

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“ESTUDIOS DE POROSIDAD DE NÚCLEOS USANDO ANÁLISIS DE IMÁGENES “VISUALES” EN LA FORMACIÓN MISOA EN LOS CAMPOS: CEUTA, BARÚA Y MOTATÁN DEL LAGO DE MARACAIBO”

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al título de Ingeniero Geólogo
Por las Bachilleres: Bastidas B. Elinor
Méndez T. Yumaire A.

Caracas, Julio 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“ESTUDIOS DE POROSIDAD DE NÚCLEOS USANDO ANÁLISIS DE IMÁGENES “VISUALES” EN LA FORMACIÓN MISOA EN LOS CAMPOS: CEUTA, BARÚA Y MOTATÁN DEL LAGO DE MARACAIBO”

Tutor Académico: Prof. González Lenin

Cotutor Académico: Msc. Bermúdez Mauricio

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Para optar al título de Ingeniero Geólogo
Por las Bachilleres: Bastidas B. Elinor
Méndez T. Yumaire A.

Caracas, Julio 2007

Doy gracias a Dios por permitirme alcanzar tan anhelada meta que, en muchas oportunidades, creí que nunca se haría realidad.

A mi padre porque, pese a su ausencia física, su recuerdo sigue vivo y me acompaña a toda hora y en honor a ti papá te dedico este gran esfuerzo alcanzado.

A mi madre, pilar importante en la continuidad de mis metas, mi respeto y total agradecimiento de todos los días.

A mis hermanos Freddy, Zenayda, Delsy, Luis, Nelson, Orlando, Arsenio y Argenis por su apoyo y colaboración mil gracias.

A Gilberto Seijas, ser importante en mi vida que con su amor, cariño y paciencia me ayudó muchísimo a alcanzar esta meta.

A mi gran amiga Maggi y su mamá Petra por su valiosa e importante colaboración, amistad y su apoyo en todo momento.

A todos mis bellos sobrinos en especial a Jesús, Juan Luis, María Fernanda, Brian, Anderson, Brayerly y Braynner que llenan de alegrías nuestras vidas.

A mis tíos Juan, Julio, Ligia, Andreina y a mis ahijados Andrés y Alonso.

A Elinor y su familia por su amistad, apoyo y colaboración.

Yumaire M.

A Dios, por darme la fuerza necesaria para continuar en los momentos más difíciles.

A mis padres y abuela, por su apoyo y la razón de mi constancia y de mi lucha por alcanzar la meta de graduarme.

A mis hermanos y primos por su colaboración y apoyo en todo momento.

A mi tío Cruz por el apoyo incondicional brindado.

A mi gran querido amigo Reinaldo por sus consejos.

A Simón y su familia por su cariño, y ayuda amistad.

A mi querida princesa adorada.

A Yumaire por su amistad y paciencia en los momentos en que más lo necesité.

Elinor B.

AGRADECIMIENTOS

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela por ser nuestra casa de estudios para lograr nuestros sueños.

En particular a nuestros profesores tutores Lenin González y Mauricio Bermúdez por sus consejos, disposición y calidad humana.

Al personal de la Biblioteca de Geología, Minas y Geofísica, en especial a la Lic. Morella Mikaty e Ing. Eduardo Castillo, nuestro agradecimiento y respeto por su valiosa colaboración.

A nuestros amigos: Juan C. Freitas, Mónica Freitas, Jennifer Henríquez, Erick Tovar, Yarima Parra y su esposo Lucidio, Giovanni Prada, Humberto Delgado, Julio Martínez, Yadira Bullón, Jaidy Arias, Ángela Rodríguez, Carlos Báez, Carlos Zapata, Erick, Karolina Martínez, Charles y Surysaday, Gerardo Ávila, Julio Valerio, Alfredo Alfonso, Susana Mourat, Walter Guillen, Jesús Moreno, Valerio Paolini, Marcybell Noda, Peter Ortega, Jesús Romero y demás miembros del grupo Travesía Tours de Falcón, Norma Acurero y familia, Ana Pérez, Melvin Lengster, Luis Bravo, Shirley Carrasco, Nadia, José Brito, Maribel García, Elisabeth, Yanelvy Romero, Elia, Flor, Isaura Goitte, Ana García, Efrén Castillo, Ángel, Rosa, Cruz y Wilmer Castillo por su amistad, cariño, apoyo moral y espiritual en los momentos difíciles.

A los profesores María Elena Blanco, José R. Vargas, Paúl Romero, Rutman Hurtado, Carolina Machillanda y Carolina Paft, por su valiosa colaboración y amistad.

A los profesores y empleados de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica en especial a la Sra. María Auxiliadora Ballesteros por su colaboración y ayuda para lograr esta meta.

A todos ustedes de corazón mil gracias por su apoyo y colaboración, se les quiere mucho.

Bastidas Elinor y Méndez Yumaire

ESTUDIOS DE POROSIDAD DE NÚCLEOS USANDO ANÁLISIS DE IMÁGENES “VISUALES” EN LA FORMACIÓN MISOA EN LOS CAMPOS: CEUTA, BARÚA Y MOTATÁN DEL LAGO DE MARACAIBO.

Tutor Académico: Prof. Lenin González. Cotutor: MSc. Mauricio Bermúdez.
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Geológica. Año 2007, 164p.

Palabras Claves: Formación Misoa, Campos Ceuta, Barúa y Motatán, cuenca de Maracaibo, análisis de imágenes de partículas, áreas ocupadas por partículas, porosidad y permeabilidad.

RESUMEN

En el presente trabajo se determina la porosidad en los Campos Ceuta, Barúa y Motatán ubicados en la parte suroriental del Lago de Maracaibo, entre los estados Zulia y Trujillo en base a la información obtenida del análisis de imágenes visuales y digitales realizados en petrográficas correspondientes a la Formación Misoa.

El estudio se realizó en el Laboratorio de Termocronología de la UCV a través del análisis de imágenes realizadas en secciones finas, utilizando el programa *Scion Image*.

Este programa utiliza como parámetro principal el conteo areal de partículas en fotografías de secciones petrográficas y permitió obtener de forma cuantitativa las medidas del área porosa, y determinar el porcentaje de porosidad absoluta en las muestras, con el fin de contribuir con numerosos estudios de caracterización de yacimientos.

A partir de la calibración y evaluación de los datos obtenidos del análisis de imágenes, se determinó que la matriz, cemento y minerales opacos influyen negativamente en los resultados arrojados por el programa *Scion Image*.

Las petrografías defectuosas o de mal acabado, producen una imagen oscura, la cual limita el análisis de imágenes, aumentando el valor de la porosidad en las muestras analizadas. Similarmente ocurre en secciones finas con alto contenido de arcillas, posiblemente introducidas por intervención de la bioturbación, o por la ocurrencia de fracturas rellenas de matriz.

Sin embargo, esta metodología puede ser aplicada a las areniscas de alta madurez textural como las cuarzosas, por contener menos del 5% de matriz.

Los valores de porosidad promedio por estimación visual son: Campo Ceuta 8,41%, Campo Barúa 9% y el Campo Motatán 4,81%.

Los valores de porosidad computacional promedio son: Campo Ceuta 14,1%, Campo Barúa 14,48% y el Campo Motatán 16,05%.

Del análisis petrográfico se determinó las propiedades de porosidad y permeabilidad, identificando predominio de porosidades secundarias por disolución de minerales inestables químicamente como granos, matriz y/o cemento y por fracturas, originando granos corroídos y poros elongados e irregulares en su gran mayoría interconectados entre sí, resultando que el tamaño de poros más dominante, en las muestras varía entre 0,11 a 0,46mm muy similares a los tamaños de granos que oscilan entre 0,08 a 0,63mm.

Los valores de permeabilidad promedio estimados de la ecuación de Kozeny-Carman varían de acuerdo al tamaño y escogimiento de los granos, en el Campo Ceuta tiene un promedio de $2,24\text{E}-10\text{m}^2$, Campo Barúa $2,27\text{E}-10\text{m}^2$ y el Campo Motatán $1,58\text{E}-10\text{m}^2$.

Las areniscas de la Formación Misoa están constituidas principalmente por cuarzo monocristalino y en menor proporción feldespatos y fragmentos de rocas sedimentarias. La matriz esta formada principalmente por arcillas y óxidos de hierro. Los cementos presentes son de sílice, material carbonático, minerales de arcilla posiblemente tipo illita- esmectita y caolinita.

INDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
LISTA DE ABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO I	
1.1.- Planteamiento del problema.....	2
1.2.- Objetivo General.....	2
1.3.- Objetivos específicos.....	2
1.4.- Antecedentes del método de imágenes visuales.....	3
1.5.- Antecedentes del marco geológico.....	4
1.6.- Metodología.....	6
1.6.1 Fase de adquisición de datos.....	6
1.6.2 Fase de laboratorio.....	7
1.6.3 Fase de Oficina.....	13
 CAPÍTULO II	
2.1.- Ubicación y extensión del área de estudio.....	14
2.2.- Geología regional.....	17
2.2.1 Generalidades de la Cuenca de Maracaibo.....	17
2.2.2 Marco tectónico regional.....	18
2.3.- Marco estructural regional.....	23
2.4.- Estratigrafía regional.....	25
2.5.- Formación Misoa.....	28
2.6.- Geología estructural local.....	29
2.7.- Estratigrafía local.....	32
 CAPÍTULO III	
MARCO TEORICO.....	36
3.1.- Porosidad evaluada en petrografías.....	36
3.1.1 Tipos de porosidad en las areniscas.....	42

3.1.2 Factores que afectan la porosidad.....	44
3.2.- Porosidad computacional bidimensional (2D).....	46
3.2.1 Descripción del programa <i>Scion Image</i>	46
3.2.2 Metodología para el cálculo del área porosa.....	52
3.3.- Permeabilidad.....	55
3.3.1 Clasificación de la permeabilidad.....	56
3.3.2 Factores que afectan la permeabilidad.....	57
3.4.- Cambios en la porosidad y la permeabilidad original en los sedimentos...	59
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS.....	61
4.1.- Introducción.....	61
4.2.- Resultados del Análisis Petrográfico.....	61
4.2.1 CAMPO CEUTA.....	62
4.2.2 CAMPO BARÚA.....	73
4.2.3 CAMPO MOTATÁN.....	80
4.3.- Estimación de permeabilidad.....	90
4.2.1 CAMPO CEUTA.....	90
4.2.2 CAMPO BARÚA.....	91
4.2.3 CAMPO MOTATÁN.....	92
4.4.- Resultados del Análisis de Imágenes.....	93
4.4.1 Resultados de imágenes Campo Ceuta.....	93
4.4.2 Resultados de imágenes Campo Barúa.....	117
4.4.3 Resultados de imágenes Campo Motatán.....	121
CAPÍTULO V	
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	128
5.2.- Análisis de resultados del Campo Ceuta.....	128
5.2.1 Secuencia Paragenética.....	135
5.3.- Análisis de resultados del Campo Barúa.....	137
5.3.1 Secuencia Paragenética.....	142
5.4.- Análisis de resultados del Campo Motatán.....	143
5.4.1 Secuencia Paragenética.....	149

5.5.- Factores que afectan la porosidad y la permeabilidad de las areniscas en los Campos Ceuta, Barúa y Motatán.....	150
CONCLUSIONES.....	154
RECOMENDACIONES.....	158
REFERENCIAS.....	159
ANEXOS.....	165
Anexo 1.....	165
Anexo 2.....	166
Anexo 3.....	167
Anexo 4.....	168
Anexo 5.....	169
Anexo 6.....	170
Anexo 7.....	171
Anexo 8.....	172
Anexo 9.....	173
Anexo 10.....	174
Anexo 11.....	175
Anexo 12.....	176
Anexo 13.....	177
Anexo 14.....	178
Anexo 15.....	179
Anexo 16.....	180
Anexo 17.....	181
Anexo 18.....	182
Anexo 19.....	190
Anexo 20.....	191
Anexo 21.....	192
Anexo 22.....	193
Anexo 23.....	194
Anexo 24.....	200
Anexo 25.....	201
Anexo 26.....	202

Anexo 27.....	203
Anexo 28.....	204
Anexo 29.....	205

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO 3

Tabla 1. Evaluación cualitativa de la porosidad.....	39
Tabla 2. Clasificación de los tipos de porosidad.....	41
Tabla 3. Parámetros básicos medidos con el programa de análisis de imágenes, los cuales son usados en el cálculo de porosidad.....	53
Tabla 4. Principales Características para calcular la Porosidad.....	54

CAPÍTULO 4

Tabla 5. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Ceuta.....	71
Tabla 6. Componentes porcentuales de las areniscas Formación Misoa del Campo Ceuta.....	72
Tabla 7. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Barúa.....	78
Tabla 8. Componentes porcentuales de las areniscas Formación Misoa del Campo Barúa.....	79
Tabla 9. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Motatán.....	88
Tabla 10. Componentes porcentuales de las areniscas de la Formación Misoa del Campo Motatán.....	89
Tabla 11. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas del Campo Ceuta.....	91
Tabla 12. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas del Campo Barúa.....	91
Tabla 13. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas del Campo Motatán.....	92
Tabla 14. Valores arrojados por el programa <i>Scion image</i> para la muestra 1....	100
Tabla 15. Diferentes valores obtenidos del análisis de la tabla 14 muestra 1.....	101
Tabla 16. Valores arrojados por el programa <i>Scion Image</i> para la muestra 2....	108

Tabla 17. Diferentes valores obtenidos del análisis de la tabla 16 muestra 2.....	109
Tabla 18.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 3.....	111
Tabla 19.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 4.....	112
Tabla 20.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 5.....	112
Tabla 21. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 6.....	113
Tabla 22. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 7.....	113
Tabla 23. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 8.....	114
Tabla 24. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 9.....	114
Tabla 25. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 10.....	115
Tabla 26. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 11.....	115
Tabla 27. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 12.....	116
Tabla 28. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 13.....	117
Tabla 29. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 14.....	118
Tabla 30. Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 15.....	118
Tabla 31.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 16.....	119
Tabla 32. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 17.....	119

Tabla 33.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 18.....	120
Tabla 34.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 19.....	121
Tabla 35.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 20.....	122
Tabla 36.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 21.....	122
Tabla 37.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 22.....	123
Tabla 38.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 23.....	123
Tabla 39.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 24.....	124
Tabla 40.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 25.....	125
Tabla 41.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 26.....	125
Tabla 42.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 27.....	126
Tabla 43.Valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image muestra 28.....	126
CAPITULO V	
Tabla 44. Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Ceuta.....	134
Tabla 45. Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Barúa.....	141
Tabla 46. Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Motatán.....	148

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Fig. 1. Ilustración de revisión de datos en mapas de Maracaibo.....	6
---	---

Fig. 2. Verificación de existencia de núcleos y secciones finas.....	7
Fig. 3. Descripción macroscópica de núcleos.....	7
Fig. 4. Esquema de ubicación estratigráfica de los núcleos descritos.....	8
Fig. 5. Descripción de las secciones petrográficas.....	9
Página	
Fig. 6. Malla realizada en papel de acetato para la toma de fotografías.....	10
Fig. 7. Ilustración en la fijación de la cámara al trípode en la toma de fotografías.....	11
Fig. 8. Digitalización de las fotografías con el programa PAIN SHOP PROT 7.	11
Fig. 9. Ilustración del Análisis de Imágenes con el programa <i>Scion Image</i>	12
CAPITULO II	
Fig.10. Ubicación Geográfica del área de estudio.	14
Fig.11. Ubicación del área de estudio con respecto a los campos petrolíferos existentes en la Cuenca de Maracaibo.....	15
Fig. 12. Ubicación geográfica de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán.....	16
Fig. 13. Sección estructural regional Cuenca del Lago de Maracaibo.....	17
Fig. 14. Configuración actual de las cuencas petrolíferas de Venezuela.....	22
Fig. 15. Mapa de ubicación del sistema regional de fracturas en la cuenca del Lago de Maracaibo.....	23
Fig. 16. Columna estratigráfica compuesta del Lago de Maracaibo.	25
Fig. 17. Mapa de fallas del Campo Ceuta.....	29
Fig. 18. Mapa Estructural del Campo Barúa.....	31
Fig. 19. Mapa Estructural del Campo Motatán.....	32
Fig. 20. Columna estratigráfica esquemática de los campos Ceuta, Barúa y Motatán.....	33
Fig. 21. Aspecto de Facies Sedimentarias Campo Motatán.....	35
CAPITULO III	
Fig. 22. Ilustración del material constituyente en una sección fina para cálculo de porosidad.....	38
Fig. 23. Ilustración de la forma de los poros en la roca.....	38
Fig. 24. Ilustración de la porosidad primaria depositacional.....	40
Fig. 25. Esbozo ilustrativo de los tipos de porosidad secundaria.....	40

Fig. 26. Distribución y secuencia de la evolución de la porosidad primaria y secundaria con la profundidad.....	42
Fig. 27. Clases genéticas de la porosidad secundaria en las areniscas.	43
Fig. 28. Ilustración de Porosidad Secundaria: a) por Disolución y b) por Fracturas.....	44
Fig. 29. Ilustración de la porosidad de acuerdo con el escogimiento y forma de los granos.....	45
Fig. 30. Relación entre la profundidad de soterramiento y la porosidad.....	45
Fig. 31. Ilustración de la porosidad de acuerdo al grado de empaquetamiento de los granos.....	46
Fig. 32. Principales ventanas de barras de herramientas del programa <i>Scion Image</i>	47
Fig. 33. Aplicación en la medicina del programa <i>Scion Image</i>	48
Fig. 34. Opciones de análisis de partículas del programa <i>Scion Image</i>	48
Fig. 35. Opciones de medición de parámetros del programa <i>Scion Image</i>	49
Fig. 36. Representación esquemática de los pasos realizados para el análisis de imágenes y los resultados.....	51
Fig. 37. Ilustración de la conexión entre poros y Permeabilidad	55
Fig. 38. Ilustra la permeabilidad absoluta como una propiedad física del medio.	56
Fig. 39. Ilustra la roca saturada con más de un fluido.....	56
Fig. 40. Ilustra la relación del tamaño de granos.....	58
Fig. 41. Ilustra el efecto de reactividad de los líquidos.....	58
Fig. 42. Relación de la presión sobrecarga en la permeabilidad.....	58
Fig. 43. Ilustración de la compactación sobre los sedimentos.....	59
Fig. 44. Destrucción de la porosidad en las areniscas con el incremento de la profundidad.....	59
Fig. 45. Formación de cemento entre granos por precipitación.....	60
CAPITULO IV	
Fig. 46. Distribución porcentual de las areniscas correspondientes a las 28 muestras de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán.....	61

Fig. 47. Gráfico comparativo de los valores promedios entre granos y poros de las areniscas del Campo Ceuta.....	70
Fig. 48. Valores de Porosidad en las areniscas del Campo Ceuta.....	71
Fig. 49. Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Ceuta.....	72
Fig. 50. Gráfico comparativo de los valores promedios entre granos y poros de las areniscas del Campo Barúa.....	77
Fig. 51. Valores de Porosidad visual en las areniscas del Campo Barúa.	78
Fig. 52. Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Barúa.....	79
Fig. 53. Gráfico comparativo de los valores promedios entre granos y poros de las areniscas del Campo Motatán.....	86
Fig. 54. Valores de Porosidad en las areniscas del Campo Motatán.....	87
Fig. 55. Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Motatán..	89
Fig. 56. Collage de 20 fotografías que cubren la sección fina de la muestra 1....	94
Fig. 57. Imagen binarizada por el programa <i>Scion Image</i> de la muestra 1.....	95
Fig. 58. Collage de las 20 fotografías en imagen 3D de la Muestra 1.	98
Fig. 59. Área (píxeles ²) ocupada por todos los granos para la muestra 1.....	102
Fig. 60. Collage de 20 fotografías que cubren la sección fina de la muestra 2....	103
Fig. 61. Imagen binarizada por el programa <i>Scion Image</i> de la muestra 2.....	104
Fig. 62. Collage de las 20 fotografías en Imagen 3D de la muestra 2.....	107
Fig. 63. Área (píxeles ²) ocupada por todos los granos para la muestra 2.....	110
Fig. 64. Porosidad computacional promedio del Campo Ceuta.....	117
Fig. 65. Porosidad computacional promedio del Campo Barúa.....	121
Fig. 66. Porosidad promedio del Campo Motatán.....	127
CAPITULO V	
Fig. 67. Ilustración del promedio de contactos entre granos de las areniscas del Campo Ceuta.....	128
Fig. 68. Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Ceuta.....	129
Fig. 69. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento.....	130
Fig. 70. Porosidad secundaria por fractura desarrollada en una estilolita, por disolución de matriz.....	130
Fig. 71. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento.....	131

Fig. 72. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento.....	131
Fig. 73. Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Ceuta.....	132
Fig. 74. Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Ceuta.....	132
Fig. 75. Gráfico comparativo que muestra el promedio entre la porosidad visual y La porosidad computacional del Campo Ceuta.....	133
Fig. 76. Cemento de Cuarzo rellenando fractura. Muestra 3.....	136
Fig. 77. Deformación de moscovita por compactación mecánica. Muestra 3....	136
Fig. 78. Plagioclasa y Fragmento de roca alterándose a minerales de arcilla. Muestra 3.....	136
Fig. 79. Cemento de calcita rellenando poros. Muestra 11.....	136
Fig. 80. Cemento de caolinita rellenando poros. Muestra 2.....	136
Fig. 81. Estilolita desarrollada por el proceso de presión -solución. Muestra 7...	136
Fig. 82. Ilustración del promedio de contactos entre granos de las areniscas del Campo Barúa.....	137
Fig. 83. Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Barúa.....	137
Fig. 84. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Muestra 15.....	138
Fig. 85. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Muestra 16.....	138
Fig. 86. Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Barúa.....	139
Fig. 87. Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Barúa.....	139
Fig. 88. Gráfico comparativo promedio entre la porosidad visual y la porosidad computacional del Campo Barúa.	140
Fig. 89. Matriz arcillosa y cemento de calcita. Muestra 13.....	142
Fig. 90. Fragmento de roca alterándose a minerales de arcillas illita-esmectita. Muestra 15.....	142
Fig. 91. Cemento de caolinita rellenando poros. Muestra 14.....	143

Fig. 92. Estilolita desarrollada por el proceso de presión-solución. Muestra 15..	143
Fig. 93. Valores promedios del Tipo de contactos entre granos de las areniscas del Campo Motatán.....	143
Fig. 94. Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Motatán.....	144
Fig. 95. Porosidad secundaria por disolución parcial de matriz. Muestra 19.....	144
Fig. 96. Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Muestra 26.....	145
Fig. 97. Porosidad secundaria por fracturas generada a lo largo de estilolitas. Muestra 19.....	145
Fig. 98. Porosidad secundaria por fracturas generada a lo largo de estilolitas. Muestra 24.....	145
Fig. 99. Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Motatán.....	146
Fig. 100. Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Motatán.....	146
Fig. 101. Gráfico comparativo de promedios entre la porosidad visual y la porosidad computacional del Campo Motatán.....	147
Fig. 102. Cemento de calcita relleno de poros. Muestra 19.....	149
Fig. 103. Cemento de Cuarzo relleno de poros. Muestra 21.....	149
Fig. 104. Fragmento de roca alterándose a minerales de arcillas. Muestra 24.....	150
Fig. 105. Contactos suturados y cóncavos-convexos. Muestra 28.....	150
Fig. 106. Estilolita desarrollada por presión-solución. Muestra 20.....	150
Fig. 107. Matriz de minerales de arcillas e incipiente desarrollo de estilolitas. Muestra 19.....	150
Fig. 108. Valores de Porosidad Computacional promedio por Campos.....	152
Fig. 109 Valores de permeabilidad por campos obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman para porosidad visual.....	152
Fig. 110 Valores de permeabilidad por campos obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman para porosidad computacional.....	153

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La porosidad es una medida de la cantidad de espacios vacíos que tiene una roca. Es considerada una propiedad de gran importancia en el estudio de las areniscas, en especial para el estudio de las areniscas de la Formación Misoa, las cuales constituyen los yacimientos más importantes de petróleo en la cuenca del Lago de Maracaibo.

La permeabilidad es la propiedad que presentan las rocas para permitir que los fluidos se muevan a través de sus poros interconectados.

El área de estudio comprende los campos Ceuta, Barúa y Motatán ubicados en la parte sur oriental del Lago de Maracaibo, entre los Estados Zulia y Trujillo, al sur del Campo Costanero de Bolívar y el Campo Mene Grande.

El Campo Ceuta está ubicado en la región Centro-Oriental del Lago de Maracaibo, al sureste de Maracaibo y a 40 Km al sur de Lagunillas. Este fue descubierto en 1956 por Mene Grande Oil Company con el pozo VLG-3501.

El Campo Barúa está ubicado al sur del distrito Baralt del estado Zulia y al norte del distrito Betijoque del estado Trujillo. La explotación del campo comenzó en 1957, con el pozo MGB-1X (8.800'), de la Compañía Shell de Venezuela.

El Campo Motatán se encuentra ubicado a 8 Km al sureste de Mene Grande y al sur está el estado Trujillo. La explotación del campo comenzó en 1952, con el pozo MOT-2 (9.446'), de la Compañía Creole Petroleum Corporation.

1.2 Planteamiento del Problema

La porosidad es una propiedad de gran importancia en el estudio de las areniscas como reservorios de petróleo y se obtiene por métodos petrofísicos. Debido a esto, es necesario aplicar otras metodologías para cuantificar la porosidad de medios porosos. Por lo tanto, este Trabajo Especial de Grado propone el método del análisis de imágenes para determinar cuantitativamente la porosidad absoluta en una determinada muestra, por medio del conteo areal de partículas en una sección.

La importancia de radica en aplicar y combinar herramientas matemáticas como: métodos estadísticos, teoría de filtros y señales, binarización de datos, transformada de Fourier en conjunto con técnicas convencionales de análisis de imágenes para cuantificar el grado de porosidad absoluta de la Formación Misoa. Este trabajo es una primera aplicación en Venezuela sobre determinación de porosidades combinando las herramientas antes mencionadas.

1.3 Objetivo General:

Determinar el grado de porosidad a partir de núcleos de la Formación Misoa mediante análisis de imágenes y estudio de secciones petrográficas.

1.4 Objetivos específicos:

- Estudio petrográfico de secciones finas a partir de muestras de núcleos pertenecientes a los pozos VLF-3012, VLG-3525, VLG-3528, VLG-3716, VLG-3726, VLG-3727 del Campo Ceuta, MGB-4X, MGB-5X, MGB-18X del Campo Barúa, MOT-2, MOT-8 y MOT-30 Domo Norte del Campo Motatán.
- Análisis de imágenes, por medio del programa *Scion Image* y comparar los resultados con los obtenidos en petrografías.
- Realizar estimación numérica de la permeabilidad a partir de la relación propuesta por Kozeny-Carman.

1.5 Antecedentes del método de “imágenes visuales”.

Nadeau y Hurst (1991); tomado de Sandoval M (2000) cuantificaron la microporosidad en los minerales de arcillas presentes en areniscas del Mar del Norte, a través de estudios de microscopía electrónica, asistidos por una computadora de análisis de imágenes.

Bogg S. (1992) realizó estudios matemáticos a través de imágenes visuales de partículas en dos dimensiones, para caracterizar la forma de las partículas.

Higgins M. (2000) realizó estudios de medidas de las distribuciones de tamaño de partículas cristalinas mediante estereografía y programación (CSD) sobre secciones finas, para determinar las características texturales de las rocas, que permiten revelar cómo solidifican las rocas y bajo qué condiciones.

Lundy C. (2000) realizó un modelo experimental con capas de nieve a través de un programa de imágenes llamado *snowpack* que simulan la evolución de aludes de una montaña. Usando parámetros meteorológicos medidos en varios sitios de la montaña, y modelando las características de nieve como la profundidad de nieve, la temperatura, densidad, tamaño de grano, y el tipo de cristal.

Van Den Berg E., Bense V., y Schlager W. (2003) determinaron la variación textural, distribución de tamaño y porosidad en arenas laminadas usando el análisis de imágenes digitales de secciones finas, el procedimiento demostró ser una herramienta útil y versátil para cuantificar variaciones de características texturales.

Flores J, y Méndez A. (2005) realizaron el análisis de imágenes de partículas, minerales pesados, longitudes de huellas de fisión, huellas de fisión, mediante programa *Scion Image* y métodos estadísticos para determinar correlación estratigráfica y geocronológica de las quebradas Hoyos y Vichú.

Miranda Ma. E., Oleschko K, Parrot J. F, Castrejón F., Taud H. y Brambila F. (2006) realizaron estudios de porosidad de los yacimientos naturalmente fracturados a través de un esquema fractal, estos análisis se hicieron a partir de imágenes digitales de tomografía computarizada de rayos X. Los clasificadores fractales, extraídos de las imágenes digitales, fueron útiles para hacer un diagnóstico simple y rápido del tipo de porosidad de un núcleo a partir de su imagen.

1.6 Antecedentes del marco geológico.

González de Juana et. al. (1980) describe a la Formación Misoa e identifica los ambientes de sedimentación dentro de un complejo fluvio deltaico donde se reconocen llanuras de mareas, llanuras deltaicas, canales distributarios y espolones aluviales.

Sandoval M. (1987) plantea los resultados del estudio petrográfico diagenético de las rocas de la Formación Río Negro en la Subcuenca Machiques (sección Río Yasa) y Lago de Maracaibo, el cual determinó una diagénesis profunda a estas rocas y se les atribuye como posibles reservorios por la generación de porosidades secundarias producidas por intensos procesos de disolución de partículas feldespáticas y por cemento y/o matriz.

Álvarez K (1996) realizó estudio de porosidad y permeabilidad en la Formación Betijoque en Facies fluvio-deltaicas, y evidenció predominio de porosidad primaria y secundaria en los sedimentos.

Cardozo L (1996) realizó estudio petrográfico y análisis modal de secciones finas de núcleos pozos, para establecer la procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa, indicando una procedencia desde la cadena del Caribe y representa los depósitos de las molasas deltaicas dentro de una cuenca foreland.

Escandón G. y Moreno M. (1998) mediante Modelo Estocástico y Sedimentológico determinaron que petrográficamente las areniscas de la Formación Misoa son similares a las areniscas de la Formación Paují. La porosidad predominante es secundaria por disolución de matriz.

Sánchez M. (1999) realizó la interpretación estructural y estratigráfica del área 2 bloque VII sur, del Campo Ceuta.

Peña A. (1999) realizó interpretación sísmica 3D, para obtener mapas estructurales en tiempo y en profundidad de los reflectores asociados a unidades productoras de la Formación Misoa y la discordancia del eoceno.

Rojas M. (2002) determinó los factores diagenéticos que controlan la distribución de la porosidad en el miembro informal B-6-X de la Formación Misoa en el área de Cabimas-Punta Benítez.

Rivero C. (2003) realizó una reinterpretación petrofísica de las arenas basales de las formaciones El Paují y Misoa del Campo Barúa en la Cuenca de Maracaibo, lo que permitió realizar ajuste de parámetros petrofísicos y determinar modelos de porosidad, arcillosidad y permeabilidad.

Barrios A, y Lozano A. (2004) realizaron estudio de procedencia y grado diagenético de los sedimentos de las formaciones Carbonera, Lagunillas e Isnotú en Lago de Maracaibo, mediante el análisis petrográfico de secciones finas y realización de histogramas de frecuencia modal.

1.7 Metodología

El trabajo fue desarrollado en cuatro fases principales, las cuales son descritas a continuación:

1.7.1.- FASE DE ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN

Luego de establecer los objetivos y alcances del estudio se procedió a recopilar y validar toda la información disponible del área de estudio, mediante la revisión de las distintas fuentes de datos, estudios previos, y su posterior acceso para seleccionar aquellas de interés para el estudio.

a) **Revisión en bases de datos:** GeoRef (Termocronología de la UCV), Biblioteca Dr. Virgil Winkler de la Escuela de Geología de la UCV; Biblioteca Central de la Universidad Central de Venezuela; INTEVEP; PDVSA; Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGSB) e Internet. (Figura 1)



Fig.1. Ilustración de revisión de datos en mapas de Maracaibo

b) **Verificar la existencia de núcleos (en bolsas) y secciones finas:** para realizar la selección y posterior descripción y análisis de los núcleos y secciones finas pertenecientes al Laboratorio de Termocronología de la UCV.

Los núcleos estudiados fueron tomados de los pozos VLF-3012, VLG-3525, VLG-3528, VLG-3716, VLG-3726, VLG-3727 del Campo Ceuta, MGB-4X, MGB-5X, MGB-18X del Campo Barúa, MOT-2, MOT-8 y MOT-30 del Campo Motatán. Perforados por LAGOVEN y MARAVEN S.A. (Figura 2)



Fig.2 Verificación de existencia de núcleos (en bolsas) y secciones finas

1.7.2.- FASE DE LABORATORIO

Una vez recopilada la información y los datos físicos se procedió a analizar las diferentes muestras.

a) **Descripción macroscópica de núcleos:** Consiste en la descripción litológica, estructuras sedimentarias, contenido fósil, identificación de icnofósiles, identificación de fracturas y otros aspectos que puedan ser observados. (Figura 3)



Fig.3 Descripción macroscópica de núcleos

La figura 4 es un esquema de núcleos descritos correspondientes a su profundidad en metros.

		Ceuta						Barúa			Motatán		
Edad	Formación	VLG-3012	VLG-3525	VLG-3528	VLG-3716	VLG-3726	VLG-3727	MGB-4x	MGB-5x	MGB-18x	MOT-2	MOT-8	MOT-30
EOCENO INFERIOR - MEDIO	MISOA										-2377,89 		
											-2833,30	-3313,54 	
			-3510,97  ?????	-3484,02  -3484,93									
		-4167,13  -4191,96											
					-4185,91  4188,03								
						-4608,01  -4635,87							
						-4928,68  -4975,00							
								-4708,84  -4710,05					
								-4107,18  -4181,06					
									-3966,68  -3990,00				
												-3318,08 	
													-4015,43  -4016,04

Fig.4 Esquema de ubicación aproximada de los núcleos descritos en profundidad (medidos en metros). Laboratorio de Termocronología de la UCV

En las características macroscópicas de los núcleos, se detallan los siguientes parámetros:

Características macroscópicas:

- Litología
- Tamaño de grano
- Color de la roca
- Estructuras sedimentarias
- Estructuras biológicas o biogénicas

b) Análisis Petrográfico de muestras: a través de los análisis petrográficos, se realizó la identificación y cuantificación de los minerales presentes en las rocas. Dichos análisis permitieron determinar la mineralogía, textura, porosidad y características diagenéticas de las areniscas.

Un total de 28 muestras fueron observadas bajo microscopio de luz polarizada con la finalidad de hacer una descripción detallada haciendo énfasis en la clasificación y cuantificación de las distintas porosidades encontradas en el análisis petrográfico de las secciones finas. (Figura 5)

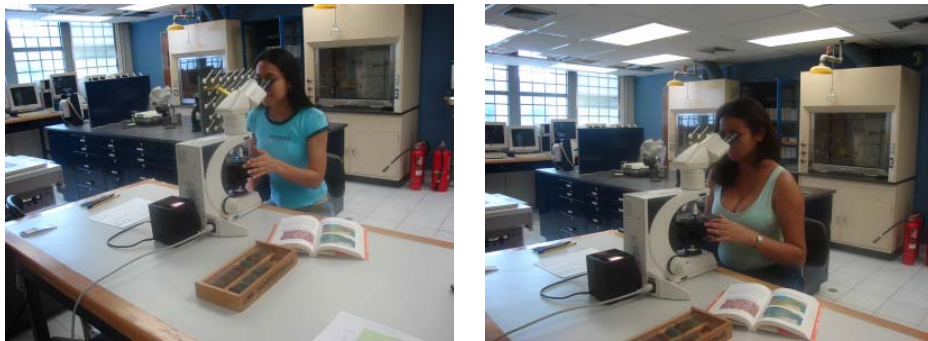


Fig.5 Descripción de las secciones petrográficas

Se describen las texturas sedimentarias:

- Características granulométricas: tamaño de grano, redondez, escogimiento y tipos de contactos. Además, se muestra el tamaño de poros y se presentan

valores promedios de estos parámetros acompañado de gráficos de barras que muestran el predominio entre ellos.

- Componentes principales de la roca: porcentaje de grano, matriz, cemento y porosidad. Se presentan los valores promedios de porosidad y se anexan gráficos de barras que muestran la relación porosidad por campos.
- Clasificación promedio de las areniscas según Pettijohn, Potter y Siever (1973).

En la sección de características mineralógicas se describen los principales minerales que conforman la roca, así como la forma en que se presentan (grano, matriz y cemento).

c) Tomas de fotografías para procesar en *Scion Image*: consiste en realizar las diferentes tomas de fotografías a las secciones finas, tomando en cuenta el área más porosa y representativa de la sección. Sin embargo, para mejorar y mantener la calidad de las imágenes se tomó en cuenta algunos criterios que se describen a continuación:

- Realización de una malla en papel de acetato para la toma de fotografías, y así evitar el solape de las fotos. La malla tiene una dimensión aproximada de 15mm ancho por 25mm de largo y consta de cuadrados que miden 1,8mm por cada lado, siendo equivalentes al área total del objetivo N° 10x del microscopio de luz polarizada. (Figura 6).

