable con movimientos verticales y basculamientos, favorecieron el desarrollo de fallas normales escalonadas al oriente.

En el Eoceno Temprano se inicia el desarrollo de fallas de crecimiento, que forman estructuras rollover. Durante el Eoceno Medio-Tardío la actividad de las fallas de crecimiento se desplaza hacia el oriente de la cuenca y las fallas postdepósito siguen actuando.

Durante el Oligoceno, las fallas de crecimiento alcanzan su mayor desarrollo, en tanto que para el Mioceno Tardío éstas dejan de actuar.

3.2 Marco Estratigráfico

Terciario

A fines del Cretácico y principios del Terciario debido a los efectos del evento Laramide, se establece en el área que hoy ocupa la Cuenca de Burgos, una extensa plataforma de bajo relieve con inclinación hacia el oriente, dando lugar a una gran variedad de ambientes, entre los que tenemos depósitos fluviales, deltaicos y de mar abierto, que desarrollan potentes espesores de arenas y arcillas del Paleoceno al Reciente. Por otra parte, los rangos de subsidencia, asociados al desplazamiento de los depocentros de los ríos Grande, Houston y Mississippi (Galloway, 1989), dan pauta al arreglo y distribución de los sedimentos para este tiempo. (fig.2)

Paleoceno

Durante el Paleoceno Temprano una transgresión marina marca el inicio de una sedimentación fina, dando lugar a depósitos arcillo-arenosos de ambientes de plataforma media-externa a batial superior con desarrollos de areniscas turbidíticas que corresponden a la Formación Midway. (fig.2)

Para el Paleoceno Tardío un evento regresivo, producto de una caída del nivel del mar, así como el ajuste regional del depocentro del Río Houston, da lugar al incremento de cuerpos arenosos dentro de una secuencia arcillo-arenosa que constituye a la Formación Wilcox. (fig.2)

Paleoceno Midway

La formación Midway está constituida por lutita gris oscuro, semidura, arenosa, calcárea, presenta alternaciones de areniscas gris claro y gris oscuro, de granos finos de cuarzo, subredondeados, regularmente clasificados, semicompacta, en matriz arcillosa y cementante calcáreo.

El ambiente de depósito corresponde a nerítico medio – proximal, basados en la biozona de *Pseudohastigerina wilcoxensis*, *Lenticulina wilcoxensis*, *Lenticulina midwayensis*, *Pseudoglandulina manifiesta*, *Vaginulinopsis tuberculata*, *Haplopragmoides topagorukensis*, *Nodosaria affinis*, *Globigerina sp*, *Anomalita sp*, *Ostracodos*. (fig.2)

Paleoceno Wilcox

La formación Paleoceno Wilcox está constituida por una secuencia de lutita gris oscuro, semidura arenosa y calcárea, con alternancia de areniscas gris claro y gris oscuro de granos finos de cuarzo, subredondeados, regularmente clasificados, semicompacta, en matriz arcillosa y cementante calcáreo. En el Paleoceno se distingue una potente secuencia sedimentaria compacta de aproximadamente 1000 m. cortada por el pozo Neira-1.

La biozona presente es *Morozovella angulata*, *Morozovella unzinata* y *Vaginulinopsis tuberculata* con las cuales se le asignó la edad Paleoceno Medio.

El depósito de esta formación se llevó a cabo en un ambiente marino indiferenciado, en algunos casos no se puede determinar el ambiente ya que la fauna encontrada es muy escasa y ofrece poca preservación. (fig.2)

Eoceno Wilcox

La formación Eoceno Wilcox está constituida por una secuencia de lutita gris claro y gris oscuro, suave a semidura, arenosa y ligeramente calcárea. Alterna con horizontes arenosos de color gris claro, de granos finos de cuarzo, subredondeados, regularmente clasificados,

semicompacta, en matriz arcillosa y cementante calcáreo, ésta secuencia se encuentra depositada concordantemente sobre la secuencia areno-arcillosa del Paleoceno Wilcox. Las arenas encontradas en esta secuencia son de mejor calidad en cuanto a su granulometría y poca arcilla, con base en el análisis del comportamiento de las curvas del registro de inducción, se observa que de forma general la granulometría es de gruesos hacia arriba. En el registro de echados del pozo Flamante-1, se observa un comportamiento caótico en las zonas arenosas limpias, sin distinguirse en forma clara el rumbo de los echados dominantes y en las zonas de mayor arcillosidad predominan los echados del Noroeste – Sureste, pudiendo quizás tratarse de antiguos canales de corrientes trenzados en las partes intermedias hacia la paleolínea de costa. (fig.2)

El medio de depósito donde se llevó a cabo esta sedimentación corresponde con ambientes de nerítico interno distal a nerítico interno proximal. Por su posición estratigráfica y por la fauna *Acarinina soldadoensis* se le asignó una edad del Eoceno Inferior.

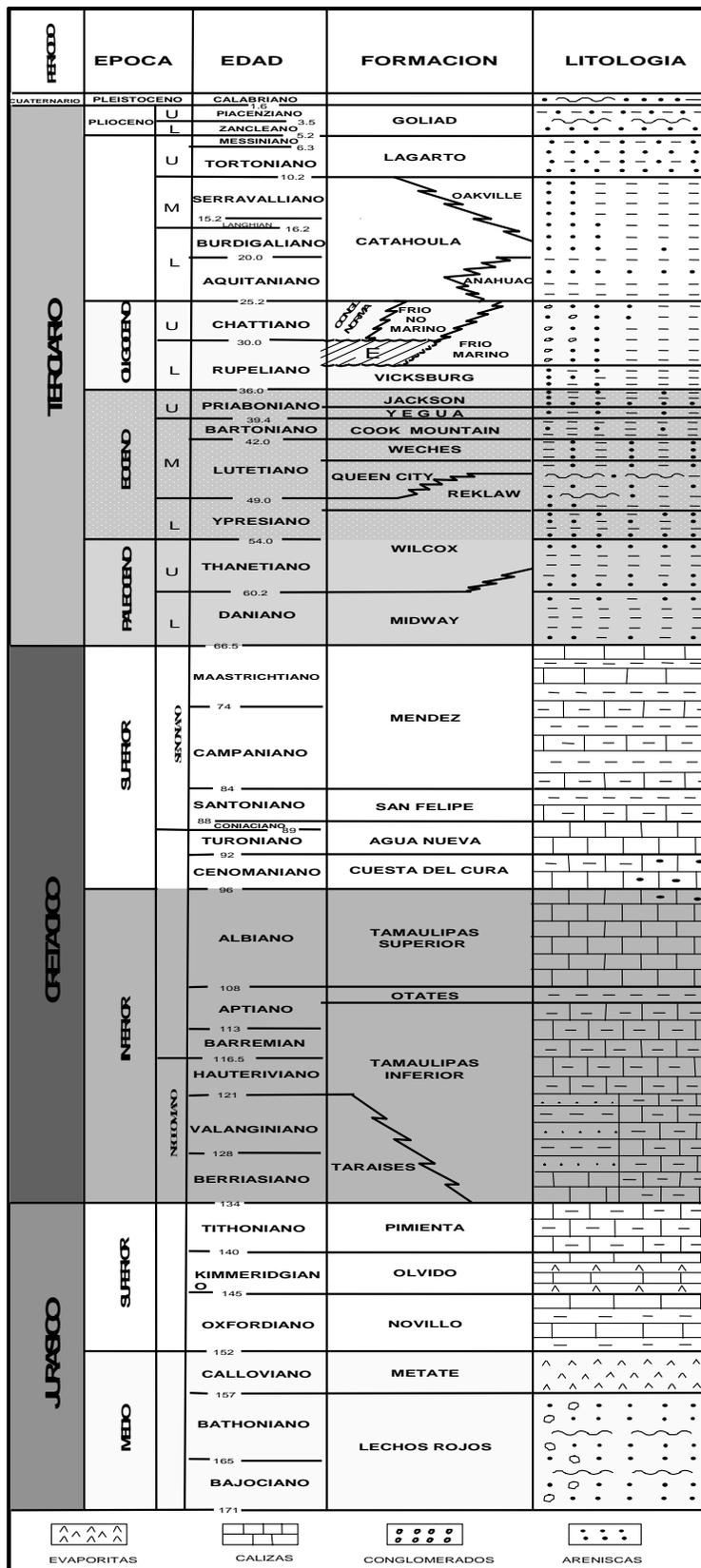


Fig.2 Columna Estratigráfica de la Cuencas de Burgos

3.3 SISTEMA PETROLERO

En la Cuenca de Burgos se tiene identificado el sistema petrolero Wilcox. La evidencia para la postulación de esto, se basa en la existencia común de roca generadora, que presenta buenas condiciones de cantidad, calidad y madurez de la materia orgánica para la generación de hidrocarburos, relacionadas con las rocas almacenadoras y sello, así como los procesos que incluyen la formación de la trampa-generación-migración y acumulación de los hidrocarburos.

Este sistema se encuentra ubicado en la parte centro-occidental de la cuenca, a manera de franja norte-sur, y las rocas generadoras son las gruesas secuencias arcillosas de las formaciones Midway, Wilcox del Paleoceno y Wilcox del Eoceno, considerada esta última como la principal.

Roca generadora

El potencial generador de esta roca va de pobre a bueno en sentido W-E, ya que sus facies varían en este mismo sentido desde salobres hasta nerítico externo e incluso batial superior, con valores de COT que fluctúan entre $< 0.5\%$ a 2.0% y materia orgánica del tipo III y II. Por lo que respecta a su madurez, los valores de R_o varían entre < 0.5 en la región occidental a 2.0% en la porción central, ubicando a esta última en la ventana de generación de gas húmedo.

Roca almacenadora

La principal roca almacén para el sistema Wilcox la constituyen cuerpos de areniscas dentro de la formación Wilcox, depositados en un ambiente de frente deltaico dominado por el oleaje. Los espesores brutos de la roca almacén fluctúan entre los 18 y 50 m, mientras que los rangos de porosidades varían entre 11 y 20 %.

Los sistemas regionales de fallas de expansión ejercieron una gran influencia en el depósito de estos cuerpos arenosos, ya que originaron grandes depocentros en los bloques bajos de las fallas.

Roca sello

El sello principal lo constituyen los gruesos espesores de lutitas intercaladas con los cuerpos de areniscas, dentro de la formación Wilcox.

Trampa

Para este sistema, los tipos de trampas dominantes son estructuras rollover asociadas a las fallas de crecimiento, así como cierres contra falla en bloques altamente compartimentalizados.

Sincronía y migración

Las rutas de migración son de tipo vertical y lateral, probablemente la migración se efectuó inmediatamente después de la generación de los hidrocarburos a partir del Paleoceno Tardío – Eoceno Temprano (58.5 – 49.5 m.a.). El alineamiento de los campos de gas asociados a los sistemas de fallas regionales expansivas que se han observado tanto en el Distrito IV de Texas como en la Cuenca de Burgos, sugiere que la migración de los hidrocarburos estuvo sujeta a un control tectónico que también fue el responsable de la distribución y espesor de los cuerpos arenosos que constituyen los principales yacimientos, caracterizados por la mezcla de metano de origen termogénico y biogénico con contenidos de gas húmedo que varían de 5 a 20 %, así como a la distribución y tamaño de las trampas, la madurez de los focos de generación de las rocas generadoras y las rutas de migración entre los focos de generación y las trampas (Echánove, 1988).

Capítulo 4 METODOLOGÍA

Para realizar el estudio petrográfico se analizaron veinte láminas delgadas, distribuidas en tres pozos en intervalos que varían de 2297m a 2649m de profundidad, estos pozos son: **Zinfandel – 1 (2474m – 2570m)**, **Alicata – 1 (2577m – 2649m)** y **Flamante – 1 (2297m – 2340m)** (fig.3)

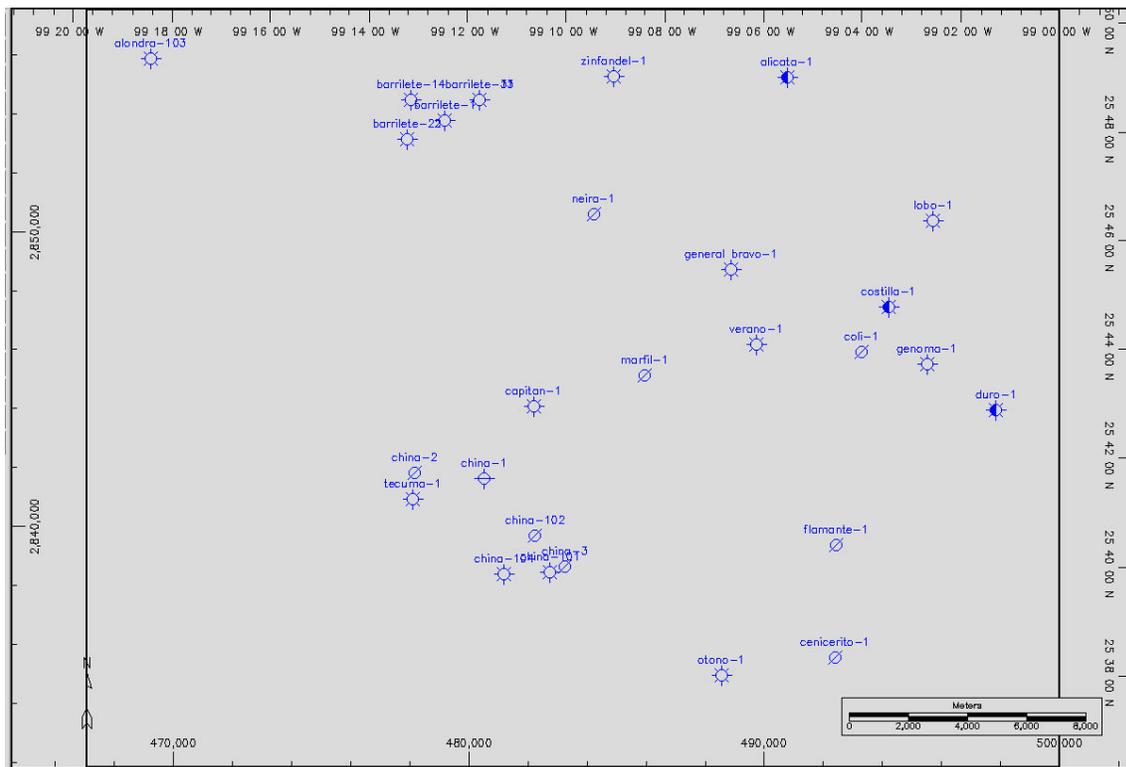


Fig.3 Mapa en el que ubican los pozos Zinfandel – 1; Alicata – 1 y Flamante – 1

Con el análisis petrográfico se clasifican las muestras en función del contenido de los terrígenos y la matriz, se describen los atributos texturales como son: tamaño, redondez y clasificación o selección; se interpreta el ambiente de depósito y se trata de determinar su expresión en los registros de Rayos Gamma de cada pozo.

Se utilizaron correlaciones tanto de registros de pozo como sísmicas para construir un marco regional cronoestratigráfico del Paleoceno Wilcox.

Equipo

El equipo utilizado para el desarrollo del análisis correspondiente es:

Microscopio Petrográfico Leica.- Con objetivos 5X, 10x, 20X, 50X y 100X, binocular Periplan 10X/ 20.

Microscopio Petrográfico Leitz Laborlux.- Con objetivos 10X, 20X, 40X, 60X y cámara fotográfica Wild MPS 51S para la toma de impresiones.

Analizador de imágenes.- Equipo que consta de un microscopio petrográfico/minerográfico, marca Nikon equipado con objetivos 5X, 10X, 20X, 40X, 60X, cámara marca Hitachi CCD modelo KP MIE/K blanco y negro, software Omnimet (distribuido por Buelher) que opera bajo ambiente Windows.

El software detecta hasta 250 tonalidades de grises entre el blanco y el negro, emitido por la difracción de los minerales en una lámina delgada o una superficie pulida. Estas tonalidades son analizadas en píxeles y proporciona información como: tamaño y porcentaje de las fases minerales con intervalos de intensidades de grises similares.

Cabe mencionar que el tamaño de grano obtenido con el analizador de imágenes se expresa en unidades calculadas por la norma americana ASTM – 96255, por lo que, para su análisis es necesario utilizar la equivalencia correspondiente en milímetros.

Contador de puntos marca James Swift modelo F

El análisis de los registros eléctrico SP y Rayos Gamma, se realizó con el software denominado Petrel desarrollado y distribuido por Schlumberger.

Información recabada

Éste trabajo es parte de un estudio integral y la información fue proporcionada por PEMEX en la Ciudad de Reynosa.

La información sísmica, bioestratigráfica, petrofísica, geoquímica y registros de pozo con la cual se contó es la siguiente:

Sísmica 3D del cubo China-Duna

2 Cubos de velocidades y 23 TZ

50 Archivos LAS de registros de pozos

12 Informes finales y 7 Paleontológicos

20 Láminas delgadas útiles

4 Estudios petrofísicos de Core Lab

4 Mapas base

Se analizó y validó la información adquirida, con el apoyo de los participantes en el proyecto integral. De igual manera se mantuvo comunicación constante con el personal del proyecto Los Herrera, en la Cd. De Reynosa, Tamaulipas, ya que éste se encuentra adyacente al área de estudio.

Delimitación del Paleoceno Wilcox

Se utilizaron correlaciones tanto de registros de pozo como sísmicas para construir un marco regional cronoestratigráfico del Paleoceno Wilcox.

Con el apoyo de los integrantes del grupo, utilizando los registros geofísicos, la información paleontológica e informe final de pozos se identificaron la cima del Paleoceno Wilcox y su base y se interpretaron dos horizontes más, para poder tener un mejor control geométrico del Paleoceno Wilcox. (fig.4)

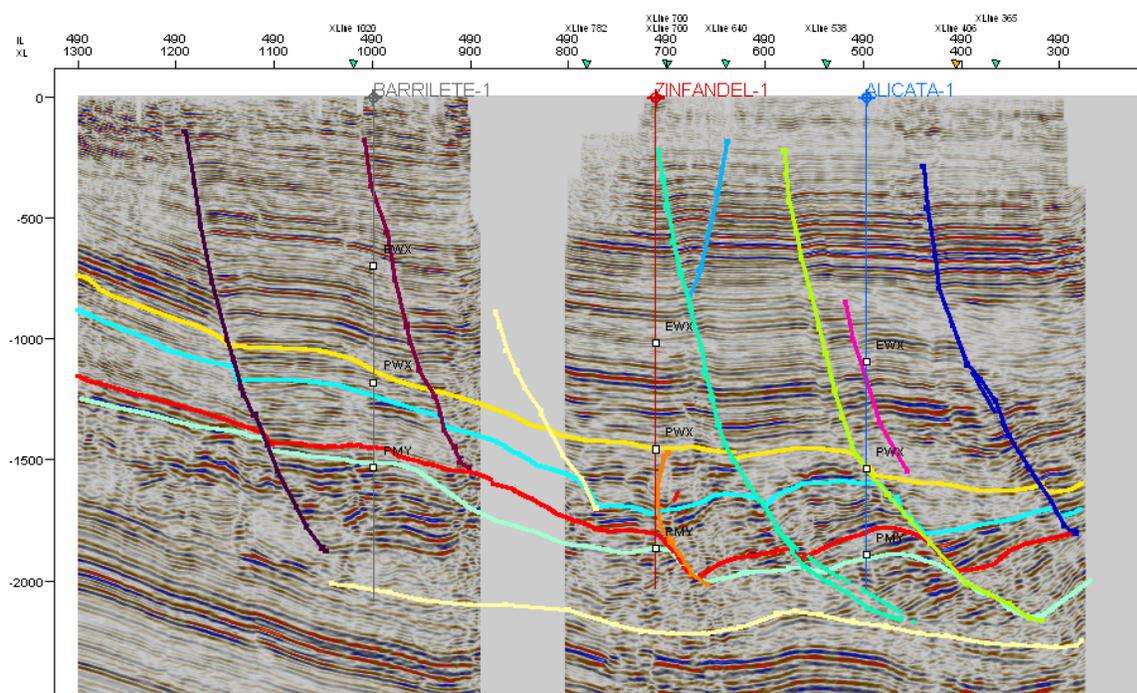


Fig.4 Sección sísmica con interpretación de la entrada del Paleoceno Wilcox y paleoceno Midway, en la porción norte del cubo China - Barrilete

Los pozos que se encuentran dentro del área y se utilizaron para tal efecto son: Zinfandel-1, Alicata-1, Barrilete-1, Neira-1, General Bravo-1, Costilla-1, Coli-1, Verano-1, Marfil-1, Capitán-1, China-1, Tecuma-1, Flamante-1, Cenicerito-1, Otoño-1, Surco-1.

Los pozos que están fuera del área pero que también se utilizaron son: Calabaza-1, Duna-1, Talud-1, Duro-1 y Genoma-1.

Se le dio más énfasis a los pozos productores del Paleoceno Wilcox: Zinfandel-1, Verano-1, China-1 y Surco-1.

Para corroborar la base y la cima del Paleoceno Wilcox, se utilizaron los sismogramas sintéticos, y los Vsp de los pozos Surco-1, Duna-102, Duro-1, Flamante-1, Talud-1 y Alicata-1

Los datos paleontológicos utilizados en el estudio, lo cual incluye la edad de los fósiles índice clave, fueron aportados por PEMEX; estos datos se utilizaron para limitar la edad de los intervalos estratigráficos que se delinearon en este estudio. (fig.5)

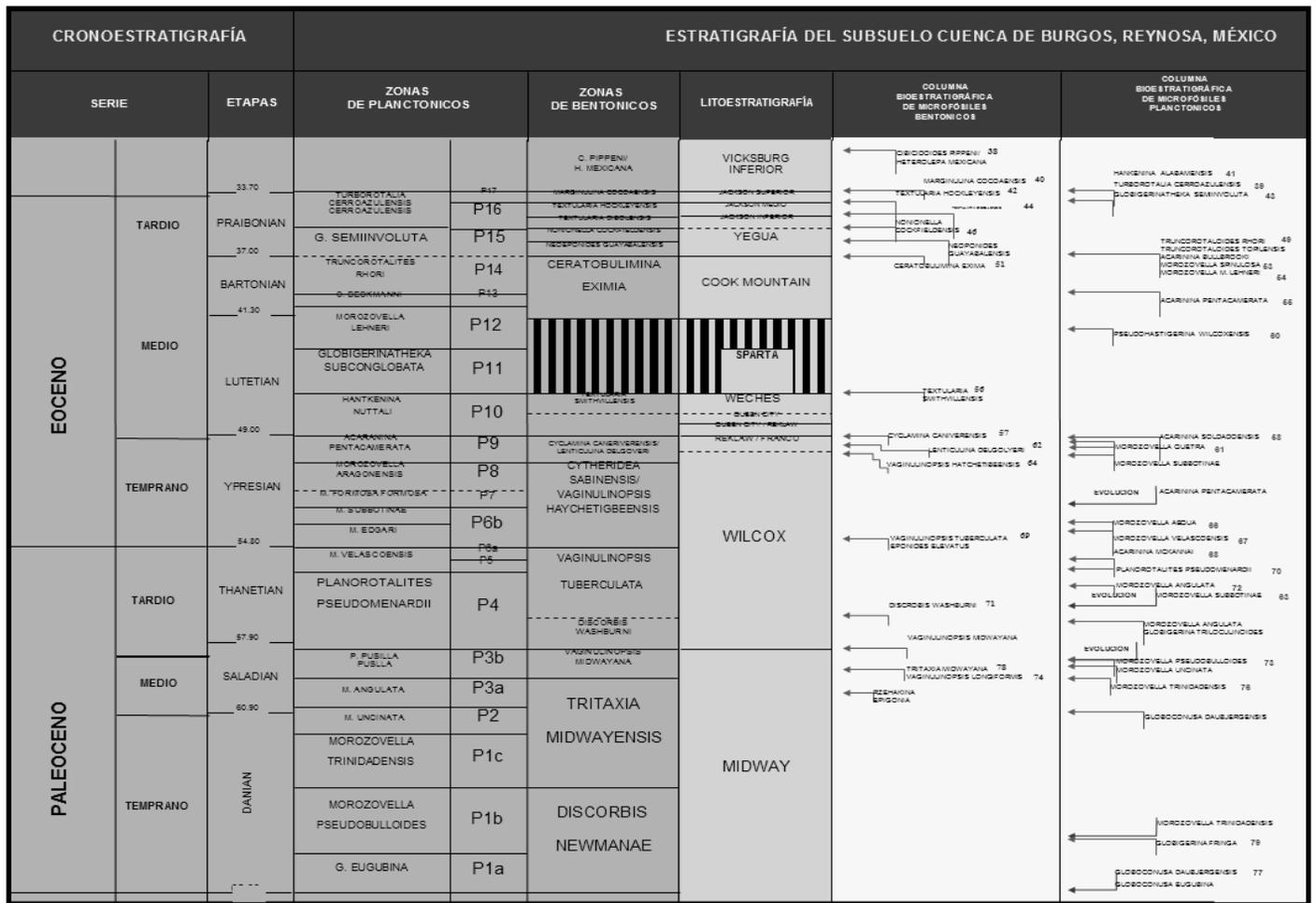


Fig 5. Carta cronoestratigráfica y bioestratigráfica de la Cuenca de Burgos (Activo Integral Burgos)

4.1 Atributos texturales

Debido a que las rocas sedimentarias son una asociación de fases minerales, es evidente que muchas de sus propiedades dependerán de las características de partículas aisladas, propiedades correspondientes a la textura que es la asociación y la interrelación entre las partículas.

La forma y redondez de los sedimentos son términos comúnmente empleados para descifrar el ambiente de depósito, ambos dependen del medio y del tipo de transporte.

Algunas características de las partículas como tamaño, selección, forma y redondez, también llamados atributos texturales, son de gran importancia en la interpretación de ambientes sedimentarios.

Se puede definir la textura como la organización elemental del sedimento a la escala de las partículas que lo constituyen; éste concepto tiene un fuerte significado dinámico, puesto que sus elementos se modifican a lo largo de la evolución del sedimento.

Las características texturales de las rocas sedimentarias clásticas son:

- a) Tamaño.- Que es función de la disgregación mecánica de la roca y litología de la fuente de aporte.
- b) Selección.- Resultado de la competencia del agente de transporte.
- c) Forma.- Depende de la modificación mecánica de los granos individuales.
- d) Redondez.- Se incrementa con la intensidad de transporte.

4.1.1 Tamaño

En la actualidad existe una gran variedad de métodos por los cuales se puede medir el tamaño de las partículas. Dos de ellos son medir 1) el diámetro y 2) el volumen de la partícula, este último se limita a sedimentos no consolidados.

El diámetro de una partícula se encuentra lejos de ser un factor fácil de medir, porque existe un número infinito de formas de las partículas y la diversidad del tamaño de grano en partículas sedimentarias es casi infinita, ya que el tamaño varía de entre menos de un micrómetro a algunos decímetros de diámetro, mientras tanto la medida del volumen de un gran número de granos es difícil y requiere tiempo.

El tamaño del grano se define por el diámetro, éste se mide directamente o indirectamente por tamizado a través de mallas, dando el diámetro más pequeño que atraviesa, o por el diámetro de una esfera que con igual densidad tenga la misma velocidad de sedimentación en un fluido determinado. Las técnicas de medida están condicionadas por la propia dimensión del grano: medida directa en los tamaños grandes, tamizado o microscopio en tamaños de arena y microscopio electrónico en las partículas más finas.

Las características de tamaño de las partículas se representan generalmente en forma gráfica mediante curvas de frecuencia o histogramas, que permiten visualizar la cantidad de granos en cada intervalo de tamaños. En las curvas de frecuencia el eje de tamaños se presenta a escala logarítmica, o se transforma a escala Φ , definida como el logaritmo negativo de base 2 del tamaño de grano en milímetros ($\Phi = -\log_2$ diámetro). Las curvas de frecuencia normal presentan formas acampanadas, con una o más modas. Si la representación es acumulada, la curva de frecuencia toma forma de "S" si el eje de frecuencia es aritmético, o una línea recta si el eje de frecuencia se representa en escala probabilística, lo que permite una rápida interpretación de las características del tamaño.