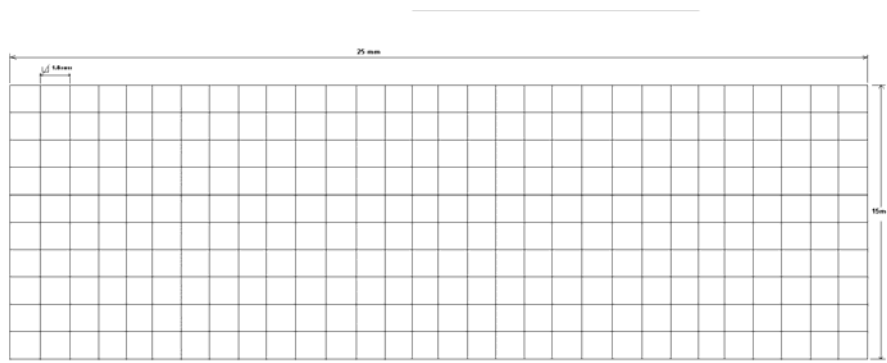


Fig.6 Malla realizada en papel de acetato para la toma de fotografías.

- Selección del área más porosa de la sección fina para fotografiar, tomando en cuenta la cantidad de fotos a tomar según la porosidad. Para ello se seleccionaron cantidades entre 20, 22, 25, 30 y hasta 69 fotos por sección fina.
- Toma de Fotografías: el instrumento utilizado fue una cámara digital Sony de 6MP, sin Zoom ni Flash activados, fijada a un trípode para obtener una imagen nítida y de alta calidad. (Figura 7)



Fig.7 Ilustración en la fijación de la cámara al trípode en la toma de fotografías

d) Digitalización de las fotografías: Las imágenes se analizan mediante técnicas de procesamiento de imágenes digitales como en el programa *PAIN SHOP PROT 7* a un tamaño de 400 x 300 píxeles, y guardadas en formatos BMP, manteniendo la resolución y calidad de la imagen. (Figura 8)



Fig.8 Digitalización de las fotografías con el programa PAIN SHOP PROT 7

e) Análisis de Imágenes: Consiste en realizar el análisis de las imágenes digitalizadas de las fotografías de las 28 muestras (secciones finas), y que posteriormente son procesadas con el *SCION IMAGE* para su vectorización, binarización y obtención de parámetros para el cálculo de la porosidad absoluta.

El *Scion Image* es un programa de procesamiento y análisis de imágenes para PC's compatibles con IBM. Se basa en el programa NIH de la plataforma Macintosh. En este, se puede adquirir, mostrar y editar imágenes. Solo reconoce y guarda imágenes en los formatos TIFF y BMP. Puede ser utilizado para medir área, media, moda, desviación estándar, ángulos de trayectoria y realizar análisis de partículas. (Figura 9)



Fig.9 Ilustración del Análisis de Imágenes Visuales con el programa Scion Image

El tiempo estimado en la realización del análisis de imágenes para una sección petrográfica es de 2 horas aproximadamente y depende de la cantidad de fotos tomadas.

f) Calibración del método de Análisis de imágenes: Consiste en evaluar los resultados obtenidos del análisis de imágenes de las fotografías, comparándolos con los datos a escala real. Por lo tanto, se tomó en cuenta algunos criterios que se describen a continuación:

- Selección de 14 fotos representativas de variabilidad en los datos de porosidad entre los diferentes campos: tomando en cuenta la madurez textural de la muestra como escogimiento, contenido de matriz, cemento y minerales opacos.
- Impresión de las fotografías: se procedió a imprimir las fotos seleccionadas siendo su radio de circunferencia de 10,3 cm.
- Colocación de papel en Acetato: radica en fijar el papel encima de la foto.
- Demarcación de los poros: consiste en delinear todos los bordes correspondientes a los poros, con marcador punta fina encima del papel de acetato.
- Colocación de papel milimetrado transparente: consiste en fijar el papel milimétrico encima de las fotos y hacer el conteo manual del área porosa. (Ver anexo 18 y 23)
- Cálculo del área porosa: consiste en determinar el área porosa de la foto, procedimiento que se efectúa restando el área total de la circunferencia menos el área porosa.

1.7.3.- FASE DE OFICINA

a) Digitalización del mapa: Se utilizó el software *MAP INFO* para la digitalización del mapa final.

MAP INFO permite transformar con rapidez y facilidad los modelos de diseño digital de mapas, con las herramientas de desplazamiento, giro de objetos geográficos, líneas, figuras geométricas y arreglos. Además, se puede crear almacenamiento de objetos en una tabla, directamente a partir del modelo de diseño, secciones separadas y alzados para luego incorporarlos a los dibujos.

b) Análisis de resultados: todos los datos obtenidos fueron analizados a través de parámetros estadísticos y geológicos.

CAPÍTULO II

2.1 UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde a la parte suroriental del Lago de Maracaibo, entre los estados Zulia y Trujillo, específicamente en los campos: Ceuta, Barúa y Motatán mostrado en la (Figura 10), entre las coordenadas: E: 255300 – 310000 y N: 1062000 – 1079000. Además se encuentra ubicado al sur del Campo Costanero de Bolívar y Campo Mene Grande. (Figura 11)

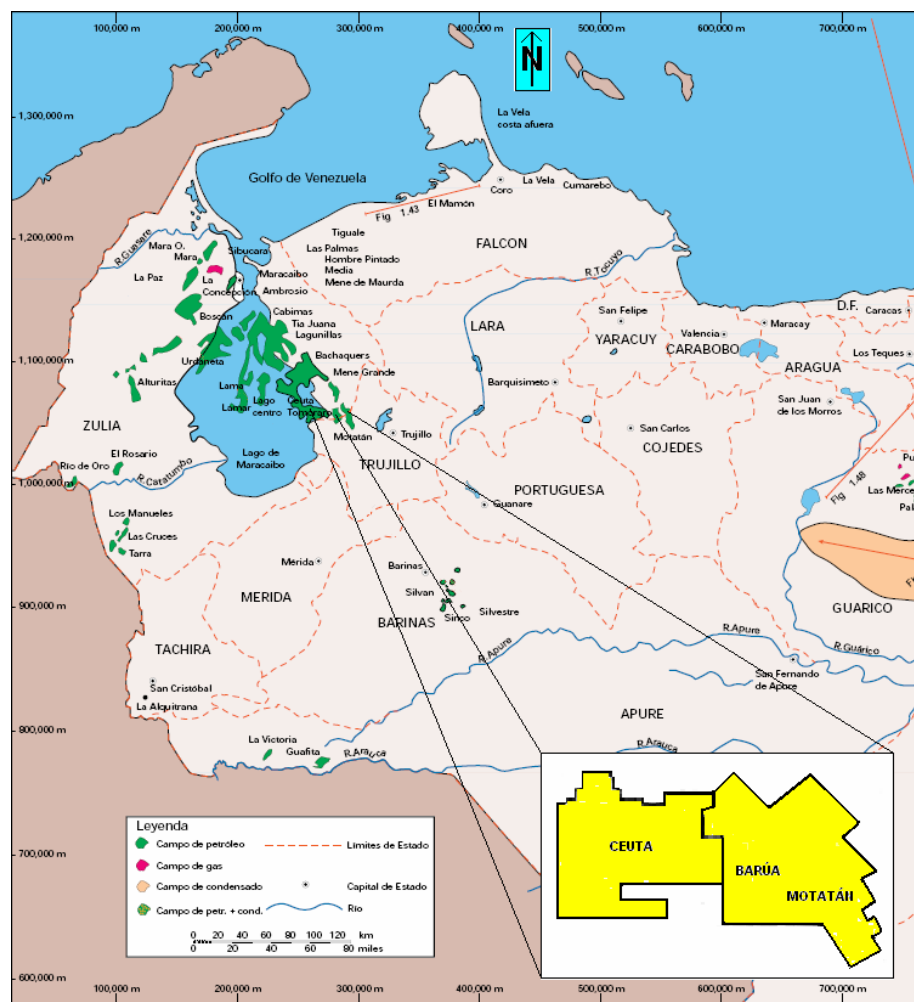


Fig. 10 Ubicación Geográfica del área de estudio. (Tomado y Modificado de WEC, Schlumberger 1997)

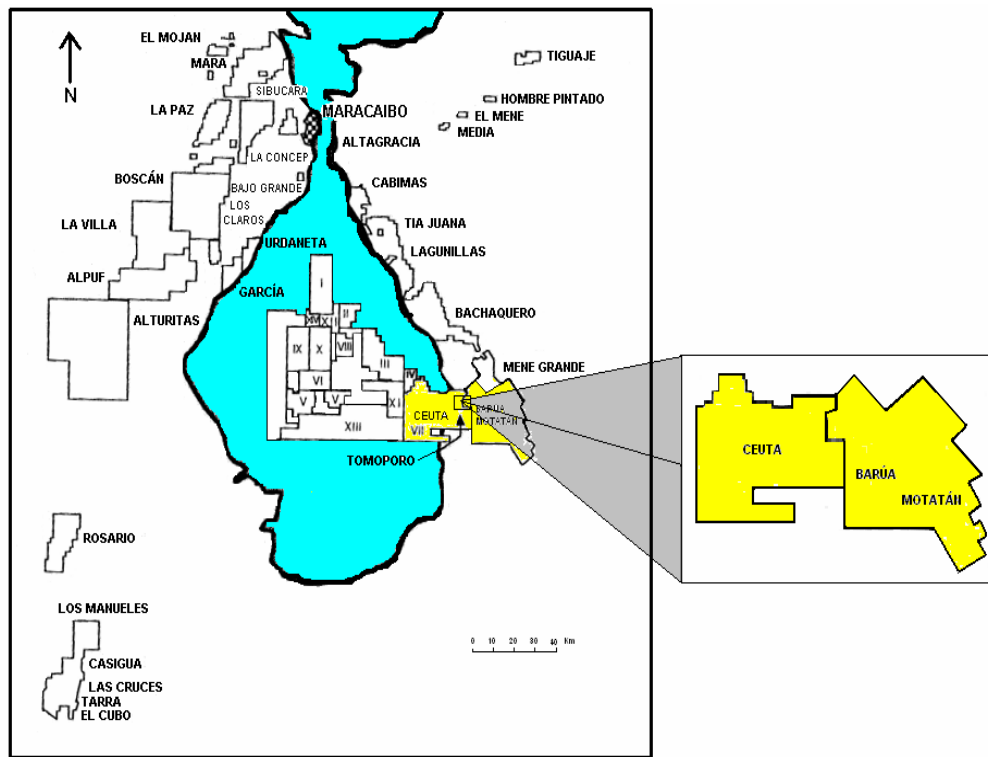


Fig. 11 Ubicación del área de estudio con respecto a los campos petrolíferos existentes en la Cuenca de Maracaibo. (Tomado y Modificado de Delgado M., 1995)

El Campo Ceuta está ubicado en la región Centro-Oriental del Lago de Maracaibo, al sureste de Maracaibo y a 40 Km al sur de Lagunillas. (Figura 12).

El campo fue descubierto por Mene Grande Oil Company (Abril de 1956) a través del pozo 75-Z-1 o Ceuta-1 (hoy VLG-3501) en base sísmica y de geología del subsuelo. Después en 1957 tres empresas más perforaron en el área y el campo creció rápidamente hacia el norte hasta unirse con el Campo Bachaquero. Veinte años más tarde Ceuta se extendía al este hasta Tomoporo en tierra.

El Campo Barúa está ubicado al sur del distrito Baralt del estado Zulia y al norte del distrito Betijoque del estado Trujillo. Se encuentra al este del Lago de Maracaibo, al sur del Campo Costanero de Bolívar y a 8 Km al sur del Campo Mene Grande. (Figura 12).

La explotación del campo comenzó en 1957, con el pozo MGB-1X (8.800'), de la Compañía Shell de Venezuela, descubriendo así los yacimientos petrolíferos del Eoceno.

El Campo Motatán está ubicado al sureste del Lago de Maracaibo, forma parte de los estados Trujillo y Zulia. Limita al norte con el Campo Mene Grande y hacia el oeste con el Campo Barúa. (Figura 12).

En 1923 la New England Oil Corporation perforó en la zona más al este los pozos de Río Paují en base a manaderos de petróleo, con el pozo Río Paují-2 (1.245').

Pero fue en julio de 1952 cuando la Creole Petroleum Corporation descubrió el Campo Motatán con el pozo MOT-2 (9.446').

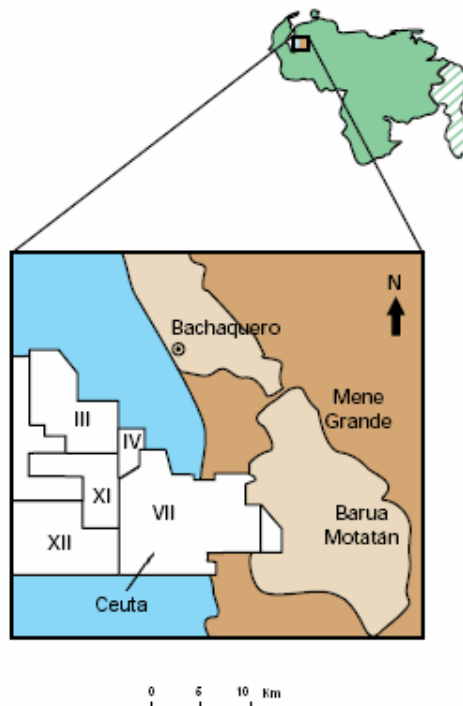


Fig. 12 Ubicación geográfica de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán. (Tomado y Modificado de Wec, Schlumberger 1997)

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

2.2.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA DE MARACAIBO

La Cuenca de Maracaibo está localizada al noroeste de Venezuela, su extensión es aproximadamente más de 50.000 Km² y en su límite sureste se extiende en una pequeña parte hasta Colombia. (Talukdar y Marcano, 1994).

La Cuenca de Maracaibo constituye una depresión topográfica cubierta en su mayor parte por las aguas del Lago de Maracaibo. Sus límites geográficos son al norte por el Golfo de Venezuela, al oeste y noreste por la Sierra de Perijá, al suroeste por el macizo de Santander de Colombia, al sureste por los Andes de Mérida y al este y noreste, La Serranía de Trujillo, por el pliegue de vergencia suroeste y la faja de corrimiento de las Napas de Lara. (González de Juana et al. 1980). (Figura 13)

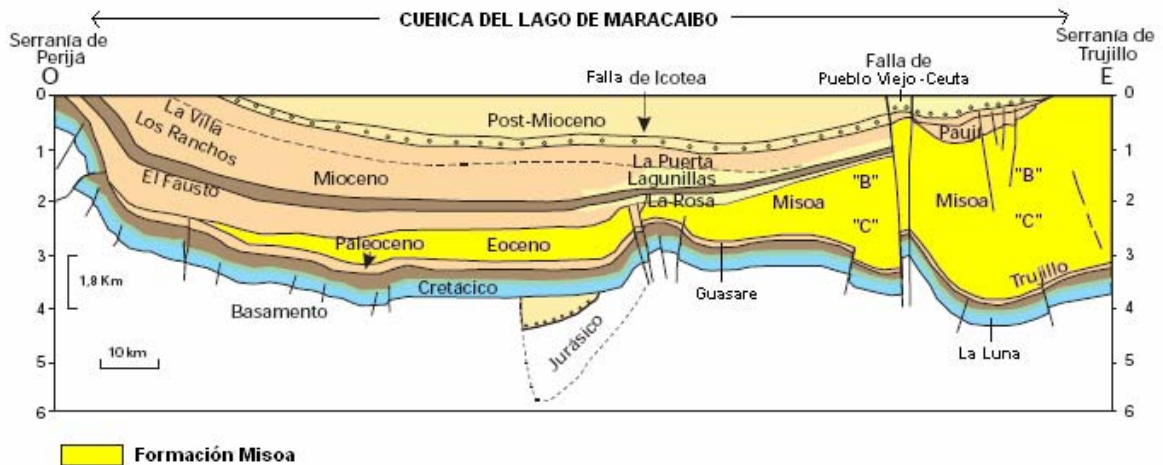


Fig. 13 Sección estructural regional Cuenca del Lago de Maracaibo. (Tomado y Modificado de Parnaud et al., 1995. WEC, Schlumberger 1997)
La línea de la sección se muestra en la Figura 15

2.2.2 MARCO TECTONICO REGIONAL

La evolución geológica del norte de Suramérica presenta una historia tectónica muy compleja que involucra la interacción de las placas Atlántica, Proto-Caribe, Cocos, Caribe y Nazca con la placa de Suramérica, y ejerce un control directo sobre el desarrollo tectónico de la cuenca de Maracaibo. (Goodman *et al.*, 1996).

Lugo y Mann (1995) mencionan los eventos tectónicos asociados a la interacción entre las placas durante el Jurásico-Eoceno como: el desplazamiento relativo hacia el este de la placa del Caribe respecto a Suramérica (“*Rift*” jurásico), los movimientos de varios bloques más pequeños dentro de la zona limitante de la placa, y la subducción de la corteza oceánica del Pacífico debajo de la placa de Suramérica (Subsidencia tipo margen pasivo y subsidencia de la cuenca tipo “foreland”).

Parnaud et al. (1995) menciona, en la evolución geológica de la cuenca de Maracaibo cinco (5) episodios tectónicos los cuales evidencian la dinámica de la cuenca.

- *Rift* Jurásico
- Desarrollo del margen pasivo
- Transición de margen pasivo a margen activo
- Desarrollo de la cuenca antepaís y emplazamiento de las napas de Lara
- Subsidencia de la cuenca antepaís causado por la colisión del arco de Panamá.

RIFT JURÁSICO

Durante el Triásico-Jurásico se originó un régimen extensional de gran inestabilidad tectónica, con la formación de cinturones *rift*, de orientación aproximada norte-sur y su volcanismo asociado. La subsidencia fue más intensa en los surcos de Uribante, Machiques, San Lázaro, Angaraveca y en menor proporción en el de Barquisimeto (Audemard, 1991; Rodríguez, 1992).

Lugo y Mann (1995) mencionan, la distribución de las capas rojas jurásicas de la Formación La Quinta y del Grupo de La Ge y de rocas volcánicas ubicadas en pozos profundos dentro de la Cuenca de Maracaibo, y sugieren que dichas rocas fueron depositadas en cuencas *rift* de tendencia nor-noreste separadas por bloques *horst* de rocas metasedimentarias del Paleozoico.

Audemard (1991), atribuye la sedimentación de la Formación La Quinta en una cuenca *backarc* asociada a la compresión Nazca-Suramérica.

SUBSIDENCIA DEL MARGEN PASIVO DEL CRETÁCICO

Con la separación de Norteamérica y Suramérica en el Jurásico, la costa del pacífico de Colombia pasa de ser un margen pasivo a uno activo como consecuencia del levantamiento de la Cordillera de Colombia, el cual fue originado por la subducción de la placa del Pacífico. Al este de la Cordillera Central se desarrolló una cuenca de retroarco con un relleno de clásticos continentales. Durante el Cretácico Temprano la Cuenca de Maracaibo formó parte de este retroarco, sin embargo, la ubicación relativa distal con respecto al eje, permitió que la sedimentación de clastos basales transgresivos de la Formación Río Negro, se asemejara a la depositación de un margen pasivo (Meléndez *et al* 1996, Audemard, 1991; Rodríguez, 1992).

Ostos (1990) menciona que durante el Santoniense-Campaniense el arco de islas del Caribe colisionó contra el bloque de Sebastopol afectando a la esquina noroeste de Suramérica de la siguiente forma:

1. Emplazamiento de los terrenos más al norte (Islas y plataforma venezolanas, Cordillera de la Costa) hacia el sur.
2. Durante el Santoniense-Campaniense se inició un ciclo regresivo en la Cuenca de Maracaibo con la depositación de las lutitas de la Formación Colón, como consecuencia del paso de la sedimentación de un margen pasivo a un margen activo.

3. La esquina noroeste de Suramérica fue afectada por transpresión, que inició el transporte de los terrenos al Norte de Venezuela hacia el este.

La teoría de la subsidencia del margen pasivo del Cretácico, se verifica con la presencia de facies carbonáticas, en amplias extensiones regionales observadas en las rocas de edad Barremiense-Santoniense.

Las variaciones en el espesor de las secuencias carbonáticas, sugieren que el arco de Mérida fue activado durante el Apítense-Campaniense y que dicho arco constituyó el elemento estructural dominante a lo largo de esta zona de margen pasivo.

SUBSIDENCIA DE LA CUENCA ANTEPAÍS EN EL PALEOCENO-EOCENO

Durante el Paleoceno Temprano se acentúa la subsidencia al oeste de la Cuenca de Maracaibo y consecuentemente el margen pasivo/retroarco cretácico se convierte en una cuenca antepaís *foreland* asimétrica generada por la colisión oblicua de la placa del Caribe contra el margen pasivo de Suramérica. Esto trae como consecuencia un aumento de espesor en las secuencias depositadas hacia el norte y noreste de la cuenca. (Lugo y Mann, 1995).

Audemard (1991) resalta la migración de los *foredeeps* (combadura en la cuenca) hacia el este, indicando que el engrosamiento de las unidades estratigráficas se desplaza y se hace más joven al este de Venezuela desde el Cretácico Tardío al presente.

A partir del Paleoceno Tardío las Napas de Lara comienzan a entrar en el Caribe, iniciándose así, su colisión y emplazamiento contra la placa Suramericana. Este evento da lugar a la formación, en Zulia oriental y nororiental, de una depresión a lo largo de la rampa lateral de las napas.

La Formación Misoa es depositada en pleno desarrollo de la cuenca antepaís del Paleoceno Tardío-Eoceno Medio, al frente del arco volcánico pacífico, y el emplazamiento de las Napas de Lara. La transgresión ocurrida durante el Eoceno dio lugar a la depositación de las arenas C de la Formación Misoa. (Parnaud, 1995).

Durante el Eoceno Medio se producen dos eventos principales, asociados al emplazamiento de las Napas de Lara, cambiaron la configuración tectónica de la Cuenca de Maracaibo. Primero, un período de inundación marina y el segundo evento fue la generación de una línea de sutura a lo largo de la plataforma del Lago de Maracaibo en el sector noreste, donde se depositaron las arenas B de la Formación Misoa

La culminación de la deformación convergente en el área del lago ha sido definida como Eoceno Medio. Esta edad se ha determinado a partir de una discordancia angular que separa la fase de deformación Pre-Eoceno Temprano de la fase de deformación post- Eoceno Tardío. (Lugo y Mann, 1995).

TRANSPRESIÓN DURANTE EL EOCENO TARDÍO

A finales del Eoceno, ocurrió un cambio en toda el área que conforma la Cuenca de Maracaibo. Un relieve positivo en el este y en el noreste separa, para este momento, a la cuenca de Maracaibo de la cuenca de Falcón. (Parnaud, 1995).

Durante el Eoceno Tardío-Oligoceno se produce un levantamiento generalizado de la Cuenca de Maracaibo y la activación de las fallas de Oca, Santa Marta-Bucaramanga y Boconó, producto de la subsidencia al oeste de Suramérica. (Lugo 1992; González de Juana *et al.* 1980).

Lugo (1992) menciona un campo de esfuerzos que genera en la Cuenca de Maracaibo un estilo estructural definido por fallas extensionales con orientación noroeste, estructuras compresionales con orientación noreste y vergencia suroeste, estructuras

en flor a lo largo de las fallas de Icotea y Pueblo Viejo, las cuales indican un régimen transpresivo.

Los levantamientos de la Sierra de Perijá y de Los Andes de Mérida, dividieron la cuenca antepaís, originando así las actuales cuencas de Maracaibo y Barinas-Apure. (Figura 14). Durante esta fase prevalece la inversión del gradiente de la cuenca, de noreste a sur-suroeste, posiblemente relacionado con el emplazamiento de las napas del Caribe.

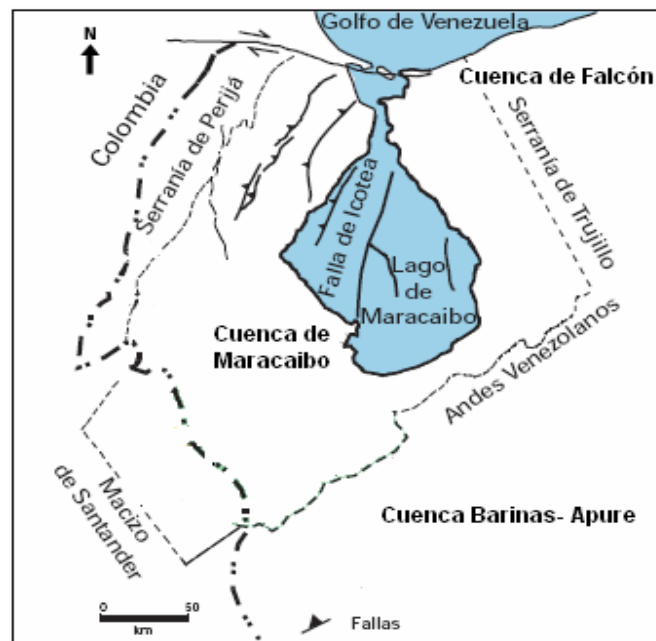


Fig.14 Configuración actual de las cuencas petrolíferas de Venezuela. (Tomado y Modificado de WEC, Schlumberger 1997)

2.3 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

El Campo Ceuta se encuentra en la región Centro-Oriental del Lago de Maracaibo, al sureste de Maracaibo y a 40 Km al sur de Lagunillas y se extiende hacia el norte hasta unirse con el Campo Bachaquero, y al este hasta Tomoporo en tierra.

Los Campos Barúa y Motatán se encuentran al este del Lago de Maracaibo y al norte de la Cadena Montañosa Andina. La Cuenca del Lago de Maracaibo se encuentra limitada por tres zonas de fallas principales, al oeste la falla de Santa Marta (de rumbo sinestral), al norte la falla de Oca (de rumbo dextral) y al Sureste la falla de Boconó (de rumbo dextral), todas con movimiento transcurrente las cuales tienden a generar una serie de fallas antitéticas y sintéticas dentro de la cuenca.

Las fallas antitéticas tienen orientación NNE-SSO como son las fallas La Paz-Mara, Urdaneta, Icotea, Lago Centro, Pueblo viejo, Ceuta y Valera. Las fallas sintéticas, de movimiento relativo dextral, incluirían las fallas en el área de la Península de Falcón con una orientación NO-SE. (Figura 15).

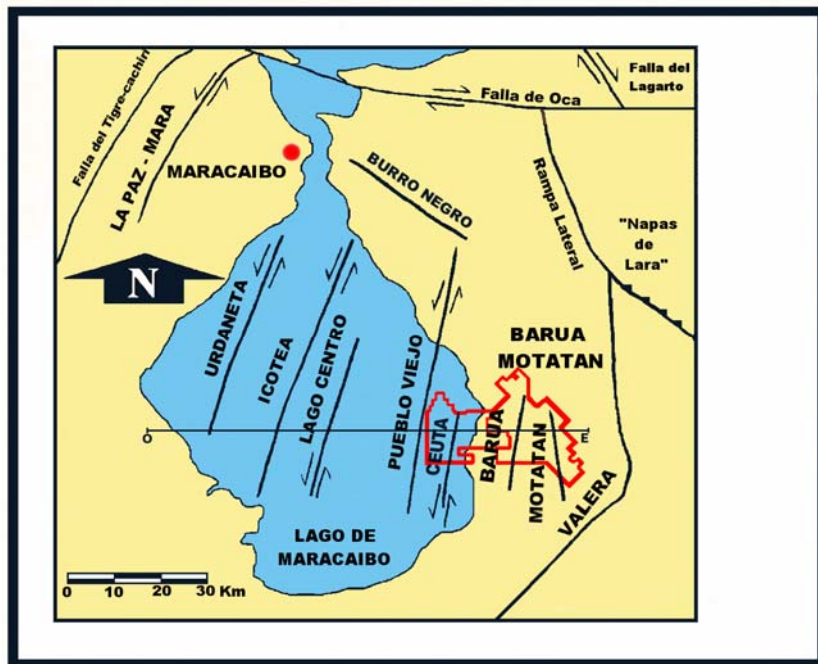


Fig. 15 Mapa de ubicación del sistema regional de fracturas en la cuenca del Lago de Maracaibo. Tomada y Modificada de Delgado (1978).

Muchos de los grandes campos petroleros del Lago de Maracaibo de edad Cretácico y Terciario, están asociados con estas fallas transcurrentes las cuales normalmente, poseen un movimiento sinestral (Delgado, 1978).

Las fallas de rumbo nor-noreste son las más comunes en la parte central de la cuenca. Las fallas Icotea, Pueblo viejo, Ceuta, Valera y otras son interpretadas con un desplazamiento transcurrente sinestral (Krause, 1971). Estas fallas fueron reactivadas periódicamente durante el Cenozoico, con una dirección de movimiento variable, después de su formación como parte del sistema de grietas *rift* del Jurásico.

En el Eoceno Tardío, se originó una violenta pulsación orogénica en donde se reactivaron todos los lineamientos estructurales iniciados en el Cretácico Tardío, tomaron forma definitiva los anticlinales y fallas características del sistema norte-sur y del sistema oeste-este.

Durante el Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano se produjo la inversión de la cuenca, que en ese tiempo presenta un gradiente moderado hacia el sur (González de Juana *et al.* 1980).

Durante el Mioceno Tardío- Plioceno Temprano se produjo el último levantamiento de Los Andes venezolanos. La asociación de anticlinales de dirección general norte-sur con fallas cretales, caracterizan a la Cuenca de Maracaibo (Parnaud *et al.* 1995).

2.4 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

Los sedimentos que constituyen la Cuenca de Maracaibo alcanzan un volumen total de aproximadamente 250.000 Km³ (González de Juana *et al.* 1980), estos sedimentos fueron depositados en un rango de edades que van desde el Jurásico hasta el Holoceno. (Fig. 16).

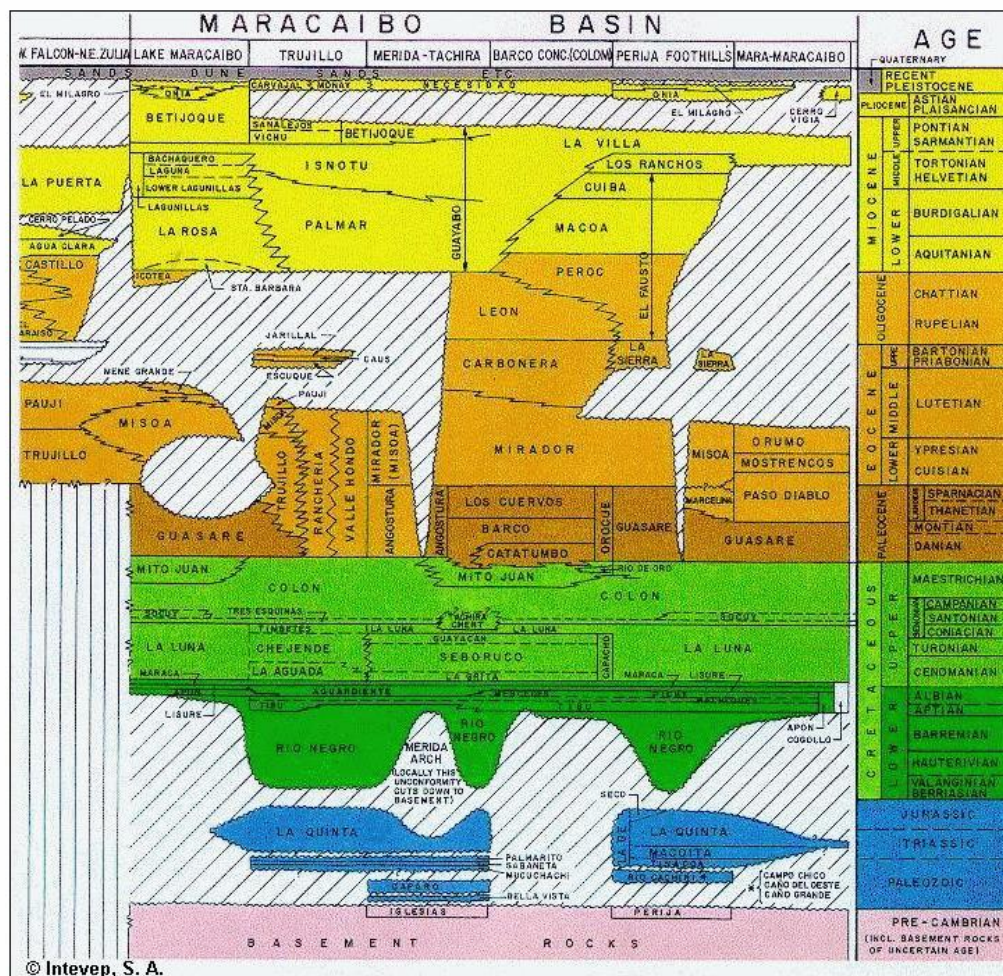


Fig. 16 Columna estratigráfica compuesta del Lago de Maracaibo. (Tomado de L.E.V. 2007)

El basamento de la Cuenca de Maracaibo está constituido por las capas rojas de la Formación La Quinta de edad Jurásico, la cual se encuentra relleno el sistema de *grabens* asociados a la apertura continental que comenzó en el Triásico.

MESOZOICO

En el Cretácico los sedimentos fueron depositados sobre una plataforma estable y la sedimentación estuvo controlada por la subsidencia de la cuenca, por la carga sedimentaria y por los cambios eustáticos. La secuencia sedimentaria, depositada durante este período de tiempo, está formada por clásticos continentales de la Formación Río Negro de edad Neocomiense-Barremiense.

Posterior a la depositación de Río Negro, durante un período de estabilidad tectónica ocurre una extensa trasgresión hacia el oeste de la plataforma de Venezuela, se deposita el Grupo Cogollo constituido por las formaciones Apón (calizas grises), Lisure (areniscas calcáreas, cuarzosas y glauconíticas, grises o verdosas) y Maraca (calizas masivas de color marrón con intercalaciones de lutitas negras), (González de Juana *et al.* 1980).

En el Cenomaniense-Santoniense se deposita la Formación La Luna (calizas oscuras pelágicas y lutitas ricas en materia orgánica), que representa depósitos marinos a lo largo de toda la Cuenca de Maracaibo y el máximo avance de los mares cretácicos.

En el Campaniense-Maestrichtiense se deposita la Formación Colón, constituida en su base por el Miembro Socuy (caliza micrítica). Posteriormente en el Maestrichtiense se deposita la Formación Mito Juan (areniscas litorales), que representa la caída relativa del nivel del mar durante el Cretácico Tardío.

TERCIARIO

En el Terciario Temprano se inicia un período regresivo. Hay una retirada del mar hacia el noreste, desarrollándose amplias costas deltaicas y cinturones litorales en el oeste y sureste de la Cuenca de Maracaibo. Sin embargo, sobre gran parte de la plataforma de Maracaibo, el surco de Barquisimeto y hacia el borde de la zona este del Escudo de Guayana, las condiciones marinas todavía prevalecían.

Durante el Paleoceno se deposita la Formación Guasare (calizas fosilíferas intercaladas con areniscas y lutitas ligeramente glauconíticas o carbonáceas), caracterizada por sedimentos típicos de ambientes marino someros.

Durante el Eoceno, en la Cuenca del Lago de Maracaibo existió un marco sedimentario complejo que se caracterizó por sistemas deltaicos-estuarinos, fluvio-costeros y marinos, en diferentes ubicaciones geográficas delante de los frentes de corrimiento, ya sea el de Perijá o el relativamente más joven del estado Lara, hacia el este. (Tomado de WEC, Schlumberger 1997).

Durante el Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano se depositó la Formación Mirador en ambiente fluvial, la Formación Trujillo de origen marino profundo y la Formación Misoa (arenas C) de origen deltaico (Parnaud *et al*, 1995).

En el Eoceno Medio ocurren dos eventos. Primero, el período de inundación marina depositó la Formación Gobernador (arenas basales) y, seguidamente, la Formación Pagüey (lutitas) de ambiente marino profundo (Pierce, 1960). El segundo evento fue la generación de una línea de sutura a lo largo de la plataforma del Lago de Maracaibo, donde se depositó la Formación Misoa (arenas B) típica de ambiente marino somero de plataforma y posteriormente la Formación Paují (Tobler, 1922).

En el Mioceno Temprano, se inicia una trasgresión la cual es seguida de facies regresivas, representadas por sedimentos marinos de la Formación Lagunillas (intercalaciones de lutitas, arcilitas arenosas, areniscas mal consolidadas y algunos lignitos).

2.5 FORMACIÓN MISOA

La Formación Misoa fue depositada en el Eoceno, en el abánico deltaico hacia el noroeste, donde predominó la complejidad característica de la sedimentación de arenas en todo el delta. (González de Juana *et al.* 1980).

La Formación Misoa se define como una sección compuesta de areniscas de color gris claro, con intercalaciones de lutitas laminares, micáceas y carbonosas. Las características de la formación dependen de su posición en la cuenca, del ambiente de sedimentación, de la distancia entre ellos y de la fuente de los mismos. Las areniscas constituyen los yacimientos de petróleo más importantes de la Cuenca de Maracaibo. En el subsuelo se aplican términos informales tales como “arenas B y C” basados en características de los registros eléctricos.

La Formación Misoa representa un proceso sedimentario que varía desde deltaico alto, al suroeste y sur, a deltaico bajo y marino somero al norte y noreste.

Van Veen (1972) describe tres tipos de areniscas en secciones de la Formación Misoa: areniscas de espolón aluvial, areniscas de canal distributivo y areniscas de barras litorales.

En el subsuelo del Lago de Maracaibo, la Formación Misoa, representa alternancia de ambientes de llanura deltaica con llanuras deltaicas bajas y condiciones de aguas llanas marginales. En las facies deltaicas altas, se preservaron grandes mantos de areniscas de espolones aluviales, de canales distributivos migratorios, con delgados lentes de lutitas. Las condiciones marinas de aguas llanas, están representadas por facies lutíticas fosilíferas y areniscas de barreras litorales bioturbadas (González de Juana *et al.* 1980).

La Formación Misoa es equivalente lateral de la Formación Mirador hacia el suroeste en la provincia deltaica de la Cuenca de Maracaibo. Ambas representan facies

diferentes del ambiente fluvio-deltaico. Hacia el noreste, La Formación Misoa es equivalente lateral parcial de la Formación Trujillo.

La Formación Misoa yace en contacto discordante con la Formación Guasare, infrayacente y concordante con la Formación Paují suprayacente.

2.6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

El Campo Ceuta presenta un patrón estructural que forma parte del alineamiento regional de Pueblo Viejo.

El alto Pueblo Viejo-Ceuta constituye un levantamiento que se extiende en dirección norte-sur con ligera componente noroeste. Se conoce dentro del Lago por una longitud de más de 45 Km. Hacia el sur forma un declive o nariz estructural de inclinación sur relativamente fuerte en la discordancia entre el Eoceno y el Mioceno. El declive se encuentra cortado por cuatro fallas de importancia, subparalelas, del sistema norte-sur, unas veces escalonadas y otras en forma de un pilar tectónico cerca del área crestal. (Figura 17)

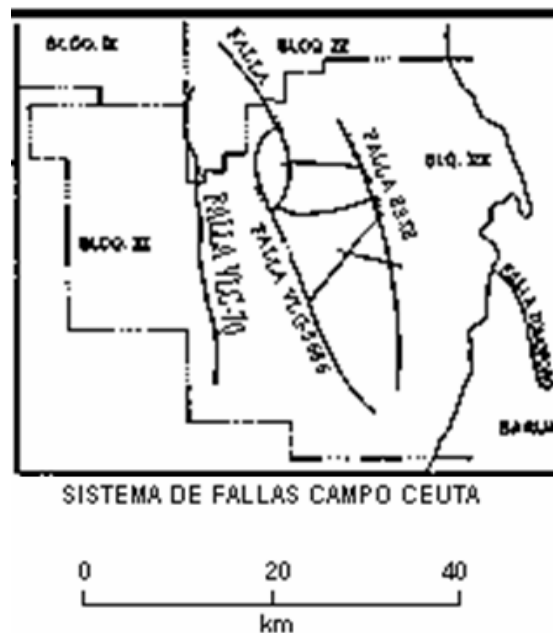


Fig.17 Mapa de fallas del Campo Ceuta. (Tomado y Modificado de L.E.V 2007)

Hacia el norte, el alto se arquea al noreste y entra a formar parte integrante del cinturón móvil de la Serranía de Trujillo. El anticlinal de Pueblo Viejo en su declive al sur presenta una inversión que determina una silla tectónica que separa la estructura de Pueblo Viejo de la de Ceuta; la inversión del declive forma una estructura dómica muy fallada, el alto del Campo Ceuta.

El rasgo principal de Ceuta lo constituye una estructura de tipo flor entre fallas transcurrentes de rumbo norte-sur, invertidas por movimientos compresionales. Asociados a esta estructura se encuentran anticlinales escalonados de tendencia noreste-suroeste. Fallas normales de rumbo noroeste-sureste y buzamiento este, cortan transversalmente a estos pliegues, asociadas a un patrón extensional de finales del Paleoceno, reflejan la línea de bisagra de la cuenca Eocena con su depocentro más al este, separando bloques suavemente plegados que forman homoclinales de rumbo este-oeste y buzamiento sur, hasta la falla de Tomoporo. (Puche, 1988).

La orogénesis Caledoniana del Plioceno Inferior da la configuración actual a la estructura de Ceuta (Gamboa, 1972).

El Campo Ceuta está dividido en tres áreas consideradas las más importantes:

El área 2 occidental: de 75 km² constituye un homoclinal este-oeste con buzamiento de 3 a 5° hacia el sur. Se encuentra limitada al oeste por la falla inversa a nivel del Eoceno VLC-70, de orientación norte-sur; la falla inversa VLG-3686, de orientación noroeste-sureste, al este. Al norte y noroeste se presenta una falla normal con inclinación al norte y un desplazamiento aproximado de 200'.

El área 3 norte del campo: (alrededor de 42 km²). Es parte de un anticlinal limitado al occidente por la falla de Pueblo Viejo y comprende una serie de plegamientos en *echelon* con sus ejes orientados NO-SE. (González de Juana et. al., 1980).

El área 8 Sureste o VLG-3693: tiene una extensión de 65 km² y su configuración estructural presenta un amplio monoclinal de rumbo este-oeste y buzamiento de 7° al sur, que concluye al este en la falla de Tomoporo. La falla VLG-3693 (falla normal de rumbo este-oeste) representa el rasgo estructural más importante que permitió el

entrapamiento de los hidrocarburos al detener la migración proveniente del sur (Rodhes, 1994).

El Campo Barúa se define como un alto estructural, formado durante la epirogénesis del Paleoceno-Eoceno, asociado a grandes fallas principales que sirven de barrera a la acumulación de hidrocarburos. (Figura 18)

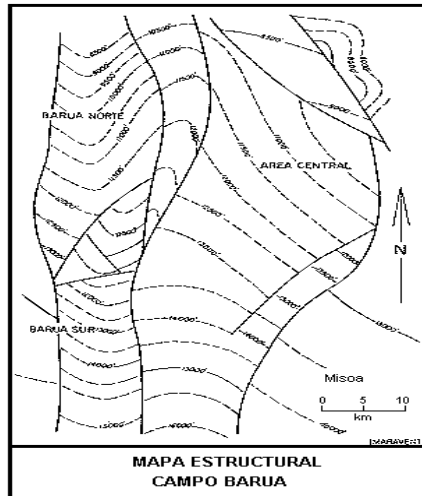


Fig. 18 Mapa Estructural del Campo Barúa. (Tomado y Modificado de L.E.V 2007)

El campo es básicamente un pilar tectónico con dirección general norte-sur. Este pilar se encuentra dividido en dos cuerpos o bloques principales: la zona de cresta del anticlinal y el flanco este del anticlinal.

En Barúa existen dos sistemas de fallas de tipo inverso debidas a la actividad tectónica el Paleoceno Tardío-Eoceno Temprano, que favoreció la migración de hidrocarburos desde la roca madre.

Falla oeste: Es una falla inversa de rumbo norte-sur con desplazamiento aproximado de 1000 pies, el bloque oeste se encuentra deprimido con respecto al bloque este. Su plano de falla es casi vertical.

Falla este: Es una falla inversa, paralela a la falla oeste, con buzamiento hacia el oeste y desplazamiento entre 500 y 1800 pies. (Tomado de Escandón y Moreno; 1998).

La estructura del Campo Motatán comprende domos alineados en dirección norte-sur, limitados al oeste por una falla inversa de dirección noroeste y buzamiento este, que se continúa con la falla Paují-San Juan. Otra falla inversa principal, subparalela, con buzamiento oeste, se encuentra en el sector oriental. Una falla secundaria transversal, normal, de rumbo norte-sur, deriva del sistema principal. (Figura 19).

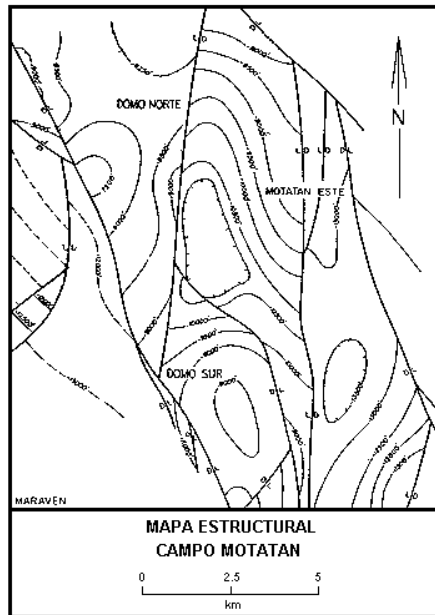


Fig. 19 Mapa Estructural del Campo Motatán (Tomado y Modificado de L.E.V 2007)

El campo está integrado por los domos norte, sur y este. Los domos norte y sur están separados por una depresión fallada. Dada la posición de los domos de Motatán, se asume que la falla principal es transcurrente, asociada con la de Mene Grande, con desplazamiento del bloque oriental hacia el norte.

2.7 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

Según Delgado (1978) y del Léxico Estratigráfico de Venezuela (L.E.V 2007).

Estratigráficamente, la columna sedimentológica de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán están constituidos por las formaciones Guasare, Trujillo, Misoa, Paují, Isnotú, Betijoque y Carvajal, las cuales comprenden un rango de edad que va desde el Paleoceno al Plioceno. (Figura 20).

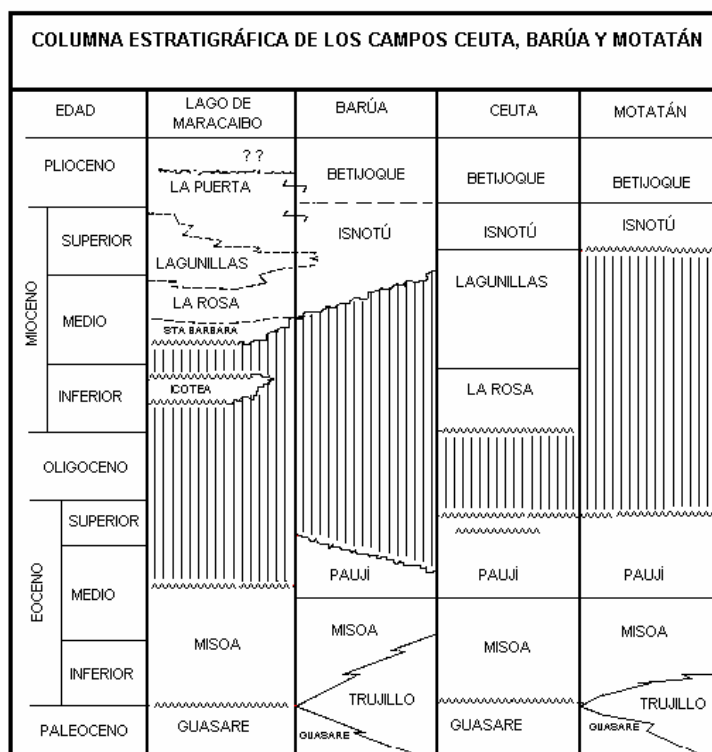


FIG. 20 Columna estratigráfica esquemática de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán.
Tomado y modificado de Delgado (1978) y de L.E.V 2007)

En la Figura 20 se puede observar que la Formación Misoa yace en contacto infrayacente con la Formación Guasare, y suprayacente con la Formación Paují en los Campos Ceuta y Barúa. Sin embargo, yace en contacto infrayacente con la Formación Trujillo y suprayacente con la Formación Paují en el Campo Motatán.

Se menciona que las características de los sedimentos de la Formación Misoa dependen de su posición en la cuenca, del ambiente de sedimentación, de la distancia entre ellos y de la fuente de los mismos.

Las areniscas presentan tamaños variados de grano, pero en general, son de grano fino y gradan a limolitas y luego a lutitas. En el subsuelo, estas mismas arenas forman yacimientos múltiples verticales, con distribución lateral de decenas de kilómetros. Ghosh et al. (1989), identificaron los tipos de arcosa-subarcosa y sublitarenita-

subarcosa, en las áreas de Urdaneta-Lagunillas y cuarzo-arenitas en la de Barúa-Motatán.

(Kabbabe et al, 1996; Escandón y Moreno, 1998) reportan, que las areniscas del Campo Ceuta corresponden a las Facies S3 y S11 cuyas características son: colores gris claro a oscuro, y de marrón claras a oscuras, de tamaño de grano fino a medio, angulares a subangulares, de moderadas a mal escogidas.

(Escandón y Moreno, 1998) mencionan que las areniscas del Campo Barúa corresponden principalmente a la Facies S3, son de color marrón oscuro, de tamaño de grano medio a grueso, angulares a subangulares, de moderadas a mal escogidas. Determinan en su estudio, que La Formación Misoa fue depositada durante el Eoceno Medio en ambientes sedimentarios que van de nerítico interno a externo.

(Kabbabe et al, 1996), observa que las areniscas del Campo Motatán pueden corresponder a las Facies S1 y S11, que son de color gris claro a oscuro, de tamaño de grano fino a medio, angulares a subangulares, de moderadas a mal escogidas.

Los principales componentes detríticos son: el cuarzo y los fragmentos de rocas ftanitas tipo chert entre otros, siendo escasos los feldespatos. Las areniscas son laminadas y en ocasiones se encuentran impregnadas de hidrocarburos. Las lutitas son negras, micáceas y carbonáticas, comúnmente laminadas.

La figura 21 ilustra la imagen en posters realizado por (Kabbabe et. al. 1996), extraído de la página web del Léxico electrónico Estratigráfico de Venezuela 2007, donde se observan las diferentes Facies Sedimentarias reconocidas en su estudio.

S

S3

S11

\$1

S2

ST

L

COMPANHIA PROMOTORA
(LUXO e Diversão)



A pie chart representing the distribution of 1000 people across six age groups. The chart is divided into six segments of varying sizes, with a legend on the right side. The segments are: 18-25 (blue, largest), 26-35 (yellow), 36-45 (green), 46-55 (orange), 56-65 (purple), and 66-75 (pink, smallest).

Idade	Porcentagem
18-25	40%
26-35	20%
36-45	15%
46-55	10%
56-65	5%
66-75	1%

1000 pessoas

- 18-25: 40%
- 26-35: 20%
- 36-45: 15%
- 46-55: 10%
- 56-65: 5%
- 66-75: 1%

PETROGRAFIA

Tamano de Gr. med. 0.5mm
POROSIDAD: 85%.
 Cuarzo: 88%
 Chert + Frag. Rocas: 1%
 Feldspatos: Traces.
MAT. REZ (Arcillas): 2%
 Silice: 2%.

Chert (60-65%), Siderita (5-10%)
 Mat. orgánica: 1%
 Chert + Tr. = 10-15% Tr.

CUANTO

GRANDE

CUANTO

GRANDE

ANÁLISIS PETROFÍSICOS
K: 38 md (273 -0,3 md.)
Porosidad: 9,3 %
Rayos Gamma: 25 API

The top graph, titled "Personen - Zahl der Räume, Doppelzimmer (Personen zu 2 Personen)", shows the relationship between the number of people (Y-axis, 0 to 100) and the number of rooms (X-axis, 0 to 100). The curve starts at (0, 100) and decreases sharply, leveling off around 10 rooms for 100 people.

The bottom graph, titled "Personen - Zahl der Räume, Einzelzimmer (Personen zu 1 Person)", shows the relationship between the number of people (Y-axis, 0 to 100) and the number of rooms (X-axis, 0 to 100). The curve starts at (0, 100) and decreases linearly, reaching 100 rooms for 100 people.

Gender Distribution of 1000 Respondents

Gender	Percentage
Male	55%
Female	45%

PETROGRAFÍA

Tamaño de Grano: 0.4 mm
Porfiroclastos: 93%.
 Cuarzo: 82%
 Chert + Frag. Roca: 2%
 Feldspatos: 1%
Maf. REZ (Arcillos): 24%
 Siles: 3%
 Cal + Pl + S. (S. 100): 0.5 %
Mit. Elementaria: 1.3%

ANÁLISIS PETROFÍSICOS
K: 70 md (1545 - 0,001 md.)
Porosidad: 10,5 %
Rayos Gamma: 27 API

[illegible]

PETROGRAFIA

Tamaño de Gr. med. 0.3mm
ROCKHEAD: 6%.

Quarzo: 71.2 %.
Chert + Frag. Rocas: 3.2%.
Feldspatos: 0.5 %.
Maf. RE (Al silic): 2.5 %
Silico: 0.5%.
 Calc. (silic) 0.5% - 0.5% (0.5%)
Mica (Biotica) 1.5%
Cadinita Tz. Clorita 0.5%

COLORES
 CALCULOS

ANÁLISIS PETROFÍSICOS
K: 3 md (41,6 - 0,001 md.)
Porosidad: 7,8 %
Rayos Gamma: 36 API

Figure 1 consists of two line graphs. The top graph plots 'Rate of reaction (1/time)' on the y-axis (0 to 1.0) against 'Temperature / °C' on the x-axis (10 to 50). It shows a curve that starts at approximately (10, 0.1), rises sharply to (20, 0.6), and then continues to rise more gradually to (50, 1.0). The bottom graph plots 'Rate of reaction (1/time)' on the y-axis (0 to 1.0) against 'Temperature / °C' on the x-axis (10 to 50). It shows a curve that starts at approximately (10, 0.1), rises to (20, 0.4), and then continues to rise more gradually to (50, 0.8). Both graphs have a horizontal line at y=0.5, with a point marked on it at x=20.

Fig. 1

Fig. 21. Aspecto de Facies Sedimentarias Campo Motatán. (Tomado de Kabbabe et. al., 1996)

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 Introducción

La porosidad y permeabilidad constituyen las propiedades que determinan la calidad de la roca como reservorio.

Las bases teóricas de estas importantes propiedades de las areniscas comprenden:

En primer lugar, a la porosidad evaluada en petrografías, luego la porosidad computacional bidimensional (2D), metodología para calcular el área porosa y por último la permeabilidad. Además, se definen las características principales y los factores que influyen en las mismas.

3.2 POROSIDAD EVALUADA EN PETROGRAFÍA

La porosidad ha sido estudiada por muchos investigadores los cuales la definen como:

Fracción del volumen total de la roca no ocupada por el esqueleto mineral de la misma. (Pirson, 1965).

Es la relación entre el volumen de huecos o poros y el volumen total de roca, indica el porcentaje relativo del volumen de poros en una roca (Lambe y Whitman; 1972).

Porcentaje del volumen total de la roca que es espacio poroso. (North, 1985).

La Porosidad es el volumen de los poros por unidad volumétrica de formación; es la fracción del volumen total de una muestra que es ocupada por poros o huecos. El símbolo de la porosidad es Φ . (Tomado de Schlumberger 1984).

Fracción del volumen total de la roca que representa espacios vacíos. (Craft, 1997).

Las porosidades se clasifican según la disposición física del material que rodea a los poros y a la distribución y forma de los poros.

La porosidad es un parámetro adimensional, generalmente reportado en porcentaje, y los límites de sus valores para cualquier medio poroso van de 0 a 1 (Martínez-Ángeles et al., 2002).

Las porosidades de las formaciones subterráneas pueden variar en alto grado. Los carbonatos densos (calizas y dolomitas) y las evaporitas (sal, anhidrita, yeso, silvita, etc.) pueden tener una porosidad prácticamente de cero; las areniscas bien consolidadas pueden tener una porosidad del 10 al 15%; las arenas no consolidadas pueden llegar a 30% o más de porosidad, las lutitas o arcillas pueden tener una porosidad con contenido de agua de más de 40%. (Tomado de Schlumberger 1984).

De acuerdo con Selley (1976), la porosidad es una propiedad de gran importancia en el estudio de las areniscas. Es una medida de la cantidad de espacios vacíos que tiene una roca y dependiendo del tipo de comunicación entre ellas, se define de dos formas:

$$\Phi_a = \frac{\text{Volumen espacios vacíos}}{\text{Volumen total de roca}} \times 100$$

$$\Phi_e = \frac{\text{Volumen de poros interconectados}}{\text{Volumen total de rocas}} \times 100$$

Donde:

Φ_a = Porosidad absoluta

Φ_e = Porosidad efectiva

Porosidad Absoluta: porcentaje del espacio total con respecto al volumen total de la roca sin tener en cuenta si los poros están interconectados entre sí o no. A efectos de nuestro estudio se utilizará la formula de porosidad absoluta para los cálculos y análisis de la porosidad (Figuras 22 y 23).

$$\Phi_a = \frac{\text{Volumen total de Rocas} - \text{Volumen de los granos}}{\text{Volumen total de Rocas}} \times 100$$

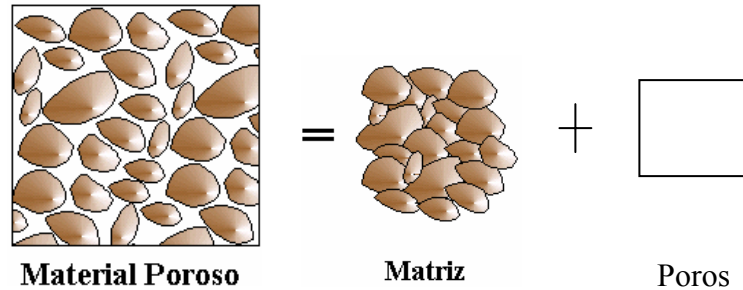


Fig.22 Ilustración del material constituyente en una sección fina para cálculo de porosidad (Tomado de Azuaje E.; 2006)

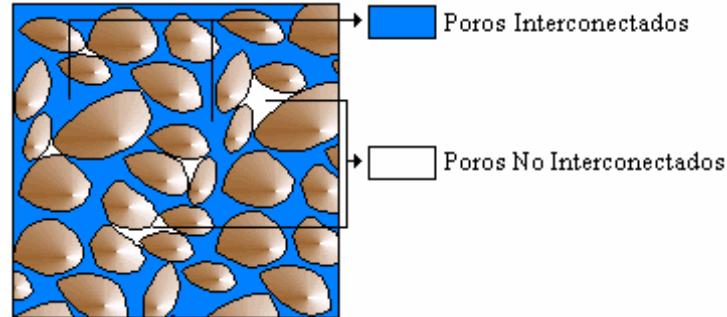


Fig.23 Ilustración de la forma de los poros en la roca (Tomado de Azuaje E.; 2006)

Porosidad Efectiva: es el porcentaje de espacio poroso intercomunicado con respecto al volumen total de la roca. Es indicativo de la conductividad de los fluidos aunque no es una medida de ello.

Porosidad no Efectiva: es el porcentaje de espacio poroso no intercomunicado con respecto al volumen total de la roca.

$$\Phi_T = \Phi_{\text{efectiva}} + \Phi_{\text{no efectiva}}$$

Según Sandoval (2000), la porosidad absoluta se refiere al total de espacios vacíos, pero debido a que algunos de ellos pueden estar dentro de los granos (porosidad intrapartícula), la porosidad efectiva es más importante para la explotación de hidrocarburos. Es ésta última, la que determina la calidad de las rocas como reservorios ya que viene siendo la capacidad que tiene la roca de transmitir el fluido que contiene en sus espacios vacíos (la permeabilidad depende de la Φ_e).

North (1985), para los tipos de rocas comunes del depósito bajo condiciones promedio, los valores de la porosidad pueden ser considerados como la mostrada en la tabla 1.

Tabla 1. Evaluación cualitativa de la porosidad (Tomado de North F.; 1985)

<i>Porosidad (%)</i>	<i>Evaluación Cualitativa</i>
<i>0-5</i>	<i>Despreciable</i>
<i>5-10</i>	<i>Pobre</i>
<i>10-15</i>	<i>Moderada</i>
<i>15-20</i>	<i>Buena</i>
<i>20+</i>	<i>Muy Buena</i>

El origen de la porosidad en una arenisca puede ser de dos tipos según Selley (1976) (Figuras 24, 25 y Tabla 2).

1. Porosidad Primaria, la cual se origina durante la depositación de los sedimentos y puede ser a su vez intergranular (Figura 24 A) e intrapartícula (Figura 24 B). En una arena limpia, la matriz de la roca se compone de granos de arena individuales, con una forma más o menos esférica, y apiñados de manera que los poros se hallan entre los granos.
2. Porosidad Secundaria, se forma por procesos posteriores a la depositación de los sedimentos los cuales pueden modificar la porosidad primaria e incluso crear u originar nuevos poros o intersticios (Figura 25).

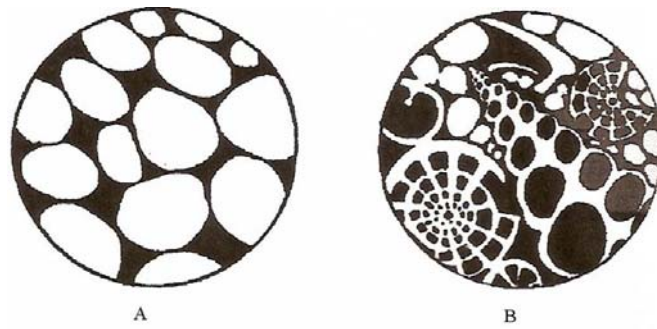


Fig. 24 Esbozo ilustrativo de como se vería en sección fina la porosidad primaria deposicional. A) porosidad intergranular, comúnmente encontrada en las areniscas. B) porosidad intrapartícula e intergranular, típica de areniscas esqueléticas. Tomado de Selley (1976) y Modificado de Sandoval, 2000).

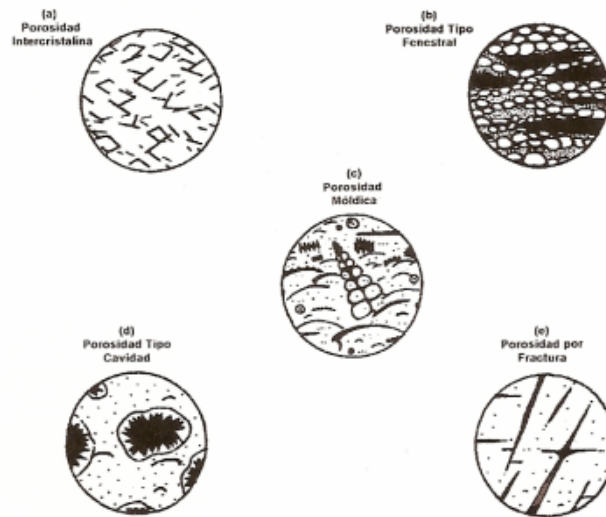


Fig. 25 Esbozo ilustrativo de los tipos de porosidad secundaria en secciones finas. a) Porosidad intercrystalina, típica de las dolomitas; b) porosidad fenestral, típica de las pelmicritas; c) porosidad móldica, formada por disolución selectiva de fragmentos esqueléticos; d) porosidad de cavidades, formada por disolución irregular; e) porosidad por fractura, presente en muchos tipos de rocas. Tomado de Selley (1976).

Los principales procesos generadores de porosidades secundarias son el proceso de disolución, el reemplazo y el fracturamiento bien sea por efecto de la compactación o por movimientos tectónicos. Otro proceso que genera porosidades secundarias es la deshidratación del material original, lo que da lugar a un “encogimiento” con la respectiva formación de porosidades secundarias. El proceso de disolución genera mayor volumen de porosidad secundaria, sobre todo en aquellas areniscas con un alto

contenido de carbonatos (en cualquiera de sus formas: granos del esqueleto, matriz y/o cemento) y de feldespatos u otras partículas inestables.

Tabla 2. Clasificación de los tipos de porosidad. Tomado de Selley (1976).

<i>POROSIDAD</i>	<i>TIPOS</i>	<i>ORIGEN</i>
PRIMARIA O DEPOSITACIONAL	<i>Intergranular o interpartícula</i>	<i>Sedimentación</i>
	<i>Intrapartícula</i>	<i>Sedimentación</i>
SECUNDARIA O POST-DEPOSITACIONAL	<i>Intercristalina</i>	<i>Cementación</i>
	<i>Fenestral</i>	<i>Cementación</i>
	<i>Móldica</i>	<i>Solución</i>
	<i>Cavidades</i>	<i>Solución</i>
	<i>Fractura</i>	<i>Movimientos tectónicos, Compactación o deshidratación.</i>

Según Hayes (1979), durante el soterramiento de muchas areniscas, la distribución y evolución de las porosidades, primaria y secundaria, varían con la profundidad de soterramiento, y por lo general es de la siguiente manera (Figura 26):

- 1.- Inicialmente la porosidad primaria es reducida por el proceso de compactación mecánica y por la precipitación química de minerales, durante la “etapa de diagénesis somera”.
- 2.- A medida que aumentan la profundidad, temperatura y velocidad de generación de hidrocarburos, soluciones acuosas químicamente activas migran de las lutitas adyacentes hacia las areniscas, originando la disolución de compuestos inestables, formándose las porosidades secundarias en la “etapa de diagénesis intermedia”.
- 3.- A mayor profundidad y durante la “etapa de diagénesis profunda”, la porosidad secundaria generada puede ser destruida por procesos de compactación y cementación.

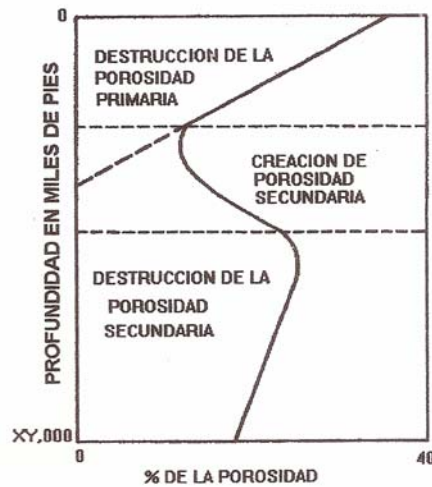


Fig.26 Distribución y secuencia de la evolución de la porosidad primaria y secundaria con la profundidad. (Tomado de Hayes, 1979 y Modificado de Sandoval, 2000).

3.2.1 TIPOS DE POROSIDAD EN LAS ARENISCAS

El estudio y determinación de las porosidades secundarias en las areniscas, recibió muy poca atención hasta el año 1975. Debido a que gran parte de esta porosidad fue considerada de origen primario con excepción de las que se formaron por fracturas. Sin embargo, en investigaciones posteriores a ese año se determinó que el volumen de las porosidades secundarias en las areniscas, representa al menos 1/3 del total de espacios vacíos en dichas rocas y en muchas ocasiones es más abundante que la porosidad primaria.

Por lo anterior, algunos investigadores han determinado y clasificado los diferentes tipos de porosidad de origen secundario que pueden tener lugar en las areniscas las cuales son:

Según Pittman (1979) reconoce tres tipos de porosidad:

- Porosidad intergranular (primaria): es aquella porosidad entre las partículas.
- Porosidad por disolución (secundaria): que resulta de la remoción de cualquier material soluble, bien sea granos detríticos, cemento o minerales reemplazantes.

- Microporosidad (tanto primaria como secundaria): se define como todos aquellos poros cuyo radio de apertura es menor a 0.5 micras. Es típica en los minerales de arcillas o de zonas de interconexión de poros.

Según Schmidt y Mc Donald (1979) reconocen tres tipos principales de porosidad secundaria en las areniscas, las cuales son diferenciadas sobre la base de los procesos que les dieron origen y su relación con las fábricas de las rocas, las cuales son:

- Porosidad por fracturas: incluye todo tipo de fracturas originadas por esfuerzos e incluso las originadas por encogimiento del material.
- Porosidad por encogimiento (shrinkage) o deshidratación: se origina por deshidratación y/o recristalización de ciertos minerales tales como la glauconita y la goethita o materiales lodosos.
- Porosidad por disolución de material sedimentario, cemento autigénico y/o de los materiales reemplazantes: es la más común e importante. Resulta de la disolución selectiva de materiales solubles o inestables, bien sean granos, matriz, cemento o cualquier otro material autigénico. Por este proceso, se puede originar una gran variedad de tipos texturales de porosidad secundaria. (Figura 27)

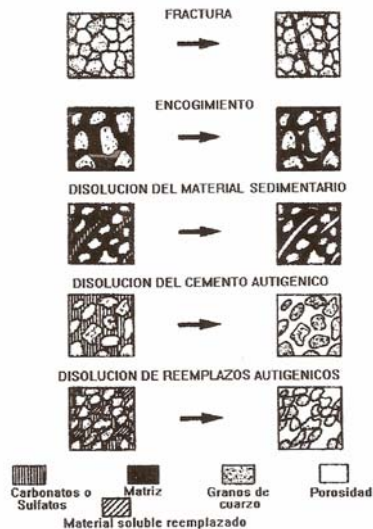


Fig. 27 Clases genéticas de la porosidad secundaria en las areniscas. Tomado de Schmidt y Mac Donald (1979).

Según Scholle (1981) se puede encontrar estas porosidades asociadas:

Porosidad Primaria:

- Interpartícula: muy común en las areniscas
- Intrapartícula: muy escasa, pero posible en fragmentos de rocas, fósiles y otros granos detríticos como feldespatos.
- Inter cristal: no es muy común.

Porosidad secundaria:

- Disolución de granos detríticos, de cementos y de reemplazamiento de minerales autigénicos: común, especialmente en remoción de feldespatos, fragmentos de rocas carbonáticas o fósiles y sulfatos detríticos. (Figura 28 a)
- Fracturas: poco común, excepto localmente. (Figura 28 b)

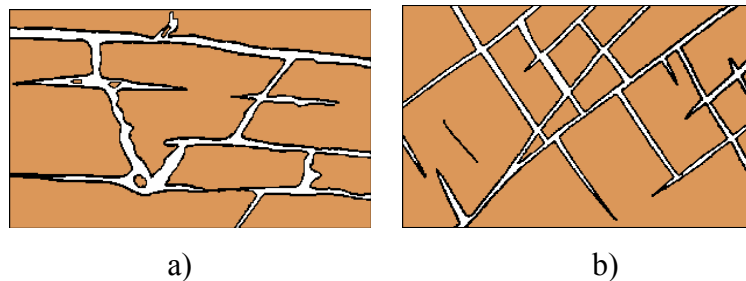


*Fig.28 Ilustración de Porosidad Secundaria: a) por Disolución y b) por Fracturas
(Tomado de Azuaje E.; 2006)*

3.2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA POROSIDAD:

- Uniformidad del tamaño (Escogimiento) y forma de los granos: la porosidad no depende del tamaño de grano pero si de su arreglo. Es decir, la porosidad depende del escogimiento de los granos. A mayor escogimiento se tiene mayor porosidad. (Figura 29 a, b, c, d).

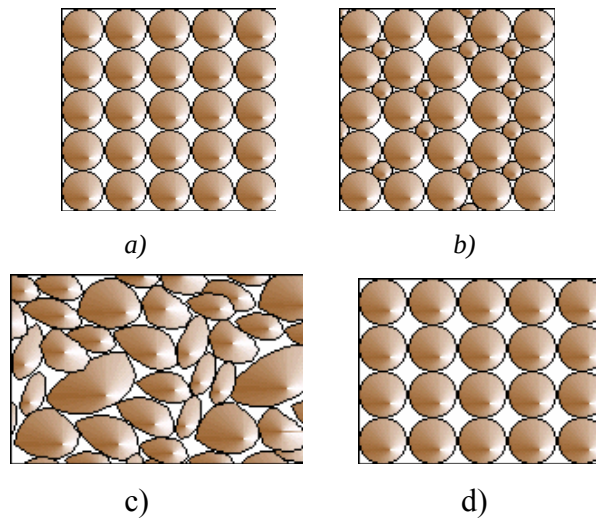


Fig.29 Ilustra el comportamiento de la porosidad de acuerdo con el escogimiento y forma de los granos. A mayor escogimiento se tiene mayor porosidad.: a) Granos grandes b) Granos pequeños mezclados con granos grandes c) Granos no redondeados d) Granos redondeados (Tomado de Azuaje E.; 2006)

- Profundidad de Soterramiento: a mayor profundidad mayor grado de empaquetamiento de las partículas. (Figura 30).

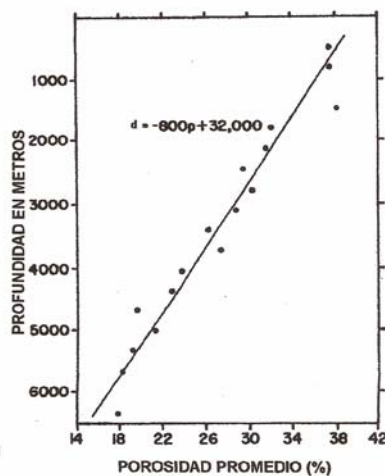


Fig. 30 Relación entre la profundidad de soterramiento y la porosidad en 17367 muestras de núcleos de perforación de areniscas del Terciario tardío, sur de Lousiana. Tomado de Blatt, 1979 y Modificado de Sandoval, 2000.

- Empaquetamiento de los granos: el aumento del grado de empaquetamiento reduce la porosidad. (Figura 31)

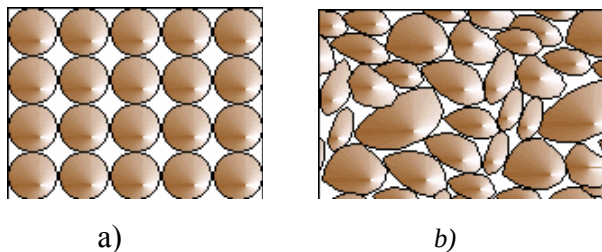


Fig.31 Ilustración del comportamiento de la porosidad de acuerdo al grado de empaquetamiento de los grano.: a) Empaquetamiento leve o suelto b) Empaquetamiento apretado (Tomado de Azuaje E.; 2006)

- Deformación de partículas dúctiles: las areniscas con mayor porcentaje de partículas dúctiles tales como fragmentos de rocas, micas, glauconitas y fósiles entre otros, son más propensos a la deformación plástica, fracturamiento y trituramiento entre las partículas adyacentes más rígidas, y tienden a perder más rápidamente la porosidad y permeabilidad.

3.3 POROSIDAD COMPUTACIONAL BIDIMENSIONAL (2D)

3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA “SCION IMAGE”

Scion Image es un programa de procesamiento y análisis de imágenes para PC's compatibles con IBM. Se basa en el programa NIH de la plataforma Macintosh. En este, se pueden adquirir, mostrar, editar, analizar y animar imágenes. Sólo reconoce y guarda imágenes en formatos TIFF y BMP, proporcionando una mayor compatibilidad con otras aplicaciones, incluyendo los programas para escanear, editar y publicar análisis de imágenes. Este programa soporta muchas funciones estándar de procesamiento de imágenes, perfiles de densidades, afilados, suavizados, filtros promedios, detección de bordes y convolución espacial con núcleos definidos por el usuario.