El tamaño se expresa en función de un diámetro, pero al no ser los granos esféricos hay que referirlos al modo de medida, una de las referencias lineales que se utiliza es el diámetro de malla (Corrales, 1977)

El tamaño de grano es una medida de la energía media de sedimentación y de la energía de sedimentación de la cuenca. En general los sedimentos gruesos constituyen un ambiente de mayor energía y los sedimentos finos un ambiente de baja energía. (Reineck, 1975)

El tamaño es una característica textural muy importante en rocas clásticas, ya que proporciona información acerca de las condiciones dinámicas de transporte y depósito. (Krumbein, 1963)

Existen tres grandes clases de tamaño de granos que son clásicamente aceptadas en rocas clásticas:

- a) Grava (mayor de 2 mm)
- b) Arena (entre 2 mm y 62 micrómetros)
- c) Lodo (menor a 62 micrómetros)

Términos descriptivos del tamaño

Textura	Término común	Término Griego	Término en Latín
Gruesa	Grava	Psefita	Rudita
Media	Arena	Psamita	Arenita
Fina	Arcilla	Pelita	Lutita

Las subdivisiones de estas tres clases se muestran en la siguiente tabla (tabla 1) junto con los nombres de rocas para cada clase de tamaños considerados. Cuando existe una fuerte distribución de tamaños de grano de la misma roca, se pueden combinar los nombres antes indicados.

Clasificación de rocas sedimentarias por el tamaño de los clastos					
según WENTWORTH			según DIN 4022		
Grano diametro (mm)	Subdivisión	Denominación (roca)	Clasificación segun DIN 4022	Grano diametro (mm)	
0,0002 mm	pelítica	Pelita	Arcilla	—	
0,002 mm				Limo	fino 0,002 mm
0,02 mm					medio 0,0063 mm
0,2 mm	psamítica	Arena	Arena	grueso 0,02 mm	
2mm				Gravas	fino 0,063 mm
2cm					medio 0,2 mm
20 cm	psefítica	Grava	Piedras	grueso 0,63mm	
				Bloques	fino 2mm
				medio 6,3mm	
				grueso 20mm	
				63mm	

Tabla 1. Clases granulométricas utilizando la escala de Wentworth

La determinación del tamaño de los minerales presentes, en las láminas delgadas pertenecientes a los pozos del área de estudio, se llevó a cabo con la utilización del analizador de imágenes, ya que con este equipo los resultados además de ser más exactos, se obtienen representaciones gráficas de la distribución de estos.

El análisis del tamaño consta de dos etapas:

La primera consiste en determinar en forma general el tamaño de grano por medio de una aplicación del software, la cual permite conocer de cierta forma cualitativa los tamaños máximos y mínimos de los granos minerales y las dimensiones de las fracturas y poros presentes en cada muestra.

En la figura 6 se presenta la imagen de una lámina delgada perteneciente al pozo Alicata – 1, en la cual se observan los terrígenos flotando en una matriz de sericita, el tamaño obtenido con el analizador de imágenes de los granos oscila entre los 25 a 50 micrometros,

mientras que la microfractura que se observa en la parte central superior, varia de 55 micrometros a 110 micrometros.

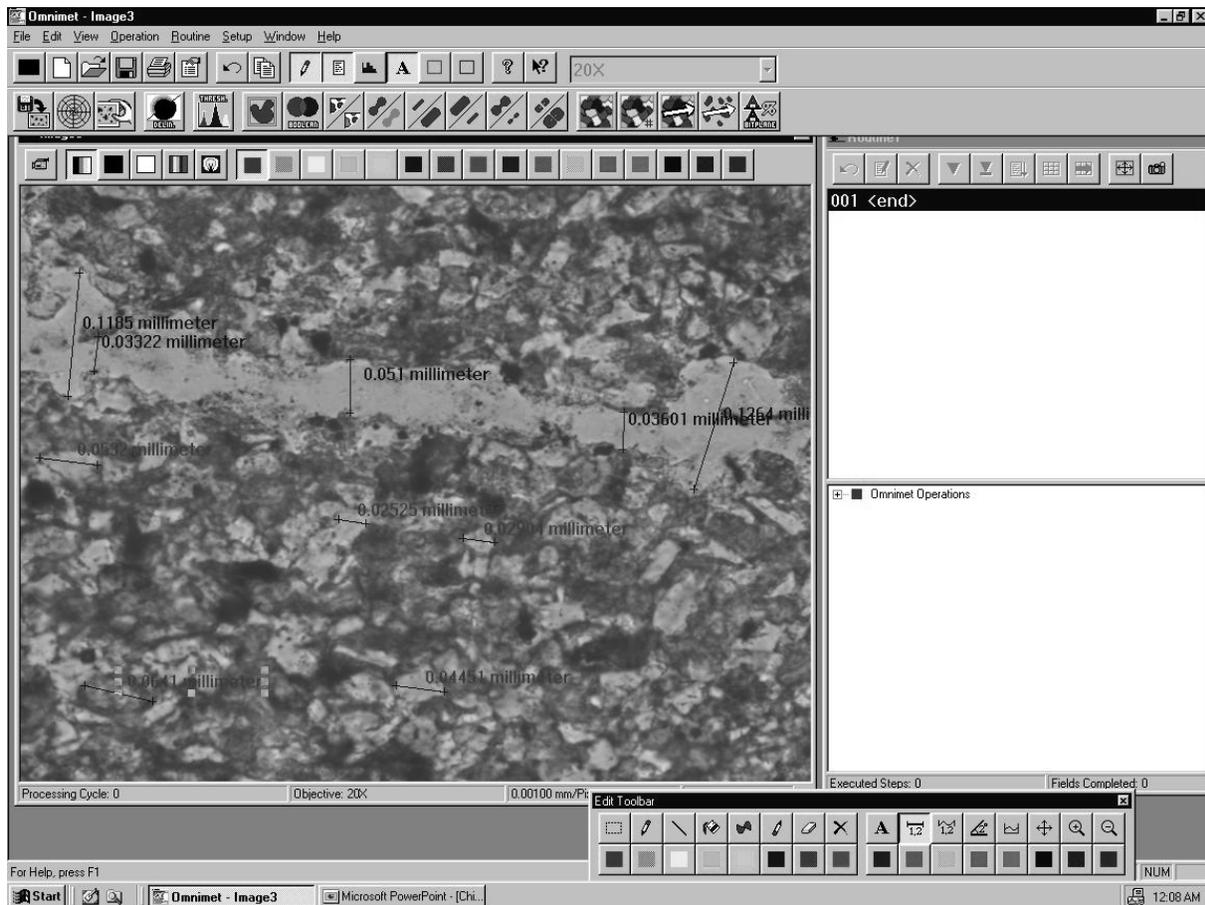
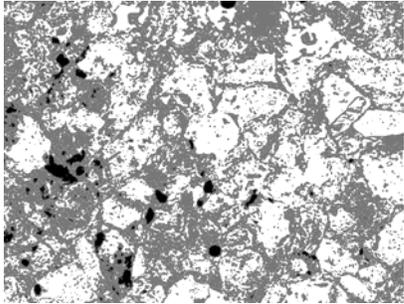


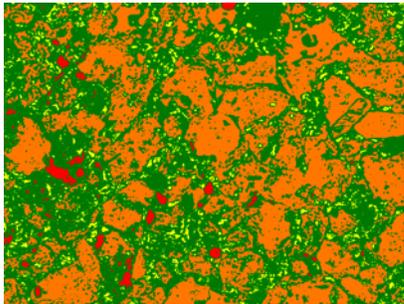
Fig.6 Primera etapa para determinar el tamaño de grano utilizando el analizador de imágenes en una lámina delgada perteneciente al pozo Alicata - 1

La segunda etapa determina el tamaño de las fases minerales presentes en cada lámina al seguir la siguiente secuencia propuesta: (fig.7)

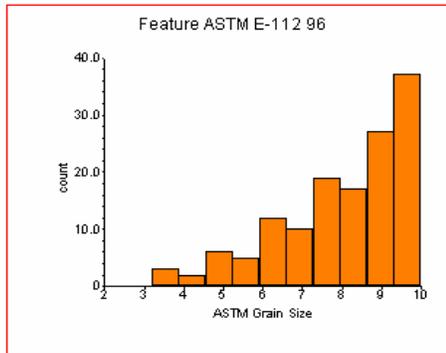
1. Obtención de la imagen de la lámina delgada (fig 7 a).
2. Procesamiento para separar las fases minerales con respecto a la matriz y/o cementante (fig 7b).
3. Procesamiento de las fases minerales del tamaño de arenas (fig. 7c)
4. Procesamiento de las fases minerales del tamaño de los limos (fig. 7d)



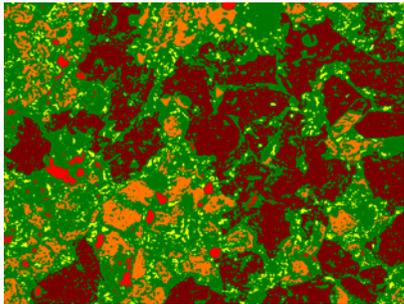
a



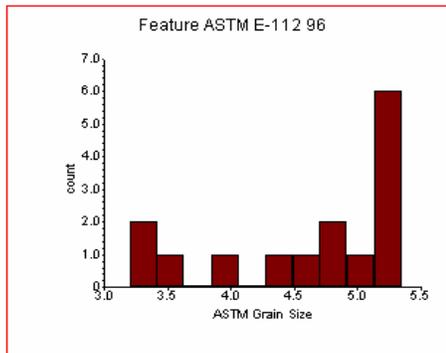
b



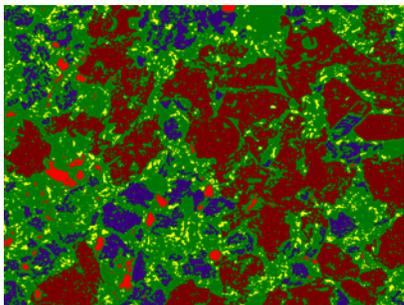
Field Summary	
Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.9972
Min:	3.20083
Mean:	8.00494
Std Dev:	1.63337
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	138
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



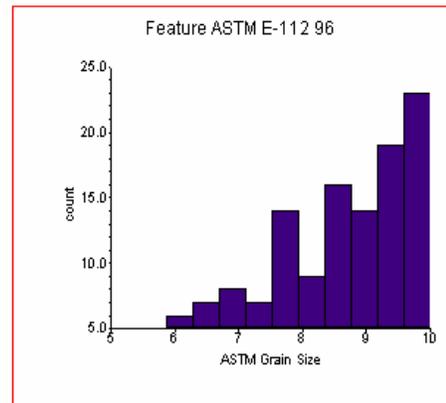
c



Field Summary	
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.34425
Min:	3.20083
Mean:	4.60935
Std Dev:	0.761985
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	15
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



d



Field Summary	
Bitplane	Limos
Max:	9.9972
Min:	5.87419
Mean:	8.41903
Std Dev:	1.15705
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	123
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Fig.7 Segunda etapa para determinar el tamaño de grano utilizando el analizador de imágenes

En la figura 7 se observa los histogramas correspondientes a cada una de las etapas propuestas para su procesamiento, cabe mencionar que los datos arrojados por el programa se encuentran reportados en tamaño de grano de acuerdo a la Norma ASTM, por lo cual los tamaños más finos se presentan en el lado derecho del histograma, en el ejemplo mostrado se tiene una distribución discontinua para los granos del tamaño de las arenas muy finas, lo que puede interpretarse como una redistribución de los sedimentos, mientras que para los granos del tamaño de los limos se observa una distribución continua.

4.1.2 Selección

La selección es la propiedad que describe la variabilidad del tamaño de grano en una roca sedimentaria clástica. Aquellas rocas que muestran sólo una clase granulométrica bien definida, en donde el tamaño de todas sus partículas es similar, se dice que está bien seleccionada. Por oposición, aquellas en que sus constituyentes presentan una gran diversidad de tamaños se denominan mal seleccionadas. La selección de una roca es una propiedad que condiciona fuertemente su porosidad y por lo tanto su comportamiento frente a la circulación de fluidos.

La forma cuantitativa de obtener la selección de una roca es:

$$\frac{\text{Tamaño más grande}}{\text{Tamaño más pequeño}} < 10 = \text{bien seleccionado}$$

$$\frac{\text{Tamaño más grande}}{\text{Tamaño más pequeño}} > 100 = \text{pobremente seleccionado}$$

La forma cualitativa de obtener la selección es utilizando la siguiente figura: (fig.8)

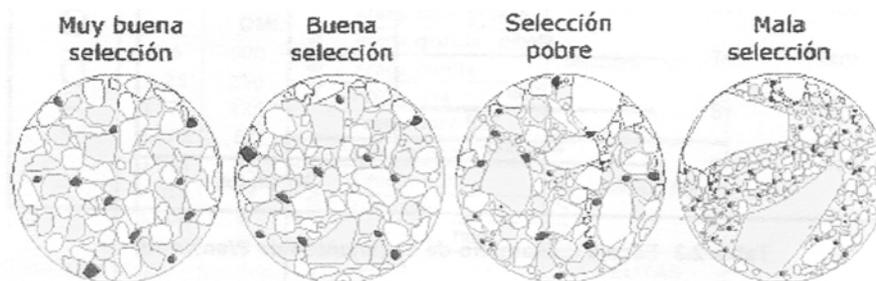


Fig.8 Determinación cualitativa de la selección propuesta por Simpson (1975)

Para determinar la selección de las muestras pertenecientes a los pozos Zinfandel – 1, Alicata –1 y Flamante – 1, se utilizó el diagrama de Simpson, ayudados con los tamaños obtenidos de forma general con el analizador de imágenes. (fig.9)

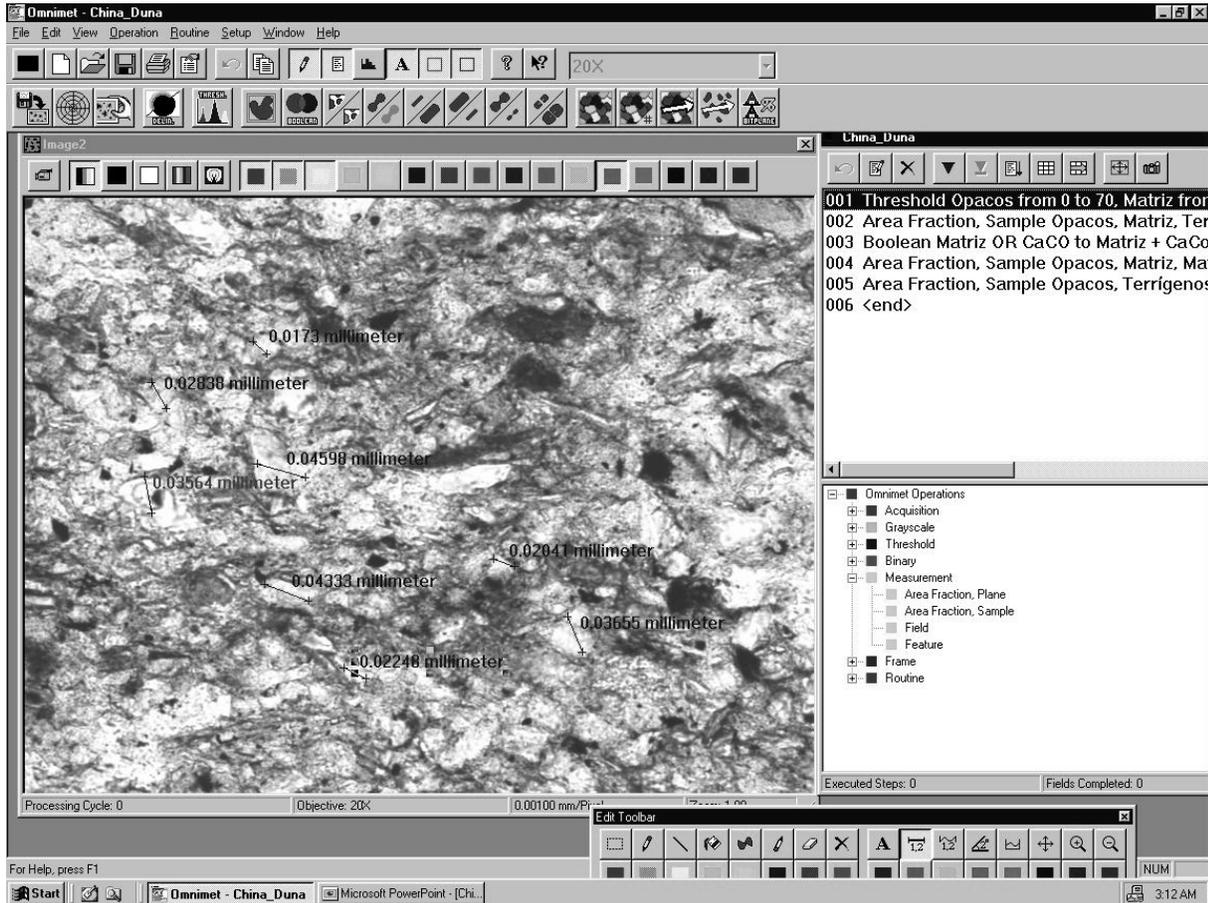


Fig.9 Tamaño de grano utilizando el analizador de imágenes en una lámina delgada perteneciente al pozo Flamante - 1

4.1.3 Forma y esfericidad

La forma puede expresarse en términos cualitativos, generalmente subjetivos y con terminología geométrica, donde existen parámetros que pueden ser medidos tales como esfericidad, el aplanamiento y el alargamiento.

La esfericidad es un concepto introducido por Wadell (1932) en el cual relaciona la forma del grano con una esfera de igual volumen.

La forma está relacionada con conceptos geométricos, como redondez y angulosidad, (fig.10) mismos que son de gran importancia para definir la forma de los sedimentos, además de controlar particularmente su comportamiento durante el transporte y depósito reflejando así la distancia que recorren las partículas (Krumbein 1963).

Las partículas sedimentarias muestran una gran variedad de formas geométricas, que dependen de su estructura interna y proporcionan información del origen e historia de la partícula, algunas son simples y simétricas, pero otras tienen formas extremadamente complejas (Davis, 1977).

La redondez y esfericidad, expresan la suavidad de los contornos y describen su grado de curvatura; oscila entre los términos de muy anguloso (con fuertes ángulos y ningún contorno suavizado) a muy redondeado (sin ningún tramo plano en su contorno convexo) descrito por Corrales (1977)

La redondez de las partículas se refiere a la uniformidad de los bordes y esquinas, la erosión física y las reacciones químicas contribuyen a estas características, en donde la abrasión es la más importante. (Davis, 1977)

La forma y redondez de los sedimentos son usadas para descifrar el intemperismo y transporte que sufrieron.

El término de esfericidad se refiere al grado en el cual la partícula se asemeja a una esfera, ésta es fuertemente influida por el origen de la partícula así como por la redondez. (Davis, 1992)

La esfericidad es la relación entre la longitud y la extensión de las imágenes, también puede expresarse como dn / D_8 , donde dn es el diámetro nominal (diámetro de la esfera de un mismo volumen) y D_8 es el diámetro de la esfera circundante.

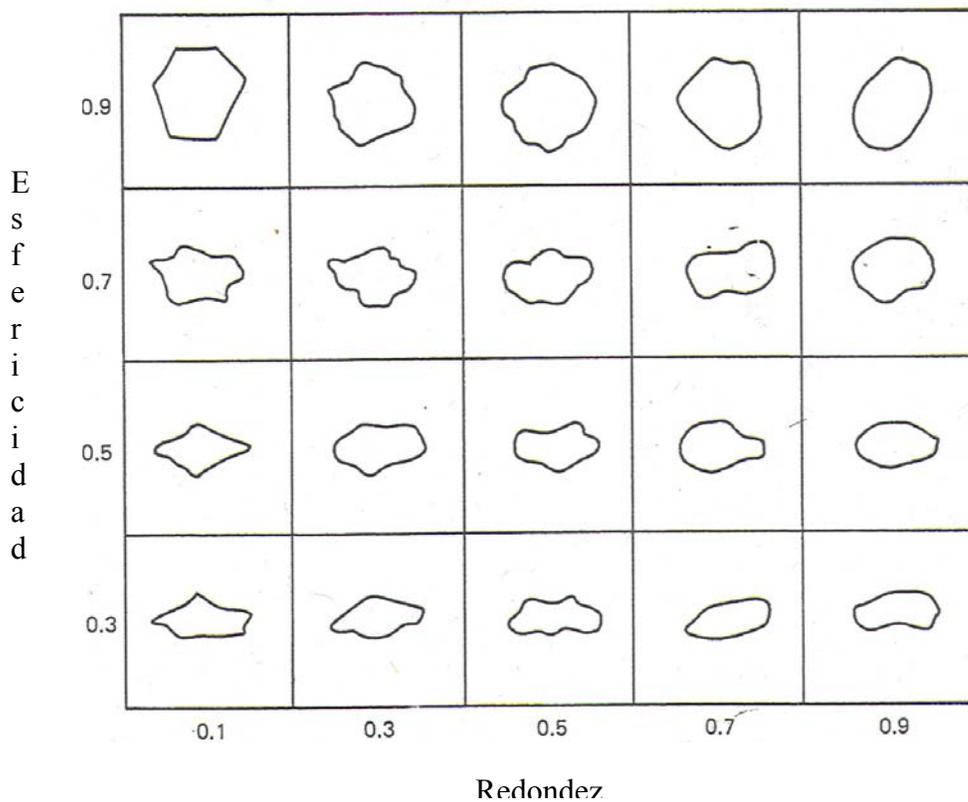


Fig.10 Estimación visual de redondez y esfericidad (Krumbein y Sloss 1963)

Sólo se utilizó el parámetro de redondez en este trabajo, puesto que al presentar fragmentos cristalinos de plagioclasas y no existir mucho transporte, la esfericidad no es de valores altos en la mayoría de los casos observados. En la figura 11 se tomo como valores de redondez de 0.1 a 0.3, ya que los terrígenos en todos los casos presentan un valor de esfericidad bajo.

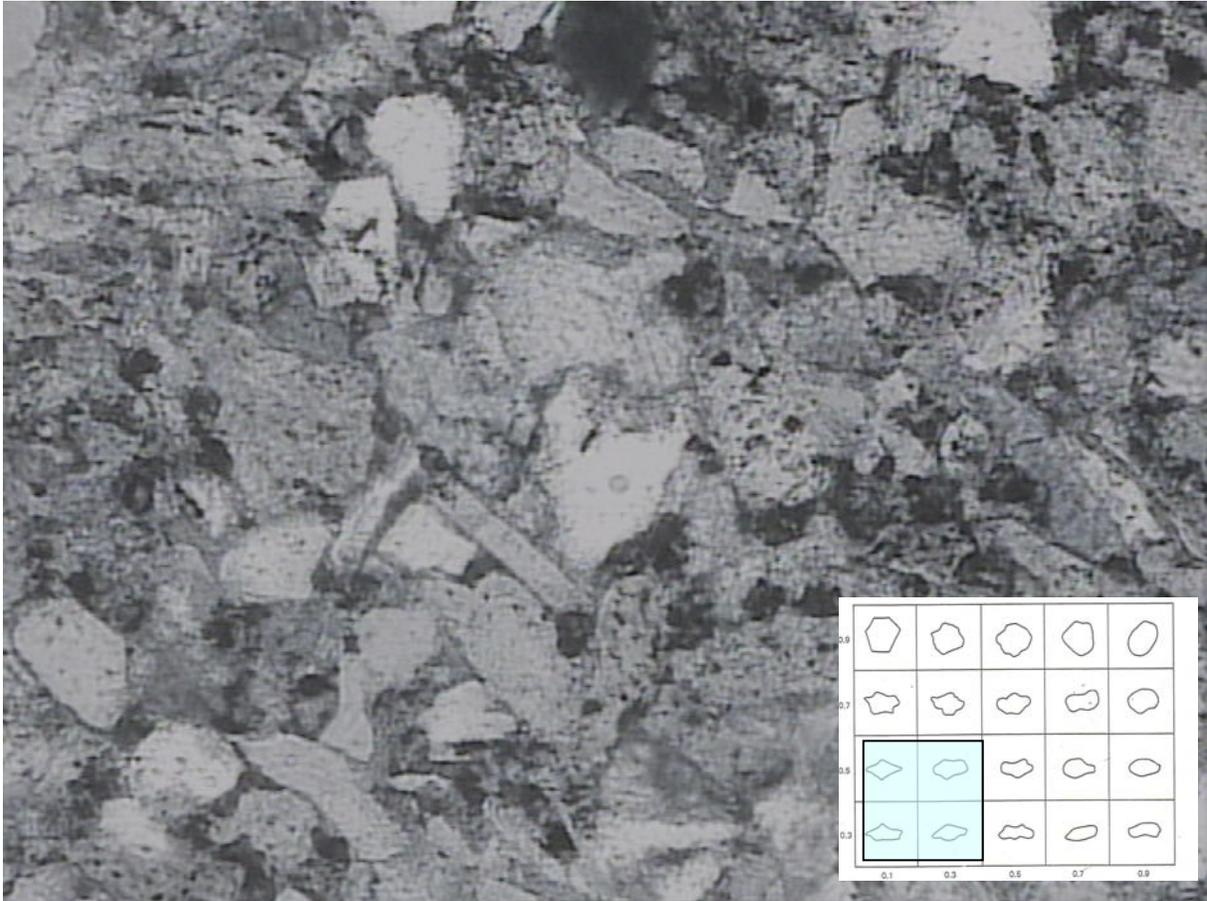


Fig.11 Estimación visual de la redondez de los terrígenos lámina delgada perteneciente al pozo Zinfandel - 1

4.1.4 Empaque

El empaque tiene que ver con el arreglo de los elementos clásticos de la muestra que se encuentran en contacto y puede ser mediante contactos puntuales, tangenciales, planares, cóncavos – convexos o suturados.

El estudio del empaque es importante para determinar la calidad del yacimiento, ya que cuando aumenta el empaque disminuye el volumen y tamaño de poro, afectando la permeabilidad.

En el depósito inicial el contacto entre granos es básicamente tangencial o puntual, pero conforme aumenta la presión, el área de contacto entre los granos es mayor y estos contactos se modifican (Pettijohn 1975), de tal manera que el contacto tangencial se modifica a planar, cóncavo o suturado dependiendo la intensidad de sepultamiento.

El cálculo del empaque de cierta forma es subjetivo, ya que depende del área de estudio de la muestra y sobre todo se tiene que tener cuidado con procesos de sobrecrecimiento de los granos que se observan.

Para determinar el índice de empaque de las láminas delgadas en las muestras de los pozos del área se utilizó el índice de proximidad de empaque propuesto por Kahn en 1956, que en esencia, número de granos entre el número de contactos que se encuentran lo largo de un hilo de la retícula del ocular.

$$X PI = \frac{GC}{N \times 100} \text{ donde;}$$

GC = Número de contactos a lo largo del hilo

N = Número de granos a lo largo del mismo hilo

4.1.5 Madurez

Es el grado de diferenciación que alcanza un sedimento frente al material original del que precede, el sedimento de tamaño homogéneo y bien redondeado se define así.

La textura tiene un fuerte significado dinámico puesto que sus elementos se modifican a lo largo de la evolución del sedimento.

Las características texturales pueden llegar a ser criterios de identificación del ambiente sedimentario.

Ambientes como el marino poco profundo, lagunar, llanuras de inundación, o abanicos aluviales tienen sedimentos texturales poco maduros, mientras que los ambientes fluviales, dunas o playas, originan sedimentos texturalmente maduros.

Las características texturales (composición, tamaño y forma del grano) permiten determinar la madurez del sedimento original. Se entiende como madurez el grado de abrasión y/o transporte, que se refleja en una mayor esfericidad en los sedimentos conforme son acarreados a mayores distancias. Es importante tomar en consideración que el grado de madurez puede alterar la interpretación de la composición total de los sedimentos, ya que los fragmentos menos resistentes se desintegran antes del depósito o se transforman originando un incremento aparente en el porcentaje de los granos más resistentes.

La madurez textural se aplica en las arenas, ya que es donde se observa el grado de redondez; el limo y la arcilla representan volúmenes muy pequeños e intervienen en el porcentaje, pero no se puede obtener el grado de redondez.

Teóricamente un sedimento al ser transportado sufre abrasión y clasificación, por lo que en forma ideal y como punto final un sedimento estaría constituido por partículas del mismo tamaño perfectamente redondeadas.