Scion Image para Windows puede ser utilizado para medir áreas, media, centroide, perímetro, longitudes de los ejes mayor y menor, y desviación estándar, etc., de

regiones de interés definidas por el usuario. También, permite realizar análisis automatizado de partículas y proporciona herramientas para medir longitudes de trayectorias y ángulos. Además, se pueden obtener imágenes de superficie en (3D) tres dimensiones. Se pueden realizar calibraciones espaciales para proporcionar un universo de datos reales. La calibración de densidad se puede hacer con radiaciones o estándares de densidad óptica usando unidades especificadas definidas por el usuario. Los resultados pueden ser impresos, exportado a los archivos de textos o copiados en el portapapeles.

Una barra de herramientas soporta edición de colores e imágenes en escala grises, incluyendo la capacidad de hacer líneas, rectángulos y texto, además se puede rotar, voltear, invertir y escalar selecciones de la imagen. Este programa soporta múltiples ventanas y ocho niveles de aumento, y todas las funciones aplicadas se pueden deshacer. (Figura 32).

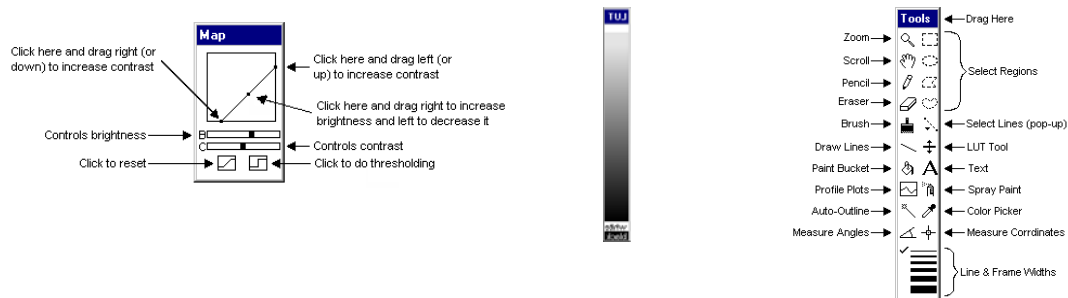


Fig. 32 Principales ventanas de barras de herramientas que soporta las diferentes aplicaciones del programa Scion Image. (Tomado del manual de Scion Image, 2000)

Scion Image para Windows requiere una PC IBM con una tarjeta de video de 4MB de RAM. Este programa es una aplicación en 32 bits, por lo que requiere un sistema operativo Microsoft Windows 95 o Microsoft NT 4.0.

Este programa ha sido utilizado en diferentes centros de investigación médica en el mundo para determinar patrones anómalos en el proceso de mitosis y meiosis celular por la *Nacional Science Foundation* (NSF, 1999) (Figura 33), cálculo de la regeneración de tejidos en el sistema nervioso por *Peripheral Nerve Regeneration* in

CNTF Knockout Mice. (1999), también tiene aplicaciones en el área de Ciencias de la Tierra, específicamente en el estudio de fracturas en núcleos (Van Den Berg E., Bense V., y Schlager W., 2003).

Además, ha sido utilizado para medir propiedades de porosidad, compactación en arenas, simular comportamientos de estructuras bajo nieve y análisis de procedencia de partículas en la obtención de parámetros de forma y redondez de granos.

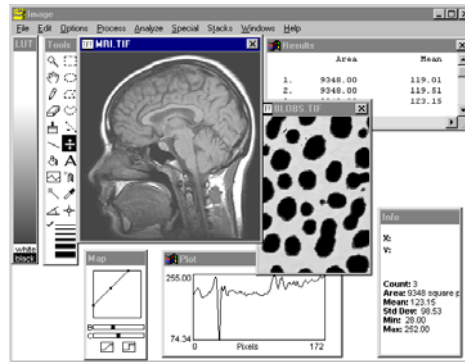


Fig. 33 Aplicación en la medicina del programa Scion Image para determinar crecimientos de células cerebrales. (Tomado del manual de Scion Image, 2000)

Mediante el programa *Scion Image* las imágenes digitalizadas se vectorizan y se binarizan seleccionando en el menú opciones “*THRESHOLDED*”, y para calcular los diferentes parámetros, se selecciona en el menú analizar la opción de análisis de partículas (Figura 34) y la de parámetros a medir, esta es mostrada en la figura 35.

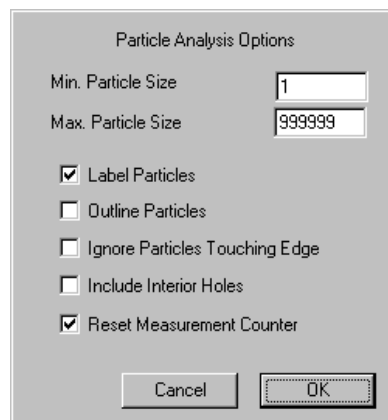


Fig. 34 Opciones de análisis de partículas del programa Scion Image

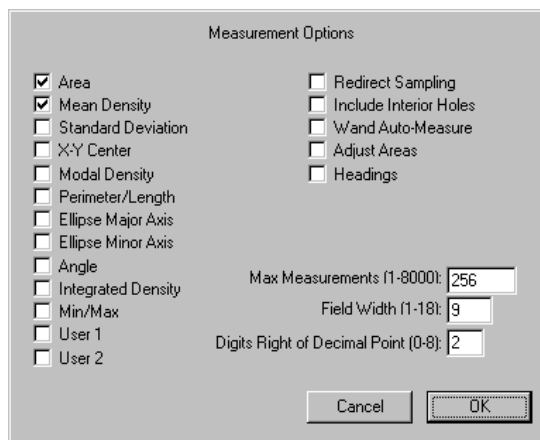


Fig. 35 Opciones de medición de parámetros del programa Scion Image

A continuación describimos los parámetros más importantes considerados para este trabajo especial de grado:

Área: determina el área de selección en píxeles, aunque puede modificarse la escala a micras, centímetros, milímetros y pie cuadrados.

Desviación estándar del *Scion Image*: calcula la desviación estándar de los valores de grises usados para generar el valor promedio de grises.

Valor modal: valor de gris más frecuente en la imagen.

Ejes Mayor/Menor: longitudes de los ejes mayor y menor de la mayor elipse ajustada.

Angulo: Representa el ángulo entre dos puntos cualesquiera seleccionado de la imagen.

Incluir interior de los agujeros o poros: el análisis de las partículas incluye el interior de los agujeros.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, hemos diseñado un análisis particular para la obtención de los parámetros de las secciones finas, para así calcular la porosidad en las mismas, esto es resumido en forma gráfica en la figura 36. La primera columna se refiere al *software* utilizado, la segunda al procedimiento ejecutado con ese programa, la tercera columna se refiere a la obtención de la imagen binaria, donde se medirán los parámetros de la tabla 3 y en la última columna de resultados se muestran las principales gráficas estudiadas, la primera es una imagen

binarizada que representa el área ocupada por los granos en una fotografía, la segunda es una imagen de la superficie en 3D de los granos, el siguiente gráfico de esta columna “*Show Results*” representa cada uno de los parámetros obtenidos con el programa *Scion Image*, posteriormente se muestra un gráfico radial de todas las áreas de las fotos que cubren la muestra, luego tenemos gráficos de barra de porosidad por campo para representar lo mejor posible los resultados. Estos serán mostrados en el siguiente capítulo y se trata de mostrar y comparar la dependencia entre el análisis de secciones petrográficas y la información computacional que surge de las imágenes.

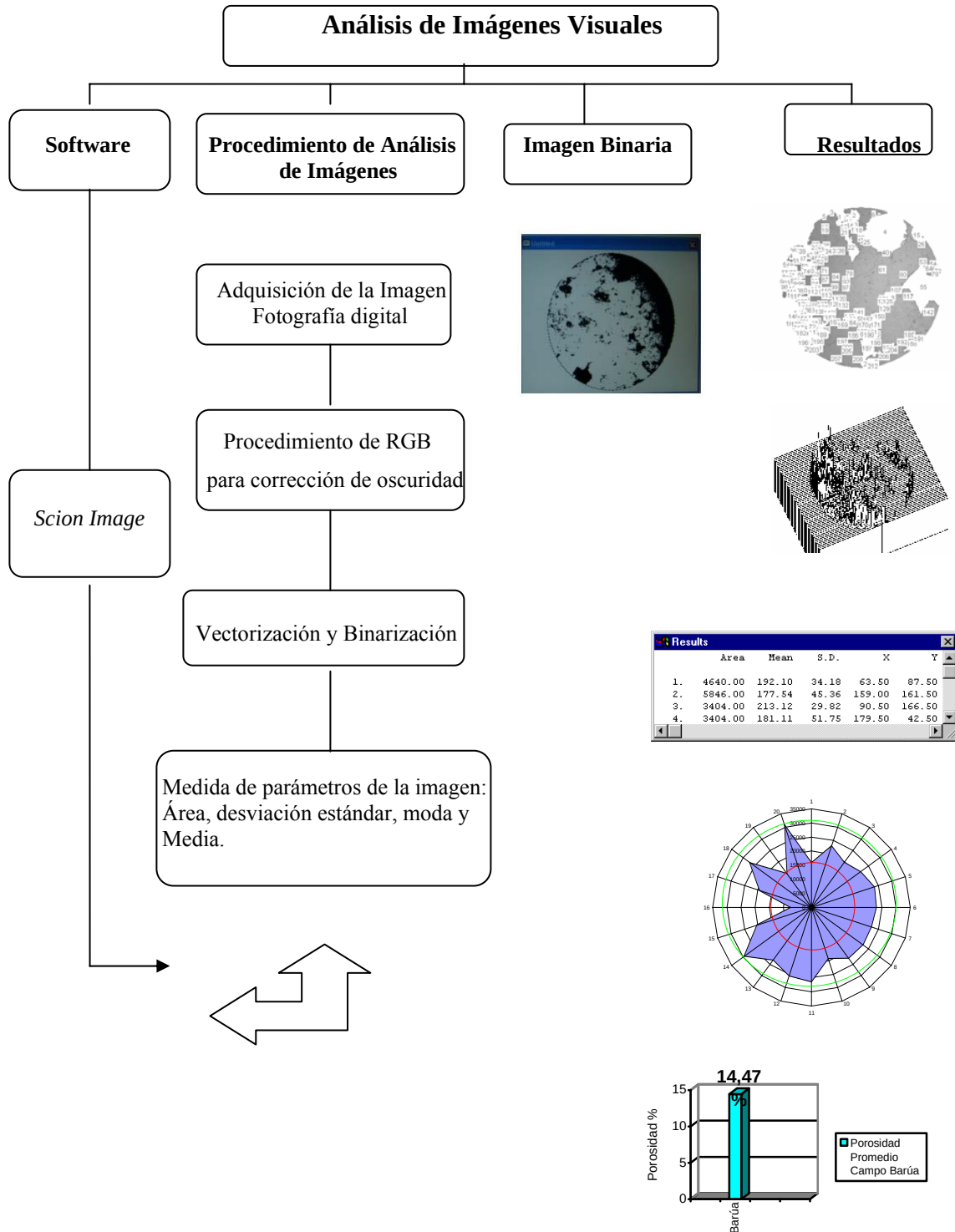


Fig. 36 Representación esquemática de los pasos realizados para el análisis de imágenes y los resultados.

3.3.2 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL ÁREA POROSA

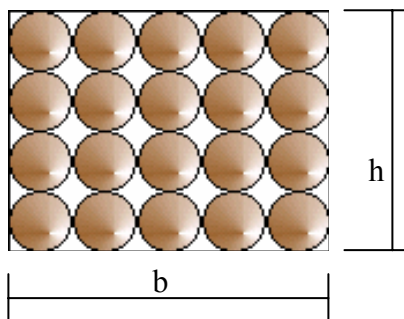
La porosidad absoluta se determina con la misma fórmula que para el caso de las secciones finas, lo que cambia es que en vez de hablar de volumen de espacios vacíos se hablará de área de espacios vacíos.

Porosidad Absoluta: porcentaje del espacio total con respecto al área total de la roca sin tener en cuenta si los poros están interconectado entre sí o no.

$$\Phi_a = \frac{\text{Área total de Rocas} - \text{Área de los granos}}{\text{Área total de Rocas}} \times 100$$

a) Caso isotrópico (homogéneo): granos de la misma composición, de igual tamaño de radio r (mm) y matriz homogénea.

Representa un caso ideal para el cálculo de la porosidad.



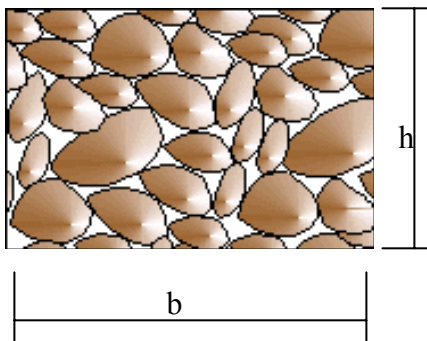
$$A \text{ círculos} = \pi * r^2$$

$$A \text{ total} = b * h$$

$$A \text{ porosa} = A \text{ total} - A \text{ total círculos}$$

$$\text{Índice de Poros} = I_p = \frac{A \text{ total círculos}}{A \text{ total}}$$

b) Caso anisotrópico: granos de diferente composición, diferentes tamaños de radio r (mm) y matriz no homogénea.

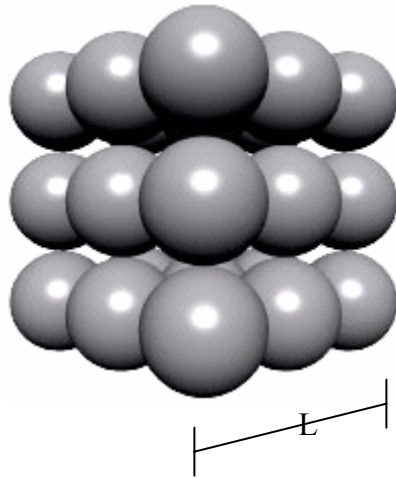


$$A \text{ total} = b * h$$

$$A \text{ porosa} = A \text{ total} - \sum A \text{ ocupadas por partículas}$$

$$I_p = \frac{\sum A \text{ ocupadas por partículas}}{A \text{ total}}$$

c) Caso isotrópico tridimensional 3D: granos esféricos de la misma composición, de igual tamaño de radio r (mm) y matriz homogénea. Este caso no se va a realizar por la complejidad del mismo.



$$\text{Volumen total} = L^3$$

$$I_p = \frac{\sum V \text{ ocupado por partículas}}{V \text{ total}}$$

Tabla 3 Parámetros básicos medidos con el programa de análisis de imágenes, los cuales son usados en el cálculo de porosidad. (Ver tabla 4)

Parámetro	Descripción
A	Área ocupada por granos
A _{ci}	Área circular imagen
De	Desviación Estándar
Media	Media de la muestra
Moda	Moda de la muestra
n	Numero de Imágenes por muestra

Tabla 4 Principales Características para calcular la Porosidad con el programa Scion Image

Variable	Descripción	Consideraciones
Área Total Granos Corregida (mm ²)	$A_{tg \text{ corregida}} = \frac{A}{(Fc * 4,1)}$	Cociente entre el Área ocupado por granos y el factor de corrección.
Área Sección Circular (mm ²)	$Acs = \pi * (r)^2$	Representa el área circular del objetivo N° 10 del microscopio cuyo radio es 0.9 mm.
Área Circular de la Imágen (mm ²)	$Aci = \pi * (r)^2$	Es el área circular de la imagen obtenida del programa <i>Scion Image</i> cuyo radio es 50.86 mm.
Factor de Corrección	$Fc = \frac{Aci}{Acs}$	Cociente de las áreas sección circular y de la imagen.
Área Total Circular de la Imágen (mm ²)	$Atci = Aci * n$	Representa el área total de la sección estudiada de las imágenes en la muestra.
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	$Atci_{\text{corregida}} = \frac{Atci}{(Fc * 4,1)}$	Área de la imagen corregida
Área circular total del cubrimiento de la Sección (mm ²)	$Act = Aci * n$	Representa el área total del cubrimiento en la sección fina en la muestra.
Área Porosa (mm ²)	$A_{\text{porosa}} = Atci_{\text{corregida}} - A_{tg \text{ corregida}}$	Indica el área porosa en la muestra
Error Medio	$Em = \frac{ A - Aci * n }{n}$	Error medio es el valor medio de los errores (su suma dividida por N). Es la distancia dirigida que tiene el dato xi de la media aritmética muestral (promedio). Refleja que tan separados están los datos entre si o que tan juntos u homogéneos son.
Error Medio Corregido	$E m_{\text{corregido}} = \frac{Em}{Fc}$	Cociente entre el error medio entre el factor de corrección, genera la varianza que es un indicador de dispersión en datos.
Porosidad Absoluta (%)	$\Phi_a = \frac{A_{\text{porosa}}}{Act} * 100$	Representa la porosidad calculada con el programa <i>Scion image</i>
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	Φ	Representa la porosidad visual realizada a través del microscopio de luz polarizada

3.4 PERMEABILIDAD

La permeabilidad es una medición de la facilidad con que los líquidos fluyen a través de una formación. En una determinada muestra de roca y con cualquier líquido homogéneo, la permeabilidad será una constante siempre y cuando el líquido no interactúe con la roca en sí. (Tomado de Schlumberger 1984).

Facultad que posee la roca para permitir que los fluidos se muevan a través de sus poros interconectados. (Pirson 1965). (Figura 37)

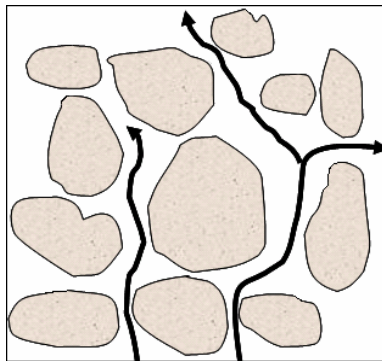


Fig. 37 Si no existe conexión entre poros no hay Permeabilidad (Tomado de Azuaje E.; 2006)

La permeabilidad es la propiedad que presentan las rocas sedimentarias de permitir el pasaje de fluidos sin modificar su estructura ni alterar significativamente la fábrica. (Scasso, 1997).

La unidad de permeabilidad es el “darcy” o el milidarcy (md). El símbolo de la permeabilidad es k .

Una roca debe tener fracturas y poros interconectados para ser permeable. Así, existe cierta relación entre la porosidad y la permeabilidad. Por lo general, una permeabilidad mayor se acompaña de una porosidad mayor; sin embargo, esto no es por ningún concepto una regla absoluta.

Las lutitas y ciertas clases de arena tienen altas porosidades, sin embargo, sus granos son tan pequeños que los caminos que permiten el paso de líquidos son escasos y

tortuosos. Por lo tanto, sus permeabilidades pueden ser muy bajas. (Tomado de Schlumberger 1984).

3.4.1 CLASIFICACIÓN DE LA PERMEABILIDAD

PERMEABILIDAD ABSOLUTA (k)

Permeabilidad cuando la saturación del medio consiste en 100% del fluido en movimiento. (Pirson 1965).

Es la permeabilidad determinada por un solo líquido homogéneo (Tomado de Schlumberger 1984).

Es una propiedad física del medio. (Figura 38)

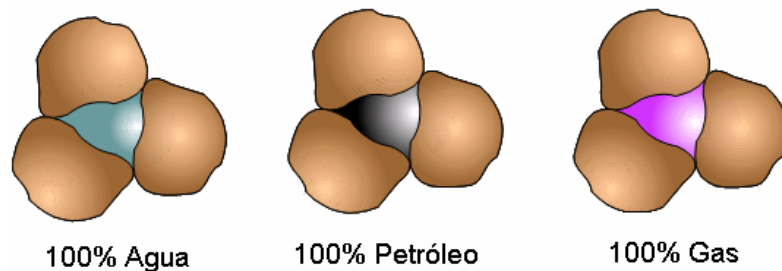
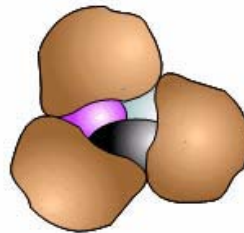


Fig. 38 Ilustra la permeabilidad absoluta como una propiedad física del medio (Tomado de Azuaje E.; 2006)

PERMEABILIDAD EFECTIVA (kx)

Permeabilidad a un fluido cuando la saturación de este fluido es inferior al 100%. Es decir, la roca está saturada con más de un fluido. (Azuaje, 2006) (Figura 39).



Agua, Petróleo y Gas

Fig.39 Ilustra la roca saturada con más de un fluido (Tomado de Azuaje E.; 2006)

$$K_o + K_w + K_g < K$$

PERMEABILIDAD RELATIVA (K_r)

Es la relación entre la permeabilidad efectiva y la permeabilidad absoluta:

$$K_r = \frac{k_{\text{efectiva}}}{k_{\text{absoluta}}} \rightarrow k_{rx} = \frac{k_x}{K}$$

La permeabilidad relativa es un parámetro normalizado, es decir varía entre 0 y 1

La suma de las permeabilidades relativas es menor a 1.

Estudios sobre la relación entre porosidad y permeabilidad han sido efectuados por Kozeny-Carman (en Pettijohn et al., 1987), es una ecuación cuantitativa que vincula la permeabilidad (K) de las rocas sedimentarias de un área específica con la porosidad (Φ):

$$K = \frac{0.2 * (\Phi)^3}{So^2 (1 - \Phi)^2} \quad \text{si } \Phi > 0.10$$

$$K = \frac{20 * (\Phi)^5}{So^2 (1 - \Phi)^2} \quad \text{si } \Phi \leq 0.10$$

Donde:

K : es la permeabilidad intrínseca de la litología (en m^2)

So : es el área específica (m^2/m^3); para areniscas el valor $So = 100.000 \text{ m}^2/m^3$

Φ : es la porosidad.

La primera ecuación será utilizada para cuantificar la permeabilidad de las areniscas en el capítulo IV de los resultados.

3.3.2 FACTORES QUE AFECTAN LA PERMEABILIDAD

Existe una relación entre porosidad y permeabilidad:

- Tamaño de los Granos. (Figura 40)
- Escogimiento de los Granos
- Orientación de los Granos

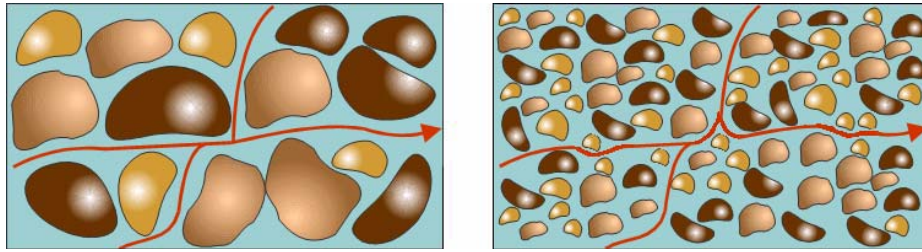


Fig. 40 Ilustra la relación del tamaño de granos: a menor tamaño de grano, menor Permeabilidad. La permeabilidad es directamente proporcional al tamaño de grano y varía con su forma. (Tomado de Azuaje E.; 2006)

- Efecto de reactividad de líquidos: los reactivos líquidos alteran la geometría interna del medio poroso originando un nuevo medio poroso, cuya permeabilidad es determinada por la nueva geometría. (Figura 41)

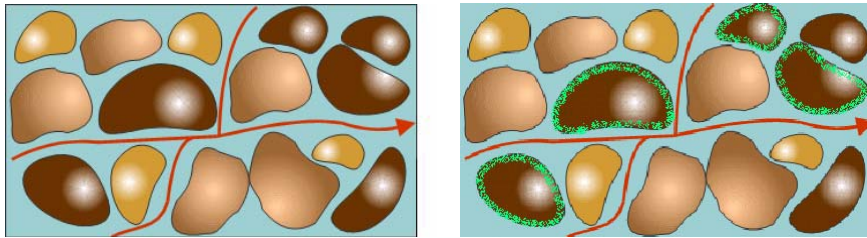


Fig. 41 Ilustra el efecto de reactividad de los líquidos. (Tomado de Azuaje E.; 2006)

- Presión de sobrecarga: cuando el núcleo es removido de la formación, todas las fuerzas de confinamiento son removidas. Se le permite a la roca expandirse en todas direcciones, cambiando parcialmente la forma de los canales de flujo dentro del núcleo. (Figura 42)

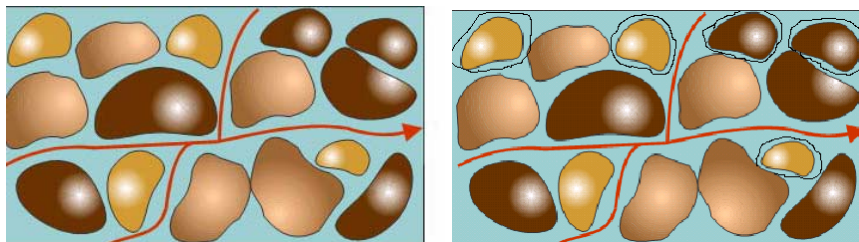


Fig. 42 Relación de la presión sobrecarga en la permeabilidad (Tomado de Azuaje E.; 2006)

3.4 CAMBIOS EN LA POROSIDAD Y PERMEABILIDAD ORIGINAL DE LOS SEDIMENTOS.

Prácticamente todos los procesos diagenéticos afectan la porosidad y permeabilidad original de los sedimentos.

La compactación y la cementación son los principales procesos que actúan en la reducción de la porosidad y permeabilidad inicial de los sedimentos.

La compactación mecánica se puede definir como la disminución del volumen total de los sedimentos como resultado de esfuerzos de compresión causados por el incremento de la profundidad de soterramiento o por efecto de la carga de sedimentos suprayacentes. (Figura 43)

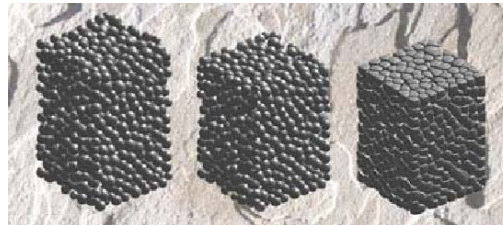


Fig.43 Ilustración de la compactación sobre los sedimentos (Tomado de Azuaje E.; 2006)

La reducción de la porosidad por efectos de la compactación genera aumento en el grado de empaquetamiento de las partículas en el sedimento y expulsión del fluido intersticial; deformación, fracturamiento y trituramiento de las partículas dúctiles, que reducen la porosidad y permeabilidad primarias con el incremento de la profundidad de soterramiento. (Figura 44)

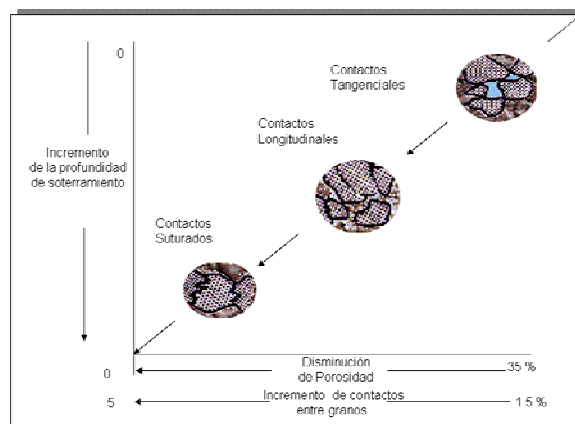


Fig. 44 Destrucción de la porosidad en las areniscas con el incremento de la profundidad. (Tomado de Sippel, 1968 y Selley 1976)

Las porosidades de las areniscas disminuyen desde porcentajes aproximados a los 35-45% a valores cercanos entre 3-8%, y las permeabilidades desde los 500 darcys a valores cercanos a 100 milidarcys. (Tomado de Sandoval, 2000)

La cementación o precipitación afecta el tamaño, forma y continuidad de los canales debido a una posible precipitación de sílice, calcita y dolomita o combinaciones de ellos. La precipitación de cementos silíceos y de carbonatos trae consigo la reducción del espacio de poro y la permeabilidad. (Figura 45)

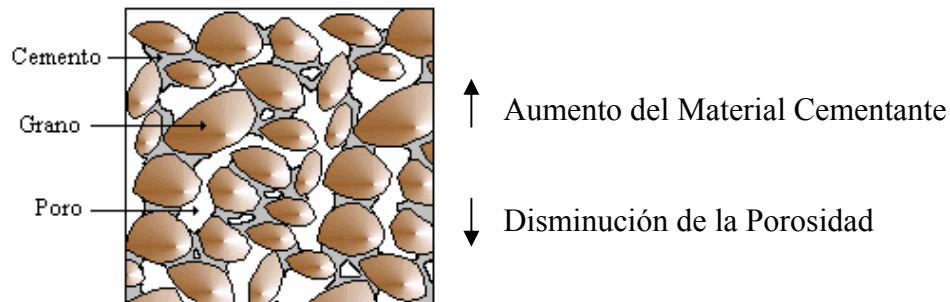


Fig. 45 Formación de cemento entre granos, a través de un proceso continuo de precipitación. La Sedimentación silíceo, calcáreo o arcilloso disminuye la permeabilidad. (Tomado de Azuaje E.; 2006)

Igualmente, los procesos de recristalización y la presión solución tienden a reducir la porosidad y permeabilidad de las areniscas, pero en menor proporción que los procesos anteriores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Introducción

Los resultados correspondientes al análisis petrográfico y del análisis de imágenes se señalan por muestras y para simplificar todos los análisis de las muestras, solo se indican los resultados por campos, los valores promedios de porosidad por tipo de areniscas y la permeabilidad. En primer lugar se tienen las descripciones del Campo Ceuta, luego el Campo Barúa y finalmente el Campo Motatán.

4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS PETROGRÁFICO

El análisis petrográfico de las características sedimentarias observadas en las 28 secciones finas, tomadas de los núcleos de pozos de cada campo, reflejan los porcentajes de composición, clasificación y gráficos de barra.

Para simplificar todos los análisis de las muestras solo se muestran los resultados finales de estos análisis (es decir, características resaltantes de los núcleos y de las secciones finas), y los demás datos estarán en los anexos organizados por número de muestras.

El análisis petrográfico de todas las muestras en general permitió clasificar el 61% de las areniscas como areniscas cuarzosas, el 32% en sublitarenitas y el 7% restante como subarenita feldespática. (Figura 46).

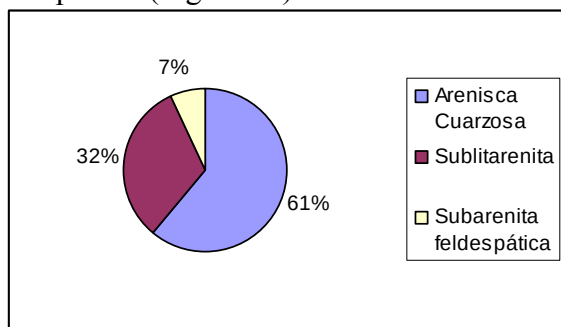


Fig.46 Distribución porcentual de las areniscas correspondientes a las 28 muestras de los Campos Ceuta, Barúa y Motatán

4.2.1 CAMPO CEUTA

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 1

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón claro

Estructuras Físicas: Laminaciones subparalelas. Con granos gruesos hacia la base. Posiblemente pertenezca a la Facies S3 que reporta Kabbabe et al, 1996.

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas del tipo *Ophiomorpha*.



POZO: VLG-3727
PROFUNDIDAD: 15262' - 15264'

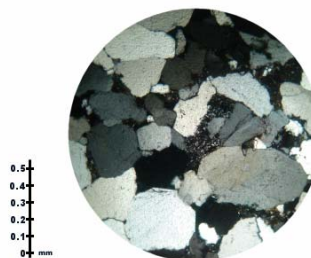
CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano:

Mín.	0.1
Máx.	0.4
Promedio	0.25

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.
Moderadamente escogida.



VLG-3727 Prof.: 15262' - 15264'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados,
ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de
Contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	81
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	15

Granos (%):

Cuarzo	94
Monocristalino	77
Policristalino	17
Feldespatos (FLD)	2.0
Fragmento Roca (FR)	1.2

Porosidad (%):

Interpartícula	03
Intrapartícula	
Disolución	12
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos.
Muchos poros elongados conectados de tamaño promedio 0,4 a 0,8mm. Pocos poros subangulares aislados de 0,4mm.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz.

Deformación de micas.

Cemento (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	1
Caolinita	1	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

Matriz (%):

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 2

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris con tonos pardos

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Con granos gruesos hacia la base. Posiblemente pertenezca a la Facies S11 (Kabbabe et al, 1996).



POZO: VLG-3727

PROFUNDIDAD: 15218' - 15219'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano: 0,2 a 0,7

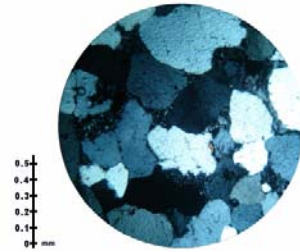
Granos subangulosos a subredondeados.

Moderadamente bien escogida.

% GRANOS	82
% MATRIZ	1
% CEMENTO	2
% POROSIDAD	15

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,2-0,54mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3727 Prof.: 15218' - 15219'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 3

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela con laminaciones de lutitas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: No se observan.



POZO: VLF-3012

PROFUNDIDAD: 13762' - 13762'4''

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,5

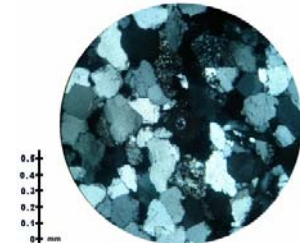
Angulosos a Subredondeados.

Moderadamente escogida.

% GRANOS	84
% MATRIZ	1
% CEMENTO	3
% POROSIDAD	12

Observaciones: Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,1 a 0,3 mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3012 Prof.: 13762' - 13762'4''.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 4

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris muy claro

Estructuras Físicas: Laminaciones paralelas y onduladas. Se observan fracturadas. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996)



POZO: VLF-3012

PROFUNDIDAD: 13844' - 13844'6''

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): Entre 0,1 y 0,3

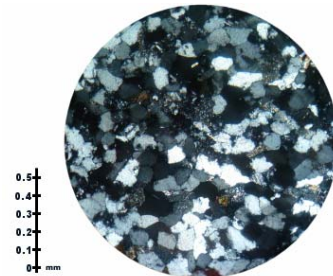
Granos subangulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

% GRANOS	84
% MATRIZ	1
% CEMENTO	3
% POROSIDAD	12

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,08 a 0,2mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3012 Prof.: 13844' - 13844'6''.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 5

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris

Estructuras Físicas: Laminaciones onduladas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996)



POZO: VLG-3525

PROFUNDIDAD: 11595'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): Entre 0,1 y 0,6

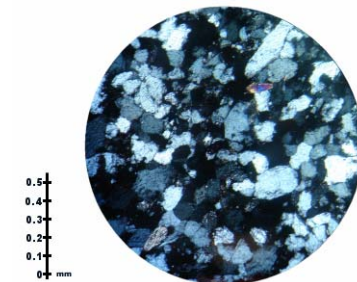
Granos subangulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

% GRANOS	85
% MATRIZ	1
% CEMENTO	4
% POROSIDAD	10

Observaciones: poros elongados conectados entre sí de tamaño promedio 0,06 a 0,4mm. Muchos poros aislados de 0,2mm promedio.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita.



VLG-3525 Prof.: 11595'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 6

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: grueso

Color: marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: horadaciones.



POZO: VLG-3528
PROFUNDIDAD: 11506' - 11509'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,04 a 0,36

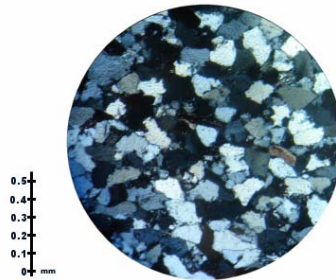
Granos subangulosos a subredondeados.

Mal escogida.

% GRANOS	92
% MATRIZ	1
% CEMENTO	4
% POROSIDAD	3

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,09 a 0,26mm, rellenos de matriz.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3528 Prof.: 11506' - 11509'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 7

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación Lenticular. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996)



POZO: VLG-3716
PROFUNDIDAD: 13824' - 13826'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,08 a 0,1

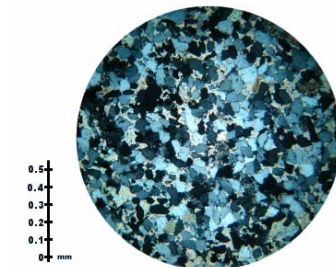
Granos angulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

% GRANOS	73
% MATRIZ	8
% CEMENTO	15
% POROSIDAD	4

Observaciones: Poros elongados interconectados de tamaño promedio 0,05 a 1,4mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3716 Prof.: 13824' - 13826'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 8

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: destruida por biotubacion. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación moderada, posibles Thalassinoides.



POZO: VLG-3716
PROFUNDIDAD: 13829' - 13831'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 1

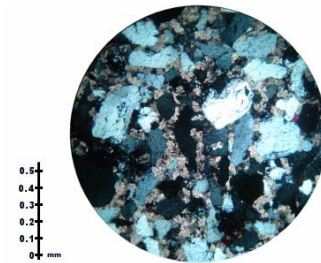
Granos angulosos a subangulosos.

Mal escogida.

% GRANOS	68
% MATRIZ	02
% CEMENTO	18
% POROSIDAD	12

Observaciones: Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,2 a 0,3mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Subarenita feldespática



VLG-3716 Prof.: 13829' - 13831'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados,
ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 9

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris oscuro a negro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación moderada, posibles Thalassinoides.



POZO: VLG-3726
PROFUNDIDAD: 16277' - 16279'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,4

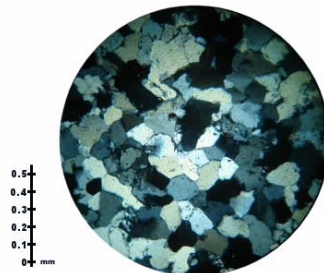
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente a mal escogida.

% GRANOS	82
% MATRIZ	10
% CEMENTO	3
% POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados conectados de 0,04 a 0,4mm rellenos de matriz.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3726 Prof.: 16277' - 16279'.
ocular 10x/20. Objetivo 10x/0.20,
nicoles cruzados,

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 10

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: fino

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbacion. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: Bioturbación sin diferenciar alta.



POZO: VLG-3726
PROFUNDIDAD: 16383' - 16386'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,6

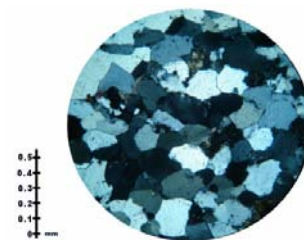
Granos angulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

% GRANOS	88
% MATRIZ	2
% CEMENTO	7
% POROSIDAD	3

Observaciones: Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,04 a 0,2mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita.



VLG-3726 Prof.: 16383' - 16386'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 11

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación enmascarada por biotubación. Posiblemente pertenezca a la Facies S11B. (Kabbabe et al, 1996).

Impregnada de hidrocarburos.

Estructuras Biológicas: Horadaciones



POZO: VLG-3726
PROFUNDIDAD: 16428' - 16430'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,04 a 0,24

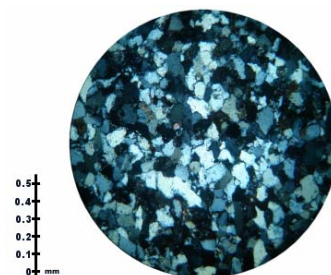
Granos angulosos a subredondeados.

Mal escogida.

% GRANOS	82
% MATRIZ	12
% CEMENTO	3
% POROSIDAD	3

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,05 a 0,4mm conectados.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3726 Prof.: 16428' - 16430'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 12

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: *Ophiomorpha*.



POZO: VLG-3727

PROFUNDIDAD: 15308' - 15310'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,4

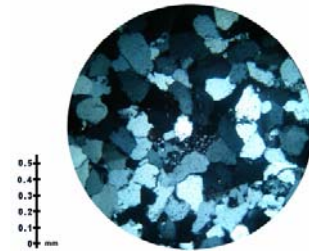
Granos subangulosos a subredondeados.

Mal escogida.

% GRANOS	90
% MATRIZ	1
%CEMENTO	2
%POROSIDAD	7

Observaciones: poros elongados de tamaño promedio de 0,06 a 0,2mm, conectados entre si.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3727 Prof.: 15308' - 15310'.

Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

En el Campo Ceuta las areniscas cuarzosas están compuestas esencialmente de cuarzo plutónico con porcentajes del 76%. Los fragmentos de rocas y los feldespatos son escasos y no superan el 4%.

Son moderadamente a mal escogidas, de fábrica isotrópica y empaquetamiento apretado, de grano fino, medio a grueso. El tamaño promedio de granos oscila entre 0,14 y 0,46 mm.

Los granos presentan baja esfericidad y mediana redondez, los contactos entre granos son alargados, cóncavos- convexos, tangenciales y suturados, con predominio de los dos primeros, la cual evidencia un grado de compactación media.

La matriz es arcillosa con promedio de 2,16%, óxidos de hierro inferior al 1%. El cemento es del 2,8% constituido de sílice con 1,16%, minerales de arcilla posiblemente illita- esmectita 0,83%, caolinita 0,5% y calcáreo 0,3%.

La porosidad promedio es de 9,5%, está controlada básicamente por lixiviación de la matriz o fracturas y sus valores oscilan entre 3, 7 y 15% (Figura 48), con mayor

predominio de porosidades secundarias por disolución parcial o total de granos, matriz o cemento y por fracturas, en menor cantidad porosidad primaria interpartícula. (Ver capítulo marco teórico, página 36). El tamaño promedio de poros es de 0,14 a 0,41mm muy similar al tamaño de los granos.

Las sublitarenitas al igual que las anteriores están constituidas básicamente de cuarzo plutónico en un 70%. Los fragmentos de rocas varían entre 6% y 18% y los feldespatos varían entre 2 y 8%. Moderadamente escogidas, isotrópicas y de empaquetamiento apretado, de grano muy fino a medio (0,1 a 0,36 mm), angulares a subredondeados, de baja esfericidad, con predominio de contactos longitudinales y cóncavo-convexos y pocos suturados.

La matriz constituye el 4,8%, es arcillosa con promedio de 2,8% y de óxido de hierro 2%. El cemento es del 6,6% constituido principalmente de cemento calcáreo 2,8%, cuarzo 1,6%, posible illita-esmectita 1,6% y en menor cantidad cemento de caolinita 0,6%.

Los poros tienen tamaño promedio de 0,054 a 0,52mm. La porosidad promedio es del 6,4%, predomina la porosidad secundaria por disolución parcial de granos y matriz, por fracturas, y en menor cantidad porosidad primaria interpartícula, varía entre 3, 10 y 12%. (Figura 48).

Por último, la subarenita feldespática también presenta cuarzo plutónico en un 75%. Los feldespatos son del 7,4% y los fragmentos de rocas son del 2,9%. Mal escogida, isotrópica y de empaquetamiento apretado, de grano fino a grueso (0,2 a 1 mm), angulares a subangulares, de baja esfericidad y con predominio de contactos de tipo tangenciales y longitudinales.

La matriz es arcillosa y de óxido de hierro con porcentajes de 1% y el cemento de 18%, con mayor abundancia del cemento calcáreo.

Los poros tienen tamaño promedio de 0,2 y 0,3mm. Porosidad secundaria predominante por disolución y fracturas con un valor del 12%. (Figura 47).

En general, la porosidad promedio de las areniscas del Campo Ceuta por estimación visual es del 8,41%. Los poros de estas areniscas son comúnmente elongados e irregulares, subredondeados a subangulares, con predominio de poros interconectados entre sí y escasos poros aislados. El tamaño promedio de los poros oscila entre 0,11 y 0,45 mm.

En el siguiente gráfico se tienen dos poblaciones de valores correspondientes a los granos y poros, en donde se observa la semejanza tanto en el tamaño de los granos como la de los poros en las areniscas. (Figura 47).

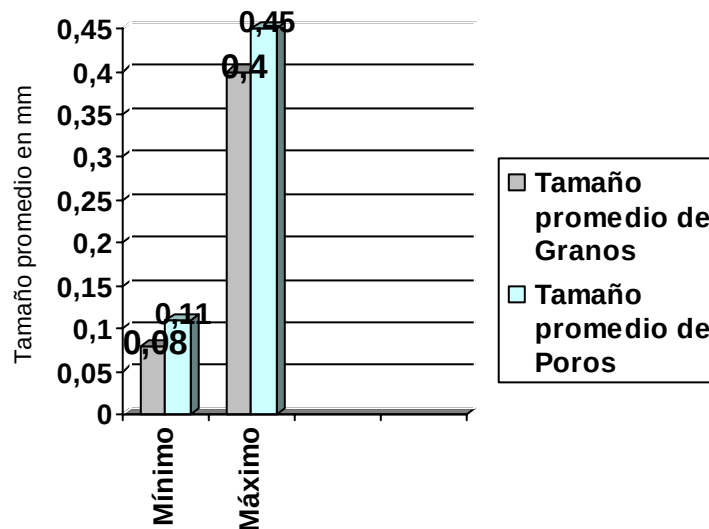


Fig. 47 Gráfico comparativo que muestra los valores promedios de los granos y poros de las areniscas del Campo Ceuta.

La figura 48 muestra los valores de porosidad existentes en las areniscas del Campo Ceuta. Se aprecia que el valor mínimo es del 3% y valores máximos entre 12 y 15%. Los valores de porosidad son mayores en las areniscas cuarzosas debido a que presentan mejor madurez textural, mejor escogimiento, granos subredondeados a subangulares de mayor tamaño de granos y el empaquetamiento de los granos es menor evidenciado por el predominio de contactos longitudinales

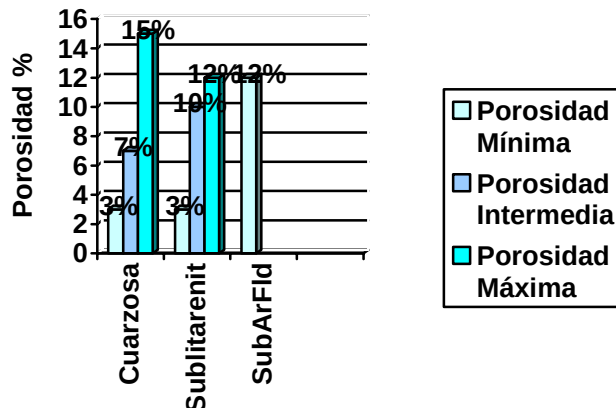


Fig. 48 Valores de Porosidad en las areniscas del Campo Ceuta

En la tabla 5 se describen los constituyentes principales de la fracción detrítica, matriz y cemento de estas areniscas.

Tabla 5. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Ceuta.

COMPONENTES DETRÍTICOS – MATRIZ Y CEMENTO	
Cuarzo	Representa en promedio el 88% de la fracción detrítica. Esencialmente son del tipo monocristalino (75%) y en menor cantidad, están los policristalinos (13%). La mayoría de los cuarzos son de origen plutónico y metamórfico. Los granos de cuarzo presentan, en algunas secciones, fracturas, inclusiones de moscovita y corrosión.
Feldespatos	Constituyen el 4,6% de la fracción detrítica, son en su mayoría ortosas y plagioclasas. En muchas ocasiones se encuentran alterados o reemplazados.
Fragmentos de Rocas	Representan el 6% de la fracción detrítica. Constituidos principalmente por fragmentos de rocas sedimentarias (lutitas y fanitas tipo chert), y muy escasas las metamórficas. Los fragmentos de rocas sedimentarias se encuentran en varias secciones alterados, recrystalizados y afectados por la compactación, pasando a ser parte de la matriz.
Accesorios	Representan el 1,4% de la fracción detrítica, constituidas por moscovita. Se encuentran alteradas afectadas por compactación, pasando a formar parte de la matriz. Además, presentan biotita, circón y epidoto.
Matriz	Constituye el 3,5% del promedio en las secciones, es predominantemente arcillosa 2,25% y óxidos de hierro 1,25%. Se presenta rellenando poros.
Cemento	Es escaso y representa el 5,3% del promedio en las secciones, predomina el cemento calcáreo 2,5%, cuarzo 1,25, minerales arcillas posiblemente illita-esmectita 1% y caolinita 0,5%.

La tabla 6 presenta los componentes porcentuales de las areniscas y los resultados de la clasificación de las areniscas estudiadas.

Tabla 6 Componentes porcentuales de las areniscas Formación Misoa del Campo Ceuta

COMPONENTES (%)																						
Nº de Muestra	Campo Ceuta	Czo.			Frag. Roca (Chert/ sedimentaria)	Min. Accesorios				MATRIZ		CEMENTO				% Componentes				Clasificación (Petijohn, Potter y Siever, 1973)		
		Monocristalino	Policristalino			Feldespato	Muscovita	Turmalina	Circón	Epidoto	Glaucónita	Smectita/Ililita	Minerales de Arcillas	Oxidos de Hierro	Cuarzo	Material Calcáreo	Caolinita	Smectita/Ililita	Cuarzo		Feldespato	Fragmento de Roca
1	VLG-3727	66	10	2	1	1		1			1	Tz	1		1	1	93,8	2,5	1,23	15	Arenisca Cuarzosa	
2	VLG-3727	70	6	2	3	1		Tz			1	Tz	1	Tz	1	Tz	92,7	2,4	3,7	15	Arenisca Cuarzosa	
3	VLF-3012	65	12	4	2	1		Tz		1	1	Tz	1	Tz		2	91,6	4,7	2,4	12	Arenisca Cuarzosa	
4	VLF-3012	65	7	4	5	1		1			1	Tz	2	1	Tz	1	86,7	4,8	6,0	12	Sublitarenita	
5	VLG-3525	60	12	5	7	1		Tz	Tz			Tz	1	1	1	Tz	2	84,7	5,9	8,2	10	Sublitarenita
6	VLG-3528	77	10	3	1	1		Tz			1	Tz	2	1	1		94,6	3,3	1,1	3	Arenisca Cuarzosa	
7	VLG-3716	60		2	5	1			Tz		5	3	2	10	1	2	82,2	2,8	6,9	4	Sublitarenita	
8	VLG-3716	50	10	5	2	Tz		1			1	1	1	15		2	88,2	7,4	2,9	12	Subarenita Feldespática	
9	VLG-3726	67	8	3	3	1		Tz			7	3	1	1		1	91,5	3,7	3,7	5	Arenisca Cuarzosa	
10	VLG-3726	60	14	4	7	1		2			1	1	2	2	1	2	84,1	4,5	8,0	3	Sublitarenita	
11	VLG-3726	48	10	7	15	1		1	Tz		7	5	1		1	1	70,7	8,5	18,3	3	Sublitarenita	
12	VLG-3727	74	10	2	3	Tz		1			1	Tz	1	Tz	Tz	1	93,3	2,2	3,3	7	Arenisca Cuarzosa	

Tz: Minerales minoritarios

En la figura 49 se resumen los diferentes tipos de areniscas observados en el Campo Ceuta, siendo las más abundantes las areniscas cuarzosas con 50% y las sublitarenitas con 42%.

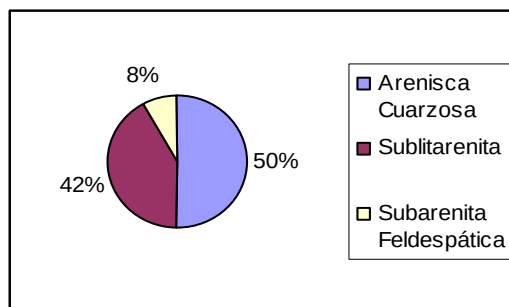


Fig. 49 Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Ceuta.

4.2.2 CAMPO BARÚA

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 13

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Escandón y Moreno, 1998)

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas, *Ophiomorpha*, *skolithos*.



POZO: MGB-4x

PROFUNDIDAD: 15551' - 15555'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.12
Máx.	0.3
Promedio	0.21

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Muy mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos Tangenciales, longitudinales, escasos cóncavo-Convexo.

Componentes principales (%):

GRANOS	70
MATRIZ	15
CEMENTO	05
POROSIDAD	10

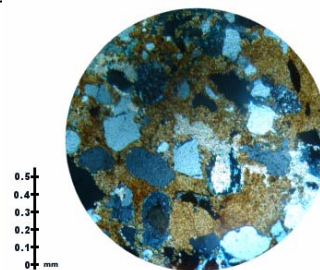
Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados conectados muy irregulares de tamaño promedio 0,13 a 0,4mm. Pocos poros aislados subredondeados de tamaño 0.18mm, rellenos de matriz.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Subarenita feldespática



MGB-4x Prof.: 15551' - 15555'.

Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	86
Monocristalino	86
Policristalino	
Feldespatos (FLD)	7.1
Fragmento Roca (FR)	6.0

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	8
Fractura	1

Cemento (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	3	Minerales Arcillas	13
Caolinita		Oxido de Fe	2
Illita/Smect	1		

Matriz (%):

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 14

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Presenta fracturas. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Escandón y Moreno, 1998)



POZO: MGB-5x

PROFUNDIDAD: 13564' - 13566'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,6

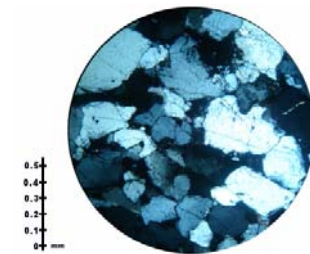
Granos angulosos a subangulosos.

Mal escogida.

%GRANOS	90
%MATRIZ	2
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,2 a 0,4mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa.



MGB-5x Prof.: 13564' - 13566'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

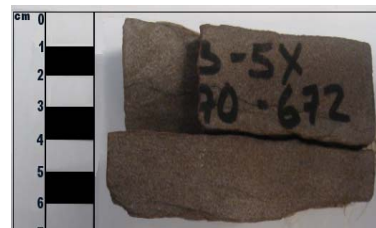
CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 15

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: fino a medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela con lentes de arcilla. Posiblemente pertenezca a la Facies S11 (Kabbabe et al, 1996)



POZO: MGB-5x

PROFUNDIDAD: 13670' - 13672'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,5

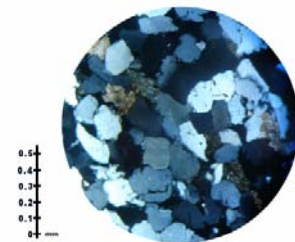
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.

%GRANOS	87
%MATRIZ	2
%CEMENTO	6
%POROSIDAD	5

Observaciones: poros elongados de tamaño promedio 0,2 a 0,6mm conectados.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-5x Prof.: 13670' - 13672'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 16

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela.
Posiblemente pertenezca a la Facies S11 (Kabbabe et al, 1996)



POZO: MGB-5x
PROFUNDIDAD: 13806'- 13808'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,5

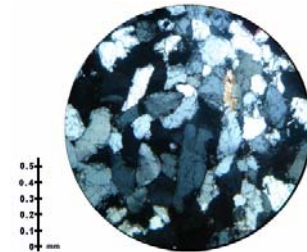
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.

%GRANOS	84
%MATRIZ	1
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	12

Observaciones: poros elongados de tamaño promedio 0,3 a 0,7mm conectados entre sí.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-5x Prof.: 13806'- 13808'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 17

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela.
Posiblemente pertenezca a la Facies S3 (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Presenta algunas horadaciones.



POZO: MGB-18x
PROFUNDIDAD: 13100'- 13102'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,06 a 0,9

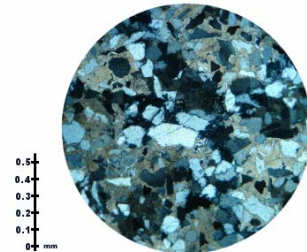
Granos angulosos a subangulosos.

Muy mal escogida.

%GRANOS	78
%MATRIZ	1
%CEMENTO	15
%POROSIDAD	6

Observaciones: Poros elongados que se conectan entre si, de tamaño promedio 0,13 a 0,2mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-18x Prof.: 13100'- 13102'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 18

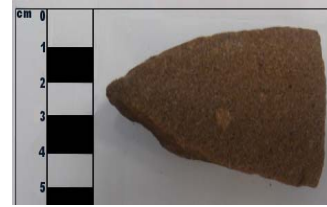
Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela.
Posiblemente pertenezca a la Facies S3.
(Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: *ophiomorpha*.



POZO: MGB-18x

PROFUNDIDAD: 13174' - 13177'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,6

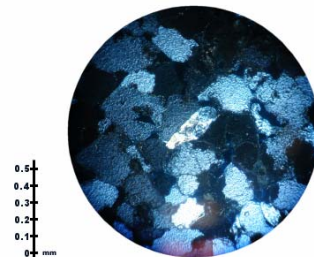
Granos subangulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

%GRANOS	81
%MATRIZ	1
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	15

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,2 a 0,4mm. Se conectan entre sí.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-18x Prof.: 13174' - 13177'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20

En el Campo Barúa las areniscas cuarzosas están compuestas esencialmente de cuarzo plutónico con porcentajes del 80%. Los fragmentos de rocas y los feldespatos son escasos y no superan el 7%.

Son moderadamente bien escogidas a mal escogidas, de fábrica isotrópica y empaquetamiento apretado, de grano fino a grueso. El tamaño de grano oscila entre 0,152 y 0,62 mm.

Los granos presentan baja esfericidad y mediana redondez, son angulares a subangulares, predominan los contactos entre granos cóncavos-convexos longitudinales y suturados.

La matriz es arcillosa posiblemente illita-esmectita con promedio de 0,8%, óxidos de hierro inferior al 1%. El cemento tiene un promedio del 6%, predomina el cemento calcáreo con 3,2%, silíceo 0,6%, illita-esmectita 1,6% y en menor cantidad caolinita 0,6%.

Los poros tienen tamaño promedio de 0,2 a 0,46 mm. La porosidad es del 8,6% y varía entre 5, 12 y 15%. (Figura 51), con mayor predominio de la porosidad

secundaria por disolución parcial de partículas, y en menor cantidad porosidades primaria del tipo interpartícula. (Ver capítulo marco teórico, página 36)

La subarenita feldespática presenta un 80% de cuarzo plutónico, 7% de feldespatos y 6% de fragmentos de rocas. Muy mal escogida, isotrópica y de empaquetamiento suelto, de grano muy fino a medio (0,12 a 0,3 mm), subangulares a subredondeados, de baja esfericidad y con predominio de contactos de tipo alargado y tangencial.

La matriz es arcillosa posiblemente illita- esmectita de 13% y de óxido de hierro 2%. El cemento es del 5% y presenta cemento calcáreo, illita-esmectita y cuarzo.

Los poros son de 0,13 a 0,4mm. Predomina la porosidad secundaria por disolución parcial de granos y matriz con un valor del 10%. (Figura 51).

La porosidad promedio de las areniscas del Campo Barúa por estimación visual es del 9%. Los poros de estas areniscas son comúnmente elongados e irregulares. El tamaño promedio de los poros oscila entre 0,2 y 0,45mm. (Figura 50). Existe poca abundancia de conexión de poros y son abundantes los poros aislados.

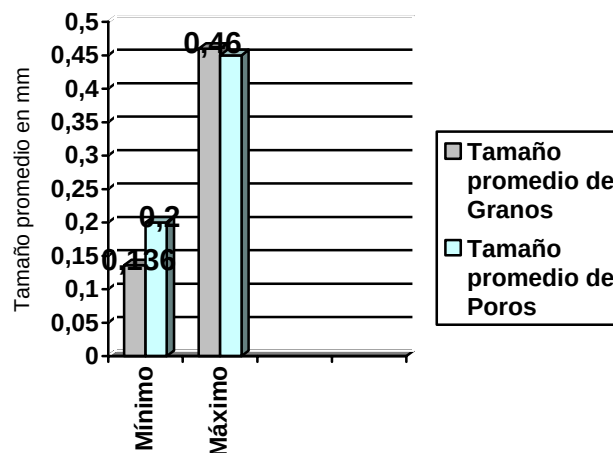


Fig.50 Gráfico comparativo que muestra los valores promedios de los granos y poros de las areniscas del Campo Barúa.

La figura 51 se observa que los valores de porosidad son mayores en las areniscas cuarzosas debido a que presentan mejor escogimiento que la subarenita feldespática,

el tamaño de granos es mayor y el empaquetamiento de los granos es menor por mayor predominio de contactos longitudinales.

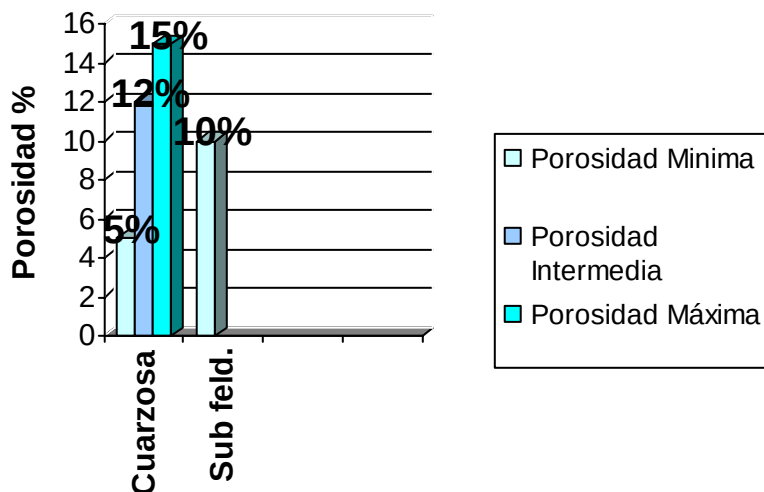


Fig. 51 Valores de Porosidad visual en las areniscas del Campo Barúa

La tabla 7 describe los constituyentes principales de la fracción detrítica, matriz y cemento de las areniscas.

Tabla 7. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Barúa.

COMPONENTES DETRÍTICOS – MATRIZ Y CEMENTO	
Cuarzo	Representa en promedio el 92% de la fracción detrítica. Básicamente son del tipo monocristalino (80%) y en menor cantidad, están los policristalinos (12%). La mayoría de los cuarzos son de origen plutónico y metamórfico. Los granos de cuarzo presentan, en algunas secciones, fracturas, inclusiones de moscovita y corroídos.
Feldespatos	Constituyen el 4% de la fracción detrítica, son en su mayoría ortosas y plagioclasas. En muchas ocasiones se encuentran alterados y reemplazados.
Fragmentos de Rocas	Representan el 3% de la fracción detrítica. Constituidos principalmente por fragmentos de rocas sedimentarias (lutitas y ftanitas tipo chert), y pocas metamórficas. Los fragmentos de rocas sedimentarias se encuentran en varias secciones alterados, recrystalizados y afectados por la compactación, pasando a ser parte de la matriz.
Accesorios	Representan el 1% de la fracción detrítica, constituidas por moscovita. Se encuentran afectadas por compactación, pasando a formar parte de la matriz. Además, presentan trazas de biotita, circón, turmalina, glauconita y epidoto.
Matriz	Constituye el 4% del promedio en las secciones, es predominantemente arcillosa 3% y óxidos de hierro 1%. Se presenta rellenando poros.
Cemento	Representa el 8% del promedio en las secciones, predomina el cemento carbonático 3,1%, arcillas: illita-esmectita 3,4%, cuarzo 1% y caolinita 0,5%.

La tabla 8 muestra los componentes principales y clasificación de las areniscas del Campo Barúa.

Tabla 8. Componentes porcentuales de las areniscas Formación Misoa del Campo Barúa

COMPONENTES (%)																							
Nº de Muestra	Campo Barúa	Czo.					Min. Accesorios				MATRIZ			CEMENTO				% Componentes				Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973)	
		Monocristalino	Policristalino				Feldespato	(Plagioclasa/Ortosas)	Frag. Roca (Chert/ sedimentaria)	Muscovita	Turmalina	Circón	Epidoto	Glauconita	Smectita/Ililita	Minerales de Arcillas	Oxidos de Hierro	Cuarzo	Material Calcáreo	Caolinita	Smectita/Ililita		Cuarzo
13	MGB-4x	60		5	4		Tz		1			13	2	1	3		1		85,7	7	5,7	10	Subarenita feldespática
14	MGB-5x	80	5	3	2		1	Tz	1	Tz			1	1	1	1	1	Tz	94,4	3,3	2,2	5	Arenisca Cuarzosa
15	MGB-5x	69	10	4	2		1		1	Tz	Tz		1	1		2	1	3	90,8	4,6	2,3	5	Arenisca Cuarzosa
16	MGB-5x	74	5	3	1		Tz		1		Tz		1	Tz	Tz	2		1	94,0	3,6	1,2	12	Arenisca Cuarzosa
17	MGB-18x	70	3	1	3		1			Tz			1		1	11	1	2	93,6	1,3	3,8	6	Arenisca Cuarzosa
18	MGB-18x	68	10	1	1		1	Tz		Tz			1	Tz	1			2	96,3	1,2	1,2	15	Arenisca Cuarzosa

Tz: Minerales minoritarios

La figura 52 resume los diferentes tipos de areniscas observados en el Campo Barúa, donde las areniscas cuarzosas son las más abundantes con el 83%.

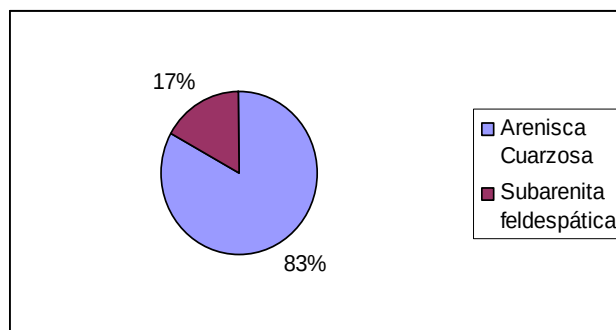


Fig.52 Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Barúa.

4.2.3 CAMPO MOTATÁN

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 19

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: no se aprecian.



POZO: MOT-2
PROFUNDIDAD: 7853' - 7854'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.5
Promedio	0.3

Redondez y Escogimiento:

Angulosos, Subangulosos a Subredondeados.
Mal escogida.

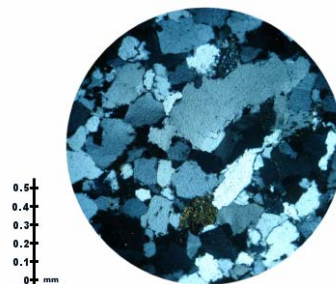
Tipos de Contactos: Predominio de contactos longitudinales y cóncavo-convexos. Pocos suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	79
MATRIZ	14
CEMENTO	4
POROSIDAD	3

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,16 a 0,5 mm. muchos se conectan entre sí y están rellenos de matriz. Presenta estilolitas. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz y granos. Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-2 Prof.: 7853' - 7854'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	92.4
Monocristalino	86.0
Policristalino	6.4
Feldespatos (FLD)	3.8
Fragmento Roca (FR)	2.5

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	1

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	2		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	12
Caolinita		Oxido de Fe	2
Illita/Smect	2		

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 20

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris con tonos oscuros

Estructuras Físicas: Estratificación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996). Presenta impregnación de hidrocarburos y fracturas.

Estructuras Biológicas: *Ophiomorpha*.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 8863' - 8865'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,6

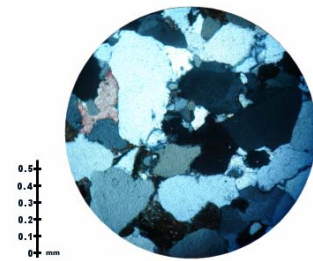
Granos angulosos a subredondeados.

Mal escogida.

%GRANOS	87
%MATRIZ	5
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,1 a 0,9mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-2 Prof.: 8863' - 8865'.

Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 21

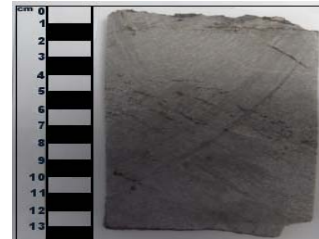
Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996). Impregnada de hidrocarburos. Presenta fracturas.

Estructuras Biológicas: *Ophiomorpha*.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 8912' - 8914'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,8

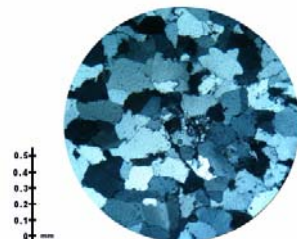
Granos angulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

%GRANOS	91
%MATRIZ	2
%CEMENTO	2
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,1 a 0,5mm

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-2 Prof.: 8912' - 8914'.

Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 22

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Gris

Estructuras Físicas: Masiva. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996). Presenta fracturas.

Estructuras Biológicas: Escasas horadaciones.



POZO: MOT-2
PROFUNDIDAD: 8997' - 8999'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,8

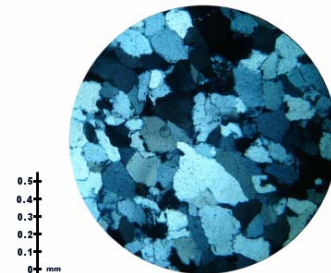
Granos angulosos a subangulosos.

Mal escogida.

%GRANOS	92
%MATRIZ	2
%CEMENTO	1
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,2-0,4mm.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-2 Prof.: 8997' - 8999'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 23

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris oscuro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbacion. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996). Presenta fracturas y estilolitas.



POZO: MOT-2
PROFUNDIDAD: 9168' - 9171'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,05 a 0,4

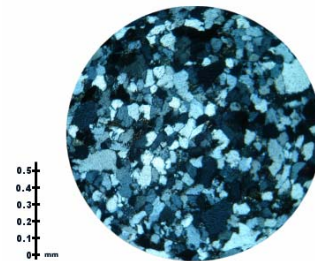
Granos subangulosos.

Mal escogida.

%GRANOS	80
%MATRIZ	12
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros elongados de tamaño Promedio 0,06-0,5mm interconectado.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-2 Prof.: 9168' - 9171'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 24

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Gris con tonos rosados

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S1 (Kabbabe et al, 1996). Presenta fracturas.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 9355' - 9357'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,3

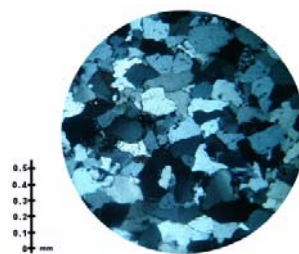
Granos angulosos a subangulosos.

Mal escogida.

%GRANOS	92
%MATRIZ	3
%CEMENTO	2
%POROSIDAD	3

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,1-0,7mm conectados entre sí.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-2 Prof.: 9355' - 9357'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 25

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro

Estructuras Físicas: de Masiva a perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S11B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: escasas horadaciones.



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10943' - 10944'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,7

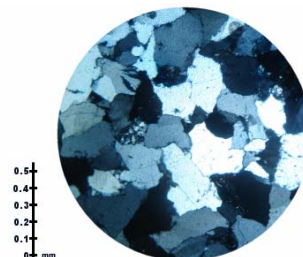
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.

%GRANOS	86
%MATRIZ	1
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	10

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,1-0,3mm no conectados entre sí.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-8 Prof.: 10943' - 10944'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 26

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela.
Posiblemente pertenezca a la Facies S2.
(Kabbabe et al, 1996)



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10951' - 10953'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,2 a 0,6

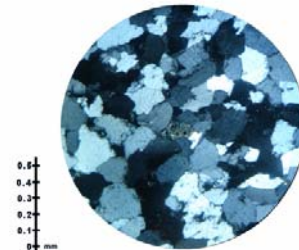
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente a bien escogida.

%GRANOS	93
%MATRIZ	1
%CEMENTO	1
%POROSIDAD	5

Observaciones: Poros subangulares de tamaño promedio 0,08 a 0,24mm no conectados entre si.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-8 Prof.: 10951' - 10953'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 27

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela.
Posiblemente pertenezca a la Facies S11.
(Kabbabe et al, 1996). Presenta fracturas.



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10955' - 10958'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,1 a 0,4

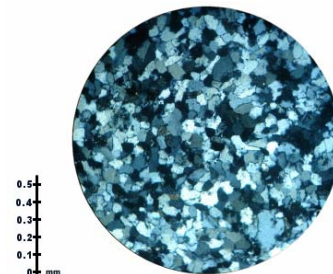
Granos angulosos a subangulosos.

Moderadamente a mal escogida.

%GRANOS	92
%MATRIZ	1
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	4

Observaciones: Poros elongados de tamaño promedio 0,02-0,3mm conectados entre sí.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-8 Prof.: 10955' - 10958'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 28

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris oscuro

Estructuras Físicas: Laminacion lenticular. Bandas de arcillas. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996). Impregnada de hidrocarburo en el tope. Presenta fracturas.



POZO: MOT-30

PROFUNDIDAD: 13261'- 13263'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm): 0,05 a 0,7

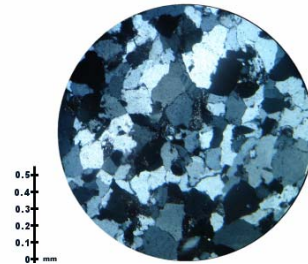
Granos subangulosos.

Mal escogida.

%GRANOS	93
%MATRIZ	1
%CEMENTO	3
%POROSIDAD	3

Observaciones: Poros subangulares de tamaño promedio 0,06-0,18mm no conectados entre si.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-30 Prof.: 13261'- 13263'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados,
ocular 10x/20.

El Campo Motatán presenta areniscas cuarzosas compuestas esencialmente de cuarzo plutónico con porcentajes del 80%. Los fragmentos de rocas y los feldespatos son escasos y no superan el 6%.

El escogimiento es moderado a mal escogido, orientación isotrópica y empaquetamiento muy apretado. El tamaño de granos oscila entre 0,15 y 0,6 mm. (Grano fino a medio).

Los granos presentan baja esfericidad y mediana redondez, son angulares a surangulares, predominan los contactos entre granos tipo cóncavos-convexos y suturados y en menor cantidad longitudinales, lo que indica una compactación alta. La matriz es de minerales de arcillas con promedio de 2,9%, óxidos de hierro 2%. El cemento es del 2,5% con predominio del cemento de cuarzo 1%, minerales de arcillas posiblemente illita-esmectita con 1%, calcáreo 0,5% y en menor cantidad caolinita.

Los poros tienen tamaño promedio de 0,09 a 0,45mm. La porosidad es de 5,33% y oscila entre 3, 5 y 10%. (Figura 54). Predomina la porosidad secundaria por disolución parcial y por fracturas.

Las sublitarenitas al igual que las anteriores están constituidas básicamente de cuarzo plutónico en un 90%. Los fragmentos de rocas son del 8,4% y los feldespatos del 5,3%. Mal escogida, isotrópicas y de empaquetamiento apretado, de grano muy fino a muy grueso (0,05 a 0,7 mm), subangulosos, de baja esfericidad y con predominio de contactos tipo cóncavos-convexos y suturados. La matriz es arcillosa y de óxidos de hierro de 4,5%, y el cemento es de 2,25% constituido de cuarzo, illita-esmectita y escasa cantidad de caolinita.