Existen cuatro etapas texturales por las que pasa un sedimento

1. Estado inmaduro: Es donde el sedimento contiene más del 15% de limos y arcilla, generalmente los granos de arena son angulosos y mal clasificados. (Abanicos aluviales)
2. Estado submaduro: En esta etapa el sedimento contiene menos del 15% de arcillas y limos medios, donde los granos de arena son subangulosos y moderadamente clasificados. (Deltas)
3. Estado maduro: En donde el contenido de limo y arcilla es pobre o inexistente y los granos de arena son subredondeados y bien clasificados. (Playas de energía débil a media, Dunas costeras)
4. Estado supermaduro: Es donde el sedimento no contiene lodos y los granos de arena son bien redondeados, así como bien clasificados. (Dunas de desiertos)

La madurez textural corresponde por si mismo a la madurez mineralógica. (fig.12)

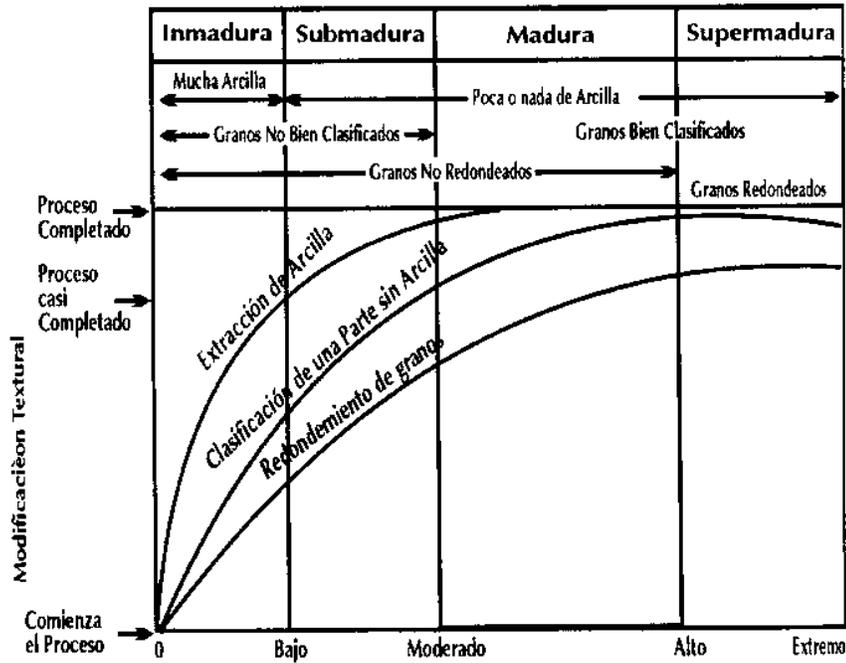


Fig.12. Madurez textural y diagrama de flujo para determinar la madurez textural (Folk, 1954)

Comparación para la selección y madurez

Selección	Madurez
Muy bien seleccionado	Maduro
Bien seleccionado	
Moderadamente bien seleccionado	Submaduro
Moderadamente seleccionado	
Pobrementemente seleccionado	
Muy pobrementemente seleccionado	Inmaduro
Extremadamente pobrementemente seleccionado	

4.2 Porosidad

La porosidad es la propiedad física más importante en las rocas almacenadoras de hidrocarburos y en el caso de las rocas carbonatadas, adquiere una gran complejidad como resultado de los procesos de sedimentación, diagénesis y tectonismo.

La porosidad se origina en la corteza, antes del sepultamiento efectivo, bajo la influencia directa de los ambientes de depósito, pero puede desarrollarse también durante el sepultamiento efectivo antes de llegar al campo del metamorfismo y durante periodos de exposición de la roca.

La porosidad de las areniscas solo puede incrementarse por fracturamiento, contracción o disolución si el grano o cristal de la estructura de la roca es suficientemente fuerte para evitar el colapso de la roca.

El análisis detallado de los atributos petrológicos de la porosidad, requiere el uso de técnicas analíticas avanzadas como el uso de la catodoluminiscencia, microscopio electrónico y análisis de isótopos estables, pero una buena información puede obtenerse usando el microscopio petrográfico convencional.

La determinación de la geometría porosa, se realiza de manera provechosa por medio del estudio de láminas delgadas, puesto que presentan el aspecto bidimensional de la forma y tamaño de los poros, los cuales pueden determinarse petrográficamente.

Los estudios petrográficos de los sistemas porosos en formaciones almacenadoras de hidrocarburos son imprescindibles por la invaluable información y como un ejemplo se pueden citar los resultados obtenidos en un campo productor:

Poros de zonas de supramarea presentan formas subangulares a angulares y una buena a moderada clasificación, debido principalmente a la lixiviación de cristales angulares, bien clasificados.

Poros subredondeados, moderadamente clasificados de las zonas de intermarea, muestran la geometría de las partículas sedimentarias originales (peloides, granos esqueléticos) las cuales fueron lixiviadas creando porosidad móldica.

La porosidad móldica de la zona de submarea es el resultado de la lixiviación de granos esqueléticos consistentes de muchos tipos y tamaños diferentes. El alargamiento por disolución del sedimento encajonante resulta en una redondez del poro.

La porosidad visible se divide en cuatro clases:

1. La porosidad no es visible a simple vista o bajo 10X (0.02 mm de diámetro)
2. La porosidad no puede observarse sin aumento, pero es visible bajo 10X (0.02 – 0.125 mm, promedio del tamaño aproximado de extremadamente fino a fino)
3. La porosidad es visible a simple vista pero es menor que el tamaño de los recortes del canal (0.125 – 2 mm, promedio del tamaño extremadamente fino a grueso)
4. El tamaño del poro es casi tan grande como los recortes de canal y es indicado usualmente por un crecimiento secundario de cristales en la superficie de los recortes (1 mm en adelante, muy grande y grueso)

4.2.1 Porosidad secundaria

La porosidad secundaria en areniscas es resultado de la disolución de los constituyentes no silicatados, predominantemente los minerales carbonatados.

Un porcentaje de reservas mundiales de gas natural y crudo, están contenidas en la porosidad secundaria de las areniscas, casos como Prudhoe Bay y los campos del Jurásico del Mar del Norte, son ejemplos de grandes acumulaciones de hidrocarburos en la porosidad secundaria de las areniscas.

La porosidad secundaria juega un importante rol en la diagénesis de areniscas. El volumen de la porosidad secundaria iguala o excede a la porosidad primaria en areniscas de muchas cuencas sedimentarias a lo largo del mundo.

Los procesos químicos, físicos, fisicoquímicos, bioquímicos y biofísicos, provocan porosidad secundaria en areniscas a través de la percolación del agua y reducción de los constituyentes de la roca, o bien a través de las fracturas o cavidades realizadas por los organismos.

La porosidad secundaria puede ser reducida y modificada texturalmente por procesos que reducen la porosidad primaria: (1) cementación autigénica, (2) disolución en el contacto de los granos y (3) mecanismos de compactación.

Pittman (1979) define tres clases geométricas – texturales de porosidad secundaria en areniscas:

1. Porosidad inter granular
2. Porosidad por disolución
3. Microporosidad

Cinco clases genéticas de porosidad secundaria son definidas siguiendo su origen (fig.13)

1. Porosidad creada por fracturamiento.- Las fracturas se originan por compresión y contracción de los constituyentes.
2. Porosidad por contracción.- Formada a través de la deshidratación y / o recristalización de los minerales, por ejemplo la glauconita.
3. Porosidad creada por disolución del material sedimentario.- por medio de una disolución selectiva de los granos de la muestra y la matriz.
4. Porosidad originada por la disolución del cementante autigénico.- Es probablemente el más común y sobre todo si el cementante es calcita, dolomita y siderita.
5. Porosidad como resultado de la disolución o reemplazamiento mineral.- Forma un porcentaje significativo de la porosidad secundaria, originada por la disolución selectiva de los minerales solubles, principalmente calcita, dolomita y siderita, que

previamente habrían reemplazado a los constituyentes sedimentarios o cementos autigénicos.

La disolución selectiva es definida por Choquette y Pray en 1970

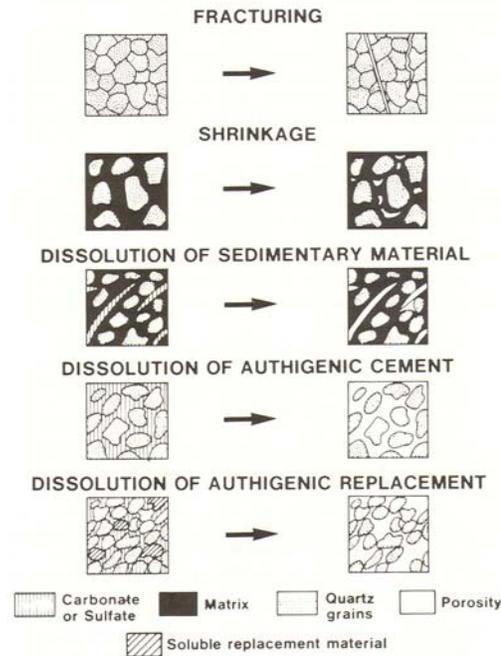


Fig.13 Clasificación genética de la porosidad secundaria (tomada del Education Course Note series N° 12 de la AAPG 1988)

Espectro textural de la porosidad secundaria

Esta clasificación de la porosidad secundaria retoma la nomenclatura propuesta por Choquette y Pray (1970) para rocas carbonatadas. (fig.14)

1. Porosidad inter granular.- Son los poros presentes entre los granos de la roca.
 - a) Inter granular regular
 - b) Inter granular reducida
 - c) Inter granular alargada
2. Porosidad sobrecrecida.- Se refiere a los poros que exceden el diámetro de los granos adyacentes por un factor de 20%.
 - a) Sobrecrecimiento selectivo debido a la fabrica (fenestral)
 - b) Sobrecrecimiento por cross - cutting

3. Porosidad móldica.- Poros que presentan las características de la textura original de los constituyentes de la roca.
 - a) Molde de granos
 - b) Molde del cemento
4. Porosidad intra constituyentes.- Los poros intra constituyentes incluyen a todos los poros con textura individual dentro de los constituyentes de la roca.
 - a) Intra granular
 - b) Intra matriz
 - c) Intra cemento
5. Porosidad por fractura.- Es el rompimiento y separación de los constituyentes de la roca a lo largo de ciertos planos de debilidad.
 - a) Fracturas de roca
 - b) Fracturas de grano
 - c) Fracturas inter granulares

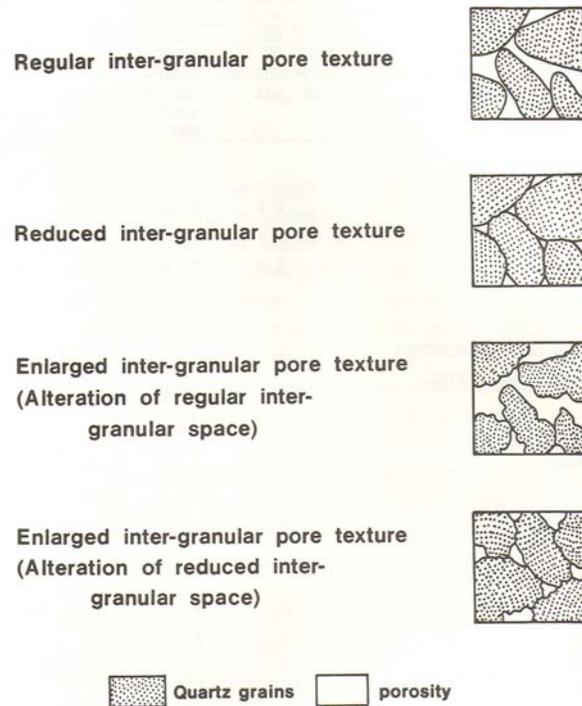


Fig.14 Espectro textural de la porosidad secundaria (tomada del Education Course Note series N° 12 de la AAPG 1988)

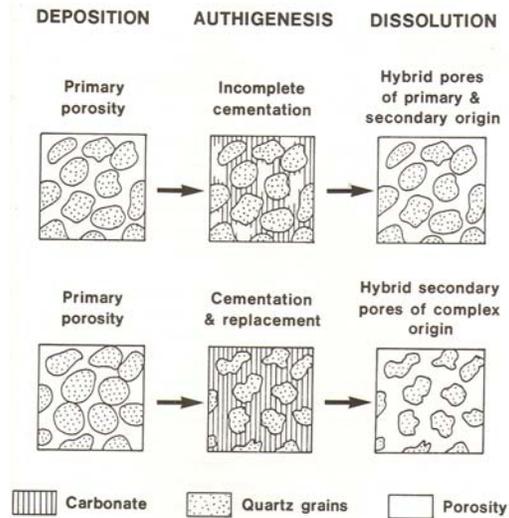


Fig. 15 Relación entre porosidad y diagénesis en areniscas (tomada del Education Course Note series N° 12 de la AAPG 1988)

Muchas rocas presentan dos o más texturas de poros y pueden ocurrir por varias clases genéticas de porosidad secundaria (fig.15 y tabla 2)

Textura	Fracturamiento	Clase genética		
		Compresión	Disolución	
			Sedimento	Cementante
Intergranular				
Regular		X	X	X
Reducida		X	X	X
Alargada		X	X	X
Sobrecrecida				
Fabrica selectiva		X	X	X
Cross-cutting				X
Moldica				
Grano		X	X	X
Cemento		X		X
Intra constituyente				
Intra granular		X	X	X
Intra matriz		X	X	X
Intra cemento		X		X
Fractura				
Roca	X		X	X
Grano	X			
Intergranular	X			

Tabla 2. Donde se asocia la textura con la clasificación genética de la porosidad secundaria

Crterios petrográfcos

En algunas instancias, la naturaleza secundaria de la porosidad puede identificarse, usando criterios petrográfcos que son fáclmente observables en secciones delgadas usando el microscopio petrográfcico. En algunos casos puede incluso observarse en muestras de mano.

Los siguientes ocho criterios petrográfcos son los más usados. (fig.16)

1. Disoluci3n parcial
2. Moldes de partculas sedimentarias
3. Empaque no homogéneo
4. Poros sobrecrecidos
5. Poros elongados
6. Bordes de granos corroídos
7. Poros intra constituyentes
8. Granos fracturados

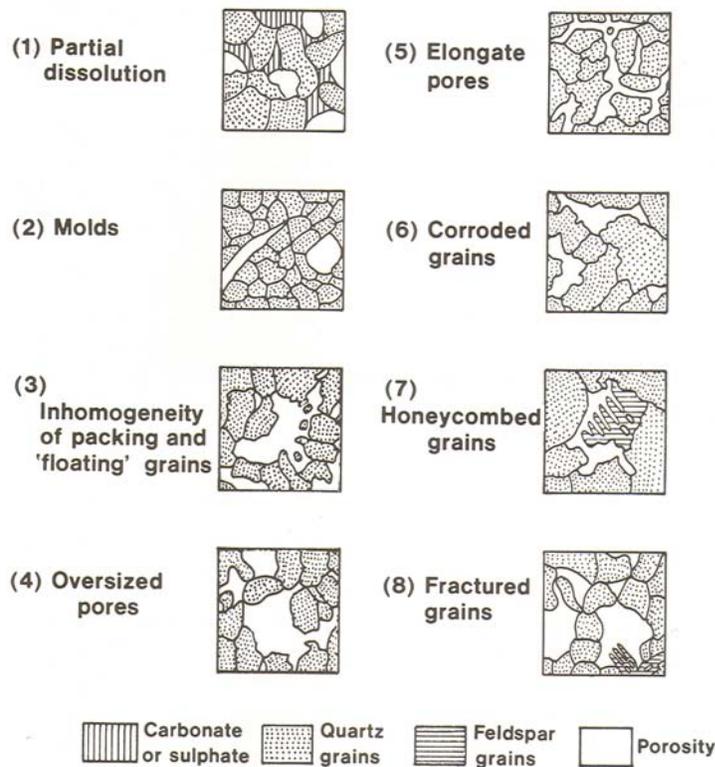
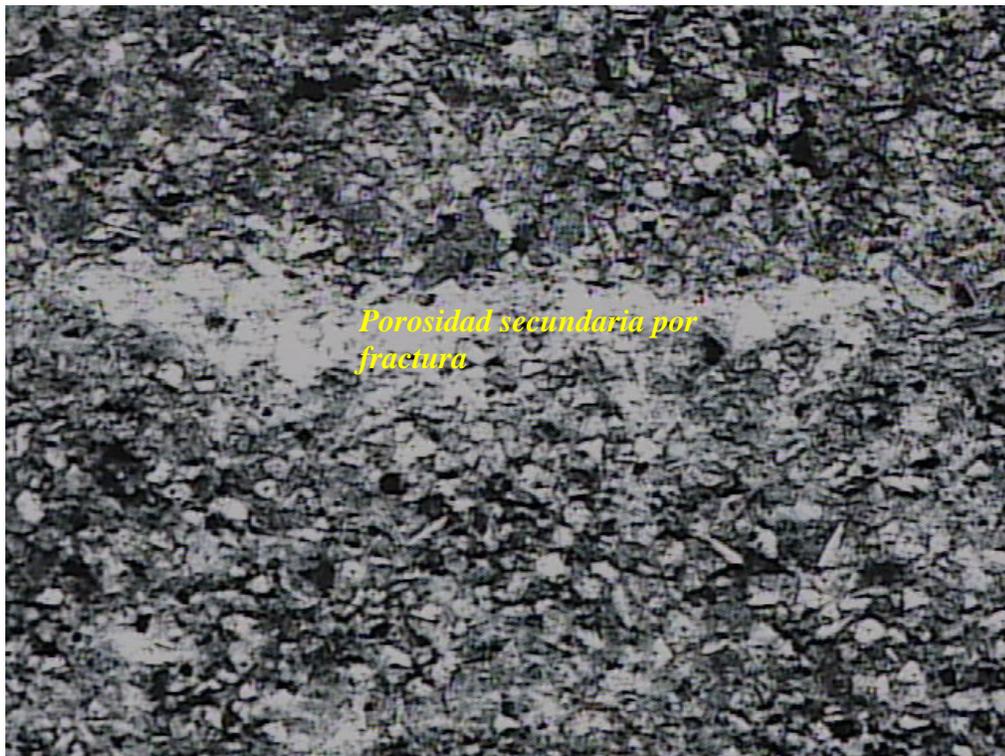


Fig.16 Diagrama para identificar los criterios petrográfcos en una lámina delgada (tomada del Education Course Note series N° 12 de la AAPG 1988)

Método de análisis

El método de análisis para describir la porosidad secundaria, en las láminas delgadas de los pozos Zinfandel – 1, Alicata – 1 y Flamante – 1 consiste en determinar:

- (1) La presencia de porosidad secundaria
- (2) Los tipos texturales de la porosidad secundaria presente
- (3) La abundancia de la porosidad secundaria utilizando el contador de puntos



En esta fotomicrografía perteneciente a la muestra T – 23 del pozo Alicata – 1, donde se observa la porosidad secundaria por fractura debido al rompimiento y separación de los constituyentes de la roca a lo largo de ciertos planos de debilidad.

4.3 Clasificación y registro geofísico

Tamaño y clasificación de los granos clásticos

El tamaño, una de las propiedades más fácilmente visible de una partícula es la base de la clasificación de sedimentos clásticos no consolidados como grava ($> 2\text{mm}$), arena ($2 - 0.062\text{ mm}$), limo ($0.062 - 0.005\text{ mm}$) y arcilla ($< 0.005\text{ mm}$)

De esta clasificación surge la nomenclatura familiar de los depósitos detríticos, conglomerado, areniscas, limonita y arcillita o lodolita.

Un agregado, compuesto principalmente de granos consolidados del tamaño de arena, se llama arenisca; aquél en el que la mayoría de las partículas son más pequeñas que la arena pero más grueso que la arcilla es limolita y los agregados de las partículas más finas son arcillita o lodolita.

Cuando la roca no está bien clasificada se le asigna el nombre de acuerdo al tamaño del grano que predomina.

En este trabajo se emplea el diagrama de clasificación propuesta por Folk (1954) considerando el tamaño de grano. (fig.17)

La clasificación de Dott (1964) es más utilizada en la academia, pero no fue empleada y se uso la propuesta por Folk, que es más simple y se adecua mejor con las características mineralógicas de las muestras estudiadas. (fig.18)

Fig.17 Diagrama para clasificar una roca sedimentaria propuesta por Folk (1954)

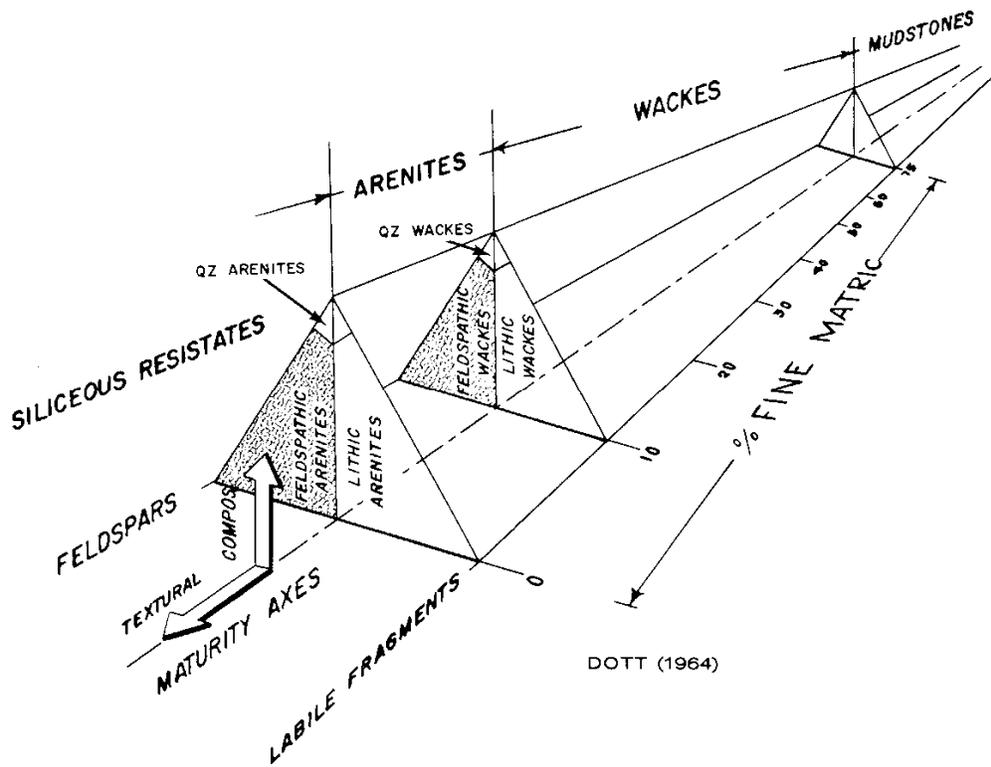


Fig.18 Diagrama para clasificar una roca sedimentaria propuesta por Dott (1964)

Wacka

El término wacka se utiliza para nombrar a aquellos fragmentos muy angulosos, de tamaño de arena pero invadidos por una matriz de arcilla de ahí su particularidad de tener una baja permeabilidad. Algunas wackas contienen tanto material argiláceo, que sus granos más grandes se encuentran claramente separados y dan la impresión de estar suspendidos en aquel material y gradúan por etapas, para proporcionar rocas que son llamadas generalmente lodolitas arenosas o limosas, lutitas y argilitas en las que los granos de arena y limo grueso constituyen solamente una parte del agregado total.

Muchos de los fragmentos angulosos de roca y de cuarzo y de feldespato, son astillas alargadas y generalmente tan bien orientadas que sus dimensiones más largas yacen aproximadamente en el plano de estratificación. Esto comunica a la fábrica de la roca una vaga orientación preferente o anisotrópica, que más bien es una característica.

Las láminas detríticas de moscovita y de biotita, aunque menos comunes en wackas sin clasificación, que en los depósitos mejor clasificados, generalmente tienen también orientación paralela a los planos de estratificación.

Los carbonatos calcita, dolomita y siderita pueden encontrarse en muchas wackas distribuidos irregularmente en los depósitos y comúnmente reemplazando a los granos y a la matriz. La calcita siempre desarrolla contornos irregulares, mientras que los cristales de los otros carbonatos probablemente son más idiomórficos

Aunque las wackas pueden ser arenosas, la matriz puede estar conformada por clorita, illita o sericita y probablemente sílice; la matriz es una parte esencial y comúnmente dominante de la roca y probablemente se formó de los detritos argiláceos originales por la compactación y recristalización durante el sepultamiento.

Registros geofísicos

Una de las herramientas más importantes para conocer el comportamiento mineralógico de una formación, en función de su contenido de arcilla, es el registro de diferencia de Potencial Eléctrico, ya que éste ocurre de forma natural tanto en la superficie como en el

subsuelo de la corteza terrestre. Este potencial, usualmente llamado potencial espontáneo (SP) se asocia con la variación de las propiedades de los cuerpos rocosos en contacto.

Otra herramienta que se asocia al contenido de arcilla en una formación es el registro de Rayos Gamma, que es el registro continuo de la intensidad de los rayos gamma de captura que emanan de las formaciones que son cortadas por el pozo.

Todas las rocas presentan una ligera radioactividad, la fuente más abundante de radioactividad natural es el isótopo de potasio K^{40} y los elementos radioactivos de las series del Uranio y Thorio. En rocas sedimentarias, los constituyentes que poseen mayor concentración de potasio son las arcillas, por lo que en el registro de Rayos Gamma es fácil identificar los cuerpos de lutitas y de areniscas.

De esta forma se asocian los registros de potencial natural (SP) y los de Rayos Gamma, con el tamaño de grano y el ambiente de depósito de las formaciones cortadas por un pozo. (fig.19 y 20)



Fig.19 Patrones de la curva de potencial espontáneo para algunos ambientes de depósito, tomada de los apuntes del curso de interpretación de registros geofísicos de pozos (UNAM 2006)

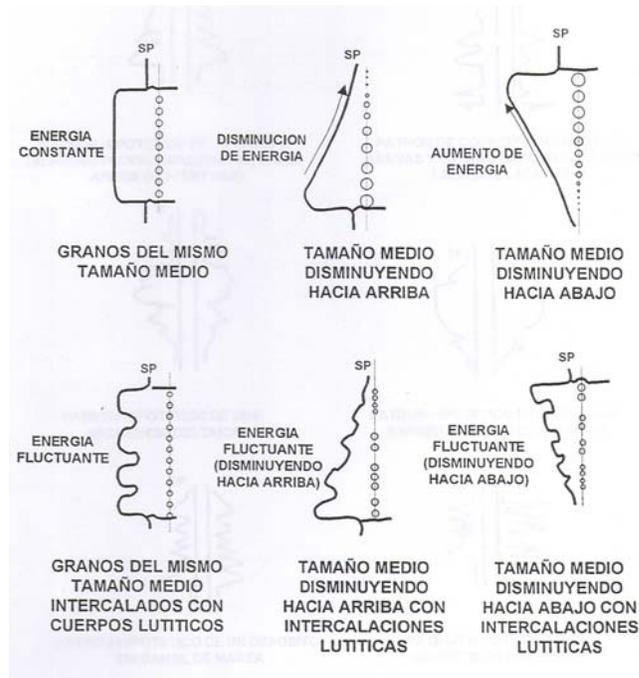


Fig.20 Aspectos litológicos y texturales de los sedimentos y de energía del ambiente de depósito, tomada de los apuntes del curso de interpretación de registros geofísicos de pozos (UNAM 2006)

La información de registros geofísicos obtenida para los pozos Zinfandel – 1, Alicata – 1 y Flamante – 1, consta sólo de registros de Rayos Gamma(fig.21)

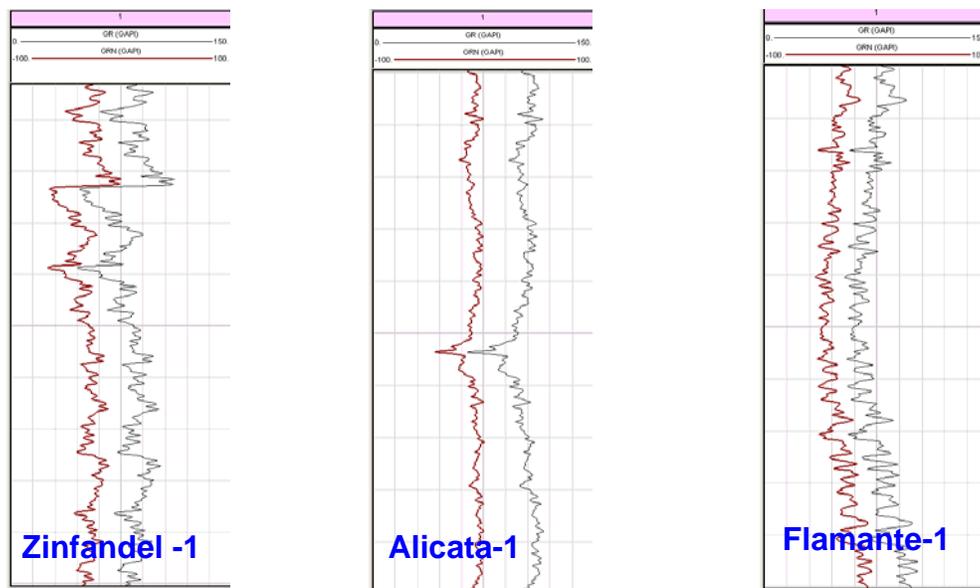


Fig.21 Patrones de la curva de Rayos Gamma de los pozos Zinfandel -1, Alicata -1 y Flamante -1

4.4 Petrogénesis

Una roca sedimentaria es el producto final de un conjunto de procesos geológicos que se inician con el intemperismo y la erosión de algún material preexistente de la corteza terrestre, el cual puede pasar o no por una etapa de transporte y en una cuenca llamada de depósito y finalmente ser transformada mediante compactación y cementación en una roca sedimentaria.