El tamaño de los poros oscila entre 0,1 y 0,44mm. La porosidad es muy reducida entre 3% y 5%. (Figura 54). Predomina la porosidad secundaria por disolución parcial de granos y matriz, y en menor cantidad porosidad primaria interpartícula.

La porosidad promedio de las areniscas del Campo Motatán es del 4,8%. Los poros de estas areniscas son generalmente elongados y subangulares. El tamaño promedio de los poros oscila entre 0,12 y 0,6mm. (Figura 53). Existe poca conexión de poros y abundancia de poros aislados.

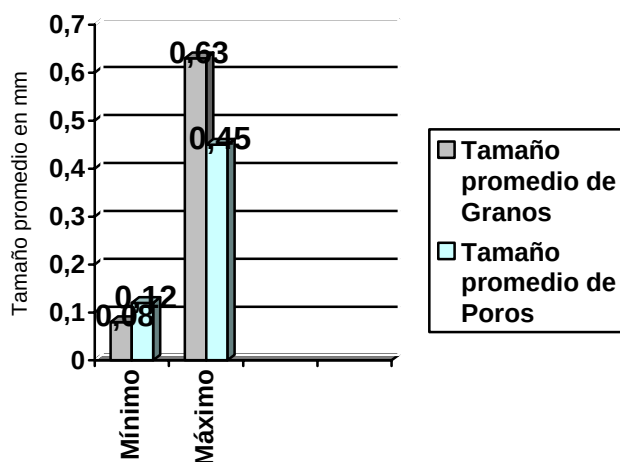


Fig. 53 Gráfico comparativo que muestra los valores promedios de los granos y poros de las areniscas del Campo Motatán.

La figura 54 indica los valores de porosidad presentes en las areniscas para este campo, el valor mínimo es del 3% y su máximo del 10%.

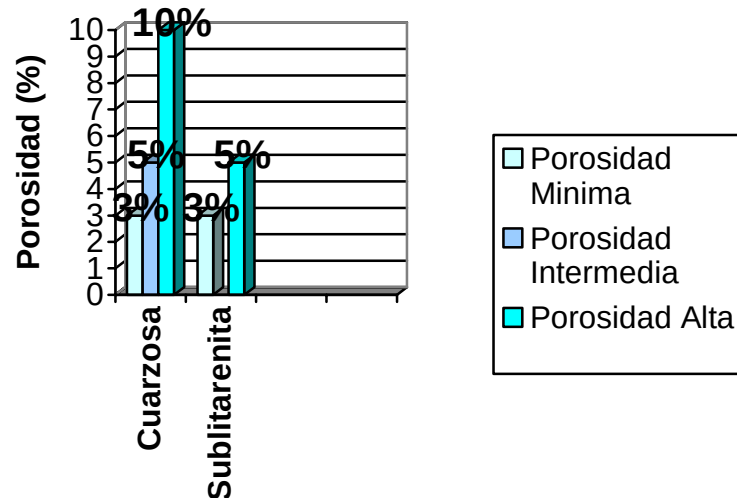


Fig.54 Valores de Porosidad en las areniscas del Campo Motatán

En la figura 54 se observa que los valores de porosidad son mayores en las areniscas cuarzosas debido a que presentan mejor escogimiento, el tamaño de granos es mayor y subredondeados, el empaquetamiento de los granos es menor que en las sublitarenitas.

La tabla 9 describe los constituyentes principales de la fracción detrítica, matriz y cemento.

Tabla 9. Principales componentes detríticos, matriz y cemento en las areniscas de la Formación Misoa del Campo Motatán.

	COMPONENTES DETRÍTICOS – MATRIZ Y CEMENTO
Cuarzo	Representa en promedio el 90% de la fracción detrítica. Básicamente son del tipo monocristalino (80%) y en menor cantidad, están los policristalinos (10%). La mayoría de los cuarzos son de origen plutónico y metamórfico. Los granos de cuarzo, en la mayoría de las secciones, están corroídos.
Feldespatos	Constituyen el 4% de la fracción detrítica, son en su mayoría ortosas y plagioclasas. En muchas ocasiones se encuentran alterados.
Fragmentos de Rocas	Representan el 4% de la fracción detrítica. Constituidos principalmente por fragmentos de rocas sedimentarias (lutitas y ftanitas tipo chert), y pocas metamórficas. Los fragmentos de rocas sedimentarias se encuentran en varias secciones alterados, recristalizados y afectados por la compactación, pasando a ser parte de la matriz.
Accesorios	Representan el 2% de la fracción detrítica, constituida por moscovita. Se encuentran alteradas afectadas por compactación, pasando a formar parte de la matriz. Además, presentan biotita, circón, turmalina y epidoto.
Matriz	Constituye el 4% del promedio en las secciones, es predominantemente arcillosa 3% y óxidos de hierro 1%. Se presenta rellenando poros.
Cemento	3% del promedio en las secciones, predomina el cemento de arcillas posiblemente Illita-esmectita 1%, cuarzo 1%, calcáreo y caolinita 1%.

La tabla 10 muestra los valores de los componentes principales y la clasificación de las areniscas del Campo Motatán.

Tabla 10 Componentes porcentuales de las areniscas de la Formación Misoa del Campo Motatán

	COMPONENTES (%)																					
Nº de Muestra	Campo Motatán	Czo.		Feldespato (Plagioclasa/Ortosas)	Frag. Roca (Chert/ sedimentaria)	Min. Accesorios					MATRIZ			CEMENTO			% Componentes				Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973)	
		Monocristalino	Policristalino			Muscovita	Turmalina	Circón	Epidoto	Glauconita	Smectita/Ililita	Minerales de Arcillas	Oxidos de Hierro	Cuarzo	Material Calcáreo	Caolinita	Smectita/Ililita	Cuarzo	Feldespato	Fragmento de Roca		Porosidad
19	MOT-2	68	5	3	2	1		Tz				12	2	2			2	92,4	3,8	2,5	3	Arenisca Cuarzosa
20	MOT-2	64	15	3	3	1	Tz	1	Tz			2	3	1	2		Tz	91,0	3,4	3,4	5	Arenisca Cuarzosa
21	MOT-2	73	10	4	3	Tz		1				1	1	1			1	91,2	4,4	3,3	5	Arenisca Cuarzosa
22	MOT-2	80	3	3	4	1	Tz	1					2	1		Tz		90,2	3,2	4,3	5	Sublitarenita
23	MOT-2	67	5	3	4	1		Tz				10	2	2			1	90,0	3,7	5,0	5	Sublitarenita
24	MOT-2	76	7	3	5	1		Tz				2	1	2			Tz	90,2	3,3	5,4	3	Sublitarenita
25	MOT-8	74	7	2	2	Tz		1					1	2	Tz		1	94,2	2,3	2,3	10	Arenisca Cuarzosa
26	MOT-8	80	5	5	1	1		1	Tz			1	Tz	Tz			1	91,4	5,4	1,1	5	Arenisca Cuarzosa
27	MOT-8	76	10	1	3	1		1				1	Tz	1	1	Tz	1	93,5	1,1	3,3	4	Arenisca Cuarzosa
28	MOT-30	66	10	5	10	1		1				Tz	1	1		Tz	2	81,7	5,3	10,8	3	Sublitarenita

Tz: minerales minoritarios

La figura 55 resume los diferentes tipos de areniscas observados en el Campo Motatán, donde las areniscas cuarzosas son las más abundantes con el 60%.

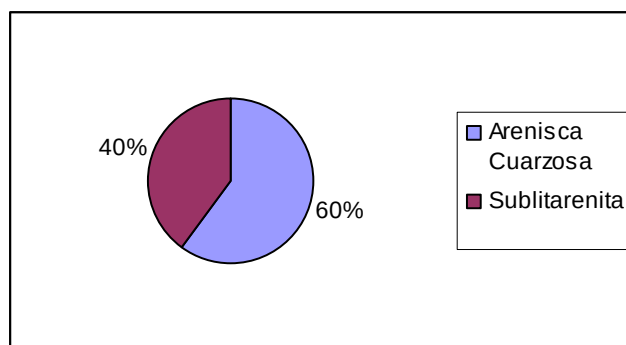


Fig. 55 Distribución porcentual de los tipos de areniscas del Campo Motatán.

4.3 ESTIMACIÓN NUMÉRICA DE LA PERMEABILIDAD

4.3.1 Introducción

La permeabilidad es la propiedad que tiene la roca de permitir el desplazamiento de fluidos a través de sus poros interconectados.

Los resultados de la permeabilidad obtenidos a través de la ecuación de Kozeny-Carman (ver marco teórico, página 53), son mostrados por campos. Primero se muestran los resultados del Campo Ceuta, luego el Campo Barúa y por último el Campo Motatán.

4.3.2 Permeabilidad Campo Ceuta

Los valores obtenidos indican permeabilidades entre $1,35\text{E-}10\text{m}^2 - 3,44\text{E-}10\text{m}^2$ para las areniscas cuarzosas, las sublitareniscas con $1,35\text{E-}10\text{m}^2 - 2,86\text{E-}10\text{m}^2$ y la subarenita feldespática con $2,86\text{E-}10\text{m}^2$. Se observa aumento de la permeabilidad con el tamaño de granos y escogimiento, a mayor tamaño de granos y buen escogimiento mayor es la permeabilidad.

Las areniscas cuarzosas presentan mayor permeabilidad debido a que presentan un mejor escogimiento y mayor tamaño de granos, en comparación con las demás areniscas.

Los valores de permeabilidad obtenidos para este campo son mostrados en la tabla 11.

Tabla 11. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas de la Formación Misoa del Campo Ceuta.

Muestra N°	Campo Ceuta	Tamaño Grano Prom.(mm)	Escogimiento	Porosidad Microscopio (%)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (m ²)	Clasificación
1	VLG-3727	0,25	Moderado	15	3,44E-10	Arenisca Cuarzosa
2	VLG-3727	0,45	Moderado	15	3,44E-10	Arenisca Cuarzosa
3	VLF-3012	0,35	Moderado	12	2,86E-10	Arenisca Cuarzosa
4	VLF-3012	0,2	Moderado	12	2,86E-10	Sublitarenita
5	VLG-3525	0,35	Moderado	10	2,47E-10	Sublitarenita
6	VLG-3528	0,2	Malo	3	1,35E-10	Arenisca Cuarzosa
7	VLG-3716	0,02	Moderado	4	1,42E-10	Sublitarenita
8	VLG-3716	0,6	Malo	12	2,86E-10	Subarenita Feldespática
9	VLG-3726	0,25	Moderado a malo	5	1,56E-10	Arenisca Cuarzosa
10	VLG-3726	0,4	Moderado	3	1,35E-10	Sublitarenita
11	VLG-3726	0,14	Malo	3	1,35E-10	Sublitarenita
12	VLG-3727	0,3	Malo	7	1,91E-10	Arenisca Cuarzosa

4.3.3 Permeabilidad Campo Barúa

Los valores de permeabilidad obtenidos en las areniscas son mostrados en la tabla 12.

Tabla 12. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas de la Formación Misoa del Campo Barúa.

Muestra N°	Campo Barúa	Tamaño Grano Prom.(mm)	Escogimiento	Porosidad Microscopio (%)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (m ²)	Clasificación
13	MGB-4x	0,21	Muy malo	10	2,47E-10	Subarenita feldespática
14	MGB-5x	0,35	Malo	5	1,56E-10	Arenisca Cuarzosa
15	MGB-5x	0,35	Moderado	5	1,56E-10	Arenisca Cuarzosa
16	MGB-5x	0,35	Moderado	12	2,86E-10	Arenisca Cuarzosa
17	MGB-18x	0,48	Muy malo	6	1,73E-10	Arenisca Cuarzosa
18	MGB-18x	0,4	Moderado	15	3,44E-10	Arenisca Cuarzosa

Las permeabilidades varían entre $1,56\text{E-}10\text{m}^2$ – $3,44\text{E-}10\text{m}^2$ para las areniscas cuarzosas y la subarenita feldespática con $2,47\text{E-}10\text{m}^2$. Se observa disminución de la permeabilidad con el tamaño de granos, a menor tamaño de granos menor es la permeabilidad.

Las areniscas cuarzosas por tener moderado escogimiento y mayor tamaño de granos presentan mayores permeabilidades que la subarenita feldespática.

4.3.4 Permeabilidad Campo Motatán

Los valores de permeabilidad obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman, son mostrados en la tabla 13.

Tabla 13. Permeabilidad cuantitativa según Kozeny-Carman de las areniscas de la Formación Misoa del Campo Motatán.

Muestra N°	Campo Motatán	Tamaño Grano Prom.(mm)	Escogimiento	Porosidad Microscopio (%)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (m^2)	Clasificación
19	MOT-2	0,3	Malo	3	$1,35\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
20	MOT-2	0,35	Malo	5	$1,56\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
21	MOT-2	0,5	Moderado	5	$1,56\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
22	MOT-2	0,45	Malo	5	$1,56\text{E-}10$	Sublitarenita
23	MOT-2	0,225	Malo	5	$1,56\text{E-}10$	Sublitarenita
24	MOT-2	0,2	Malo	3	$1,35\text{E-}10$	Sublitarenita
25	MOT-8	0,45	Moderado	10	$2,47\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
26	MOT-8	0,4	Moderado a bueno	5	$1,56\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
27	MOT-8	0,25	Moderado a malo	4	$1,42\text{E-}10$	Arenisca Cuarzosa
28	MOT-30	0,375	Malo	3	$1,35\text{E-}10$	Sublitarenita

Las permeabilidades varían entre $1,35\text{E-}10\text{mm}^2$ – $2,47\text{E-}10\text{mm}^2$ para las areniscas cuarzosas y las sublitarenitas con $1,35\text{E-}10\text{mm}^2$ y $1,56\text{E-}10\text{mm}^2$. Se observa disminución de la permeabilidad con el tamaño de granos y escogimiento, a menor tamaño de granos y bajo escogimiento menor es la permeabilidad.

Del mismo modo, las areniscas cuarzosas tienen mayor permeabilidad por tener mayor tamaño de granos y mejor escogimiento.

4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES

a) Generalidades

Esta sección corresponde al análisis computacional para cálculos de porosidad, a partir de las 632 imágenes analizadas. A continuación se presentan ocho (8) figuras y treinta (30) tablas donde se representan cada uno de los parámetros obtenidos con el programa *Scion Image* para cada campo.

Se señalarán los resultados por muestras y para simplificar todos los análisis de las muestras estudiadas, solo se mostrarán los resultados finales de estos análisis (es decir, las tablas correspondientes a los valores arrojados por el programa *Scion Image*, que muestra las áreas porosas y no porosas totales, porosidad absoluta, errores y demás datos obtenidos), y los otros estarán en los anexos organizados por número de muestras.

Igualmente, se presentan los valores promedios de porosidad por campos y gráficos radiales; además de gráficos de barra de porosidades promedios por tipo de areniscas.

4.4.1 RESULTADOS DE IMÁGENES CAMPO CEUTA

MUESTRA 1 (VLG-3727 Profundidad: 15262'-15264')

En la figura 56 se presentan cada una de las fotografías que cubren la sección fina de la muestra, los espacios de color azul representan los espacios vacíos o poros de la muestra, mientras que las zonas de color gris representan los diversos granos que constituyen la sección fina. El programa *Scion Image* calcula el área ocupada por la zona gris, es decir, el área ocupada por los granos. La forma como el programa cuantifica el área de cada uno de los granos, así como las coordenadas del centro, las longitudes de los ejes mayor y menor y los demás parámetros, se obtienen luego de binarizar las fotografías, esta binarización (Ver capítulo III marco teórico, Pág. 44) convierte cada una de las imágenes de la figura 56 en las imágenes mostradas en la

figura 57, la zona gris es el área que calcula el programa. La data obtenida del programa está organizada en la Tabla 14.

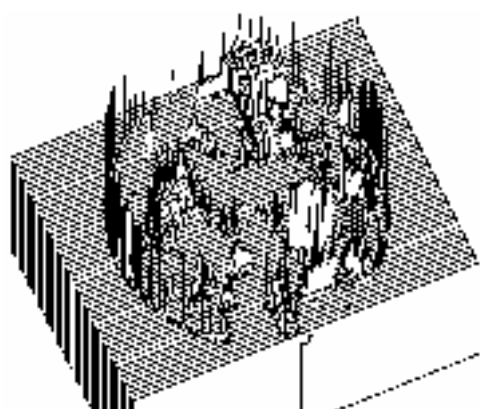
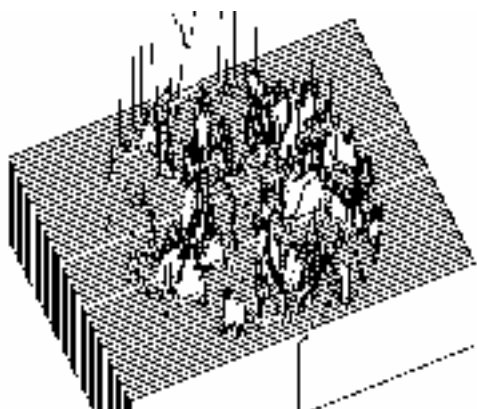
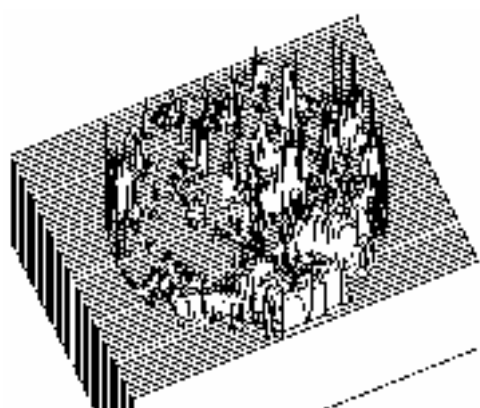
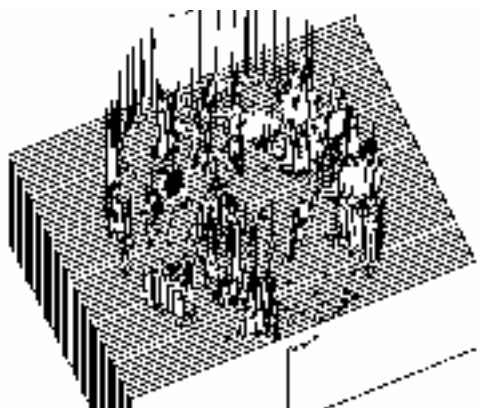
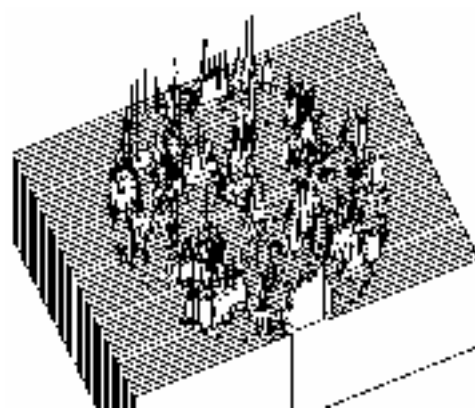
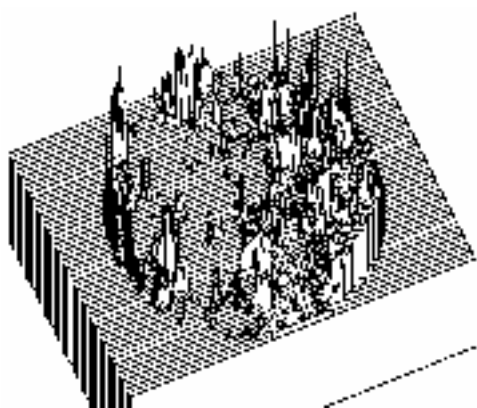


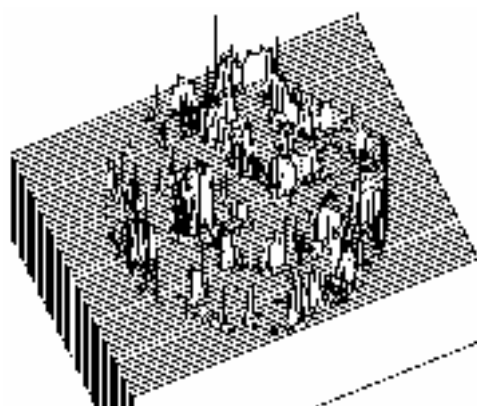
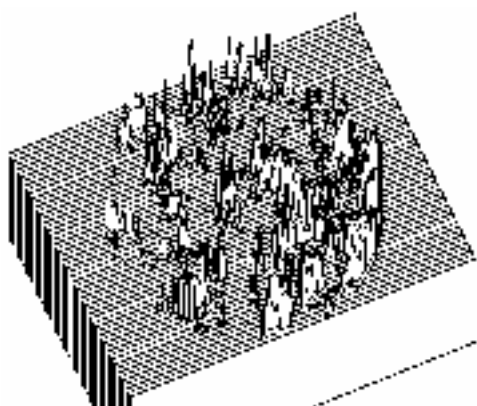
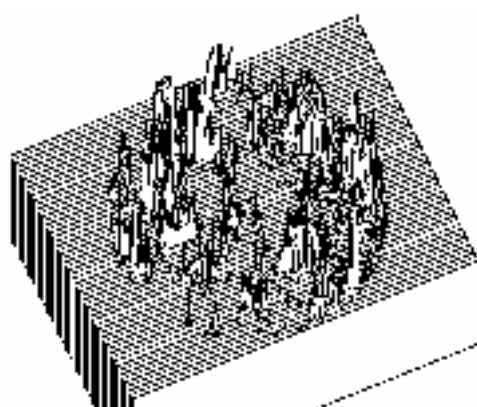
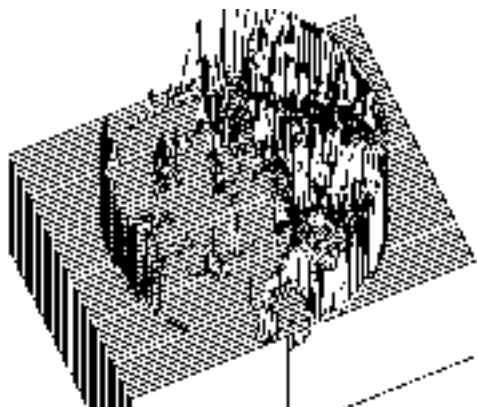
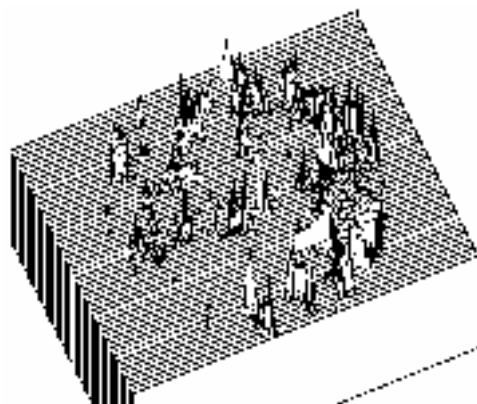
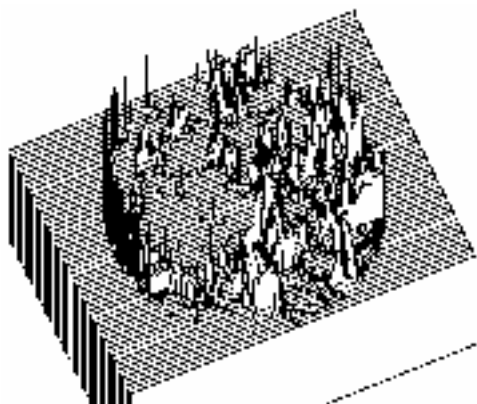
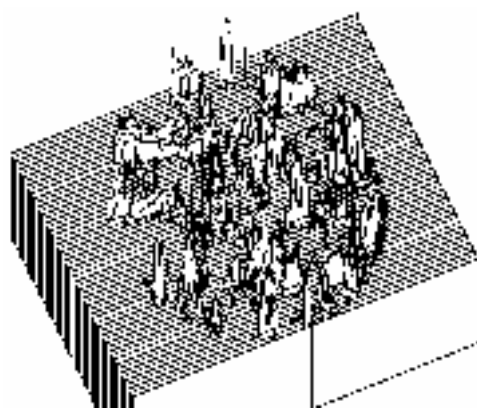
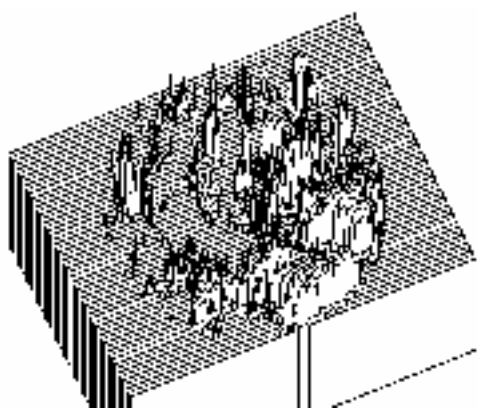
*Figura 56. Collage de 20 fotografías que cubren la sección fina de la Muestra 1. VLG-3727
Profundidad: 15262'-15264' Objetivo 10x/0.30, con nícoles paralelos y ocular 10x/20.*



Figura 57. Imagen binarizada y analizada por el programa Scion Image de una de las fotografías de la figura 56 que cubren la sección fina de la Muestra 1. VLG-3727 Profundidad: 15262'-15264'

Ahora bien, las diferentes tonalidades de los granos de la figura 55, es capturada por el programa como un valor de saturación de color gris, es decir, valores más bajos de color gris indican una mejor forma del grano, si estos valores de saturación son colocados en forma de superficie 3D, es posible observar el área de espacios vacíos como las alturas máximas de estas superficies. En la figura 57 se representa una imagen superficial 3D de la muestra. Los diferentes picos en esta figura ilustran el espacio vacío o área porosa, mientras que las zonas más bajas indican la ubicación de los granos.





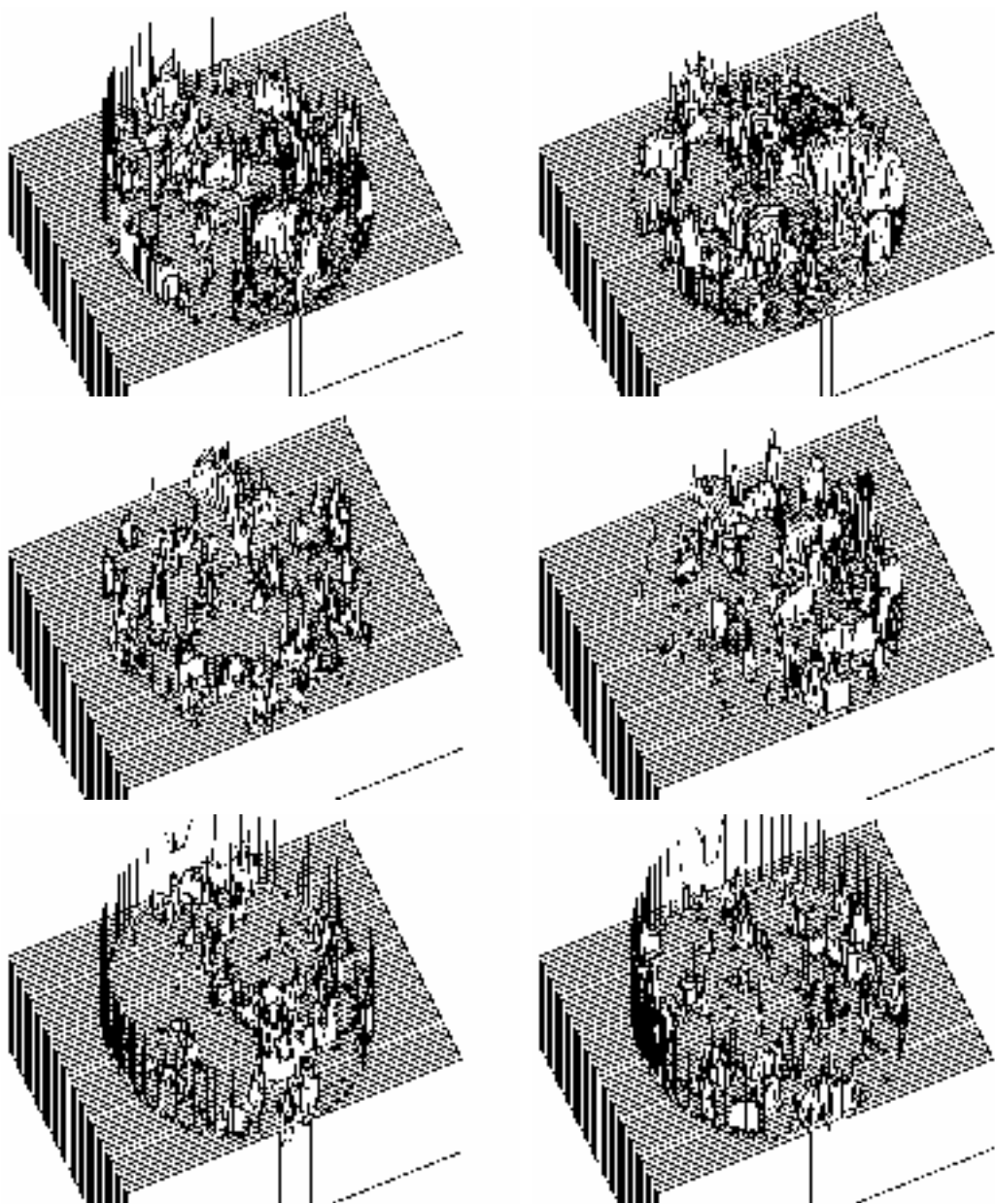


Figura 58. Collage de las 20 fotografías en Imagen 3D de la figuras 56 que cubren la sección fina de la Muestra 1. VLG-3727 Profundidad: 15262'-15264'

Si las secciones finas estudiadas fueran seleccionadas en un mismo núcleo a diversas profundidades, y haciendo entonces una superposición de superficies como la mostrada en la figura 58 permitieran estudiar con detalle la interconexión de los poros a lo largo del núcleo.

La Tabla 14 muestra los valores promedios obtenidos por el análisis de imágenes realizados mediante el programa *Scion Image* para cada una de las fotografías que cubren la sección fina VLG-3727 Profundidad: 15262'-15264', de igual forma pueden observarse diferentes valores entre los que se destacan:

Muestra: representa el número de la foto para determinada región de la sección fina.

Área: la cual representa la superficie en píxeles de todos los granos presentes en la fotografía.

X, Y: representan las coordenadas del centro de cada uno de los granos.

Los ejes mayor y menor: proporcionan los diámetros de las circunferencias circunscrita e inscrita de la fotografía.

Mayor-Menor: es la diferencia entre estos diámetros y es una medida del grado de variación entre los diámetros de las circunferencias antes mencionadas.

La desviación estándar: mide el error entre las diferentes áreas de los granos que integran la fotografía.

La variable angle, significa el ángulo existente entre la ubicación del eje del grano y la del eje mayor.

La mean o media: es la media de los tamaños de los granos en la fotografía y

Mode: representa la moda, es decir donde se ubica la tendencia central de las medias de las áreas de los granos para cada fotografía.

Los ejes mayores y menores, la distancia entre ellos, y el ángulo permiten determinar la forma de los granos que integran la fotografía, sin embargo, éstos no fueron utilizados ya que no es el objetivo del presente trabajo especial de grado. En el caso particular de esta investigación utilizamos la sumatoria de las áreas de los granos de cada una de las fotografías que cubren la sección fina, y este valor fue restado al área total de la sección fina para determinar el área de espacios vacíos, este método permitió determinar la porosidad absoluta.

Al final de la tabla 14, en negrillas se muestran los valores promedios para todo el cubrimiento de las secciones finas, el área promedio del espacio ocupado por los granos es de 369135 píxeles², con una desviación estándar de 1,363008957

Tabla 14. Valores arrojados por el programa Scion image para cada una de las 20 fotografías que cubren la muestra VLG-3727 Profundidad: 15262'-15264'

Foto N°	Área (Pixel ²)	X	Y	Mayor	Menor	Mayor-Menor	Desviación Estándar	Angulo	Media	Moda
1	30635	68969,13	48355,96	1433,36	775,2	658,16	0,873646409	37,21679558	136,5576243	136
2	16845	94308,94	69904,99	1896,3	999,55	896,75	1,307722096	40,61302961	135,9877449	135
3	17290	59780,09	46586,78	1360,4	760,71	599,69	1,57010274	37,46267123	137,2751712	136
4	22156	62933,84	38523,03	1502,1	769,61	732,49	1,592842105	40,30526316	136,1686316	135
5	13214	100405,73	70657,69	1735,27	1017,7	717,57	1,4482287	35,80183857	128,9387892	128
6	14896	56802,54	45195,94	1354,93	721,55	633,38	1,957992565	40,71026022	142,3325651	141
7	22888	70868,25	49005,14	1568,32	858,9	709,42	1,240177515	39,22523669	141,8933136	141
8	19132	79434,51	60639,42	1764,75	964,34	800,41	1,837310924	37,79529412	131,5537255	130
9	21718	78032,88	59384,23	1438,77	863,39	575,38	0,832877095	35,27206704	137,6062291	137
10	11938	54603,58	36882,9	1174,68	630,92	543,76	1,539457364	39,95879845	143,3202326	142
11	27788	55654,95	36264,93	1143,22	617,11	526,11	0,738784722	28,4846875	147,5431944	147
12	17952	117667,86	84360,24	1845,17	1079,44	765,73	1,186909789	29,78178503	129,8093474	129
13	13694	87996,47	64363,87	1726,57	943,51	783,06	1,800460048	39,50101695	130,3472881	129
14	13133	83630,85	58721,19	1622,68	773,46	849,22	1,435858311	38,90212534	130,2097003	129
15	17921	123756,06	95635,85	1977,22	1098,42	878,8	1,030548446	38,11414991	129,665521	129
16	27535	129085,26	93394,5	2074,45	1195,96	878,49	0,554158576	34,81658576	129,374288	129
17	13579	68093,99	48205,68	1496,83	827,24	669,59	1,639449541	37,20207951	150,2855963	149
18	19345	49925,55	38391,52	1075,74	644,37	431,37	1,662467532	40,55038961	150,3017749	149
19	13776	65184,75	46890,4	1280,95	657,92	623,03	1,333297872	37,00886525	147,9886879	147
20	13700	56602,28	44493,63	1184,96	641,41	543,55	1,677886792	38,15086792	143,0906415	142
	Prom. 369135	1563737,51	1135857,89	30656,67	16840,71	13815,96	1,363008957		138,0125033	137

Los valores ya transformados en milímetros y corregidos por las distorsiones de la cámara fotográfica y el objetivo del microscopio son mostrados en la tabla 15, donde se aprecia que el área total de granos en mm^2 es de 45219,0375, al efectuar las diversas correcciones se obtiene un valor de 3,45358194 mm^2 . Restando este último valor al área de la imagen completa de la sección fina ya corregida se obtiene un área de espacios vacíos de 8,95954025 mm^2 y usando la fórmula de porosidad absoluta presentada en el capítulo 3, se obtiene una porosidad absoluta de 17,6% la cual es mayor que el 15% determinado por el análisis petrográfico realizado.

Tabla 15. Diferentes valores obtenidos del análisis de la tabla 14 para la muestra VLG-3727

Profundidad: 15262'-15264'

Área Total de Granos en (mm^2)	45219,0375
Área Total de Granos Corregida (mm^2)	3,45358194
Área Sección Circular (mm^2)	2,54469005
Área Circular de la Imagen (mm^2)	8126,48212
Factor de Corrección	3193,50568
Área Total Circular de la Imagen (mm^2)	162529,642
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm^2)	12,4131222
Área circular total del cubrimiento de la Sección (mm^2)	50,893801
Área Porosa (mm^2)	8,95954025
Error Medio	2258,40718
Error Medio Corregido	0,70718746
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	17,6043842
Moda	137
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	15%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 19,0%, siendo similar tanto al valor obtenido por estimación visual y del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de 1,4%.

La figura 59 representa un gráfico radial de todas las áreas de las fotos que cubren la sección fina de la muestra 1, en esta figura el área en azul corresponde al área ocupada por los granos de la muestra, la circunferencia de color rojo indica la circunferencia inscrita en el conjunto de las fotografías y la circunferencia en verde es

la circunscrita alrededor del área ocupada por los granos de la muestra. El espacio en blanco entre las dos circunferencias y el área azul es una aproximación del área porosa de la muestra en píxeles². Nótese que el diámetro de la circunferencia de color verde sobrepasa los 30.000,00 píxeles lo cual se aproxima a la longitud del eje mayor promedio mostrada en la tabla 14. Análogamente para el diámetro de la circunferencia de color rojo cuyo diámetro se aproxima a la longitud del eje menor, es decir a 16840,71 píxeles. La desviación estándar mide la diferencia entre las circunferencias.

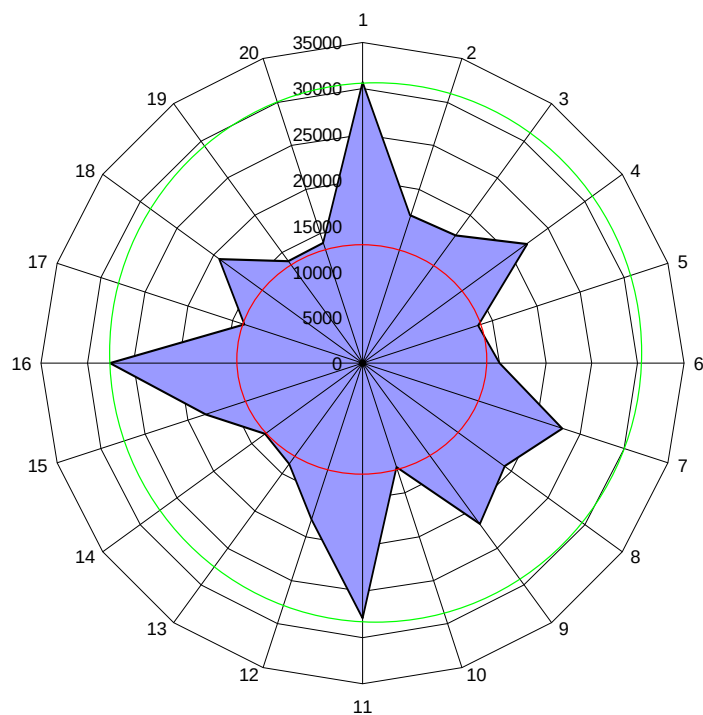


Figura 59. Área (píxeles²) ocupada por todos los granos de la figura 57 para la muestra VLG-3727
Profundidad: 15262' – 15264'

MUESTRA 2 (VLG-3727 Profundidad: 15218'-15219')

En la figura 60 se presentan cada una de las fotografías que cubren la sección fina de la muestra 2, igual que en la muestra anterior, los espacios de color azul representan los espacios vacíos o poros de la muestra, mientras que las zonas de color gris representan los diversos granos que constituyen la sección fina. En la Tabla 16 se tienen los diferentes parámetros que se obtienen luego de binarizar las fotografías, esta binarización convierte cada una de las imágenes de la figura 60 en las imágenes mostradas en la figura 61.

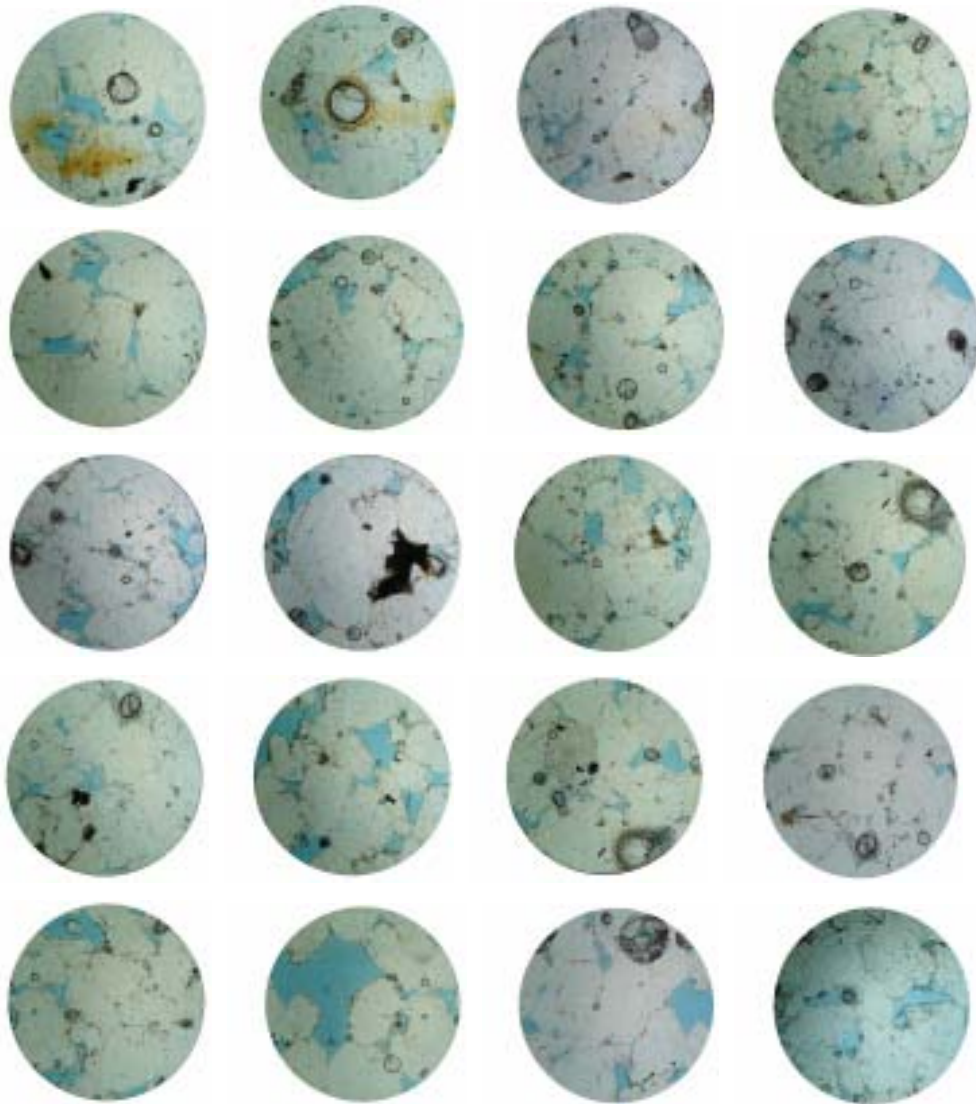


Figura 60. Collage de 20 fotografías que cubren la sección fina de la muestra 2. VLG-3727 Profundidad: 15218'-15219' Objetivo 10x/0.30, con nicoles paralelos y ocular 10x/20.

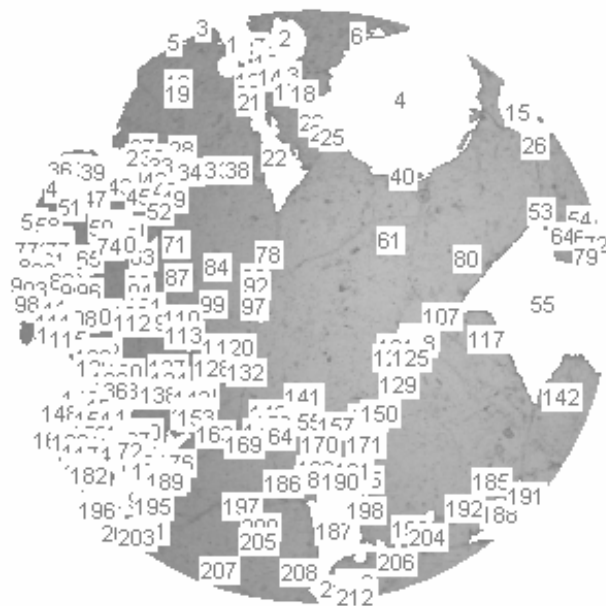
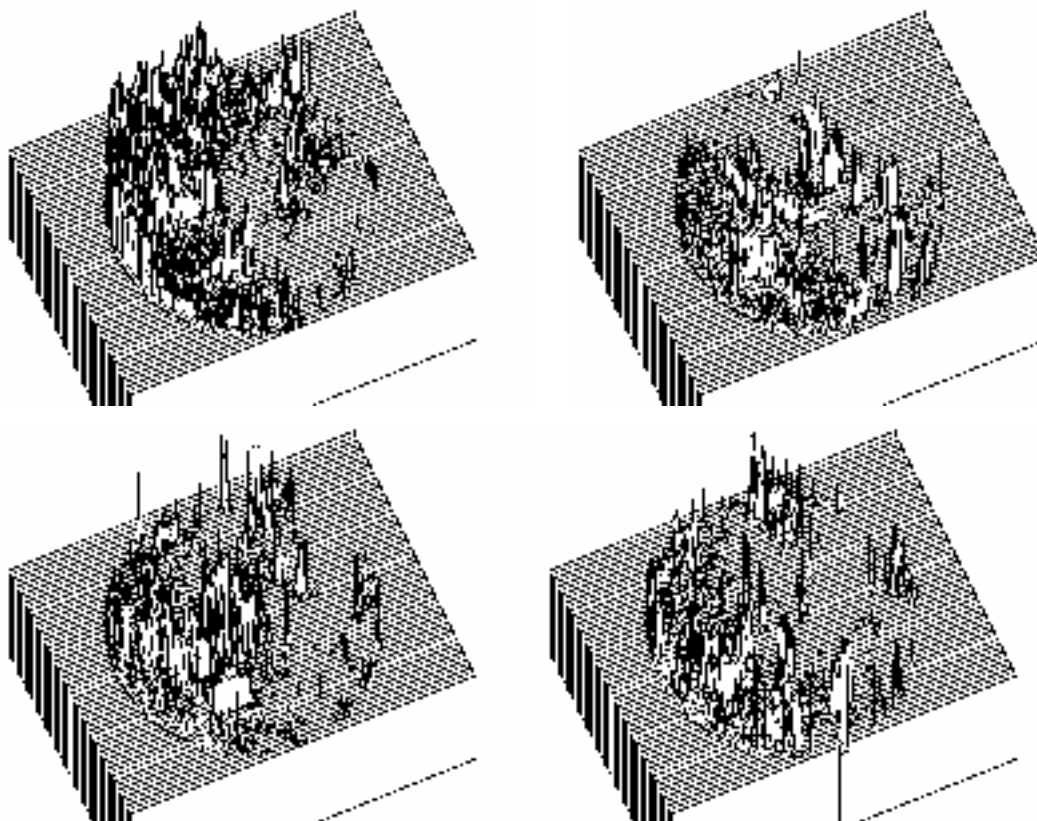
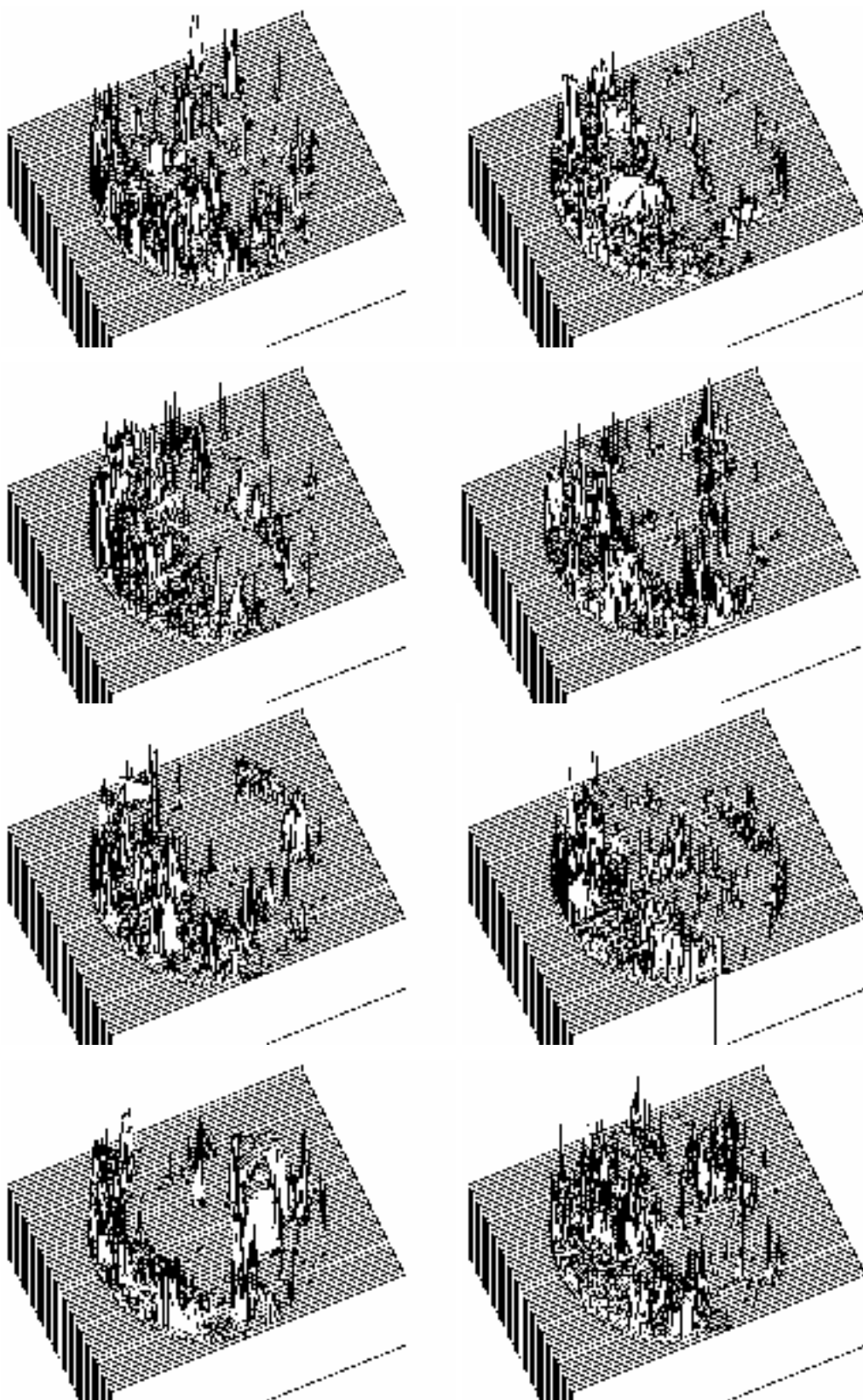
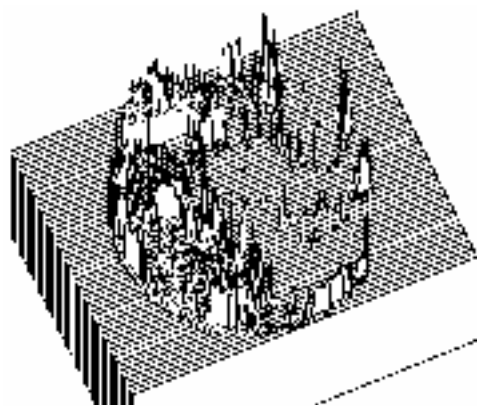
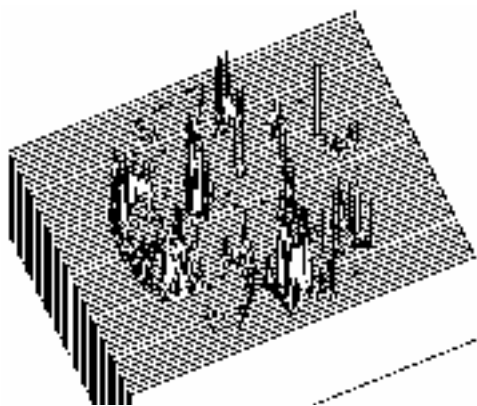
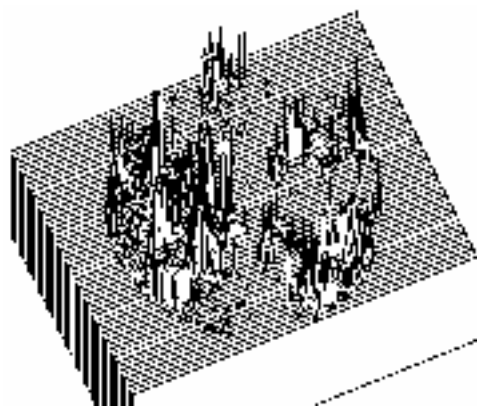
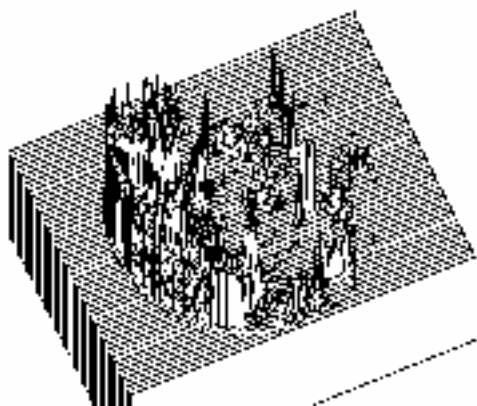
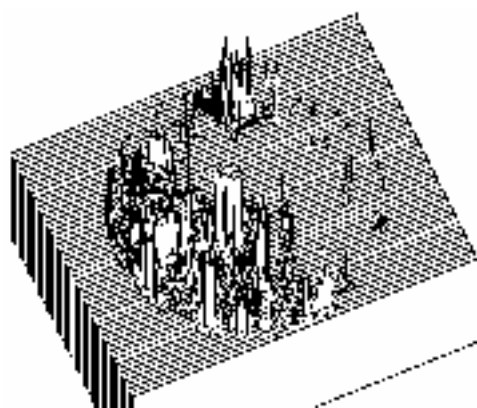
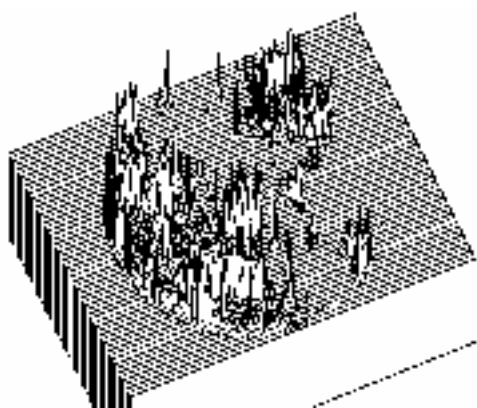


Figura 61. Imagen binarizada de una de las fotografías de la figura 59 que cubren la sección fina de la muestra 2. VLG-3727 Profundidad: 15218'-15219'







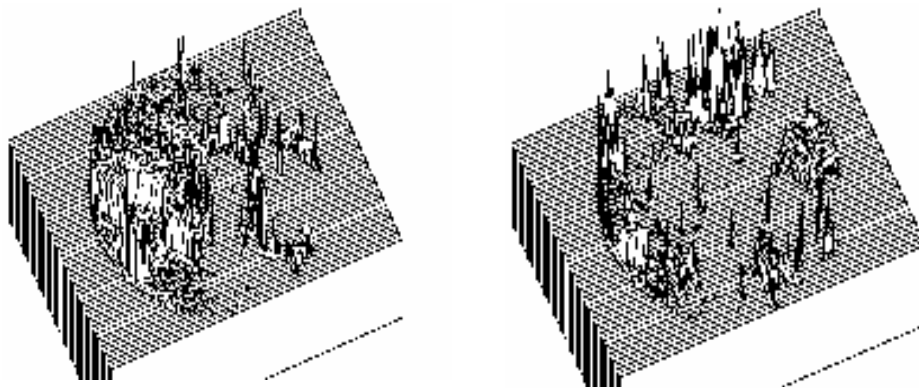


Figura 62. Collage de las 20 fotografías en Imagen 3D de la figuras 61 que cubren la sección fina de la muestra 2. VLG-3727 Profundidad: 15218'-15219'

En la figura 62 se representa una imagen superficial 3D de las 20 fotografías que integran la sección fina de la muestra 2. Los diferentes picos en esta figura, forman el espacio vacío o área porosa, mientras que las zonas más bajas ilustran la ubicación de los granos.

El análisis de imagen realizado a la muestra VLG-3727 Profundidad: 15218'-15219' arrojó los resultados (en píxeles) mostrados en la tabla 16, en este caso la desviación estándar de las mediciones realizadas sobre las áreas en píxeles² es de 1,275793674 el cual representa un valor mucho menor en comparación con la muestra anterior, el área promedio del espacio ocupado por los granos es de 437678 píxeles², esto se debe a que, no existen zonas oscuras que introducen un margen de error sobre las mediciones.

Tabla 16. Valores arrojados por el programa Scion Image para cada una de las 20 fotografías que cubren la muestra VLG-3727 Profundidad: 15218'-
15219'

Foto N°	Área (Pixel ²)	X	Y	Mayor	Menor	Mayor-Menor	Desviación Estándar	Angulo	Media	Moda
1	15870	59637,06	56673,26	1603,98	897,27	706,71	1,423215259	50,86768392	129,829891	129
2	23003	65188,32	49550,08	1320,99	825,14	495,85	1,49315942	37,21913043	129,7285217	129
3	19816	72412,08	51657,31	1521,49	859,4	662,09	1,239387255	36,52563725	129,7161765	129
4	21562	68650,79	48688,11	1408,12	784,74	623,38	1,791141141	43,14534535	129,9881682	129
5	23513	72163,93	52810,45	1338,14	722,47	615,67	0,794550725	38,64927536	129,4942899	129
6	22986	70678,8	53840,37	1431,75	812,14	619,61	1,285408451	41,09121127	129,6633521	129
7	22349	63030,79	41697,65	1306,41	759,87	546,54	1,741006494	37,93214286	129,8538636	129
8	22576	52591,82	43733,45	1298,68	680,74	617,94	1,378297872	46,75028369	129,7741135	129
9	22357	57461,48	41422,16	1224,1	625,64	598,46	1,283636364	39,85496503	129,6601748	129
10	19075	62947,16	54145,35	1301	712,96	588,04	1,100598802	39,00458084	129,7491018	129
11	26391	81518,11	48723,06	1499,65	857,1	642,55	0,955367089	40,66407595	129,5227595	129
12	25567	45843,35	36775,02	1148,76	667,68	481,08	2,130081967	39,77713115	130,2256148	129
13	23148	72208,34	45035,74	1327,19	764,66	562,53	0,934972222	46,46113889	129,4104722	129
14	29551	60557,78	46485,01	1102,99	630,42	472,57	0,542986111	36,51350694	129,3897222	129
15	20293	81171,42	65204,42	1674,74	970	704,74	1,132842105	35,33894737	129,6681053	129
16	7411	54309,65	53412,05	1265,1	751,13	513,97	1,818023952	41,83239521	129,8977844	129
17	19358	93166,05	80818,4	1707,74	982,51	725,23	0,74516129	36,2086148	129,4116129	129
18	27119	52294,59	36741,94	1087,04	654,89	432,15	0,935261194	38,64675373	129,4104851	129
19	14800	32335,32	33195,43	1257,19	643,98	613,21	2,376226415	48,63004717	130,6412736	129
20	30933	104001,54	69898,5	1553	886,08	666,92	0,414549356	33,25751073	129,1984764	129
	Prom. 437678	1322168,4	1010507,8	27378,06	15488,82	11889,24	1,275793674		129,711698	129

Los valores de la tabla 16, ya transformados en milímetros y corregidos por las distorsiones de la cámara fotográfica y el objetivo del microscopio permitieron calcular las diferentes medidas resumidas en la tabla 17.

Tabla 17. Diferentes valores obtenidos del análisis de la tabla 16 para la muestra VLG-3727
Profundidad: 15218'-15219'

Área Total de Granos (mm ²)	53615,555
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,094861869
Área circular total del cubrimiento de la Sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,318260323
Error Medio	2678,23306
Error Medio Corregido	0,83864985
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,34434874
Moda	129
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	15%

En la tabla 17 puede apreciarse que sólo 8,31 mm² de un área de 50,89 mm² presenta porosidad, esto representa apenas el 16,34% de la porosidad absoluta de la muestra, que traducida a la escala utilizada por los análisis petrográficos corresponden a 4,09 % de porosidad absoluta, la cual es mayor que el 2% determinado por el análisis petrográfico.

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 14,3%, siendo similar tanto al valor obtenido por estimación visual y del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de 2,0%.

La figura 63 representa un gráfico radial de todas las áreas de las fotos que cubren la sección fina de la muestra 2, el área en azul corresponde al área ocupada por los granos de la muestra, la circunferencia de color rojo indica la circunferencia inscrita en el conjunto de las fotografías y la circunferencia en verde es la circunscrita

alrededor del área ocupada por los granos de la muestra 2. El espacio en blanco entre las dos circunferencias y el área azul es una aproximación del área porosa de la muestra en píxeles². Nótese que el diámetro de la circunferencia de color verde sobrepasa los 30.000,00 píxeles lo cual se aproxima a la longitud del eje mayor promedio mostrada en la tabla 16. Análogamente para el diámetro de la circunferencia de color rojo cuyo diámetro se aproxima a la longitud del eje menor, es decir a 15488,82 píxeles. La desviación estándar mide la diferencia entre las circunferencias y su promedio es de 1,275793674.

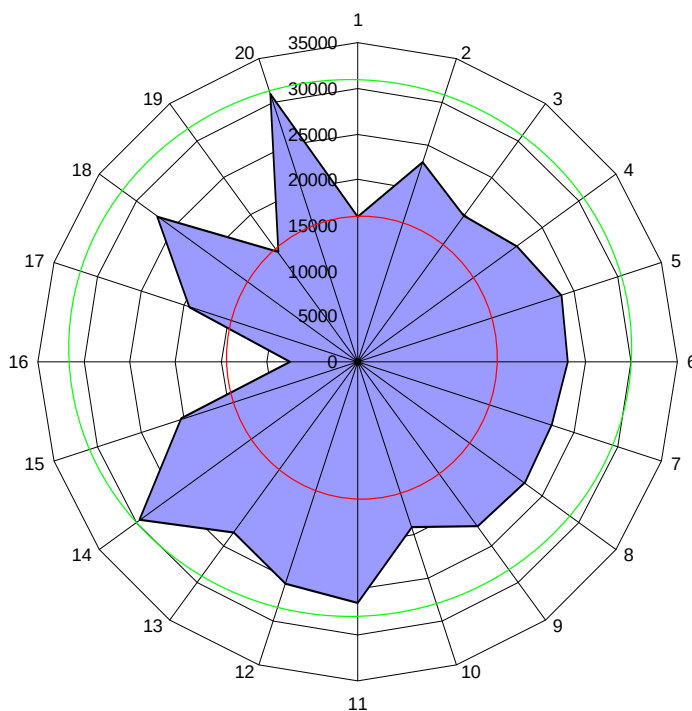


Figura 63. Área (píxeles²) ocupada por todos los granos de la figura 61 para la muestra VLG-3727
Profundidad: 15218' – 15219'.

Para simplificar todos los análisis de las muestras de esta sección del capítulo, solo se mostraran los resultados finales de estos análisis (es decir, las tablas correspondientes a los valores arrojados por el programa *Scion Image*, que muestra las áreas porosas y no porosas totales, porosidad absoluta, errores y demás datos obtenidos), los cuales se detallan a continuación.

MUESTRA 3 (VLF-3012 Profundidad: 13762'-13762'4'')

Tabla 18. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLF-3012 Profundidad: 13762'-13762'4''

Área Total de Granos (mm ²)	255965,34
Área Total Granos Corregida (mm ²)	15,41381456
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	560727,2666
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	33,7660795
Área Porosa (mm ²)	18,35226494
Error Medio	3707,097955
Error Medio Corregido	1,160823974
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,34434874
Moda	130,84
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	12%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 12,97%, siendo similar tanto al valor obtenido por estimación visual y del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 3,3%.

MUESTRA 4 (VLF-3012 Profundidad: 13844'- 13844'6'')

Tabla 19. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLF-3012 Profundidad: 13844' - 13844'6''

Área Total de Granos (mm ²)	53529,1925
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,088265975
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,324856217
Error Medio	2673,914935
Error Medio Corregido	0,837297692
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,35730886
Moda	122,55
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	12%

MUESTRA 5 (VLG-3525 Profundidad: 11595')

Tabla 20. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3525 Profundidad: 11595'

Área Total de Granos (mm ²)	66645,88
Área Total Granos Corregida (mm ²)	5,090046587
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	7,323075605
Error Medio	3329,74931
Error Medio Corregido	1,042662718
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	14,38893434
Moda	121,6
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	10%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 11,85%, siendo similar tanto al valor obtenido por estimación visual y del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 2,5%.

MUESTRA 6 (VLG-3528 Profundidad: 11506'- 11509')

Tabla 21. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3528 Profundidad: 11506' - 11509'

Área Total de Granos (mm ²)	85577,765
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,535960073
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	5,87716212
Error Medio	4276,34356
Error Medio Corregido	1,339074982
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	11,54789386
Moda	133,45
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

MUESTRA 7 (VLG-3716 Profundidad: 13824'- 13826')

Tabla 22 Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3716 Profundidad: 13824' - 13826'

Área Total de Granos (mm ²)	53099,2175
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,055426844
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,357695348
Error Medio	2652,416185
Error Medio Corregido	0,83056567
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,42183367
Moda	129
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	4%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 10,6%, siendo mayor al valor obtenido por estimación visual y menor al obtenido por el análisis de imágenes, donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 5,8%.

MUESTRA 8 (VLG-3716 Profundidad: 13829' - 13831')

Tabla 23. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3716 Profundidad: 13829' - 13831'

Área Total de Granos (mm ²)	104018,0575
Área Total Granos Corregida (mm ²)	7,944328421
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	4,468793772
Error Medio	5198,358185
Error Medio Corregido	1,627790493
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	8,780624919
Moda	130,75
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	12%

MUESTRA 9 (VLG-3726 Profundidad: 16277' - 16279')

Tabla 24 Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3726 Profundidad: 16277' - 16279'

Área Total de Granos (mm ²)	80737,3
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,166271919
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	6,246850274
Error Medio	4034,32031
Error Medio Corregido	1,263288911
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	12,27428518
Moda	128,4
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 11,5%, siendo similar al valor obtenido del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 0,7%.

MUESTRA 10 (VLG-3726 Profundidad: 16383' - 16386')

Tabla 25. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3726 Profundidad: 16383' - 16386'

Área Total de Granos (mm ²)	82349,7675
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,139675163
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	6,273447029
Error Medio	4114,943685
Error Medio Corregido	1,288534951
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	12,32654451
Moda	134,84
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

MUESTRA 11 (VLG-3726 Profundidad: 16428' - 16430')

Tabla 26. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3726 Profundidad: 16428' - 16430'

Área Total de Granos (mm ²)	86440,7775
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,601872232
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	53,43849104
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	170656,1246
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	13,0337783
Área Porosa (mm ²)	6,43190607
Error Medio	4113,68281
Error Medio Corregido	0,506207083
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	12,03609224
Moda	137,5
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

MUESTRA 12 (VLG-3727 Profundidad: 15308' - 15310')

Tabla 27. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra VLG-3727 Profundidad: 15308' - 15310'

Área Total de Granos (mm ²)	79558,9725
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,07627773
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	63,61725124
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	203162,0531
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	15,51640274
Área Porosa (mm ²)	9,44012501
Error Medio	3179,81421
Error Medio Corregido	0,995712715
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	14,83893885
Moda	128,76
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	7%

De acuerdo con los valores obtenidos en las muestras del Campo Ceuta, ya transformados en milímetros y corregidos por las distorsiones de la cámara fotográfica y el objetivo del microscopio mostrados en las diferentes tablas, se tiene que el área total de granos promedio en mm² es de 87230,40, al efectuar las diversas correcciones se obtiene un valor promedio de 6,305 mm². Un área de espacios vacíos promedio de 8,1978 mm² y usando la fórmula de porosidad absoluta presentada en el capítulo 3, se obtiene una porosidad absoluta promedio para el Campo Ceuta de 14,10% (Figura 64) la cual es mayor que el 8,416% determinado por el análisis petrográfico.

La moda promedio del Campo Ceuta es de 130.30.

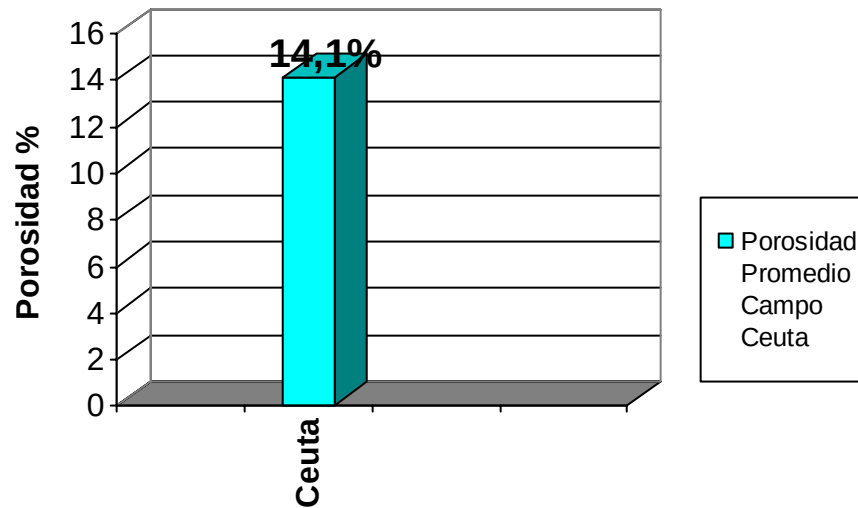


Fig. 64 Porosidad computacional promedio del Campo Ceuta

4.4.2 RESULTADOS DE IMÁGENES CAMPO BARÚA

MUESTRA 13 (MGB-4x Profundidad: 15551' - 15555')

Tabla 28. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-4x Profundidad: 15551' - 15555'

Área Total de Granos (mm ²)	84021,28
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,264296569
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	6,148825624
Error Medio	4198,51931
Error Medio Corregido	1,314705447
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	12,08167892
Moda	130,45
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	10%

MUESTRA 14 (MGB-5x Profundidad: 13564' - 13566')

Tabla 29. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-5x Profundidad: 13564' - 13566'

Área Total de Granos (mm ²)	57439,025
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,386877526
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,026244666
Error Medio	2869,40656
Error Medio Corregido	0,89851306
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	15,77057424
Moda	118
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 12,85%, siendo mayor al valor obtenido por estimación visual y similar del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 2,2%.

MUESTRA 15 (MGB-5x Profundidad: 13670' - 13672')

Tabla 30. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-5x Profundidad: 13670' - 13672'

Área Total de Granos (mm ²)	25734,1875
Área Total Granos Corregida (mm ²)	1,965436022
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	10,44768617
Error Medio	1284,164685
Error Medio Corregido	0,402117552
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	20,52840615
Moda	128,25
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

MUESTRA 16 (MGB-5x Profundidad: 13806' - 13808')

Tabla 31. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-5x Profundidad: 13806' - 13808'

Área Total de Granos (mm ²)	94113,81
Área Total Granos Corregida (mm ²)	7,016755958
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	63,61725124
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	203162,0531
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	15,51640274
Área Porosa (mm ²)	8,499646782
Error Medio	3762,00771
Error Medio Corregido	1,178018168
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	13,36060049
Moda	128,88
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	12%

MUESTRA 17 (MGB-18x Profundidad: 13100' - 13102')

Tabla 32. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-18x Profundidad: 13100' - 13102'

Área Total de Granos (mm ²)	90711,74
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,92806491
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	5,485057282
Error Medio	4533,04231
Error Medio Corregido	1,419456474
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	10,77745654
Moda	137,55
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	6%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 8,7%, siendo mayor al valor obtenido por estimación visual y similar del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 2,0%.

MUESTRA 18 (MGB-18x Profundidad: 13174'- 13177')

Tabla 33. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MGB-18x Profundidad: 13174'- 13177'

Área Total de Granos (mm ²)	100533,3
Área Total Granos Corregida (mm ²)	7,678181766
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	76,34070148
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	243794,4637
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	18,61968329
Área Porosa (mm ²)	10,94150152
Error Medio	3348,56531
Error Medio Corregido	1,048554675
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	14,33246133
Moda	149,55
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	15%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 20,0%, siendo mayor a los valores obtenidos por estimación visual y del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de aproximadamente 5,7%.

De acuerdo con los valores obtenidos en las muestras del Campo Barúa, mostrados en las diferentes tablas, se tiene que el área total de granos promedio en mm² es de 75425,557, área total de granos corregida con promedio de 5,706 mm². Un área de espacios vacíos promedio de 8,258 mm², y se obtiene una porosidad absoluta promedio para el Campo Barúa de 14,48% (Figura 65) la cual es mayor que el 9,0% determinado por el análisis petrográfico.

La moda promedio del Campo Barúa es 132.11.

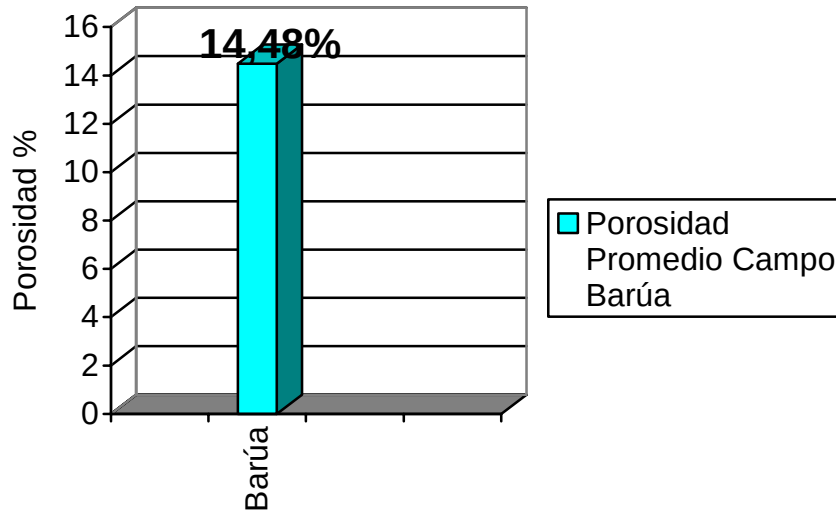


Fig. 65 Porosidad computacional promedio del Campo Barúa

4.4.3 RESULTADOS DE IMÁGENES CAMPO MOTATÁN

MUESTRA 19 (MOT-2 Profundidad: 7853'- 7854')

Tabla 34. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 7853'- 7854'

Área Total de Granos (mm ²)	79796,745
Área Total Granos Corregida (mm ²)	6,094437489
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	55,98318109
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	178782,6067
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	13,65443441
Área Porosa (mm ²)	7,559996922
Error Medio	3624,580083
Error Medio Corregido	1,134984699
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	13,50405028
Moda	129,36
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

MUESTRA 20 (MOT-2 Profundidad: 8863'- 8865')

Tabla 35. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 8863'- 8865'

Área Total de Granos (mm ²)	71336,7725
Área Total Granos Corregida (mm ²)	5,448311215
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	6,964810978
Error Medio	3564,293935
Error Medio Corregido	1,116106966
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	13,68498882
Moda	134,75
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

MUESTRA 21 (MOT-2 Profundidad: 8912'- 8914')

Tabla 36. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 8912'- 8914'

Área Total de Granos (mm ²)	49009,555
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,743080865
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,670041327
Error Medio	2447,93306
Error Medio Corregido	0,766534745
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	17,03555474
Moda	128,25
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

MUESTRA 22 (MOT-2 Profundidad: 8997'- 8999')

Tabla 37. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 8997'- 8999'

Área Total de Granos (mm ²)	51210,145
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,911149853
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,501972339
Error Medio	2557,96256
Error Medio Corregido	0,800988887
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,70532005
Moda	129
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 5,6%, siendo similar al valor obtenido por estimación visual y menor al análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de 11,0%, mucho más alto que en otras muestras.