La composición de las rocas sedimentarias depende principalmente de cuatro factores: la fuente o procedencia del sedimento, el transporte, el ambiente de depósito y la diagénesis, de los cuales el último factor en interpretar es la diagénesis, ya que representa el último proceso que afecta la composición y textura de la roca. La reconstrucción de la procedencia es un factor complejo de interpretar, debido al efecto de la sobreposición de los otros tres factores.

4.4.1 Procedencia

El estudio detallado de la composición química y mineralógica de los sedimentos terrígenos y de sus rasgos texturales, así como el análisis estadístico de sus diversos componentes, se lleva a cabo actualmente a través de nuevas técnicas petrográficas y geoquímicas. Esto hace de la petrografía y la geoquímica las herramientas más importantes en el análisis de procedencia de sedimentos.

Las características texturales tales como el tamaño y forma de los granos, la composición mineralógica y química de los sedimentos, aportan información sobre el tipo de ambiente de depósito.

4.4.2 Intemperismo

El Intemperismo es la alteración de los materiales rocosos expuestos al aire, la humedad y los efectos de la materia orgánica.

Existen dos tipos de intemperismo: mecánico y químico. En la naturaleza es difícil separar los dos tipos de intemperismo, porque ambos procesos actúan en forma complementaria y frecuentemente sus efectos se combinan en tal grado, que no se les puede diferenciar.

Algunas rocas se intemperizan con mucha rapidez, otras lo hacen lentamente. La velocidad de intemperismo está regida por el tipo de roca, humedad, temperatura, topografía y actividad orgánica.

El intemperismo que sufren algunos minerales se cita a continuación:

1. El cuarzo es sumamente resistente al intemperismo químico.
2. Las plagioclasas se intemperizan más rápidamente que el feldespato potásico.
3. La plagioclasa cálcica (anortita) tiende a intemperizarse más rápidamente que la plagioclasa sódica (albita).
4. El olivino es menos resistente que la augita y en muchos casos ésta parece intemperizar más rápidamente que la hornblenda.
5. La biotita se intemperiza más lentamente que los otros ferromagnesianos, mientras que la moscovita es más resistente que la biotita.

4.4.3 Transporte

Es la transferencia de los materiales por la tracción, saltación, suspensión y solución, que terminan con la llegada de un sedimento a una región en la que se realiza la sedimentación. (Corrales, 1977)

El resultado final del transporte, es un estado de menor nivel energético, que el original, con energía cinética nula y una gran reducción de energía potencial, que depende de la diferencia en elevación y la masa transportada.

Los mecanismos de transporte suelen variar según las características de cada medio sedimentario, por ejemplo las corrientes litorales, que se generan por cambios de presión en

la atmósfera y por vientos a distancias de 20 m a 50 km de la costa, transportan sedimentos del tamaño de los limos, arcillas y arena de fina a media.

4.4.4 Depósito

Desde el punto de vista geológico, medio o ambiente de depósito, significa un área geográfica, con características sedimentarias, bióticas y abióticas bien definidas.

Los depósitos sedimentarios de una región presentan características determinadas por el ambiente en el que se han formado y pueden presentar algunos aspectos de la fuente de aporte de los sedimentos, así como los factores que han intervenido en su desarrollo hasta su consolidación. De tal forma que los depósitos en ambientes sedimentarios marinos poco profundos (nerítico) y que se lleva a cabo en aquella porción de la cuenca, que se extiende desde el nivel de las mareas bajas hasta una profundidad media de 120 m comprendiendo la mayor parte de la plataforma continental y mares continentales, presentan granulometría fina y una buena selección.

De acuerdo a la información obtenida del ambiente de depósito en el Paleoceno Wilcox en el área China – Barrilete, confirmada por Fernández Turner en comunicación personal, el ambiente de depósito se trata de Barras regresivas.

Las barras regresivas presentan las siguientes características:

Características sedimentarias

Las barras regresivas son depositadas en sistemas progradantes hacia el mar en un tiempo determinado. La morfología de las barras está caracterizada comúnmente por una serie de frentes paralelos y Thigtyli esparcidos en playas.

La secuencia sedimentaria vertical se caracteriza por presentar granos más gruesos hacia la parte superior, presentando cuarzo arenitas de grano fino en contacto gradacional con limolitas y lutitas.

Unidades depositacionales

Los sedimentos en los complejos de barra son una mezcla de rocas con características fosilíferas, arenas con estructuras de burrows, limos y arcillas.

El ambiente de depósito puede ser identificado con base en la textura, litología, estructuras primarias y orgánicas, biota y posición estratigráfica.

Las barras regresivas son textural y mineralógicamente uniformes, de grano fino pero granocrecientes hacia la cuenca y de bien a moderadamente seleccionadas. Los ambientes de depósito incluyen la playa, post playa, pre-playa, frente de playa y zona de transición.

(fig.22)

REGRESSIVE BARRIERS

- **DEPOSITIONAL (PROGRADING)**
- **BEACH RIDGE MORPHOLOGY**
- **COARSENING-UP SEQUENCE**

**QUARTZOSE SAND
FINE-GRAINED
GRADATIONAL CONTACTS**

- **MODERN → "RARE"**
- **ANCIENT → "COMMON"**

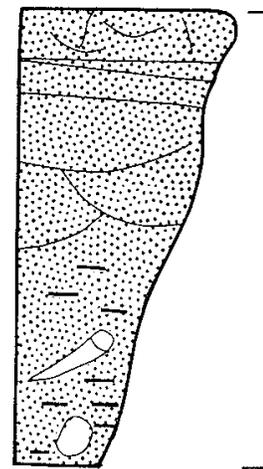


Fig.22 Características geológicas de una barra regresiva (progradante) en shoreline (Moslow 1983)

Capítulo 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La composición de las muestras del Paleoceno Wilcox de Burgos se determinó a partir de las 20 secciones delgadas.

El tamaño promedio de grano y selección se calcularon con el analizador de imágenes de las secciones delgadas y de forma cuantitativa el tamaño de poro y fracturas.

En la tabla 2 se enlistan los tamaños promedio de grano, el tamaño de las arenas máximo, mínimo, tamaño promedio de limos y desviación estándar respectivo, para cada pozo.

Se realizó un total de 500 conteos en cada sección (tabla 2), con el conteo de puntos se reconocen cuatro categorías principales de volumen de roca:

1. Granos detríticos del esqueleto
2. Matriz
3. Cemento
4. Poros

Los granos del esqueleto se subdividieron de acuerdo a su composición. Se consideró como matriz a todas aquellas partículas con diámetro menor a 0.003 mm

En la tabla además se incluye el índice de proximidad de empaque (IPE) propuesto por Kahn en 1956.

Los valores que se listan en la tabla 3 están en porcentajes del volumen total, lo que incluye la porosidad y cemento autigénico.

Pozo Zinfandel**Tabla 2**

Muestra	T- 26	T-27	T-28	T-29	T-30	T-31	T-32
Profundidad	2474	2476	2477	2478	2658	2569	2570
Tamaño promedio	25	22	22	20	20	25	22
Desviación Estándar	1.63	1.61	1.58	1.84	1.89	2	1.79
Redondez	.1.3	.1.3	,3	,3	.1.3	.1.3	.1.3.5

Arenas muy finas

Tamaño máximo	90	90	180	180	127	180	200
Tamaño mínimo	53	60	62	53	53	53	60
Tamaño promedio	64	76	89	89	89	127	90
Desviación Estándar	0.67	0.64	1.89	1.14	0.77	1.17	1.21
Modas	2	2	3	3	3	2	3

Limos

Tamaño promedio	22	20	20	20	20	18	20
Desviación Estándar	1.39	1.23	1.25	1.24	1.35	1.32	1.3

Pozo Alicata

Muestra	T- 22	T-23	T-24	T-26	T-27	T-30
Profundidad	2577	2579	2581	2648	2649	2754
Tamaño promedio	22	21	17	21	21	17
Desviación Estándar	1.63	2.03	1.23	1.45	1.38	1.31
Redondez	.1.3.5	0.1	,1	.1.3.5	,5	.1.3

Arenas muy finas

Tamaño máximo	125	120	80	150	120	151
Tamaño mínimo	60	53	60	53	60	60
Tamaño promedio	70	107	76	80	76	76
Desviación Estándar	0.75	2.09	0.41	1.46	0.63	0.95
Modas	3	3	3	4	4	3

Limos

Tamaño promedio	20	15	20	20	20	18
Desviación Estándar	1.15	0.99	1.07	1,17	1.11	1.08

Pozo Flamante

Muestra	T-31	T-32	T-33	T-34	T-35	T-36	T-37
Profundidad	2297	2302	2306	2313	2320	2335	2340
Tamaño promedio	22	26	22	25	22	22	22
Desviación Estándar	1.57	1.69	1.46	1.49	1.42	1.86	1.9
Redondez	.1.3	.1.3	.3.5.7	.1.3	,1	,1	.1.3

Arenas muy finas

Tamaño máximo	127	250	120	120	89	127	170
Tamaño mínimo	53	53	53	53	53	53	53
Tamaño promedio	70	70	64	64	64	89	85
Desviación Estándar	0.68	1.26	0.69	0.61	0.39	0.84	0.9
Modas	3	3	4	2	2	3	3

Limos

Tamaño promedio	18	22	20	22	21	18	17
Desviación Estándar	1.23	1.19	1.19	1.26	1.24	1.21	1.21

Pozo Zinfandel**Tabla 3**

Muestra	T- 26	T-27	T-28	T-29	T-30	T-31	T-32
Profundidad	2474	2476	2477	2478	2658	2569	2570
Tamaño promedio	25	22	22	20	20	25	22
IPE	25	28	87	25	0	22	5
Porosidad	4.6	9.7	11.2	11.2	10.2	19.8	10

Mineralogía							
Cuarzo	14.8	15.5	13.1	12.6	16.8	11	16.2
Feldespatos	13.2	11	5.7	9.6	7.4	14	7.4
Fragmentos de roca	3.4	0.7	2.2	1.2	3.2	2.4	4.6
Carbonatos	1.2	2.2	2	0	0	3.2	0
Opacos	7.6	3.7	4.5	4.8	3	5	8.4
Matriz	33.4	34.4	40.7	29	6.2	34.8	0
Cementante	21.8	22.8	20.6	31.6	53.2	9.8	53.4
Total	95.4	90.3	88.8	88.8	89.8	80.2	90

Pozo Alicata

Muestra	T- 22	T-23	T-24	T-26	T-27	T-30
Profundidad	2577	2579	2581	2648	2649	2754
Tamaño promedio	22	21	17	21	21	17
IPE	27	9	24	28	28	13
Porosidad	11.2	5.2	12.6	11.8	7.7	8

Mineralogía						
Cuarzo	27.2	14.4	12.2	23.4	14.7	13.2
Feldespatos	13.6	11.2	9	13.2	6.7	4.2
Fragmentos de roca	4.8	3.4	1.4	1	3.5	2.6
Carbonatos	6.8	3.6	6.8	5.4	3.4	3.8
Opacos	2.4	2.2	2.4	8.6	3.2	3.4
Matriz	31.2	36.4	51.8	13.4	47.6	46.4
Cementante	2.8	23.6	3.8	23.2	13.2	18.4
Total	88.8	94.8	87.4	88.2	92.3	92

Pozo Flamante

Muestra	T-31	T-32	T-33	T-34	T-35	T-36	T-37
Profundidad	2297	2302	2306	2313	2320	2335	2340
Tamaño promedio	22	26	22	25	22	22	22
IPE	40	76	0	0	0	0	0
Porosidad	4.6	10.2	11.2	11.2	7.6	12	10

Mineralogía							
Cuarzo	14.8	15.5	14.1	12.6	15.4	15.8	16.2
Feldespatos	13.2	11	7.6	9.6	7	6	7.4
Fragmentos de roca	3.4	0.7	2.2	1.2	4	2.4	3.6
Carbonatos	2.2	0.5	1	0	0	5.2	0
Opacos	4.6	8.7	8.5	4.8	4	6	4.4
Matriz	34.4	32.2	36.4	32	0	37.8	5
Cementante	22.8	21.2	19	28.6	62	14.8	53.4
Total	95.4	89.8	88.8	88.8	92.4	88	90

Composición

Las muestras observadas pertenecientes al Paleoceno Wilcox en la cuenca de Burgos, se clasificaron como wackas (limolitas) y arcosas de acuerdo al contenido de matriz y a la clasificación de Folk (1954)

Pozo Zinfandel

Muestra	T- 26	T-27	T-28	T-29	T-30	T-31	T-32
Profundidad	2474	2476	2477	2478	2658	2569	2570
Clasificación	Wacka	Wacka	Wacka	Wacka	Arcosa	Wacka	Arcosa

Pozo Alicata

Muestra	T- 22	T-23	T-24	T-26	T-27	T-30
Profundidad	2577	2579	2581	2648	2649	2754
Clasificación	Wacka	Wacka	Wacka	Arcosa	Wacka	Wacka

Pozo Flamante

Muestra	T-31	T-32	T-33	T-34	T-35	T-36	T-37
Profundidad	2297	2302	2306	2313	2320	2335	2340
Clasificación	Wacka	Wacka	Wacka	Wacka	Arcosa	Wacka	Arcosa

Como se observa en la tabla anterior de clasificación, a pesar de que se presentan sólo dos tipos de rocas (wackas y arcosas) en la zona, se pueden subdividir en tres grupos, de acuerdo al tamaño de grano, contenido de cementante autigénico e índice de proximidad de empaque (IPE).

El primer grupo comprende aquellas rocas (wackas 1) que presentan tamaño de limo de manera predominante, contenido de matriz mayor al 30%, contenido de cementante menor al 25% e índice de proximidad de empaque mayor a 20. (fig.23a)

En el segundo grupo, considera las rocas (wackas 2), en las que presentan tamaño de limo y arenisca de grano fino, contenido de matriz mayor al 30%, el contenido de cementante menor al 25% y el índice de proximidad de empaque mayor a 20. (fig.23b)

El tercer grupo, en el cual contempla a las arcosas(3), el tamaño de grano no es determinante, pero el contenido de matriz es menor del 30%, el contenido de cementante mayor al 25% y el índice de proximidad de empaque (IPE) menor a 5. (fig.23c)

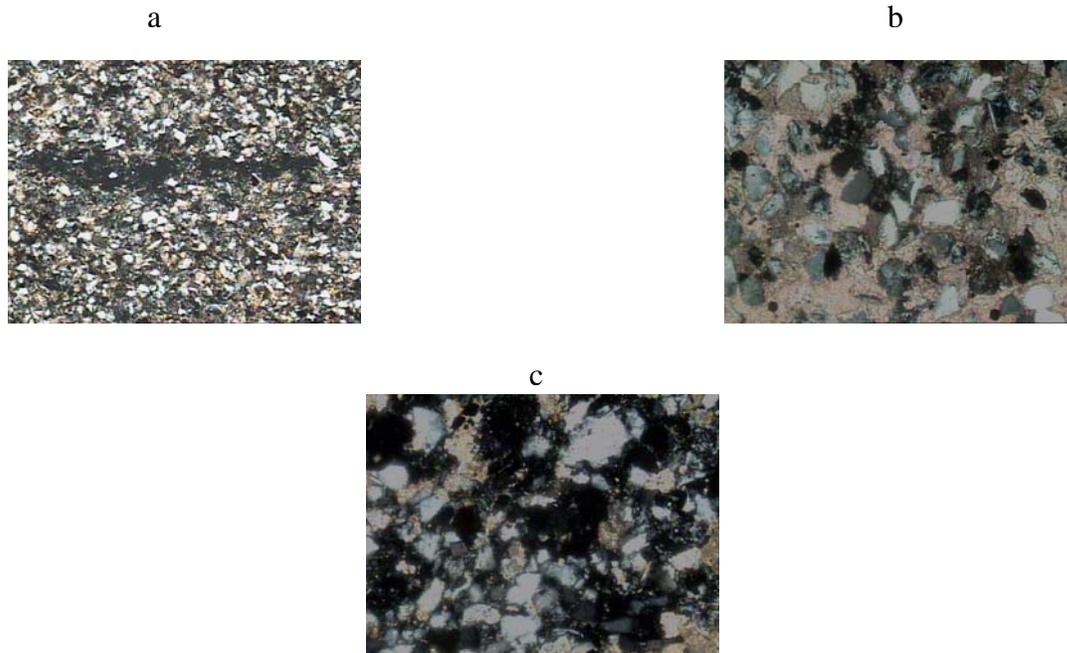


Fig.23 Fotomicrografías de rocas observadas en los pozos estudiados: a) wacka 1, b) wacka 2 y c) arcosa 3

Por otra parte, las características mineralógicas son similares y se describen a continuación.

El cuarzo detrítico constituye en promedio el 14.29 % en el pozo Zinfandel – 1, 17.52 % en el pozo Alicata – 1 y del 14.91 % en el pozo Flamante – 1 del volumen total de la roca. Presenta extinción recta y en ocasiones extinción ondulante.

El feldespato plagioclasa es más abundante que el feldespato potásico, con promedio del 9.76 % para el pozo Zinfandel – 1; 9.65 en el pozo Alicata – 1 y 8.83 % en el pozo Flamante - 1.

Por lo común, las plagioclasas presentan maclado polisintético y en ocasiones con ligera deformación de la macla y se ven parcialmente reemplazadas por calcita y sericita.

Los fragmentos de roca predominante son fragmentos de calizas micritizadas y están presentes en cantidades de hasta el 4%.

Los fragmentos de rocas volcánicas comúnmente se observan alterados por sílice, clorita y argilitización.

Los fragmentos de fósiles que se presentan principalmente en el pozo Flamante – 1 son escasos y se trata de restos de foraminíferos bentónicos y moluscos.

Otros granos que están presentes pero en cantidades menores al 1% son: glauconita, biotita, moscovita, zircón y minerales opacos que probablemente se trate de magnetita y/o ilmenita.

Los fragmentos de rocas volcánicas están presentes debido al drenaje de áreas volcánicas hacia la antigua Cuenca del Río Grande / Río Bravo en México y en el oeste de Texas (Loucks 1984)

Matriz

El contenido de matriz detrítica en las muestras observadas varía de 0 al 47%, siendo de 25% en el pozo Zinfandel –1, 37.8% en el pozo Alicata –1 y de 31.69% en el pozo Flamante –1.

Debido a que no hay datos disponibles de difracción de rayos X, no se puede determinar directamente la composición mineralógica de la matriz de arcilla detrítica.

Estudios de los minerales de arcilla en la lutitas en el sur de Texas realizados por Lynch (1994) y citados en un estudio del Play de Burgos por parte de PEMEX, indican que se trata de illita y esmectita de capa mixta, con cantidades menores de clorita y caolinita y mencionan que éstos son probablemente los mismos minerales de arcilla que se encuentran en la matriz detrítica de las areniscas en la Cuenca de Burgos.

Adicionalmente citan que, aunque muchas de las muestras de areniscas y de limolitas de la Cuenca de Burgos que tienen matriz abundante, también parecen contener calcita y dolomita con tamaño de arcilla, mezcladas con los minerales de arcilla de silicatos. En algunas muestras el carbonato es tan abundante que las rocas pudieran ser consideradas como limolitas calcáreas

Cementante

Los cementantes observados corresponden esencialmente a carbonatos y de manera restringida a sílice, los cuales constituyen el 30.46 % en el pozo Zinfandel – 1; 14.17% en el pozo Alicata – 1 y del 31.69 % en el pozo Flamante – 1

Los procesos diagénéticos como es el sobrecrecimiento principalmente de cuarzo y precipitación de sílice están presentes en volúmenes menores al 1%

Porosidad

La porosidad observada en las areniscas limpias de Burgos varía entre 1 y 11%, el promedio observado en los pozos Flamante –1 es de 11%, mientras que en el pozo Alicata – 1 es de 9.42% y en el pozo Flamante –1 de 10.4%

El promedio de porosidad primaria en las muestras observadas es menor al 1%, mientras que la porosidad secundaria se clasifica como reducida intergranular, debida a la disolución de los materiales sedimentarios y porosidad secundaria por fracturamiento.

Los poros secundarios se forman principalmente por disolución parcial o completa de los granos de feldespatos; la porosidad por fractura es menor.

En el pozo Alicata -1, la muestra T- 23 con profundidad de 2579 m se presenta principalmente porosidad por fracturas semi paralelas con apertura promedio de 60 micrometros.

Gran parte de la porosidad primaria se pierde por la compactación, la compactación mecánica es la reducción del volumen total producida por procesos como la reorientación de los granos componentes y la deformación de los granos dúctiles (Houseknecht 1987)

La porosidad observada y cuantificada en las secciones delgadas representan solamente a la macroporosidad. En general, la porosidad de las secciones delgadas es menor que las de los análisis de núcleos o que la calculada con los registros, porque en las secciones es difícil identificar con precisión el volumen de microporosidad.

La microporosidad también está presente en la matriz de arcilla detrítica y en algunos fragmentos de roca. La porosidad determinada por métodos de conteo de puntos en las secciones delgadas es típicamente un 5% menor que las de los análisis de núcleos, o que la calculada con los registros, aunque la diferencia puede ser aún mayor en las areniscas que contienen abundante arcilla autigénica, matriz detrítica o ceniza volcánica alterada. Los conteos de puntos en las secciones finas dan un buen estimado de la macroporosidad efectiva que contribuye a la permeabilidad

Textura y ambiente de sedimentación

Las muestras que se observaron en este estudio tienen un rango estrecho de tamaños de grano, desde limolita gruesa hasta arenisca muy fina. Las muestras más gruesas están ubicadas cerca de la base de la sucesión sedimentaria y de grano decreciente hacia arriba, bien desarrolladas en sistemas de nivel bajo del mar LST de tercer orden.

Estas areniscas probablemente se depositaron en sistemas de deltas o en las partes lejanas de deltas pequeños durante un período de tiempo relativamente bajo del nivel del mar. (fig.24)

De acuerdo a los datos paleontológicos las muestras son de ambiente nerítico medio a externo.

Muchas de las muestras están moderadamente seleccionadas (desviación estándar de 0.5 a 1.8 phi de acuerdo a Folk. (1974)

Debido a la presencia de dos hasta cuatro modas y su grado de inmadurez se infiere la existencia de más de una fuente de aporte en dirección Este - Oeste y una redistribución de los sedimentos en dirección Norte - Sur.

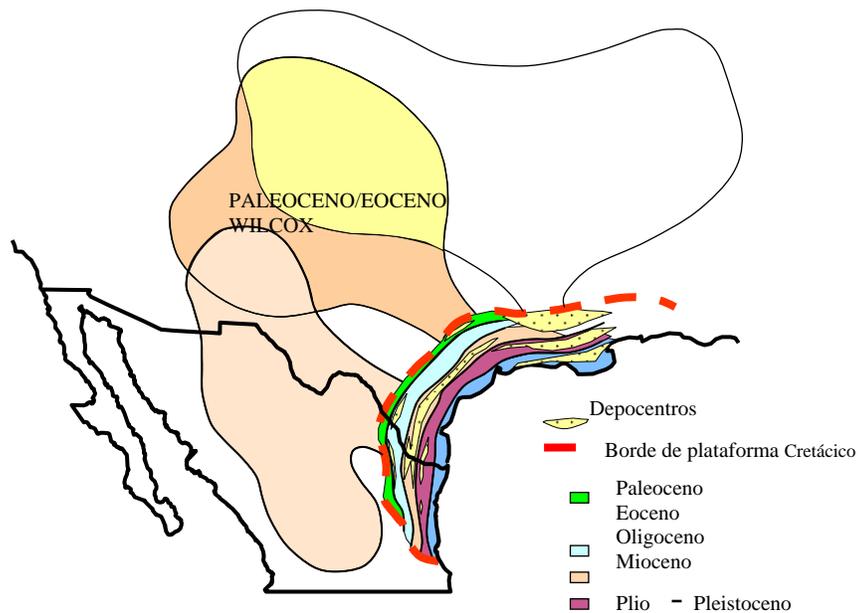


Fig.24 Características deposicionales, tomada de la tesis de maestría del ing. Fernández -Turner (2006) sin publicar

Expresión de las wackas y arcosas en la curva de Rayos Gamma

La respuesta y expresión de la curva de Rayos Gamma está principalmente en función del contenido de arcilla, contenido de cemento autigénico y grado de compactación. (fig.26,27 y 28)

A partir de los parámetros observados en las muestras, pertenecientes a los pozos Zinfandel -1, Alicata -1 y Flamante -1, de la clasificación de cada muestra de acuerdo al contenido de matriz y de su integración en los grupos propuestos como wacka 1 (fig.25a), wacka 2 (fig.25b) y arcosa 3 (fig.25c) se observaron para las siguientes intensidades de respuesta.

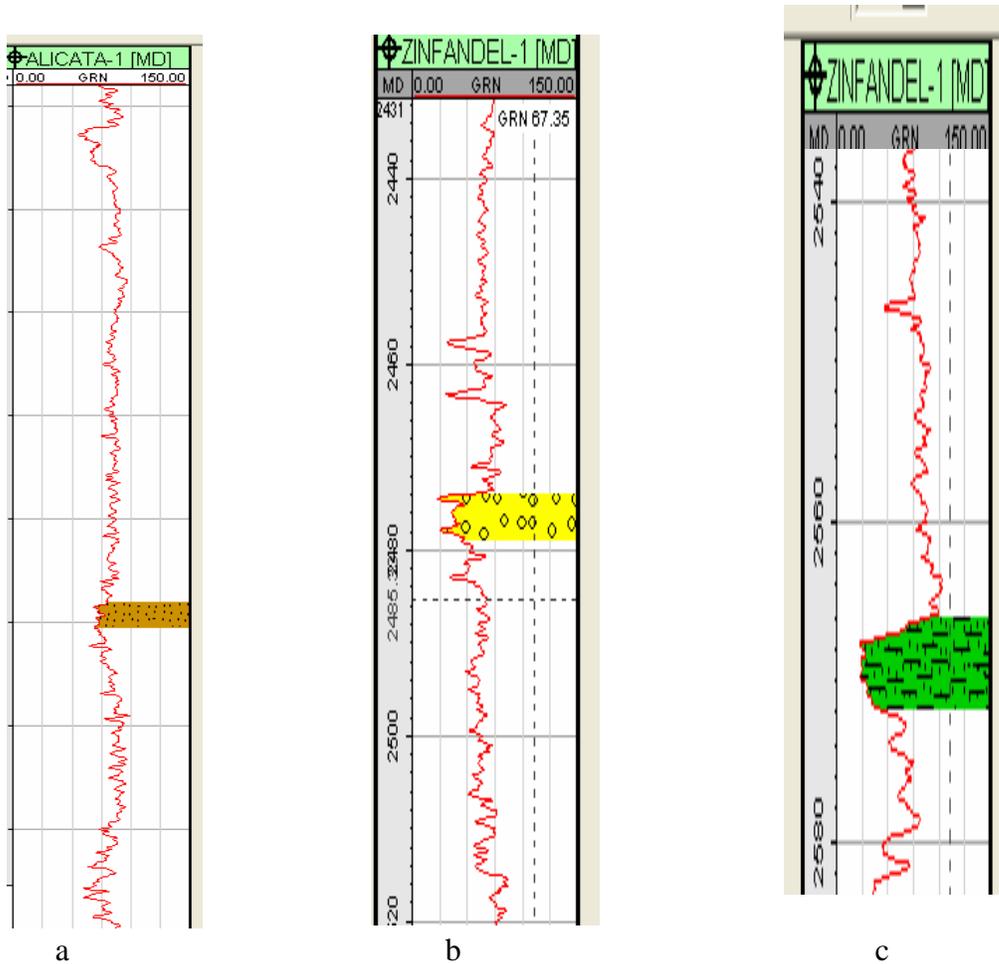


Fig.25 Expresión en los registros de Rayos Gamma, de a) wacka 1, b) wacka 2 y c) arcosa 3

Muestra T -26	2474 m
Matriz	Wacka
Cementante	33.4 %
IPE	21.8%
IPE	24

Muestra T -27	2476 m
Matriz	Wacka
Cementante	34.4 %
IPE	22.8 %
IPE	28

Muestra T -28	2477 m
Matriz	Wacka
Cementante	40.7 %
IPE	20.6 %
IPE	87

Muestra T -29	2478 m
Matriz	Wacka
Cementante	29 %
IPE	31.6 %
IPE	25

Muestra T -30	2568 m
Matriz	Arcosa
Cementante	6.2%
IPE	53.2 %
IPE	0

Muestra T -31	2569 m
Matriz	Wacka
Cementante	34.8 %
IPE	9.8 %
IPE	22

Muestra T -32	2570 m
Matriz	Arcosa
Cementante	0 %
IPE	53.4 %
IPE	5

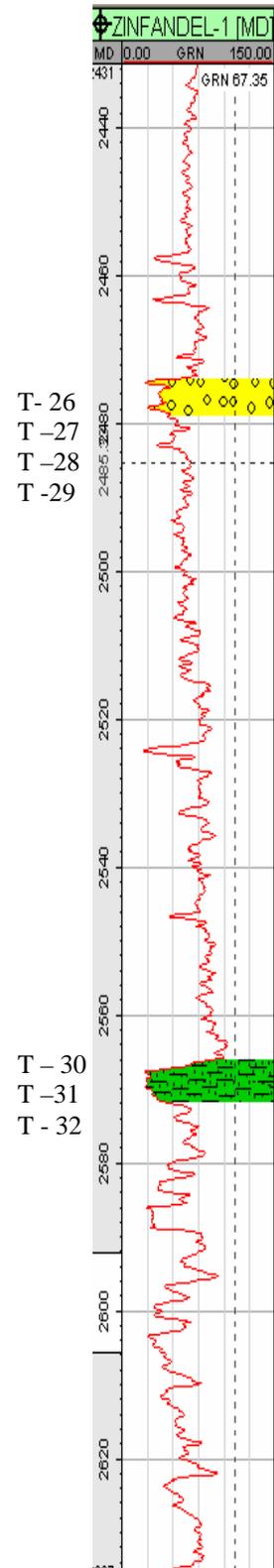


Fig.26 Expresión en los registros de Rayos Gamma, en función del contenido de matriz, cementante e IPE en el pozo Zinfandel -1

Muestra T -22	2577 m
Matriz	Wacka
Cementante	31.2 %
IPE	2.8 %
IPE	27

Muestra T -23	2279 m
Matriz	Wacka
Cementante	36.4 %
IPE	23.6 %
IPE	9

Muestra T -24	2581 m
Matriz	Wacka
Cementante	51.8 %
IPE	3.8 %
IPE	24

Muestra T -26	2648 m
Matriz	Arcosa
Cementante	13.4 %
IPE	23.2 %
IPE	23

Muestra T -27	2649 m
Matriz	Wacka
Cementante	47.6 %
IPE	13.2 %
IPE	28

Muestra T -30	2754 m
Matriz	Wacka
Cementante	46.4 %
IPE	18.4 %
IPE	3

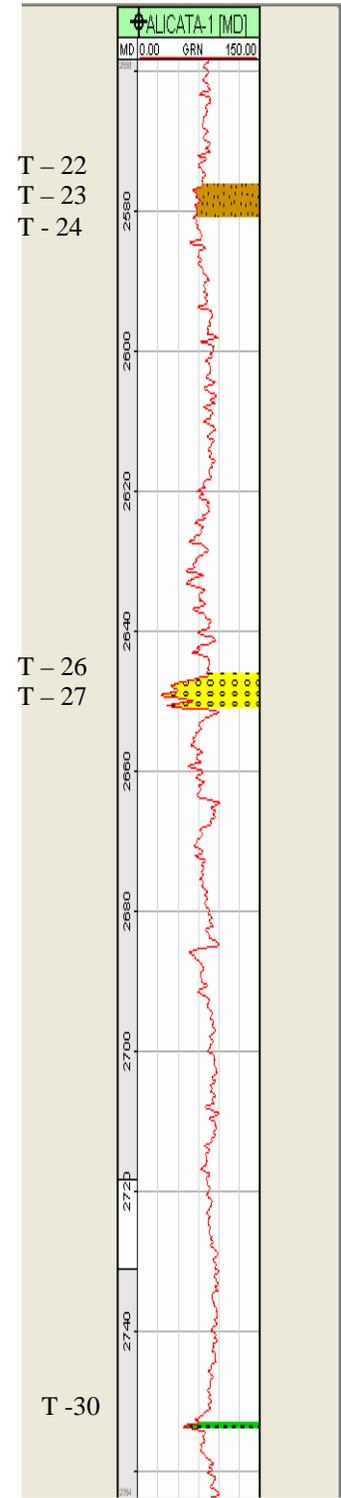


Fig. 27 Expresión en los registros de Rayos Gamma, en función del contenido de matriz, cementante e IPE en el pozo Alicata -1

Una vez entendido el comportamiento de la expresión del registro de Rayos Gamma, en función del contenido de matriz, cemento e índice de proximidad de empaque, se puede completar el registro en cada uno de los pozos. (fig.29)

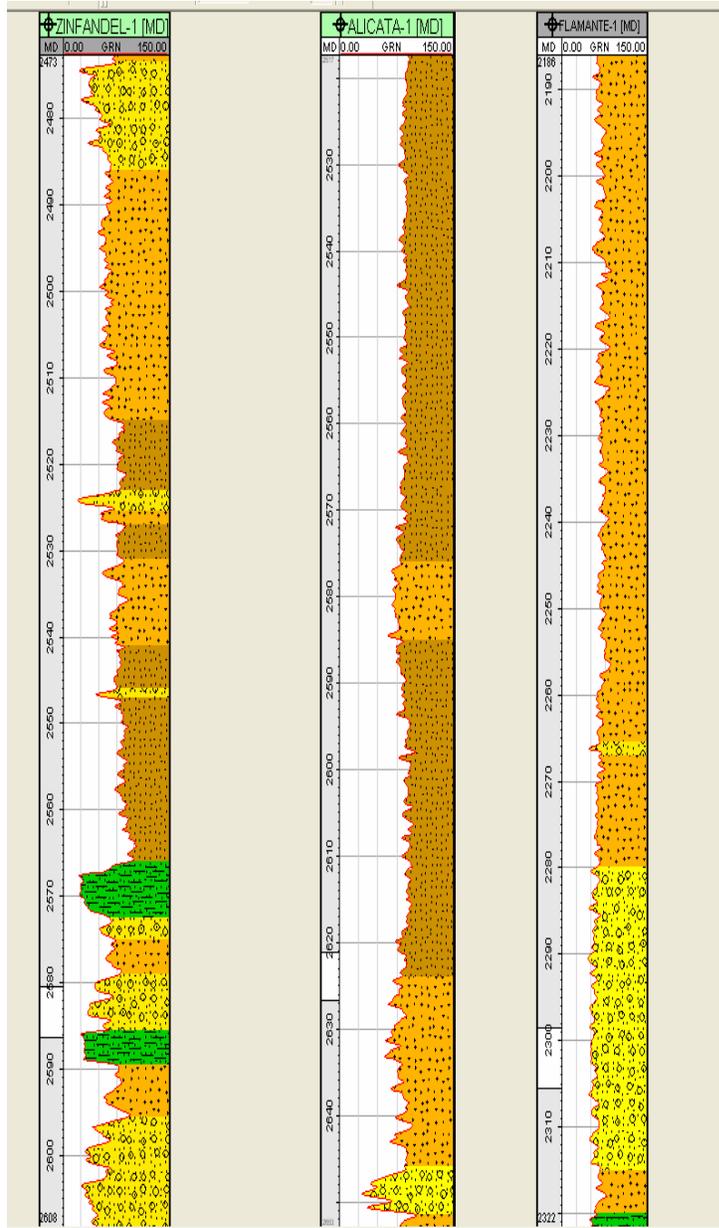


Fig.29 Expresión en los registros de Rayos Gamma, en función del contenido de matriz, cementante e IPE inferidos para cada uno de los tres pozos del área de estudio

Conclusiones

El análisis petrográfico de las muestras determina que las muestras en su mayoría son wackas en la parte superior del Paleoceno Wilcox intercaladas con arcosas en las partes basales.

Los siliciclasticos presentes provienen de más de una fuente de aporte

Se observo grano creciente hacia la parte superior, una secuencia de sedimentos de arenisca de grano muy fino a limolitas de grano grueso.

Existe un dominio de estructuras orgánicas en la parte inferior de las secciones.

Se aprecia incremento en el contenido de limos y arcillas moviéndose de la parte superior de la sección y un decremento en el contenido de fragmentos de conchas.

Se presenta un incremento de carbonato de calcio al Oeste de la Cuenca y hacia las partes inferiores de las sucesiones sedimentarias.

La porosidad promedio observada en los pozos Flamante -1; Alicata - 1 y Zinfandel -1 fue del 10.4%

La porosidad secundaria es mayor que la porosidad primaria.

Los poros secundarios se forman principalmente por disolución parcial o completa de los granos de feldespatos, la porosidad de fractura es menor.

Las muestras se depositaron en un ambiente nerítico medio, asociado a un sistema bajo del mar (LST) en un complejo de cuña progradante granocreciente hacia el Oeste del área de estudio.

Cuando el contenido de matriz es mayor del 30%, el contenido de cementante mayor al 25% y el índice de proximidad de empaque (IPE) menor a 5, la expresión en el registro de rayos Gamma es fuerte.

Cuando el contenido de matriz es mayor al 30%, el contenido de cementante menor al 25% y el índice de proximidad de empaque mayor a 20, la expresión en el registro de Rayos Gamma es suave.

Recomendaciones

Es recomendable el llevar a cabo una serie de análisis de difracción de rayos x para poder confirmar la identificación de las arcillas de una manera definitiva.

Así mismo, el uso del analizador de imágenes y láminas delgadas teñidas, permitirían efectuar el cálculo de la porosidad de una manera optima.

En secciones delgadas, con nicoles cruzados, se observa que la matriz es micro o criptocristalina y raramente puede distinguirse de algunos de los fragmentos de roca de grano muy fino encerrados en ella. Los fragmentos de roca pueden reconocerse de manera más fácil por sus contornos clásicos con luz paralela.

Finalmente es necesario contar con más láminas delgadas de los otros pozos del área de estudio, para poder realizar los estudios geoestadísticos de las características petrográficas para determinar su distribución temporal en cada pozo.

Bibliografía

Carozzi A., 1972. **Microscopic Sedimentary Petrography** Robert E. Krieger Publishing Company; NY.

Carver R., 1971. **Procedures in Sedimentary Petrology** Wiley – Interscience; NY.

Corrales I., 1977. **Estratigrafía** Ed. Rueda; España.

Davis Jr., 1977. **Depositional System and Introduction to Sedimentology and Stratigraphy** Ed. Prentice Hall; NY.

Dott R. H., 1964. **Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation** SEPM Publ. 19.

Echánove E., 1988. **Geología petrolera de la Cuenca de Burgos** Bol. AMGP Vol. XXXVIII N°1.

Echánove E., 1976. **Geología del Paleoceno – Eoceno, Cuenca de Burgos** III Simposio de Geología de Subsuelo.

Folk R. L., 1954. **Petrología de las Rocas Sedimentarias** Instituto de Geología UNAM; México.

Galloway W. E., 1989. **Genetic stratigraphic sequence in basin analysis II, Application to the northeast Gulf of Mexico Cenozoic Basins** American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v.73.

Heinrich 1972. **Microscopic Petrography** McGraw Hill Book Company; NY.

Kerr P.F., 1959. **Optical Mineralogy** McGraw-Hill, N.Y.

Krumbein & Sloss, 1963. **Stratigraphy and Sedimentation** Ed. Freeman and Company; NY.

López R., 1983. **Geología Histórica de México** Ed. Trillas México.

Martell A. B., 2006. **Curso de interpretación de registros geofísicos de pozos UNAM**.

Moslow F., 1983. **Depositional Models of Shelf and Shoreline Sandstone** Course Note Series # 27, AAPG.

Pérez C. G., 1992. **Geologic Evolution of The Burgos Basin, Northeastern Mexico** Thesis for Doctor of Philosophy, Rice University, Houston, Texas.

Pettijohn F. J., 1975. **Sedimentary Rocks** Harper and Row, Publishers, London.

Reineck H.E., 1975. **Depositional Sedimentary Environments** Springer-Verlag NY.

Rodríguez L.V., **Informe Final del pozo Zinfandel-1** Petróleos Mexicanos, Región Norte, 2004.

Turner F. J., 1982. **Petrography, An Introduction to the Study of Rocks in the Sections** Freeman and Company; NY.

Schmidt V., 1983. **Secondary Reservoir Porosity in the Course of Sandstone Diagenesis** Course Note Series # 12, AAPG.

Selley R. C., 1978. **Concepts and Methods of Subsurface Facies Analysis** Course Note Series # 9, AAPG.

Yzaguirre, L. A., 1969. **Geología Regional de la Cuenca de Burgos** Seminario sobre Exploración Petrolera, mesa redonda No. 1, Problemas de exploración en la Cuenca de Burgos: Instituto Mexicano del Petróleo.

ANEXO

Composición, fotomicrografías e histogramas

Pozo Zinfandel

Muestra	T- 26	T-27	T-28	T-29	T-31	T-32
Profundidad	2474	2476	2477	2478	2569	2570
Tamaño promedio	25	22	22	20	25	22
IPE	25	28	87	25	22	5
Porosidad	4.6	9.7	11.2	11.2	19.8	10
Mineralogía						
Cuarzo	14.8	15.5	13.1	12.6	11	16.2
Feldespatos	13.2	11	5.7	9.6	14	7.4
Fragmentos de roca	3.4	0.7	2.2	1.2	2.4	4.6
Carbonatos	1.2	2.2	2	0	3.2	0
Opacos	7.6	3.7	4.5	4.8	5	8.4
Matriz	33.4	34.4	40.7	29	34.8	0
Cementante	21.8	22.8	20.6	31.6	9.8	53.4

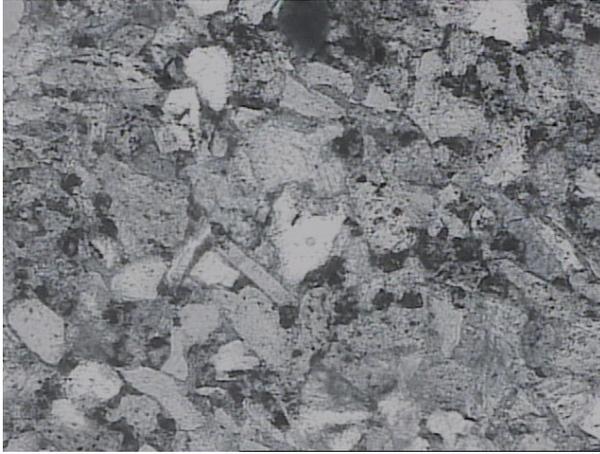
Pozo Alicata

Muestra	T- 22	T-23	T-24	T-26	T-27	T-30
Profundidad	2577	2579	2581	2648	2649	2754
Tamaño promedio	22	21	17	21	21	17
IPE	27	9	24	28	28	13
Porosidad	11.2	5.2	12.6	11.8	7.7	8
Mineralogía						
Cuarzo	27.2	14.4	12.2	23.4	14.7	13.2
Feldespatos	13.6	11.2	9	13.2	6.7	4.2
Fragmentos de roca	4.8	3.4	1.4	1	3.5	2.6
Carbonatos	6.8	3.6	6.8	5.4	3.4	3.8
Opacos	2.4	2.2	2.4	8.6	3.2	3.4
Matriz	31.2	36.4	51.8	13.4	47.6	46.4
Cementante	2.8	23.6	3.8	23.2	13.2	18.4

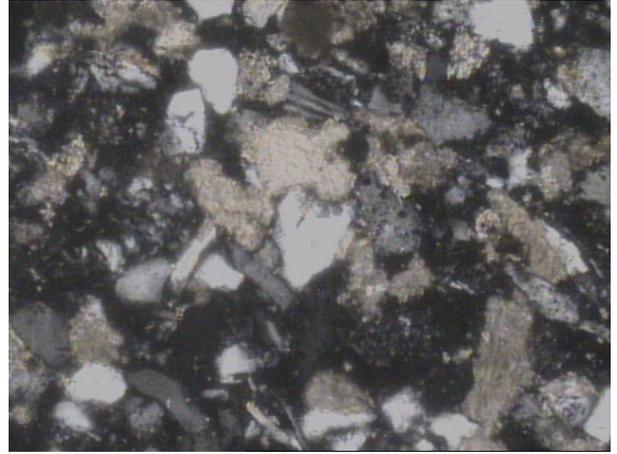
Pozo Flamante

Muestra	T-31	T-33	T-34	T-35	T-37
Profundidad	2297	2306	2313	2320	2340
Tamaño promedio	22	22	25	22	22
IPE	40	0	0	0	0
Porosidad	4.6	11.2	11.2	7.6	10
Mineralogía					
Cuarzo	14.8	14.1	12.6	15.4	16.2
Feldespatos	13.2	7.6	9.6	7	7.4
Fragmentos de roca	3.4	2.2	1.2	4	3.6
Carbonatos	2.2	1	0	0	0
Opacos	4.6	8.5	4.8	4	4.4
Matriz	34.4	36.4	32	0	5
Cementante	22.8	19	28.6	62	53.4

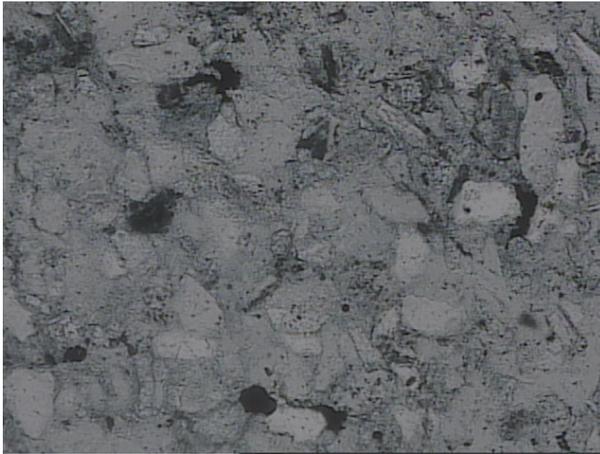
Zinfandel - 1



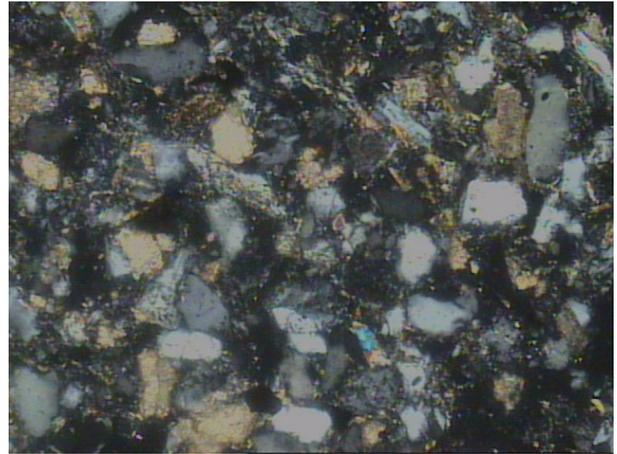
Muestra T - 26 (20 X) Wacka Luz paralela



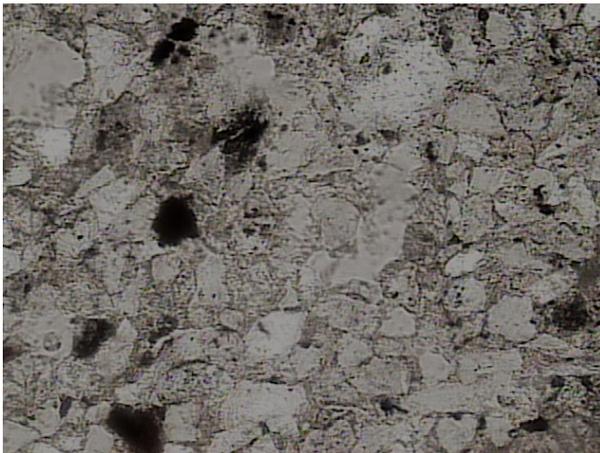
Doble polarización



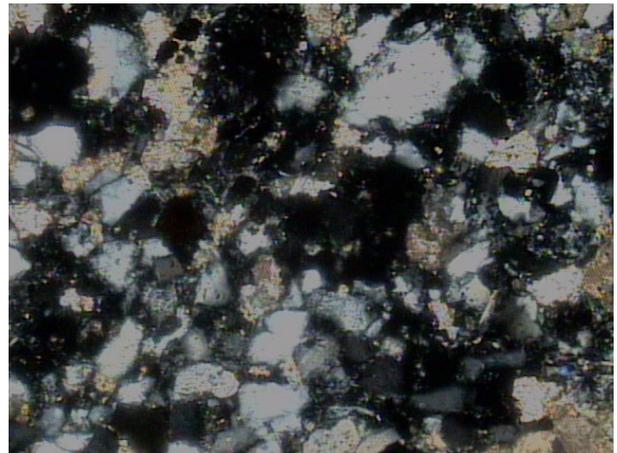
Muestra T - 27 (20 X) Wacka Luz paralela



Doble polarización



Muestra T - 28 (20 X) Wacka Luz paralela

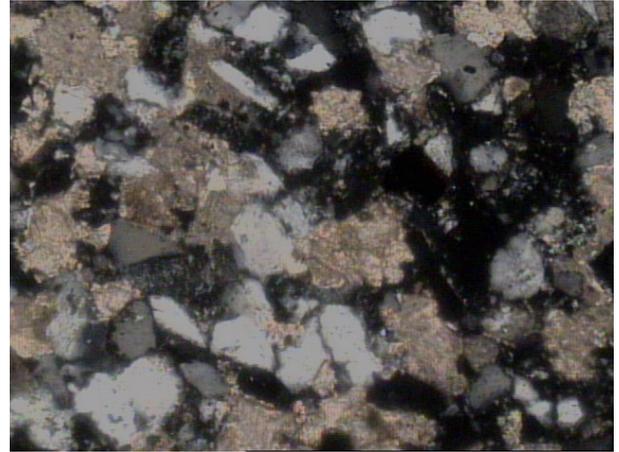


Doble polarización

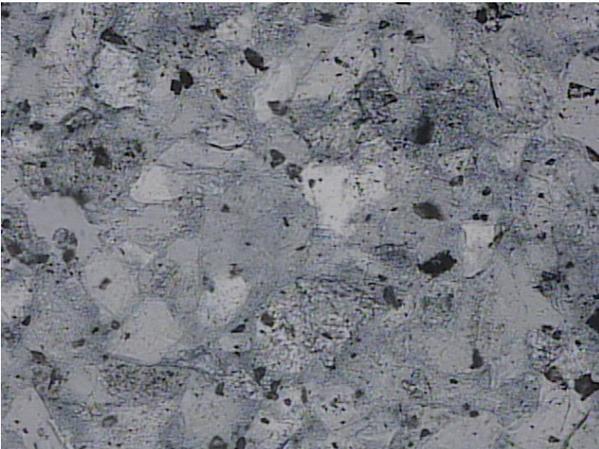
Zinfandel - 1



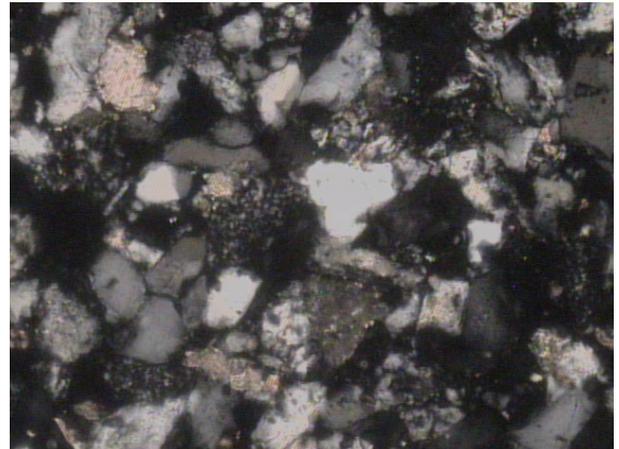
Muestra T - 29 (20 X) Wacka Luz paralela



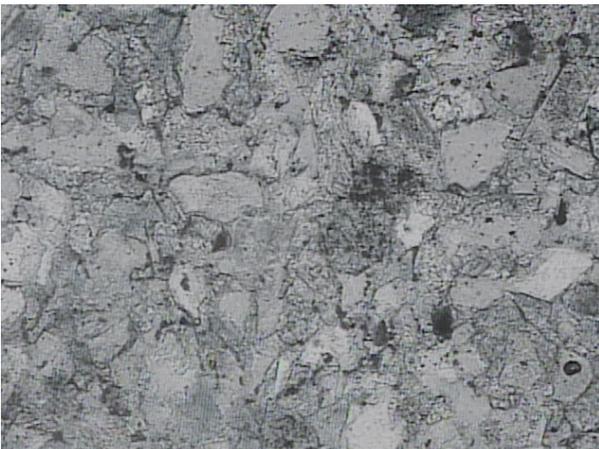
Doble polarización



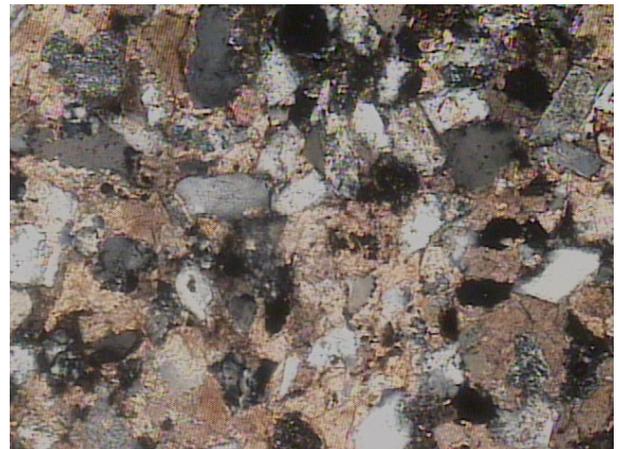
Muestra T - 31 (20 X) Wacka Luz paralela



Doble polarización

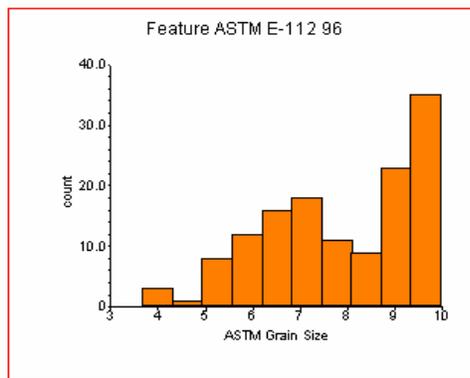
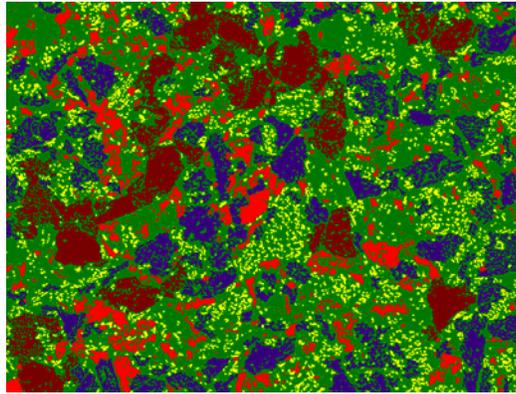
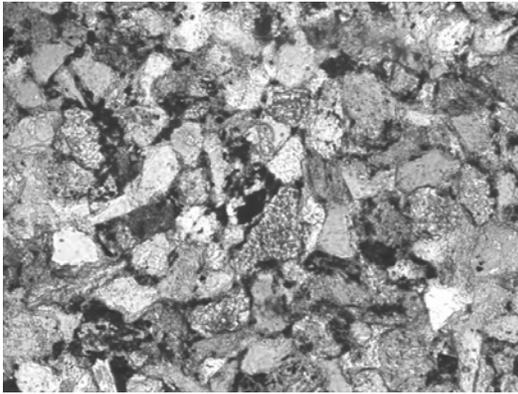


Muestra T - 32 (20 X) Arcosa Luz paralela



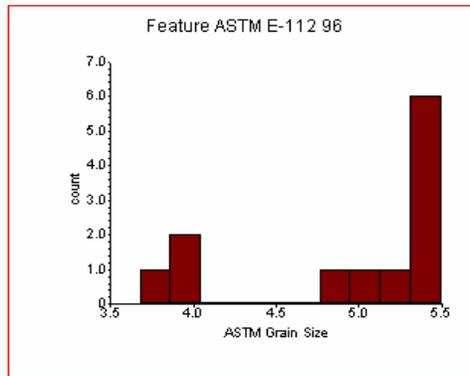
Doble polarización

Zinfandel -1; T-26 - 2474 m



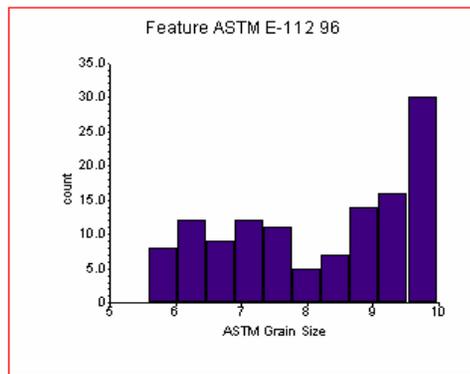
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.97098
Min:	3.8788
Mean:	7.88957
Std Dev:	1.63299
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	136
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

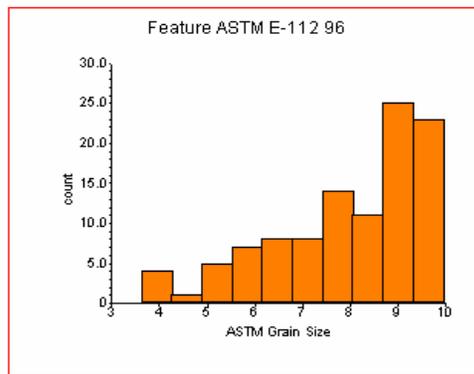
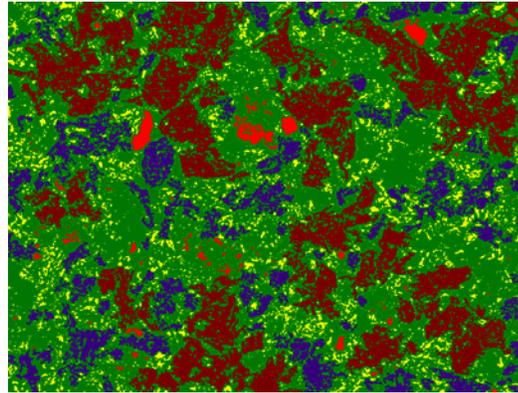
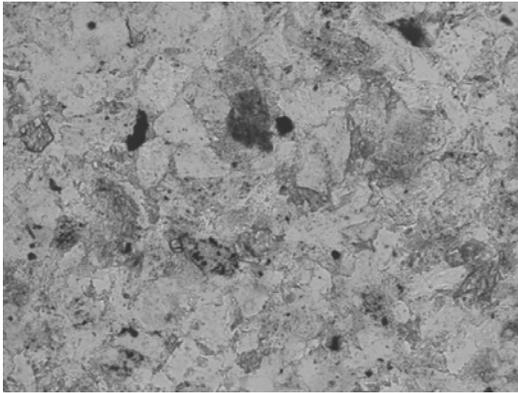
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.48517
Min:	3.8788
Mean:	4.91788
Std Dev:	0.670867
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	12
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

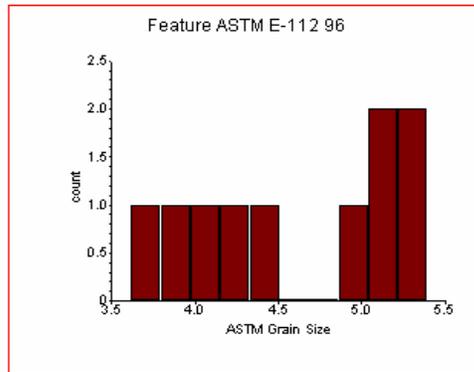
Bitplane	Limos
Max:	9.97098
Min:	5.58663
Mean:	8.17715
Std Dev:	1.39343
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	124
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Zinfandel -1; T-27 - 2476 m



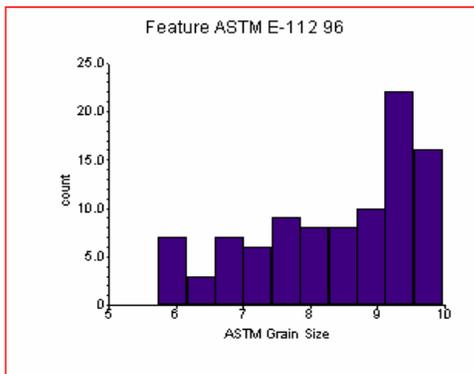
Field Summary

Bitplane	Tamaño terígenos
Max:	9.95875
Min:	3.62002
Mean:	8.00109
Std Dev:	1.6193
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	106
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

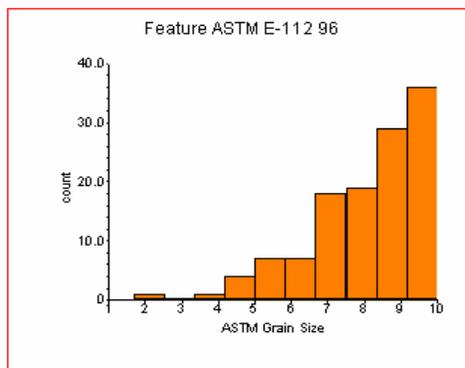
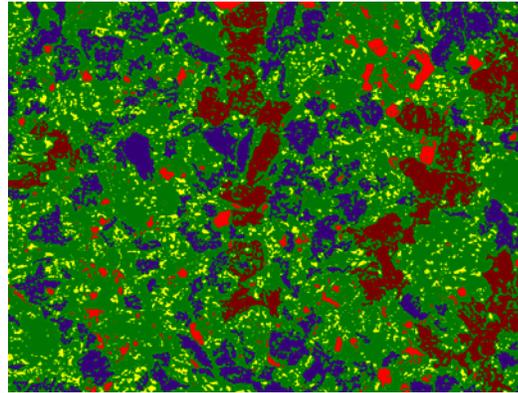
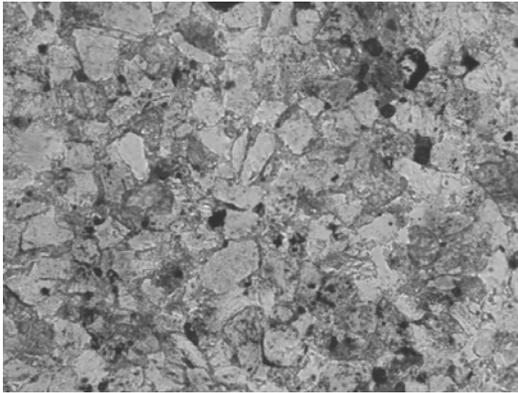
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.39586
Min:	3.62002
Mean:	4.6161
Std Dev:	0.644691
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	10
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

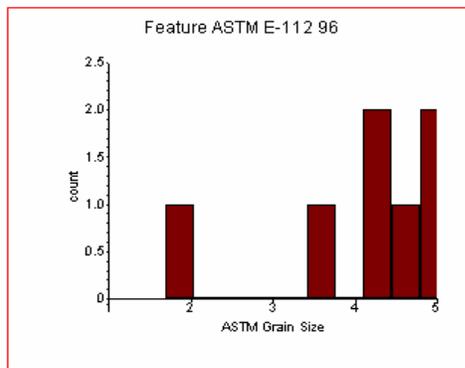
Bitplane	Limos
Max:	9.95875
Min:	5.73627
Mean:	8.35369
Std Dev:	1.23573
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	96
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Zinfandel -1; T-28 - 2477 m



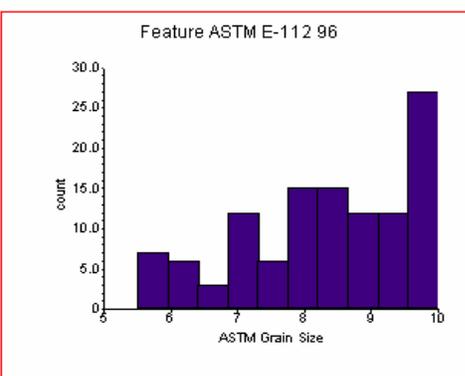
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99375
Mn:	1.69488
Mean:	8.08683
Std Dev:	1.58821
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	122
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

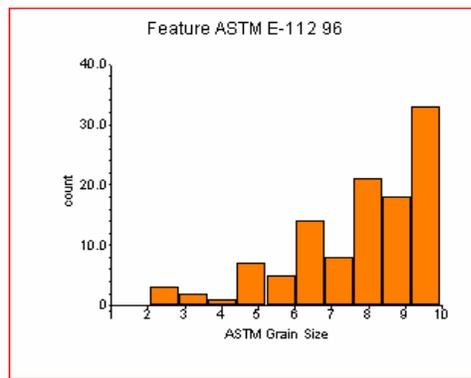
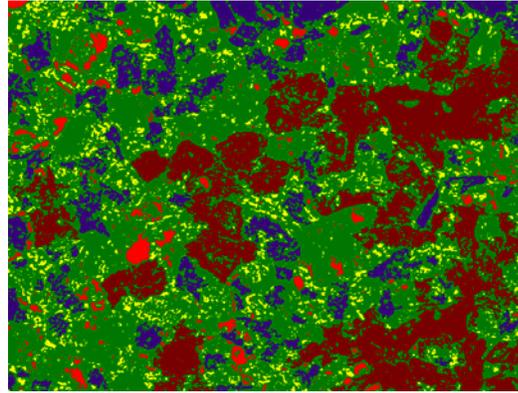
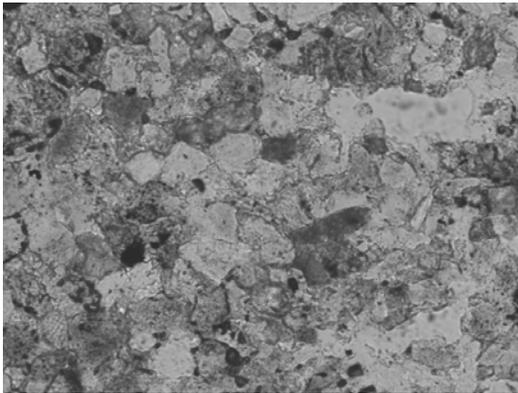
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.13768
Mn:	1.69488
Mean:	4.10211
Std Dev:	1.18949
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	7
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

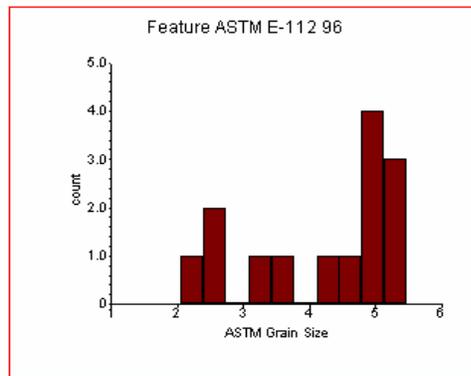
Bitplane	Limos
Max:	9.99375
Mn:	5.50123
Mean:	8.32937
Std Dev:	1.2524
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	115
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Zinfandel -1; T-29 - 2478 m



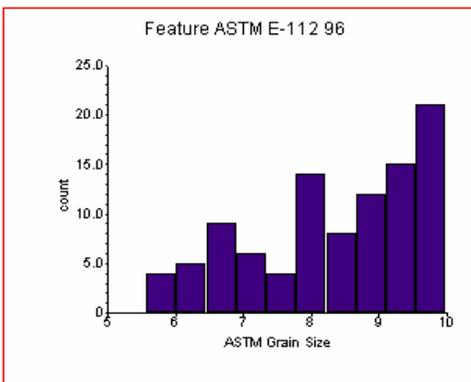
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrígenos
Max:	9.99034
Min:	2.06034
Mean:	7.82467
Std Dev:	1.8498
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	112
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

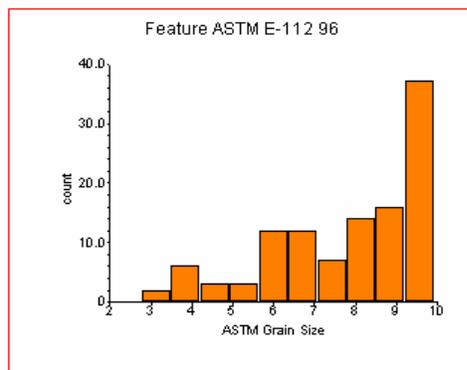
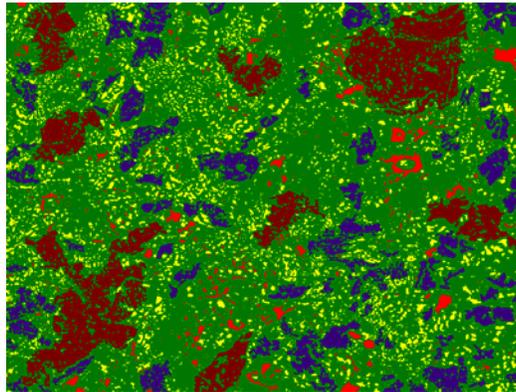
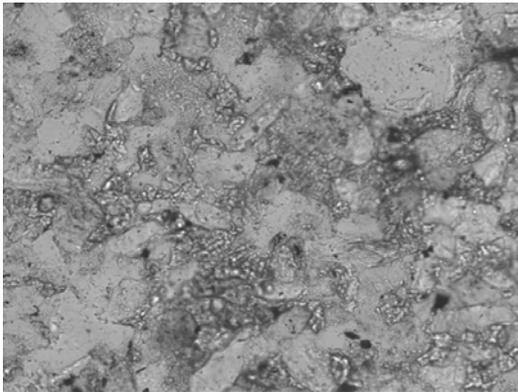
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.47576
Min:	2.06034
Mean:	4.17439
Std Dev:	1.14869
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	14
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

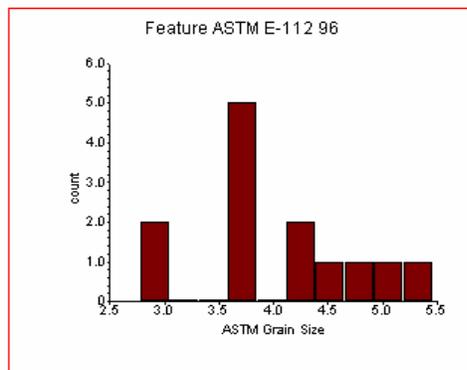
Bitplane	Limos
Max:	9.99034
Min:	5.57156
Mean:	8.34614
Std Dev:	1.24134
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	98
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Pozo: Zinfandel -1; T-30 - 2568 m



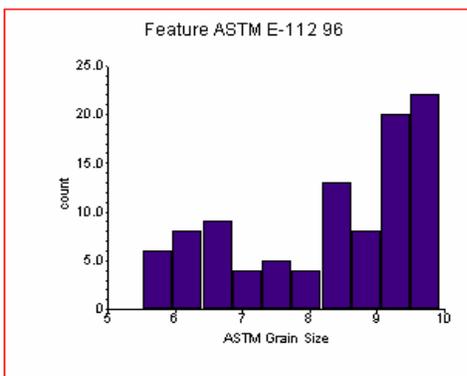
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.94921
Min:	2.78079
Mean:	7.82249
Std Dev:	1.89036
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	112
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

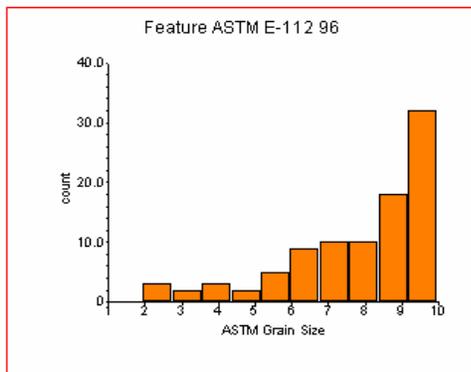
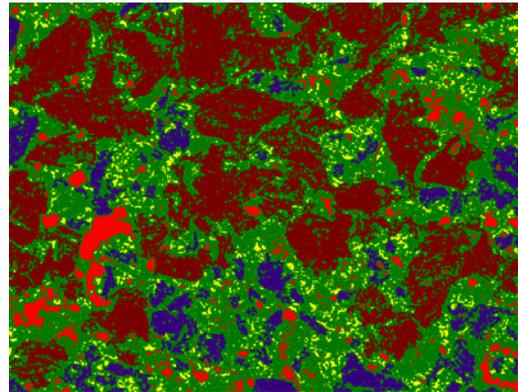
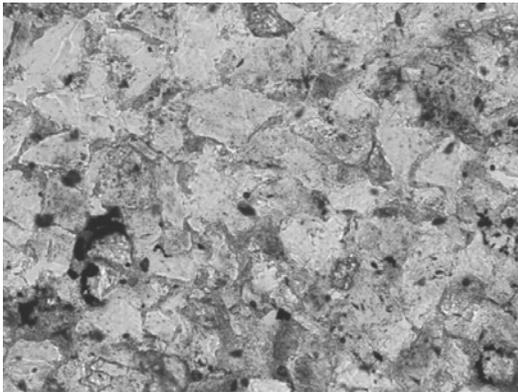
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.46549
Min:	2.78079
Mean:	4.0507
Std Dev:	0.776676
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	13
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

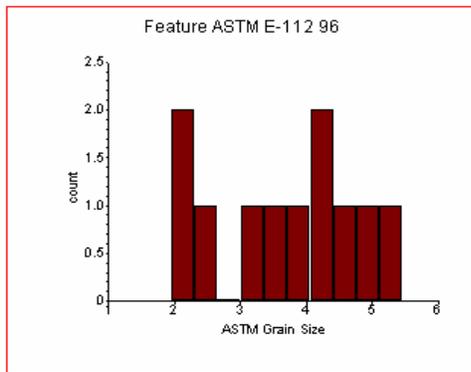
Bitplane	Limos
Max:	9.94921
Min:	5.52107
Mean:	8.31777
Std Dev:	1.35596
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	99
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Zinfandel -1; T-31 - 2569 m



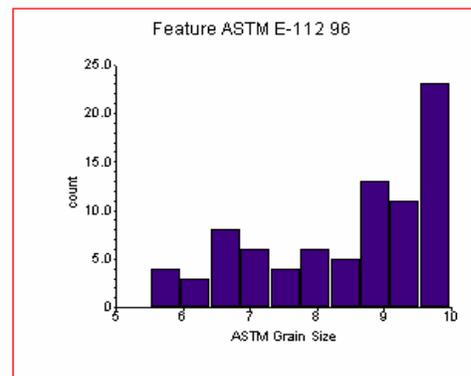
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.98609
Min:	1.94865
Mean:	7.87214
Std Dev:	2.00654
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	94
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

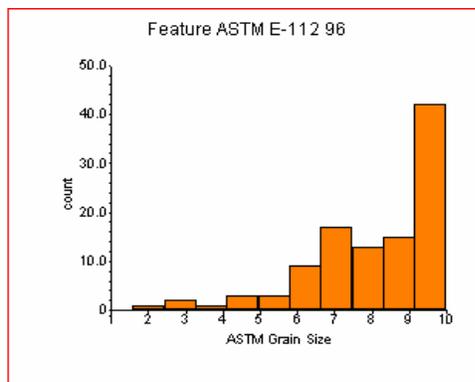
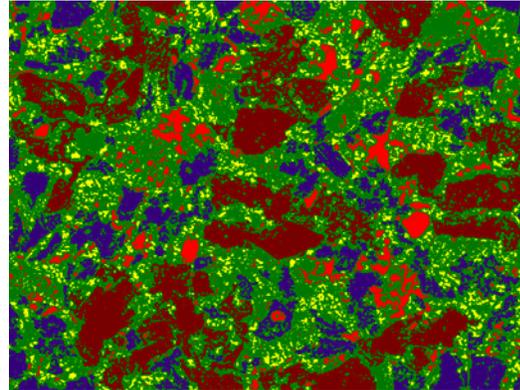
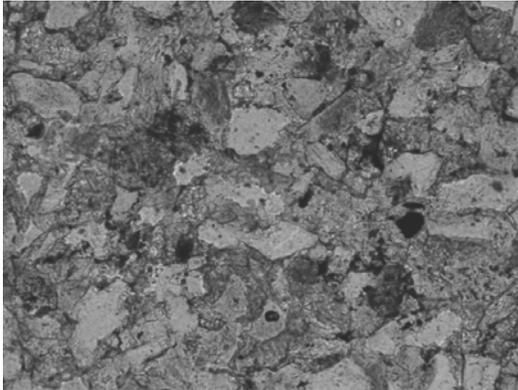
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.46831
Min:	1.94865
Mean:	3.69812
Std Dev:	1.17882
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	11
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

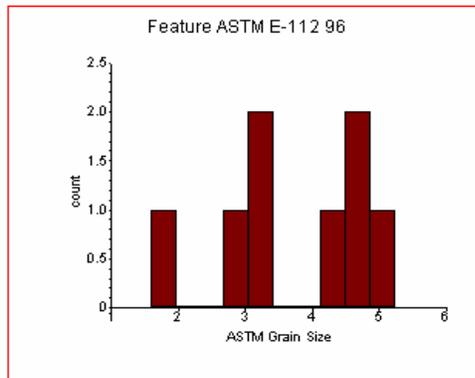
Bitplane	Limos
Max:	9.98609
Min:	5.52054
Mean:	8.42533
Std Dev:	1.32285
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	83
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Zinfandel -1; T-32 - 2570 m



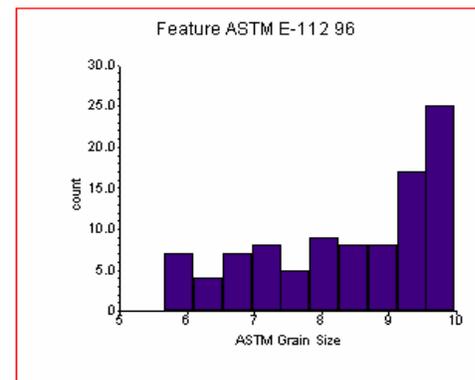
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.98231
Min:	1.58246
Mean:	8.07095
Std Dev:	1.79928
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	106
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

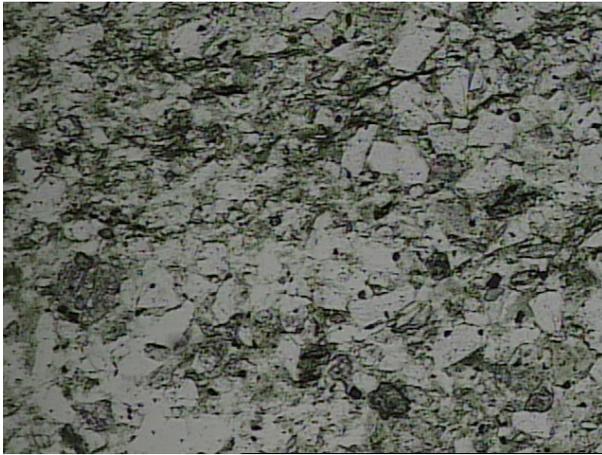
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.21435
Min:	1.58246
Mean:	3.7028
Std Dev:	1.21786
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	8
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



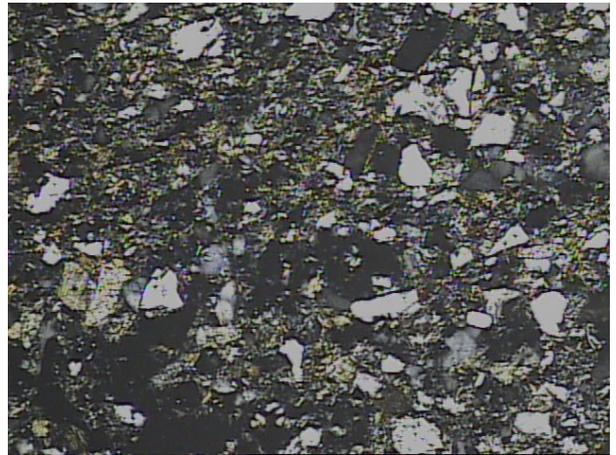
Field Summary

Bitplane	Limos
Max:	9.98231
Min:	5.66621
Mean:	8.42754
Std Dev:	1.30202
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	98
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata - 1



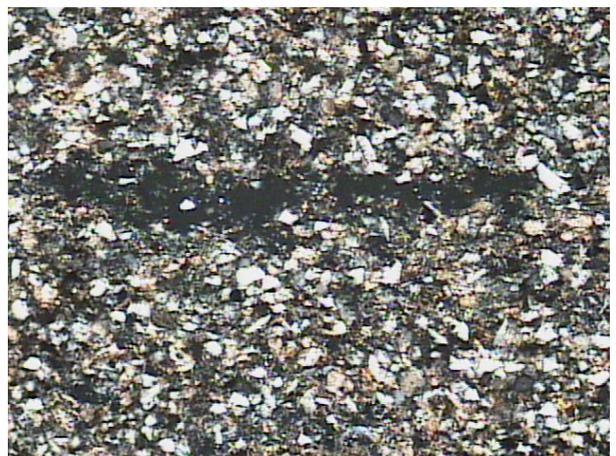
Muestra T - 22 (20 X) Wacka Luz paralela



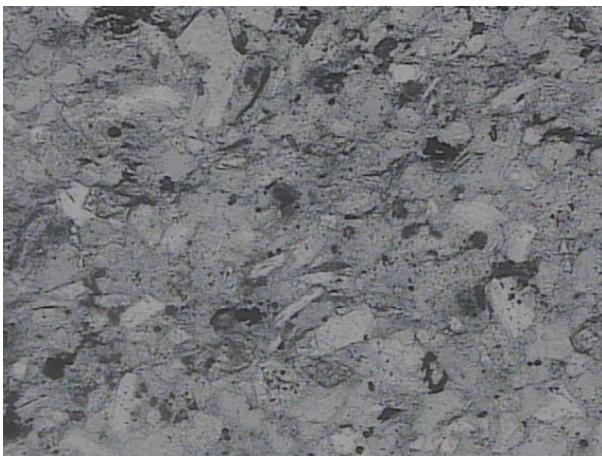
Doble polarización



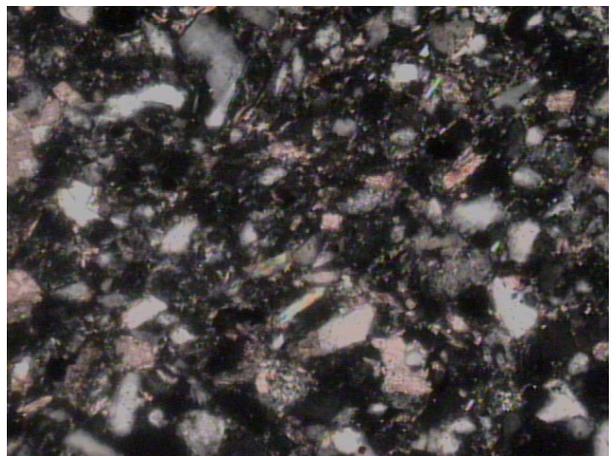
Muestra T - 23 (20 X) Wacka Luz paralela



Doble polarización

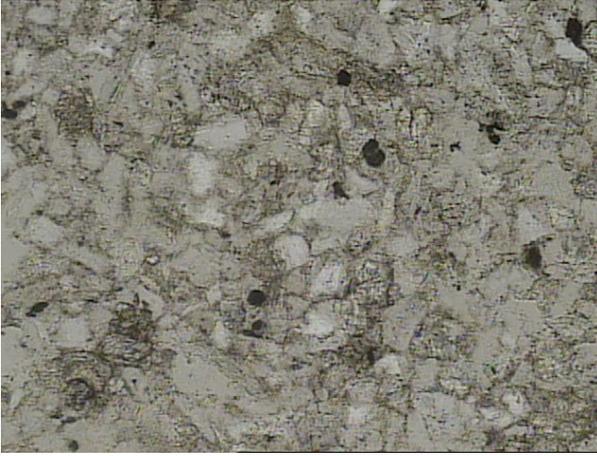


Muestra T - 24 (20 X) Wacka Luz paralela

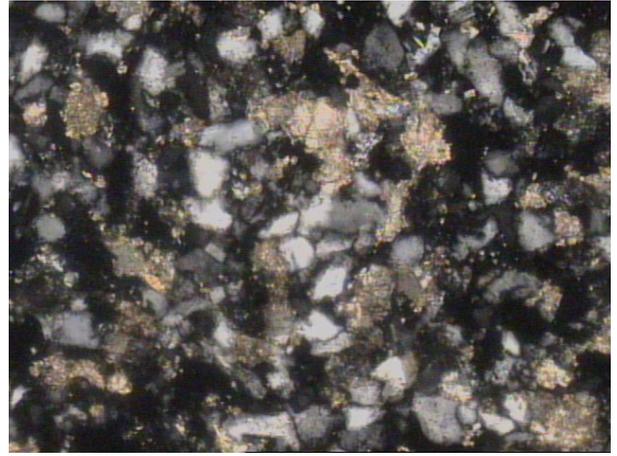


Doble polarización

Alicata - 1



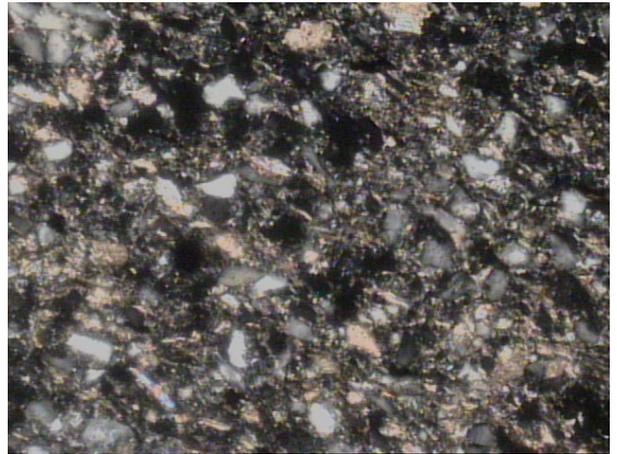
Muestra T - 26 (20 X) Arcosa Luz paralela



Doble polarización



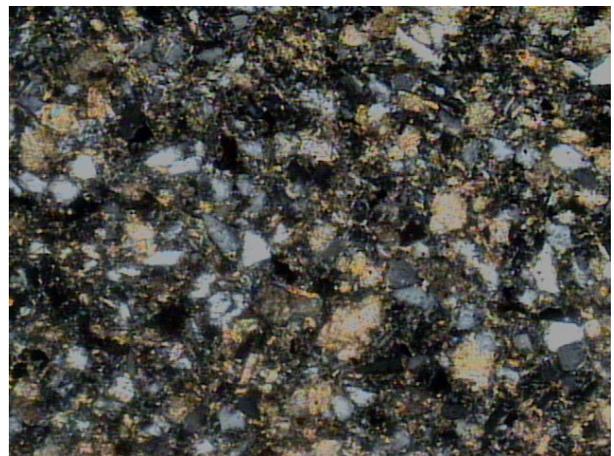
Muestra T - 27 (20 X) Wacka Luz paralela



Doble polarización

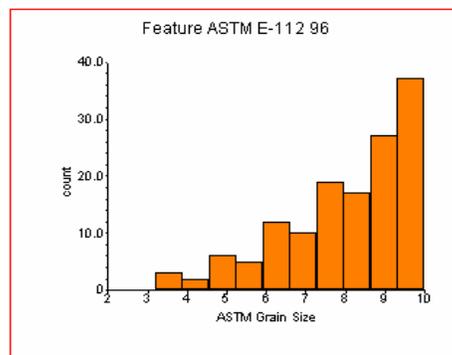
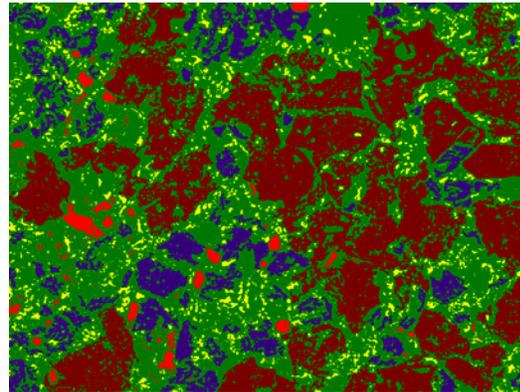
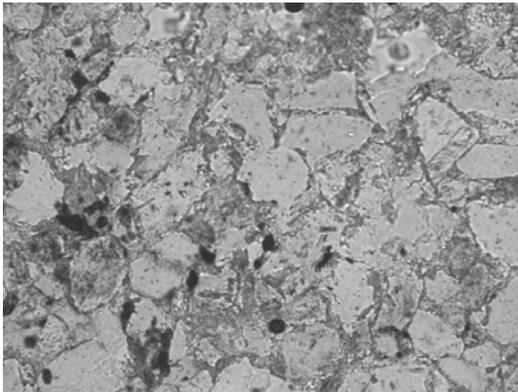


Muestra T - 30 (20 X) Wacka Luz paralela



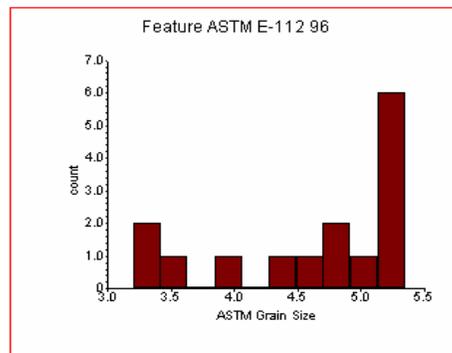
Doble polarización

Alicata -1; T-22 - 2577 m



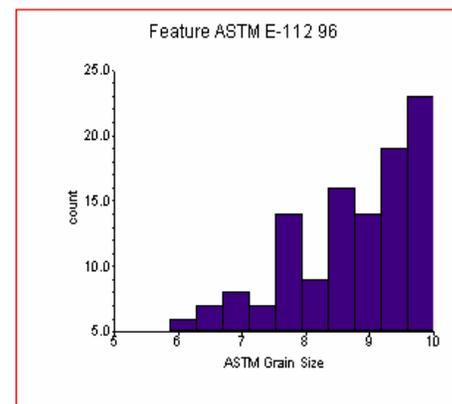
Field Summary

Bitplane	Tamaño terígenos
Max:	9.9972
Min:	3.20083
Mean:	8.00494
Std Dev:	1.63337
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	138
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

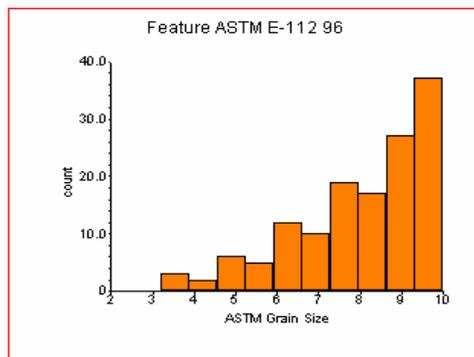
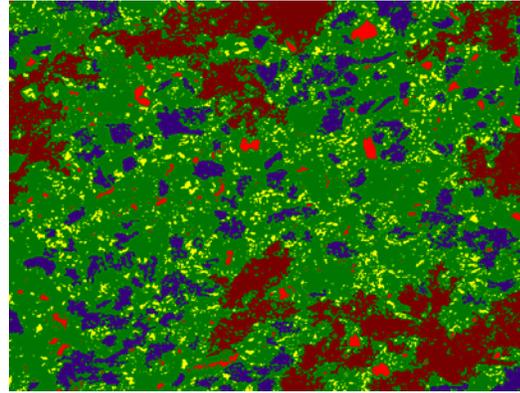
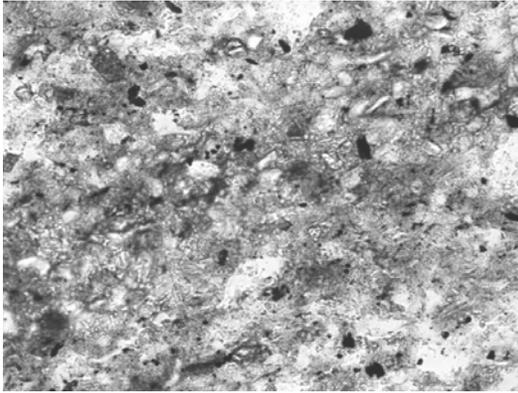
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.34425
Min:	3.20083
Mean:	4.60935
Std Dev:	0.761985
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	15
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

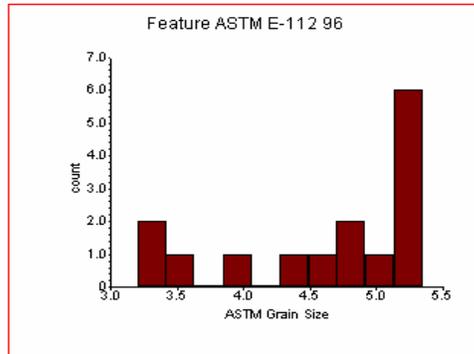
Bitplane	Limos
Max:	9.9972
Min:	5.87419
Mean:	8.41903
Std Dev:	1.15705
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	123
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata -1; T-23 - 2579 m



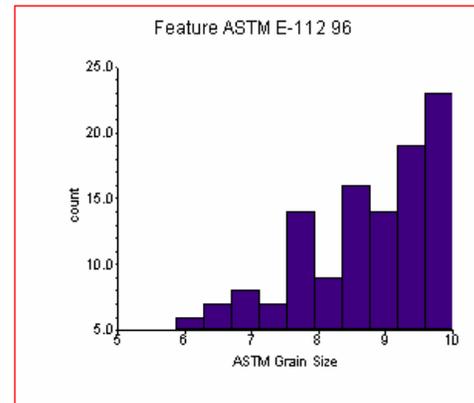
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.9972
Min:	3.20083
Mean:	8.00494
Std Dev:	1.63337
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	138
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

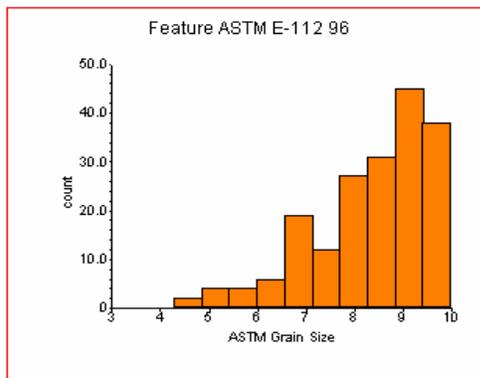
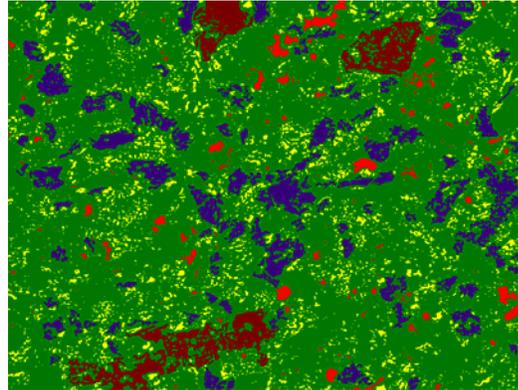
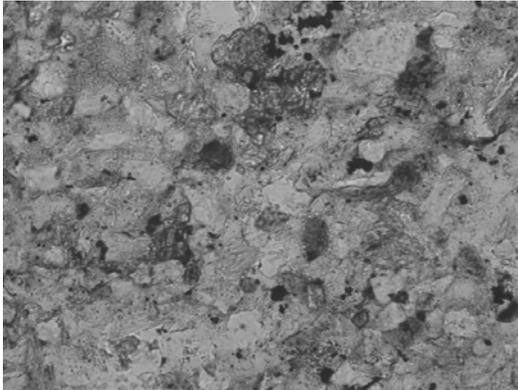
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.34425
Min:	3.20083
Mean:	4.60935
Std Dev:	0.761985
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	15
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

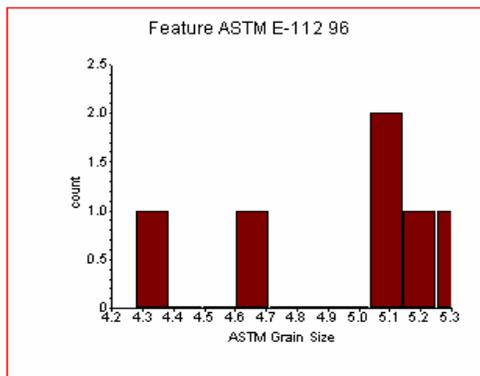
Bitplane	Limos
Max:	9.9972
Min:	5.87419
Mean:	8.41903
Std Dev:	1.15705
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	123
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata -1; T-24 - 2581 m



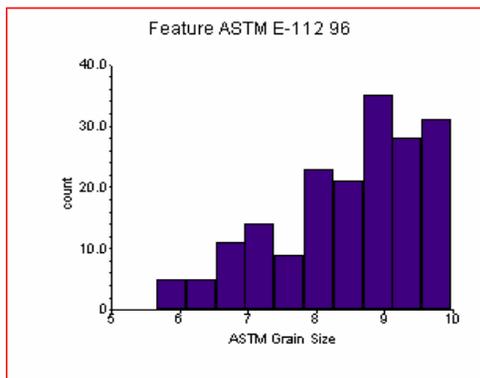
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.97808
Min:	4.2775
Mean:	8.37304
Std Dev:	1.2314
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	188
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

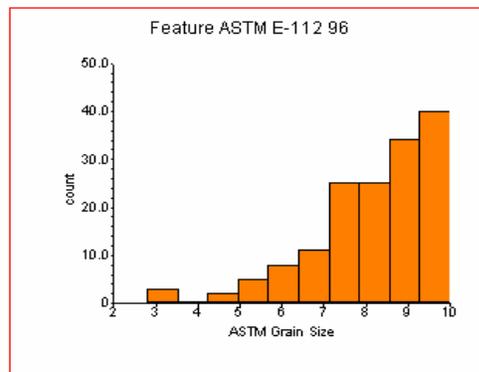
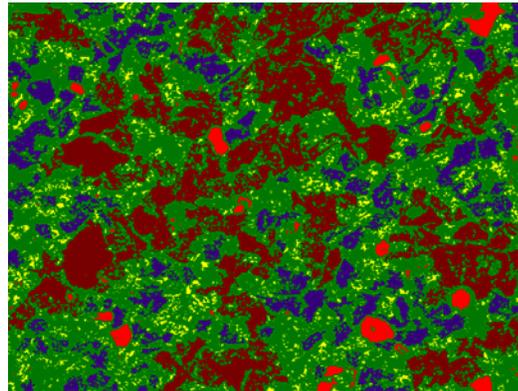
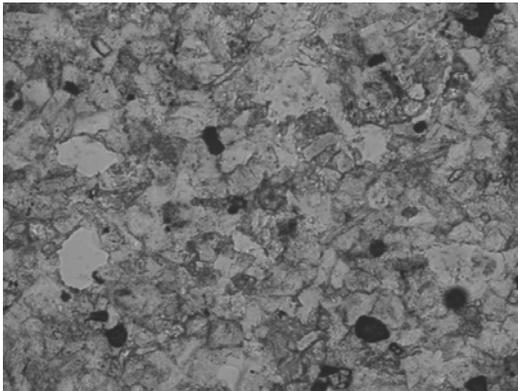
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.36307
Min:	4.2775
Mean:	4.96286
Std Dev:	0.412356
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	6
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

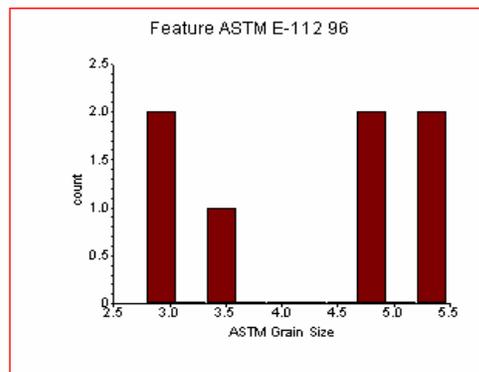
Bitplane	Limos
Max:	9.97808
Min:	5.66062
Mean:	8.48547
Std Dev:	1.07875
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	182
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata -1; T-26 - 2648 m



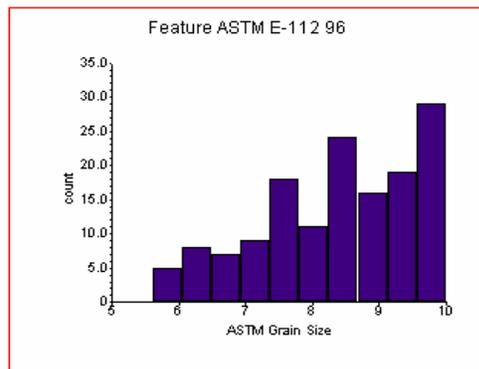
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.98754
Min:	2.7991
Mean:	8.18672
Std Dev:	1.46876
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	153
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

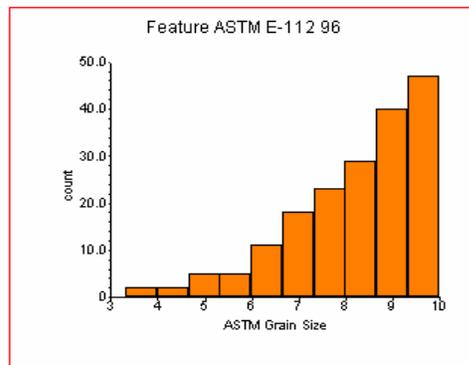
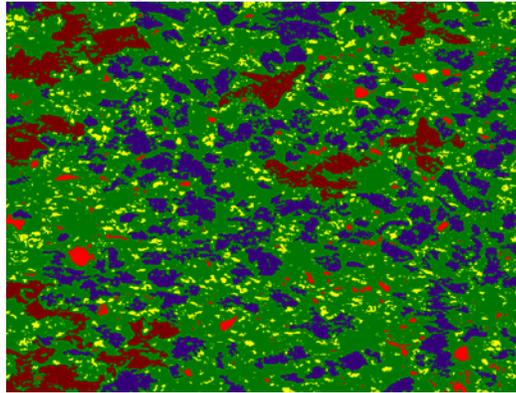
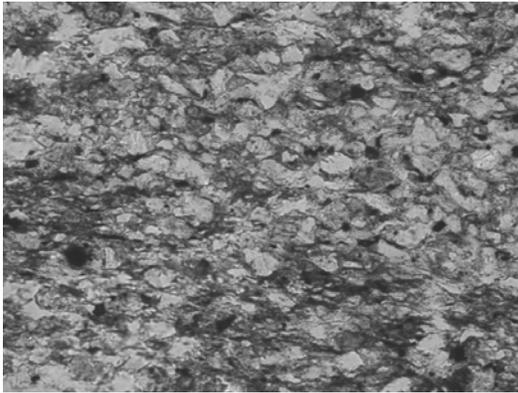
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.4771
Min:	2.7991
Mean:	4.21084
Std Dev:	1.14647
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	7
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

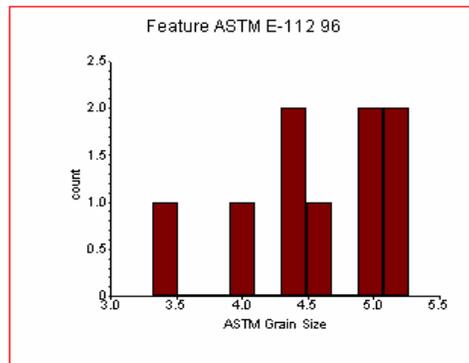
Bitplane	Limos
Max:	9.99754
Min:	5.61337
Mean:	8.37734
Std Dev:	1.17329
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	146
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata -1; T-27 - 2649 m



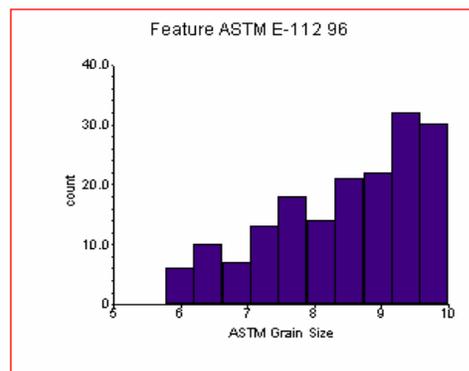
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99344
Min:	3.31717
Mean:	8.25891
Std Dev:	1.38546
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	182
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

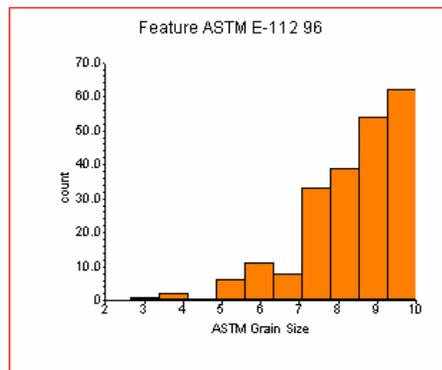
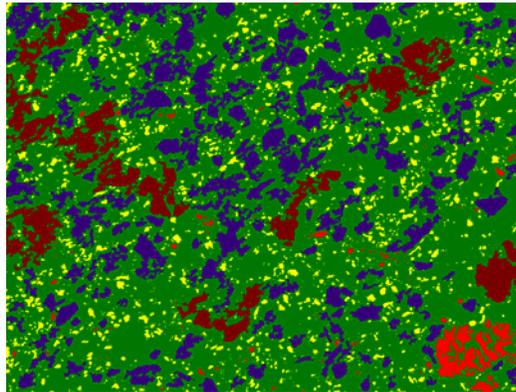
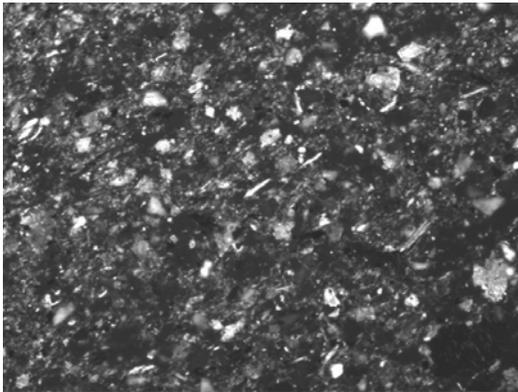
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.27703
Min:	3.31717
Mean:	4.57099
Std Dev:	0.632275
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	9
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

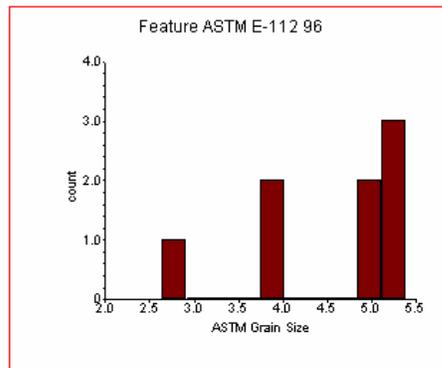
Bitplane	Limos
Max:	9.99344
Mn:	5.77311
Mean:	8.46076
Std Dev:	1.11921
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	173
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Alicata -1; T-30 - 2754 m



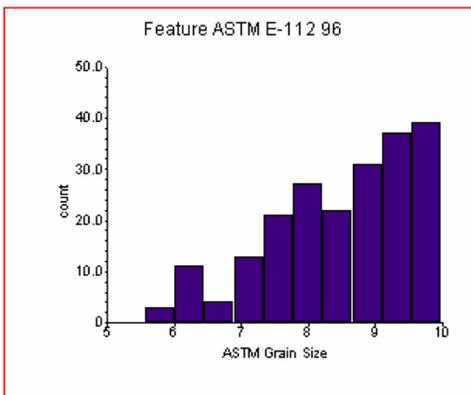
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99078
Min:	2.6457
Mean:	8.36312
Std Dev:	1.31186
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	216
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.39358
Min:	2.6457
Mean:	4.53096
Std Dev:	0.953344
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	8
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



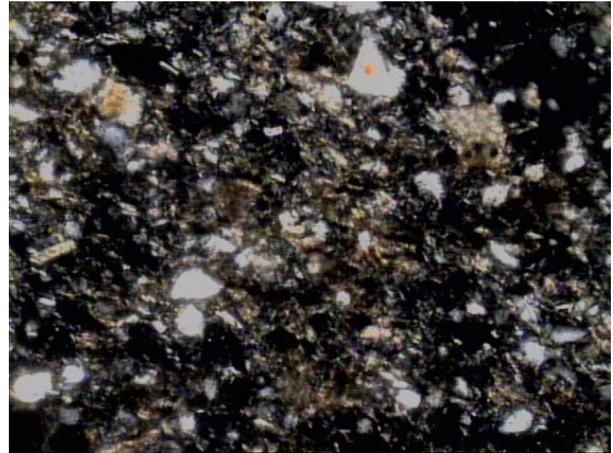
Field Summary

Bitplane	Limos
Max:	9.99078
Min:	5.55978
Mean:	8.51051
Std Dev:	1.08045
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	208
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

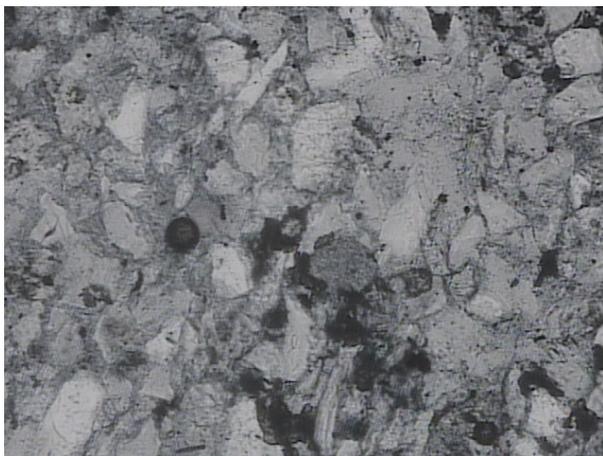
Flamante - 1



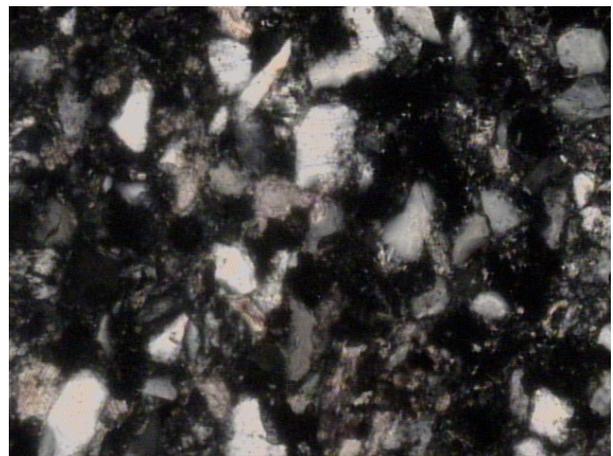
Muestra T - 31 (20 X) Wacka Luz paralela



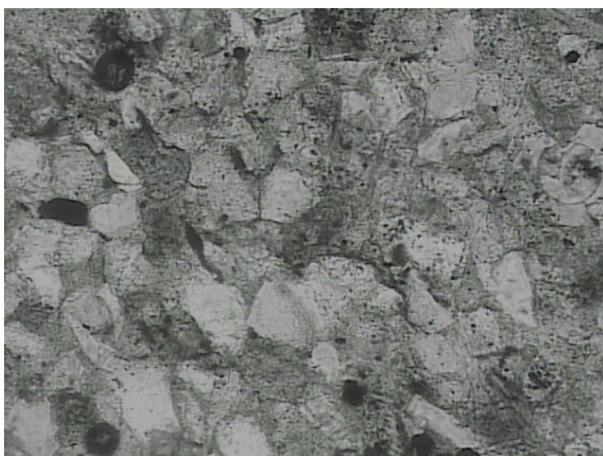
Doble polarización



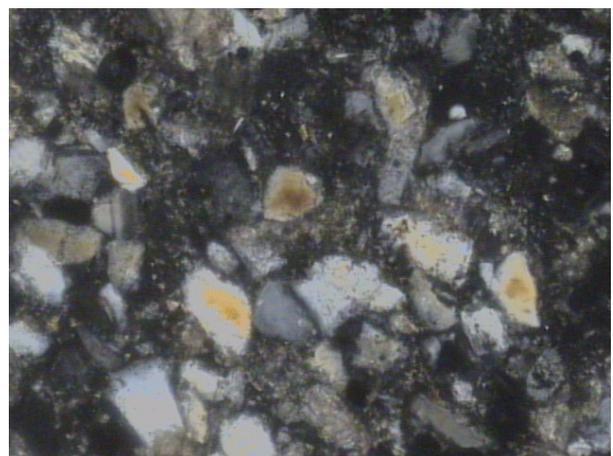
Muestra T - 33 (20 X) Wacka Luz paralela



Doble polarización

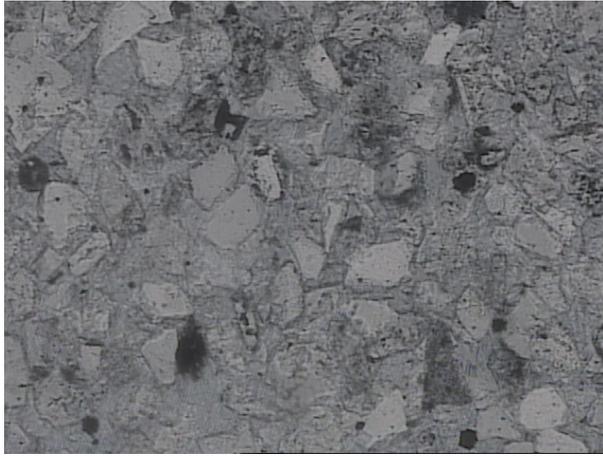


Muestra T - 34 (20 X) Wacka Luz paralela

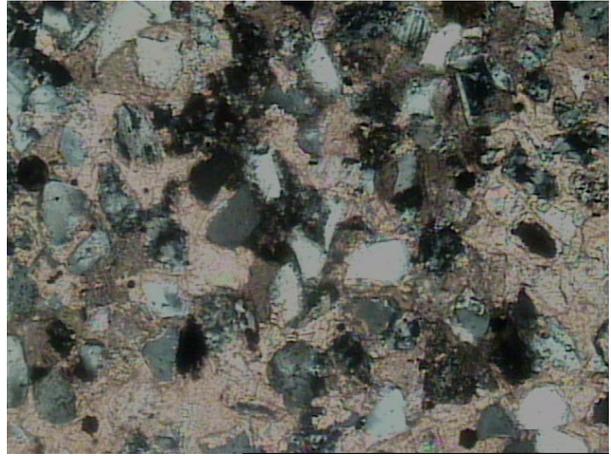


Doble polarización

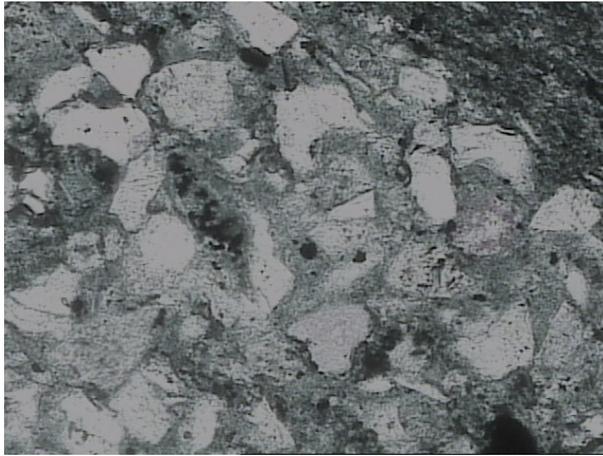
Flamante - 1



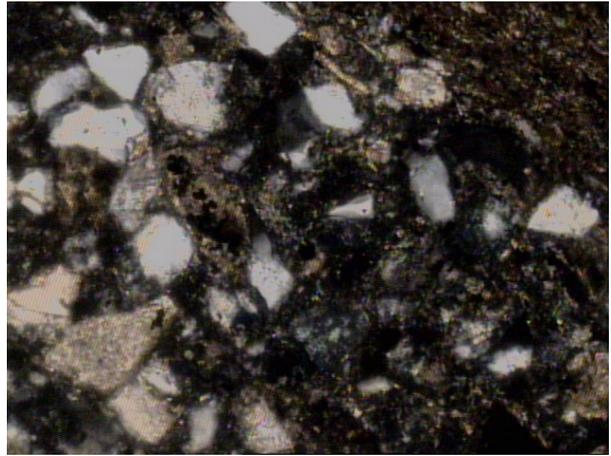
Muestra T - 35 (20 X) Arcosa Luz paralela



Doble polarización

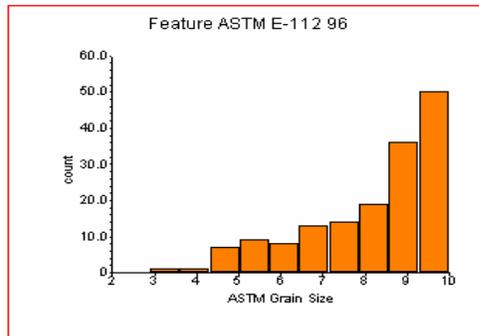
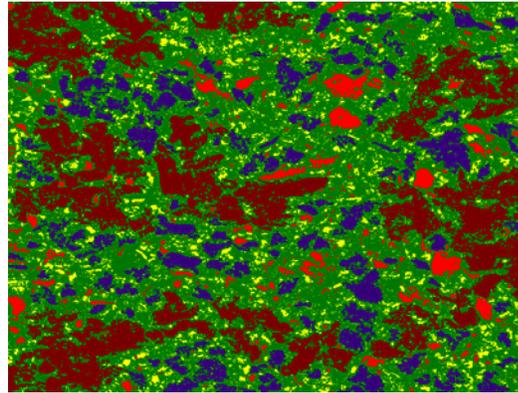
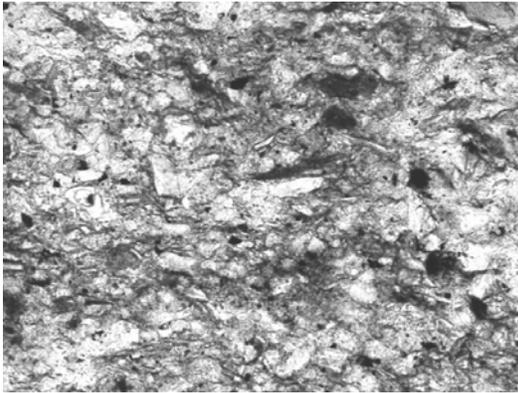


Muestra T - 37 (20 X) Arc Luz paralela



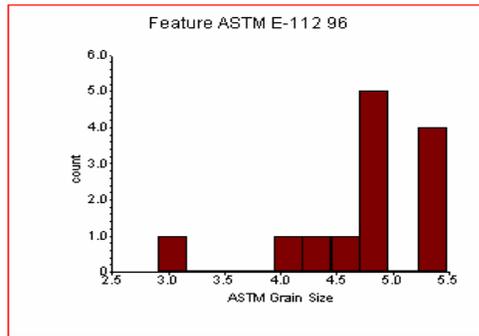
Doble polarización

Flamante -1; T-31 - 2297 m



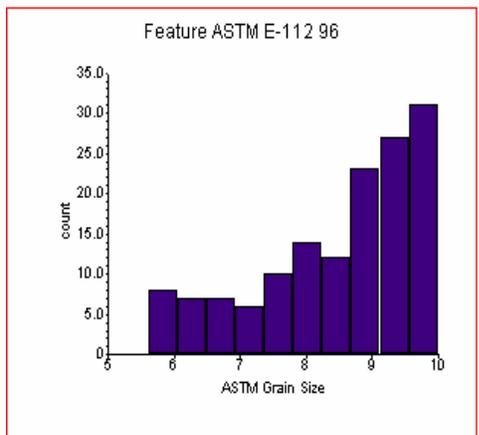
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99733
Min:	2.91273
Mean:	8.17772
Std Dev:	1.57736
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	158
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

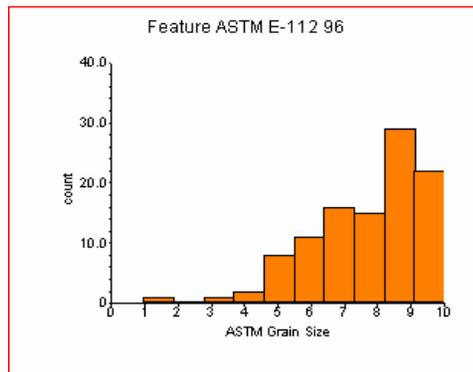
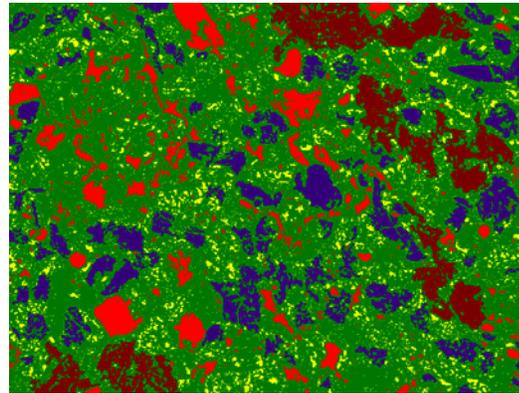
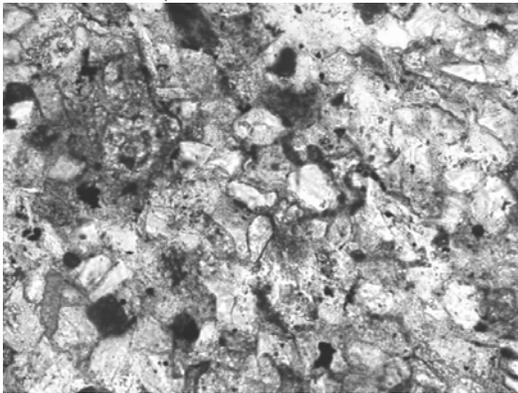
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.4773
Min:	2.91273
Mean:	4.74885
Std Dev:	0.886609
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	13
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

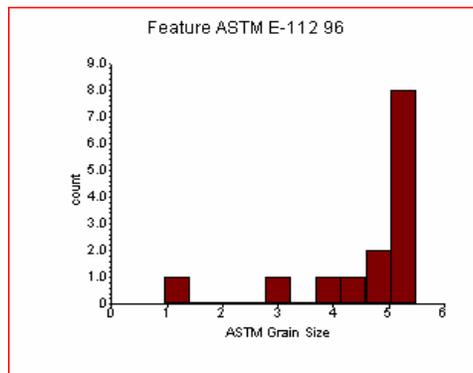
Bitplane	Limos
Max:	9.99733
Min:	5.608
Mean:	8.48514
Std Dev:	1.23159
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	145
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-32 - 2302 m



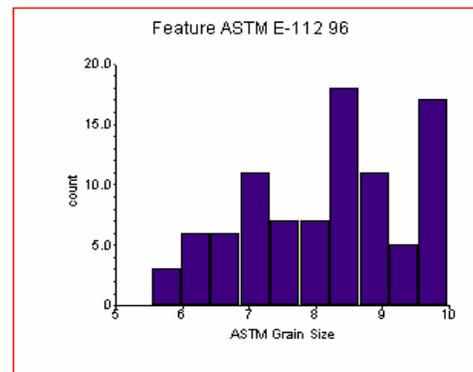
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99845
Min:	0.959018
Mean:	7.68894
Std Dev:	1.69654
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	105
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

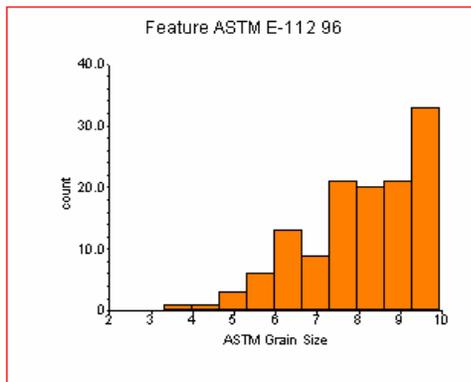
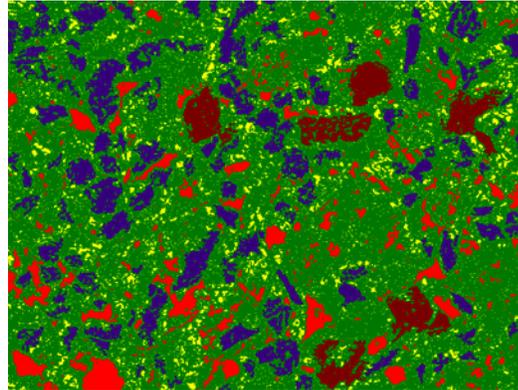
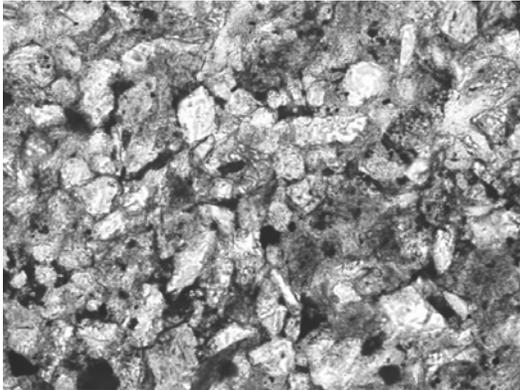
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.49935
Min:	0.959018
Mean:	4.63341
Std Dev:	1.26679
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	14
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

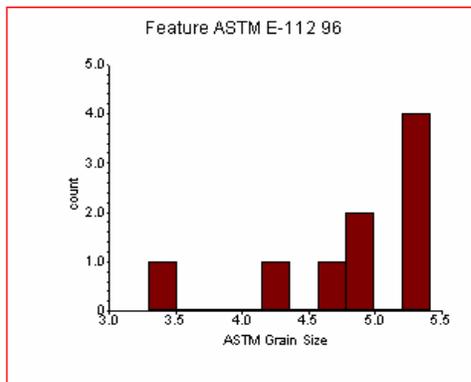
Bitplane	Limos
Max:	9.99845
Min:	5.53335
Mean:	8.15902
Std Dev:	1.19098
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	91
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-33 - 2306 m



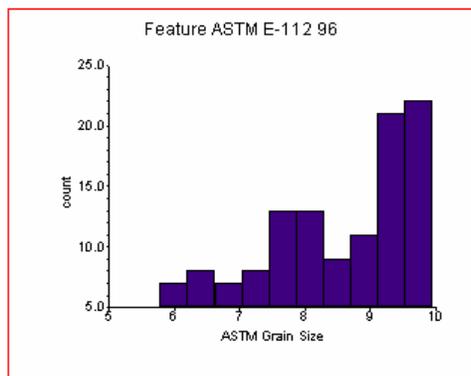
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.94805
Min:	3.29723
Mean:	8.05689
Std Dev:	1.46816
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	128
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

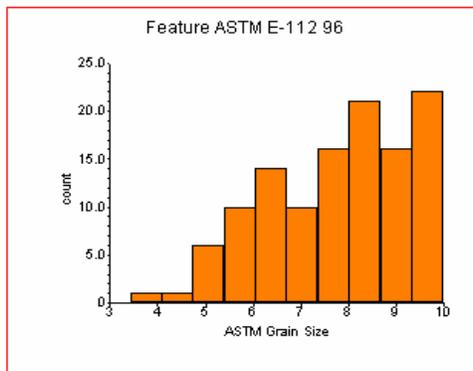
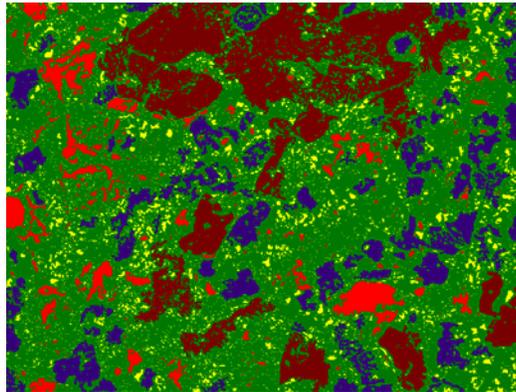
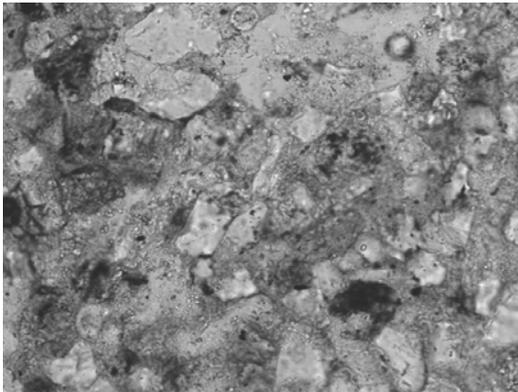
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.41741
Min:	3.29723
Mean:	4.82447
Std Dev:	0.692976
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	9
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

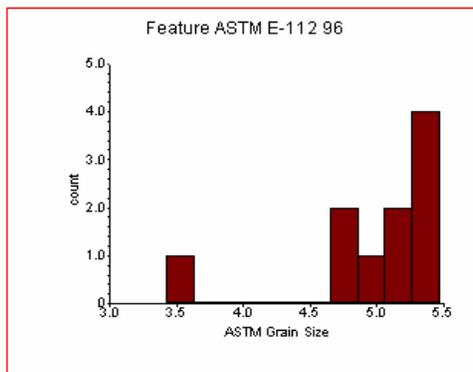
Bitplane	Limos
Max:	9.94805
Min:	5.77951
Mean:	8.30136
Std Dev:	1.19588
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	119
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-34 - 2313 m



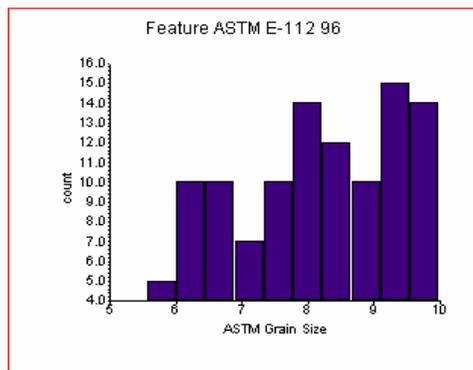
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.98804
Min:	3.4245
Mean:	7.79182
Std Dev:	1.40409
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	117
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

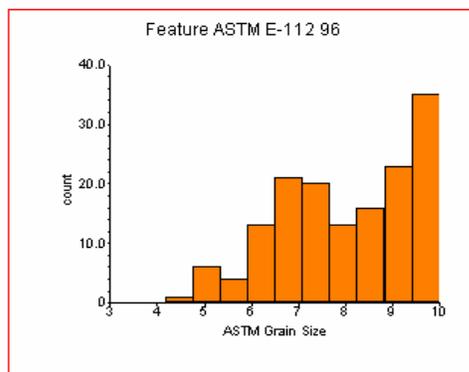
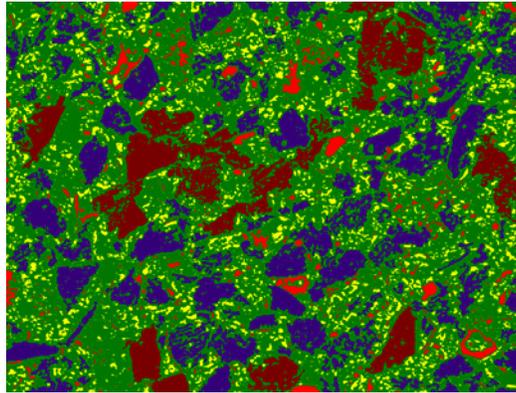
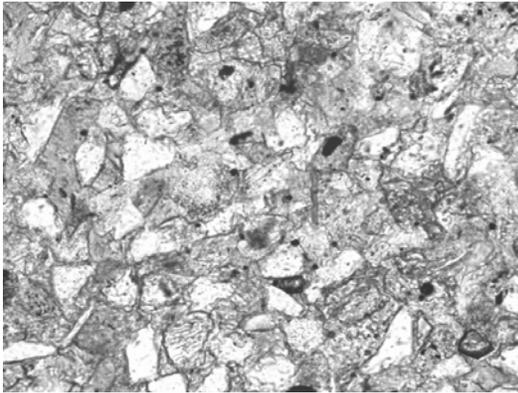
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.4668
Min:	3.4245
Mean:	4.98837
Std Dev:	0.615756
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	10
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

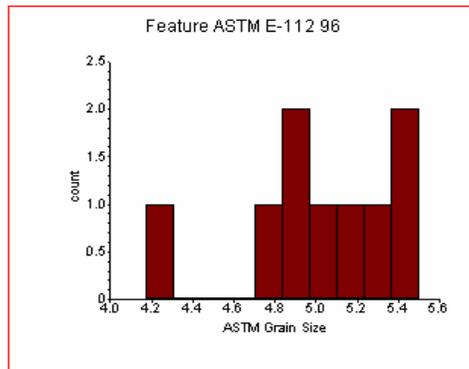
Bitplane	Limos
Max:	9.98804
Min:	5.56801
Mean:	8.05383
Std Dev:	1.2649
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	107
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-35 - 2320 m



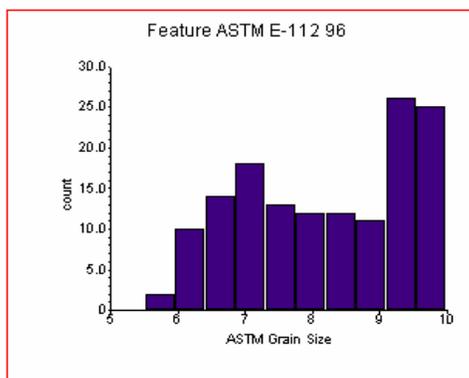
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99502
Min:	4.17715
Mean:	8.01701
Std Dev:	1.42633
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	152
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

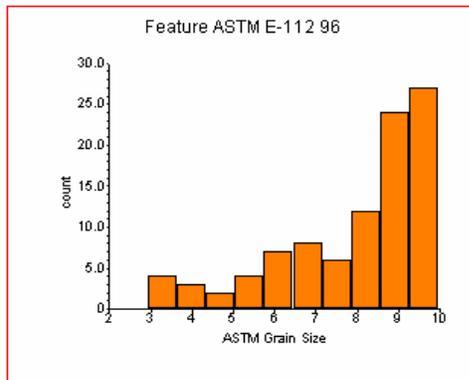
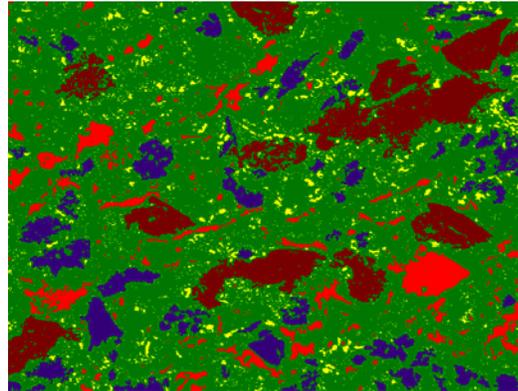
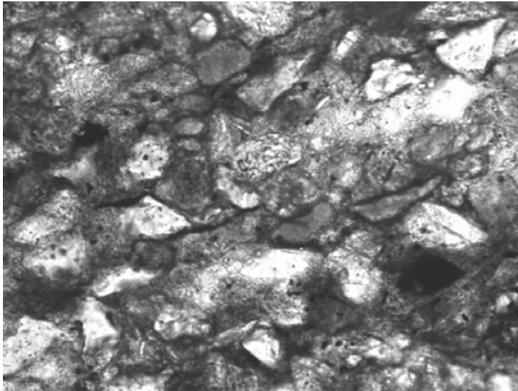
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.49336
Min:	4.17715
Mean:	5.01919
Std Dev:	0.390991
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	9
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

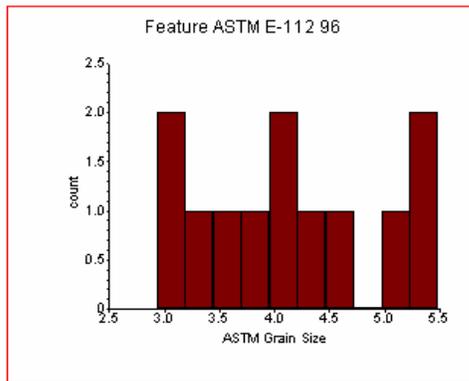
Bitplane	Limos
Max:	9.99502
Min:	5.51144
Mean:	8.20568
Std Dev:	1.24471
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	143
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-36 - 2335 m



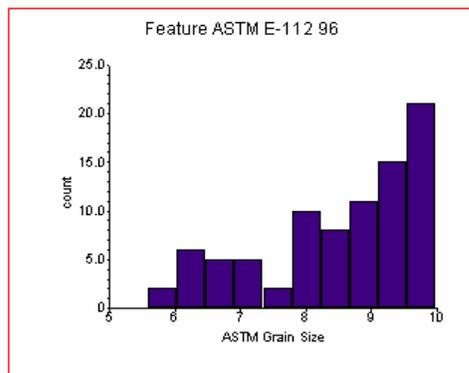
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.98272
Min:	2.93421
Mean:	7.97024
Std Dev:	1.86754
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	97
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

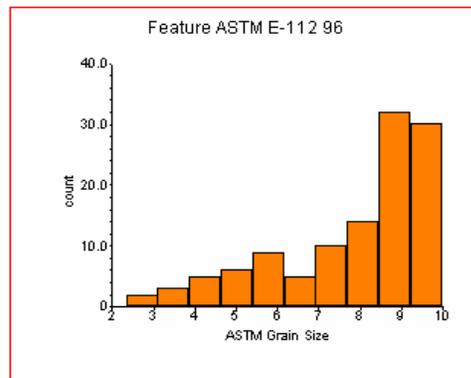
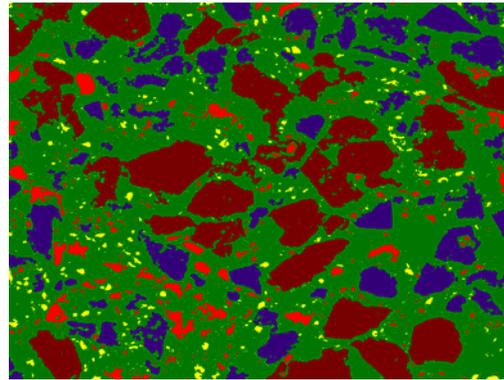
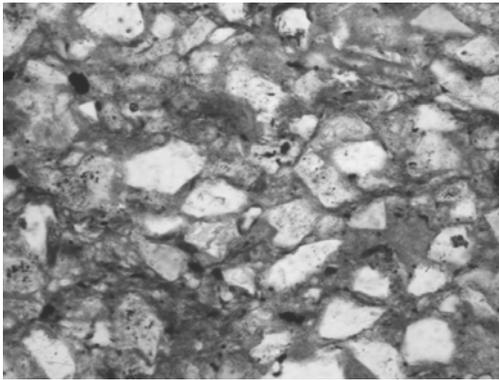
Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.48273
Min:	2.93421
Mean:	4.11646
Std Dev:	0.847207
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	12
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

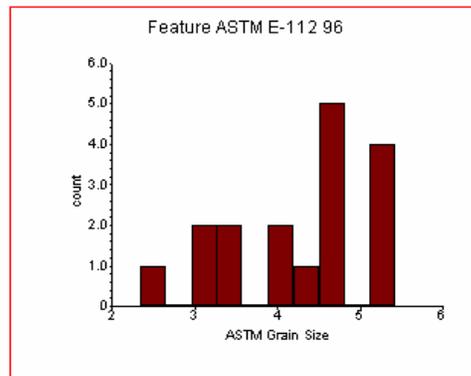
Bitplane	Limos
Max:	9.98272
Min:	5.59337
Mean:	8.51431
Std Dev:	1.21275
Fld Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fld Count:	1
Obj Count:	85
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %

Flamante -1; T-37 - 2340 m



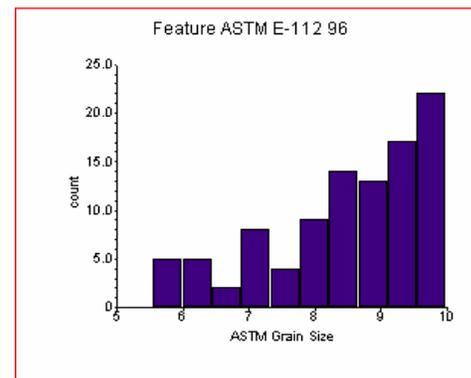
Field Summary

Bitplane	Tamaño terrigenos
Max:	9.99337
Min:	2.3422
Mean:	7.86127
Std Dev:	1.90374
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	116
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

Bitplane	Arenas muy finas
Max:	5.4323
Min:	2.3422
Mean:	4.24872
Std Dev:	0.908768
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	17
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %



Field Summary

Bitplane	Limos
Max:	9.99337
Min:	5.55351
Mean:	8.48161
Std Dev:	1.21056
Fid Area:	0.413154 mm ²
Tot Area:	0.413154 mm ²
Fid Count:	1
Obj Count:	99
Over:	0
Under:	0
Accepted:	100 %