MUESTRA 23 (MOT-2 Profundidad: 9168'- 9171')

Tabla 38. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 9168'- 9171'

Área Total de Granos (mm ²)	52274,67
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,992452431
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,420669761
Error Medio	2611,18881
Error Medio Corregido	0,817655916
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,54557058
Moda	128,55
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 20,3%, siendo mayor a los valores obtenidos por estimación visual y aproximada al valor del análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de 4,3%.

MUESTRA 24 (MOT-2 Profundidad: 9355' - 9357')

Tabla 39. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-2 Profundidad: 9355' - 9357'

Área Total de Granos (mm ²)	46789,855
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,57355236
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,839569832
Error Medio	2336,94806
Error Medio Corregido	0,731781401
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	17,3686572
Moda	136,4
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 16,8%, siendo mayor al valor obtenido por estimación visual y similar al análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es bajo de 0,15%.

MUESTRA 25 (MOT-8 Profundidad: 10943'- 10944')

Tabla 40. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-8 Profundidad: 10943'- 10944'

Área Total de Granos (mm ²)	53773,2125
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,106902884
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,306219308
Error Medio	2686,115935
Error Medio Corregido	0,841118258
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,32068965
Moda	155,4
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	10%

El valor de porosidad obtenido de la calibración manual es de 11,7%, siendo mayor al valor obtenido por estimación visual y menor al análisis de imágenes donde el error de calibración entre los datos de porosidad para esta muestra es de 4,6%.

MUESTRA 26 (MOT-8 Profundidad: 10951'- 10953')

Tabla 41. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-8 Profundidad: 10951'- 10953'

Área Total de Granos (mm ²)	56720,3175
Área Total Granos Corregida (mm ²)	4,331986591
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,081135601
Error Medio	2833,471185
Error Medio Corregido	0,887260418
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	15,87842811
Moda	127,75
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	5%

MUESTRA 27 (MOT-8 Profundidad: 10955'- 10958')

Tabla 42. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-8 Profundidad: 10955' - 10958'

Área Total de Granos (mm ²)	50032,5525
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,8212118
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,591910392
Error Medio	2499,082935
Error Medio Corregido	0,782551586
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,88203715
Moda	129,45
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	4%

MUESTRA 28 (MOT-30 Profundidad: 13261'- 13263')

Tabla 43. Diferentes valores obtenidos del análisis de los datos del programa Scion Image para la muestra MOT-30 Profundidad: 13261' - 13263'

Área Total de Granos (mm ²)	51948,33
Área Total Granos Corregida (mm ²)	3,967528373
Área circular total del cubrimiento de la sección (mm ²)	50,89380099
Factor de Corrección	3193,505679
Área Total Circular de la imagen (mm ²)	162529,6425
Área Total Circular de la imagen Corregida (mm ²)	12,41312219
Área Porosa (mm ²)	8,445593819
Error Medio	2594,87181
Error Medio Corregido	0,812546484
Porosidad Absoluta de la Imagen (%)	16,59454326
Moda	124,3
Porosidad Observada en el Microscopio (%)	3%

Los valores obtenidos en las muestras del Campo Motatán, indican que el área total de granos promedio en mm^2 es de 56289,215, el área total de granos corregida con promedio de 4,299 mm^2 . Un área porosa promedio de 8,23 mm^2 , esto representa el 16,051% (Figura 66) de la porosidad absoluta promedio del Campo Motatán, la cual es mayor que el 4,8% determinado por el análisis petrográfico.

La moda promedio del Campo Motatán es de 132.

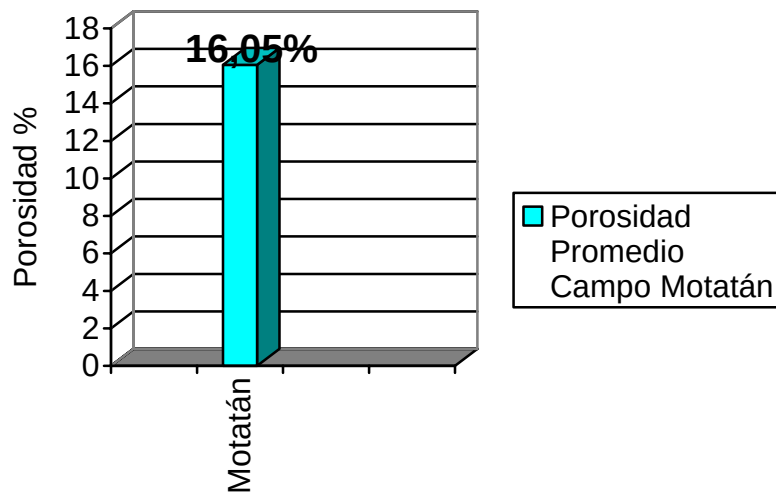


Fig.66 Porosidad promedio del Campo Motatán

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Introducción

El siguiente capítulo se refiere al análisis de resultados correspondientes a los datos obtenidos del análisis petrográfico y del análisis de imágenes. Los mismos se señalarán por campos y se definen las características texturales resaltantes de las areniscas, los valores de porosidad y permeabilidad promedio según el tipo de arenisca presente en cada campo. Además, se muestran gráficos de barras y tablas de valores comparativos entre la porosidad visual y computacional.

En primer lugar se comienzan las descripciones del Campo Ceuta, luego el Campo Barúa y finalmente el Campo Motatán.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CAMPO CEUTA

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis petrográfico, se tiene que las areniscas del Campo Ceuta son texturalmente inmaduras a maduras porque sus características varían entre moderado a mal escogimiento, de grano fino a medio, baja esfericidad, isotrópicas, compactación media y con predominio de contactos de tipo cóncavos-convexos con 54% y longitudinales 38%. (Figura 67).

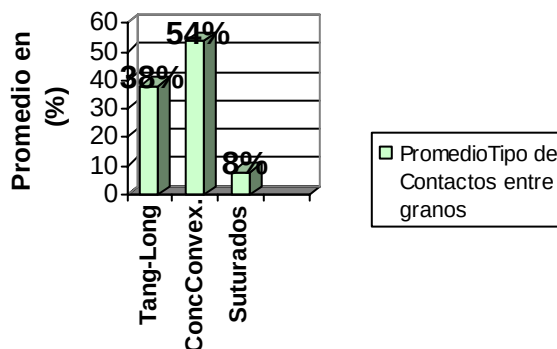


Fig. 67 Gráfico ilustrativo que muestra el promedio de contactos entre granos de las areniscas del Campo Ceuta.

La porosidad constituye el 8,41% (promedio) de las areniscas, sus porcentajes varían de acuerdo a sus características sedimentarias y es principalmente secundaria producto de disolución de minerales químicamente inestables como matriz, feldespatos y fragmentos de roca de 6,08%, porosidad primaria (interpartícula) con 1,33%. En menor proporción porosidad por fracturas 1%. (Figura 68, 69, 70).

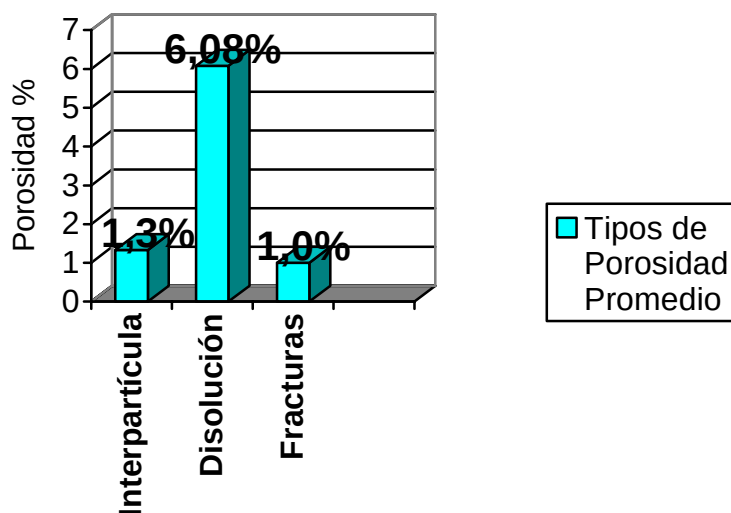


Fig. 68 Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Ceuta.

La disolución total de matriz generó poros alargados, alargados e intercomunicados en su mayoría. También se observan poros grandes y bordes de granos corroídos o fracturados. (Figuras 71 y 72).

La porosidad varía según la profundidad de acuerdo al aumento en el grado de empaquetamiento y número de contactos entre granos que reducen la porosidad en las areniscas.

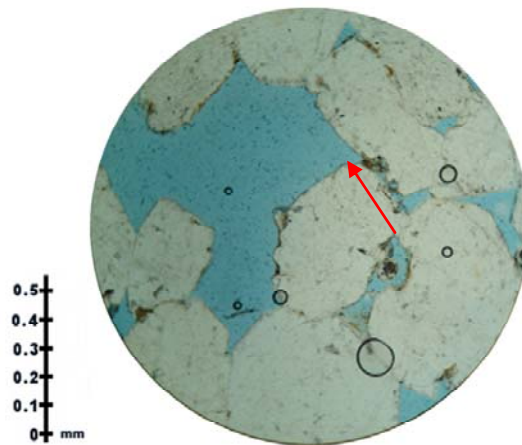


Fig. 69 Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Obsérvese el tamaño de poros. Muestra 2 VLG-3727 Prof. 15218' – 15219'. Arenisca Cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

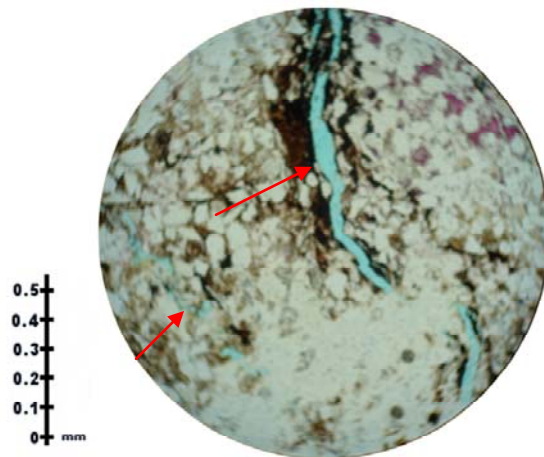


Fig. 70 Porosidad secundaria por fractura desarrollada en una estilolita, por disolución de matriz. Muestra 7 VLG-3716 Prof.: 13824' - 13826'. Sublitarenita. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

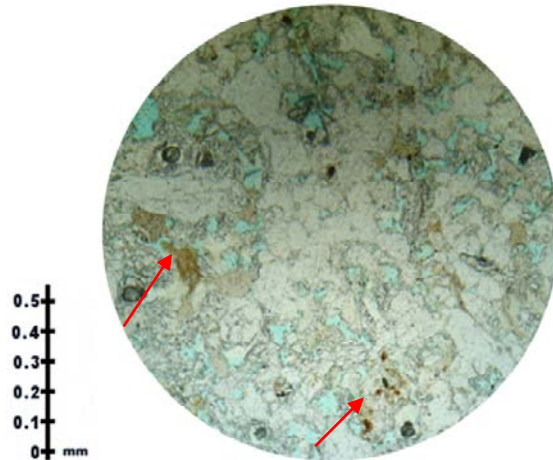


Fig. 71 Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Obsérvese los bordes de los granos corroídos. Muestra 5 VLG-3525 Prof. 11595'. Sublitarenita. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

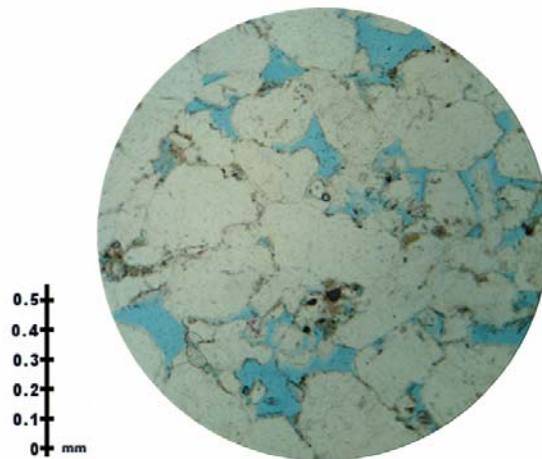


Fig. 72 Porosidad secundaria por disolución de granos, matriz y cemento. Obsérvese los bordes de los granos corroídos. Muestra 1 VLG-3727 Prof. 15262' – 15264'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

Se observó un decrecimiento de la porosidad con la granulometría y el escogimiento, en menor proporción con la redondez. Las areniscas cuarzosas moderadamente escogidas y de granos angulares presentan mayor porosidad con promedio de 4,75% que las sublitarenitas pobremente escogidas con 2,66%. (Figura 73)

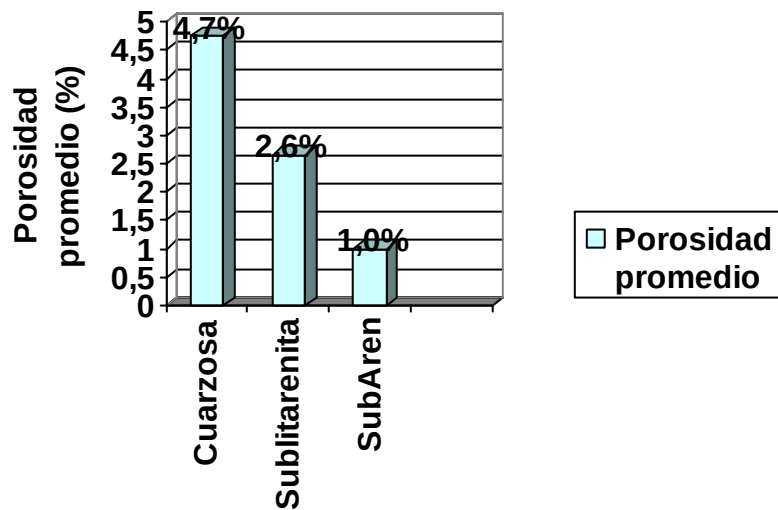


Fig. 73 Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Ceuta

Los valores de porosidad computacional promedio en las areniscas cuarzosas son mayores con 7,4% que las sublitaranitas de 5,9%, debido a que las cuarzosas son texturalmente maduras con mejor escogimiento y menor contenido de matriz y/o cemento. Los valores promedio son aproximadamente similares a los observados visualmente. (Figura 74)

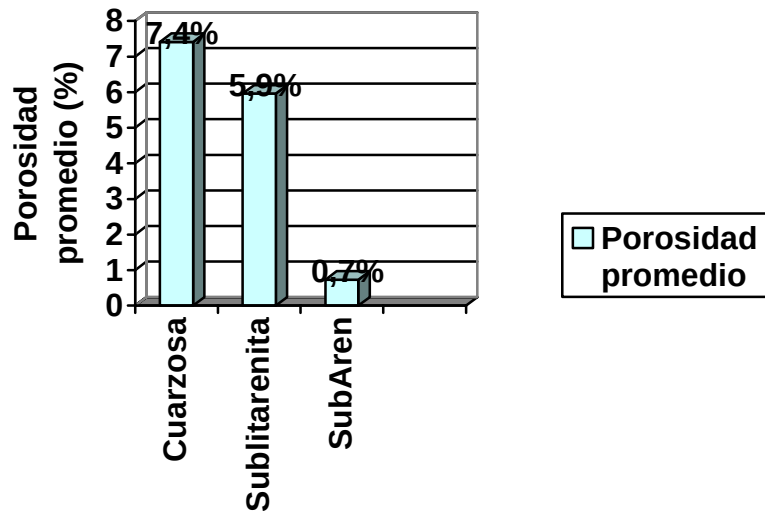


Fig. 74 Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Ceuta

Los valores de porosidad obtenidos mediante el análisis de imágenes son mayores a los observados a través de la estimación visual. Debido a que existen varios factores que influyen en el análisis de imágenes como son: contenido de matriz, cemento y minerales opacos en las muestras. El promedio es del 14,1% la cual es mayor al 8,41% por estimación visual. (Figura 75)

Las areniscas cuarzosas presentan un contenido de matriz y cemento promedios de 2,16% y 2,8% respectivamente, menores que las sublitarenitas con 4,8% de matriz y cemento 6,6%.

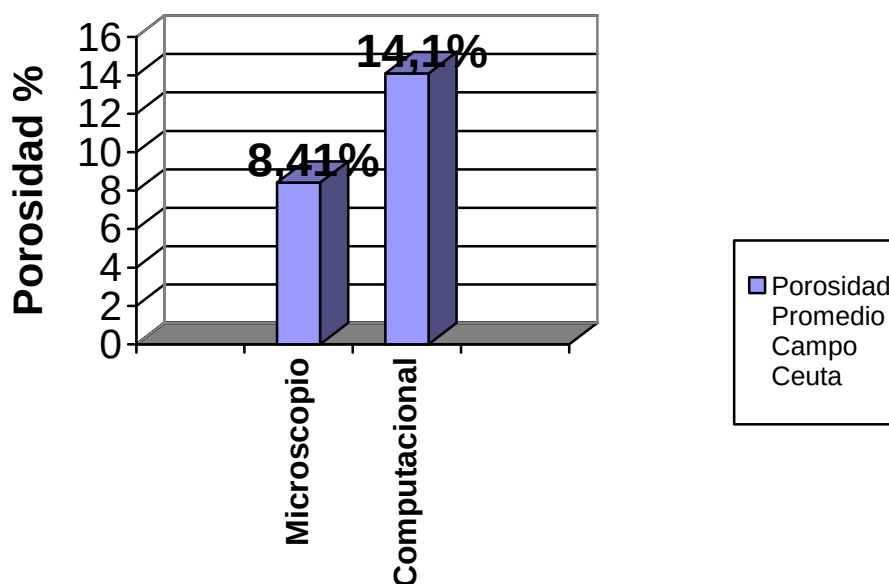


Fig. 75 Gráfico comparativo que muestra el promedio entre la porosidad visual y la porosidad computacional del Campo Ceuta.

La tabla 70 muestra la variación porcentual entre la porosidad visual y la computacional, Además, la permeabilidad obtenida de la ecuación de Kozeny-Carman. Nótese, los cambios de porosidad computacional para un mismo pozo la cual decrece a medida que aumenta la profundidad de soterramiento, tal es el caso de los pozos VLG-3716 y VLG-3727. Donde, las areniscas cuarzosas mejores escogidas, de mayor tamaño y de menor grado de empaquetamiento, presentan mayor porosidad y permeabilidad que las sublitarenitas.

Tabla 44 Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Ceuta

Muestra	Profundidad (mts)	Porosidad Microscopio (% Ø)	Porosidad Computacional (% Ø)	Permeabilidad Kozeny-Carman (Ø M) (K) (m ²)	Permeabilidad Kozeny-Carman (ØM) (K) (m ²)	Tamaño Grano Prom. (mm)	Escogimiento	Clasificación
5- VLG-3525	-3510,97	10	14,39	2,47E-10	3,32E-10	0,35	Moderado	Sublitarenita
6- VLG-3528	-3484,02 - - 3484,93	3	11,55	1,35E-10	2,77E-10	0,2	Malo	Arenisca Cuarzosa
3- VLF-3012	-4167,13	12	16,34	2,86E-10	3,71E-10	0,35	Moderado	Arenisca Cuarzosa
4- VLF-3012	-4191,96 -	12	16,36	2,86E-10	3,71E-10	0,2	Moderado	Sublitarenita
7- VLG-3716	-4185,91 - - 4186,51	4	16,42	1,42E-10	3,72E-10	0,02	Moderado	Sublitarenita
8- VLG-3716	-4187,42 - - 4188,03	12	8,78	2,86E-10	2,24E-10	0,6	Malo	Subarenita Feldeespática
2- VLF-3727	-4608,01 - - 4608,31	15	16,34	3,44E-10	3,71E-10	0,45	Moderado	Arenisca Cuarzosa
1- VLF-3727	-4621,33 - - 4621,94	15	17,60	3,44E-10	3,96E-10	0,25	Moderado	Arenisca Cuarzosa
12-VLF-3727	-4635,26 - - 4635,87	7	14,84	1,91E-10	3,41E-10	0,3	Malo	Arenisca Cuarzosa
9- VLF-3726	-4928,68 - - 4929,28	5	12,27	1,56E-10	2,91E-10	0,25	Moderado a malo	Arenisca Cuarzosa
10-VLF-3726	-4960,77 - - 4961,68	3	12,32	1,35E-10	2,92E-10	0,4	Moderado	Sublitarenita
11-VLF-3726	-4974,40 - - 4975,00	3	12,04	1,35E-10	2,86E-10	0,14	Malo	Sublitarenita

La permeabilidad promedio del campo según Kozeny-Carman es de 2,24E-10m² (porosidad visual) y 3,27E-10m² (porosidad computacional). Se observa disminución de la permeabilidad a menor tamaño de granos y escogimiento.

5.2.1 Secuencia Paragenética

La secuencia paragenética se define como la descripción de los procesos que actuaron en cada etapa diagenética en las areniscas.

Se observó una variación de los procesos diagenéticos con la profundidad.

El efecto diagenético temprano más importante en las areniscas del Campo Ceuta es la formación de óxidos de hierro, muchas veces enmascarando la matriz y recubriendo algunos granos.

El cemento silíceo es escaso y tiende a rellenar poros en forma de bloques subhedrales microcristalinos y corroen los granos de cuarzo (Figura 76). Además, la presencia de cementos de arcillas posiblemente illita-esmectita en las areniscas.

La disolución parcial de partículas inestables, matriz arcillosa y la presencia de cemento en estas areniscas indican la importancia del proceso de cementación y disolución en las etapas iniciales de soterramiento.

Otros fenómenos indicativos de diagénesis temprana en las areniscas, son la compactación de micas y fragmentos de rocas para formar pseudomatriz, la presencia de contactos longitudinales y cóncavos-convexos, y el sobrecrecimiento en los granos de cuarzo. (Figura 77)

Entre las evidencias de diagénesis intermedia a tardía se presenta la alteración y disolución de granos como feldespatos, micas y fragmentos de rocas a minerales de arcillas posiblemente del tipo illita – esmectita y calcita, procesos de gran importancia que propicia la generación de porosidad secundaria. (Figura 78)

Además, del proceso de calcitización asociado a la matriz arcillosa, cuarzo y feldespatos. (Figura 79)

La presencia de contactos suturados y estilolitas, sugiere el aumento de la compactación y presión-solución en las etapas iniciales de la diagénesis tardía. (Figura 80)

Otro indicativo es la formación de cemento de caolinita, el cual rellena poros y se dispone en forma de “libritos” pseudos-hexagonales estrechamente empaquetados, y a pesar de presentarse en cantidades mínimas inferiores al 0,5% en algunas muestras,

evidencia la etapa de diagénesis tardía en estas areniscas de la Formación Misoa. (Figura 81).

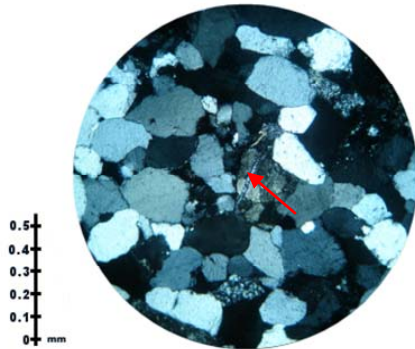


Fig.76 Cemento de Cuarzo rellenando fractura Muestra 3 VLF- 3012 Prof.313762'-13762'4'' Nícoles cruzados.

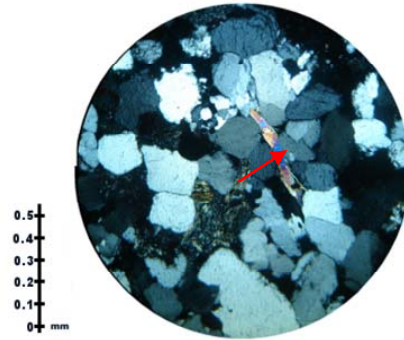


Fig.77 Deformación de moscovita por compactación Mecánica. Muestra 3. VLF-3012 Prof.13762'-13762'4''. Nícoles cruzados.

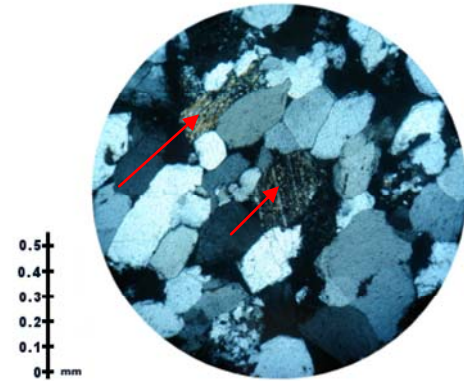


Fig.78 Plagioclasa y Fragmento roca alterandose a minerales de arcilla tipo illita-esmectita. Muestra 3 VLF- 3012 Prof.313762'-13762'4'' Nícoles cruzados

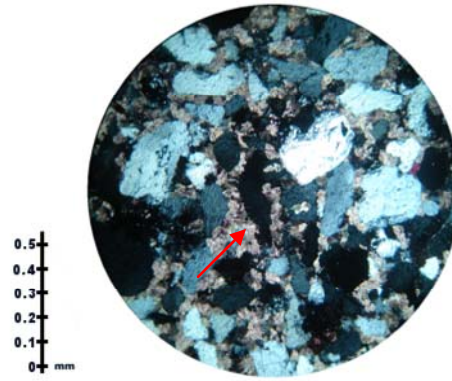


Fig. 79 Cemento de calcita rellenando poros. Muestra 11. VLG-3726 Prof. 16428'- 16430' Nícoles cruzados.

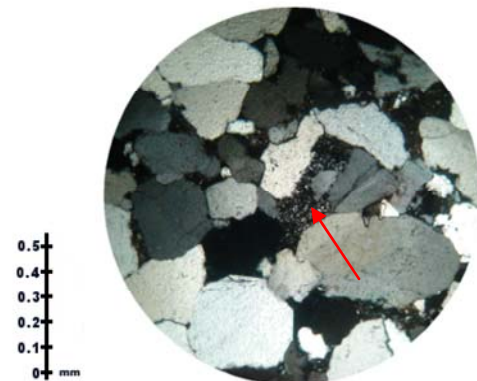


Fig.80 Cemento de caolinita rellenando poros. La caolinita se dispone en forma de agregados de cristales o "libritos" pseudos-hexagonales empaquetados. Muestra 2 VLG-3727 Prof.15218'-19'

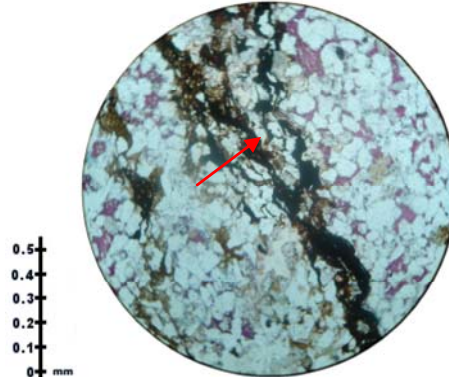


Fig.81 Estilolita desarrollada por el proceso de presión-solución. Muestra 7 VLG-3716 Prof. 13824'- 13826'. Nícoles cruzados.

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CAMPO BARÚA

Las areniscas del Campo Barúa son inmaduras a maduras, escogimiento moderado a malo, de orientación isotrópica y de empaquetamiento apretado, de grano fino a grueso, de baja esfericidad y con predominio de contactos de tipo longitudinal 54% y cóncavos-convexos con 36%, en menor cantidad suturados con 10%. (Figura 82)

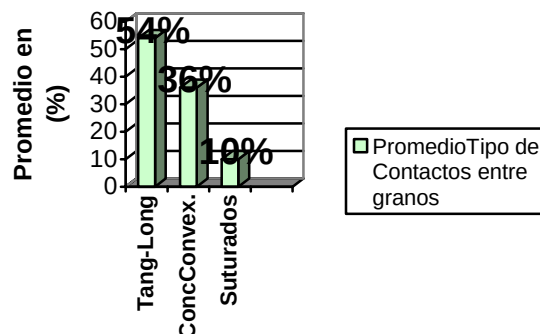


Fig. 82 Valores promedios de tipo de contactos entre granos de las areniscas del Campo Barúa

La porosidad visual promedio es del 9%, sus porcentajes varían según sus características texturales y es principalmente secundaria producto de disolución de minerales inestables químicamente como matriz, feldespatos y fragmentos de roca, y fracturas 7,5%. En menor proporción porosidad primaria (interpartícula). (Figuras 83 y 84).

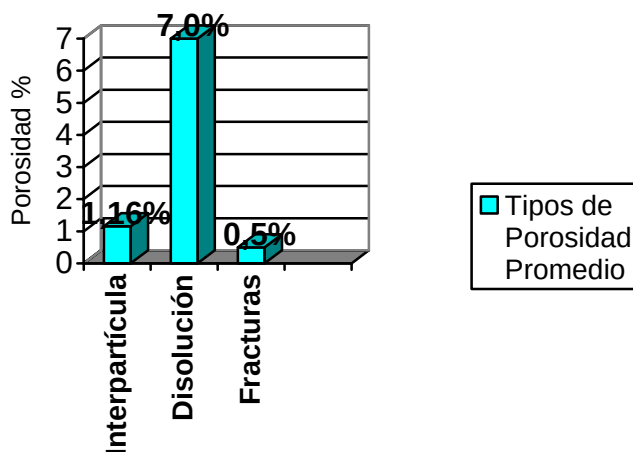


Fig. 83 Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Barúa.

La disolución de matriz generó poros elongados, alargados e interconectados entre si, con algunos contactos flotantes que les permite ser permeables. Igualmente se observan bordes de granos corroídos y fracturados por efectos de disolución y compactación. (Figura 85)

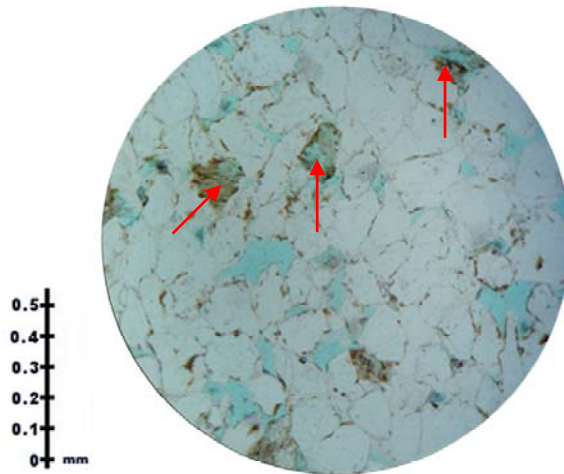


Fig. 84 Porosidad secundaria por disolución parcial o total de granos, matriz y cemento. Obsérvese los bordes de los granos corroídos y material remanente de matriz. Muestra 15 MGB-5X Prof. 13670' – 13672'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

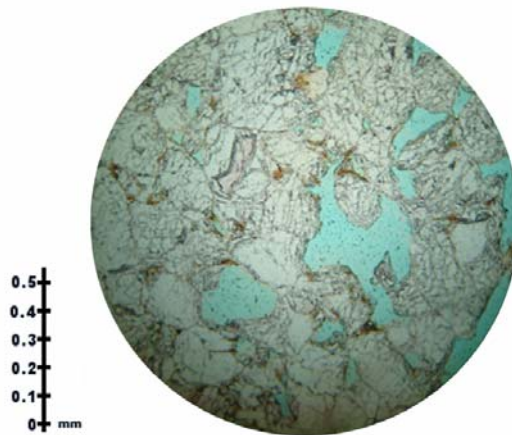


Fig. 85 Porosidad secundaria por disolución parcial total de granos, matriz y cemento. Obsérvese los bordes de los granos corroídos. Muestra 15 MGB-5X Prof. 13670' – 13672'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nícoles paralelos, ocular 10x/20.

Las areniscas cuarzosas presentan los valores de porosidad más altos con promedio de 7,16% y 12,46%. (Figuras 86 y 87). Debido a que presentan menor contenido de matriz, cemento y son mejores escogidas.

La matriz promedio es de 0,8% y cemento 6% para las areniscas cuarzosas, mientras que para las sublitarenitas es de 15% la matriz y 5% cemento.

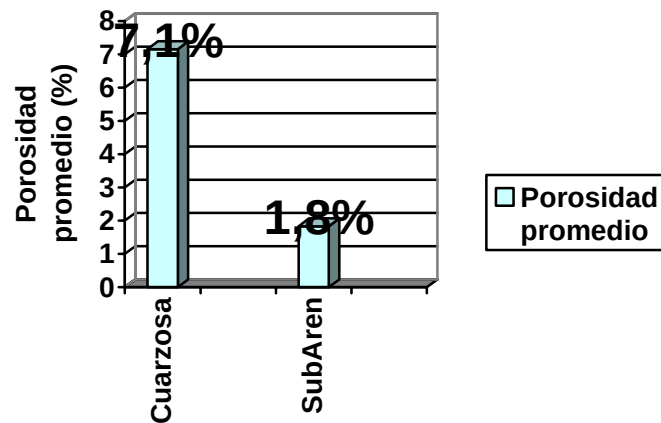


Fig. 86 Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Barúa

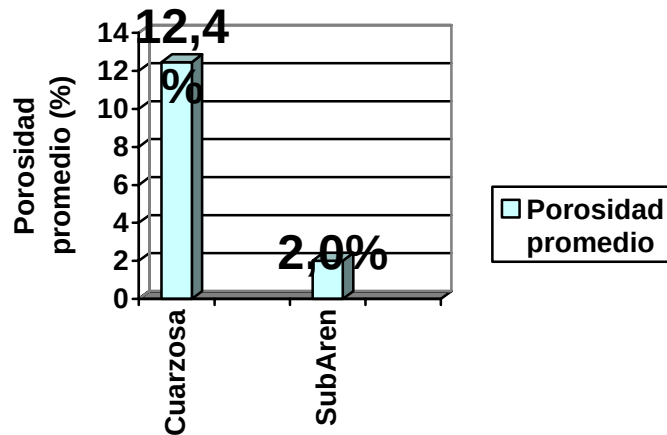


Fig. 87 Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Barúa

Los valores de porosidad obtenidos mediante el análisis de imágenes son mayores a los observados a través de la estimación visual. Debido a que existen varios factores que influyen en el análisis de imágenes como son: contenido de matriz y cemento en las muestras. La cual es mayor en las sublitarenitas que en las cuarzosas. Las muestras con mucho contenido de matriz y cemento inciden negativamente en los resultados del análisis computacional. El valor promedio es del 14,48%. (Figura 88)

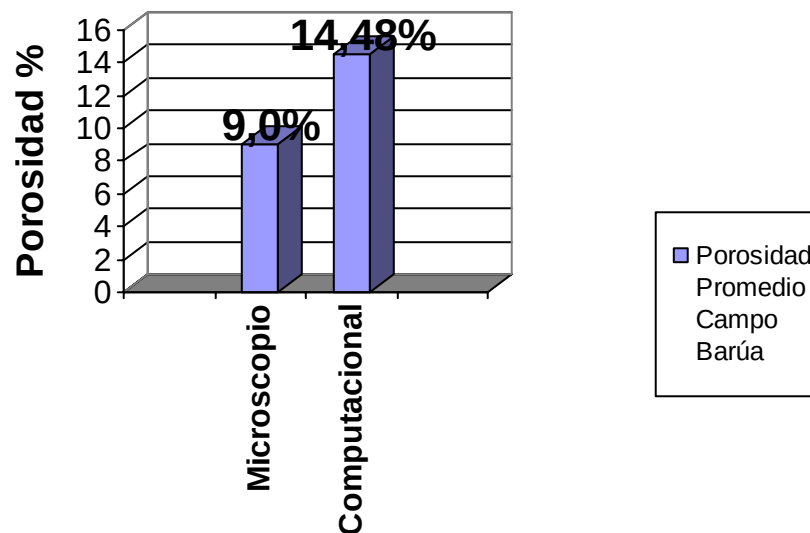


Fig.88 Gráfico comparativo promedio entre la porosidad visual y la porosidad computacional del Campo Barúa.

En la tabla 71 se observa una variación relativa en los valores de la porosidad computacional por pozos, en algunos casos aumenta o disminuye con la profundidad como es el caso de los pozos MGB-18X de 10,78% a 14,33% y MGB-5X disminuye la porosidad de 15,77% a 13,36%, lo que indica un mayor contenido de matriz en estas muestras. Además, de sus características texturales principales como tamaño de grano y escogimiento.

Las areniscas cuarzosas de mayor tamaño de grano y mejores escogidas, presentan mayor porosidad y permeabilidad.

Tabla 45 Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Barúa

Muestra	Profundidad (mts)	Porosidad Microscopio (% Ø)	Porosidad Computacional (% Ø)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (ØM) (m ²)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (ØC) (m ²)	Tamaño Grano Prom. (mm)	Escogimiento	Clasificación
13- MGB-4X	-4708,84 - -4710,05	10	12,08	2,47E-10	2,87E-10	0,21	Muy malo	Subarenita feldespática
14- MGB-5X	-4107,18 - -4107,78	5	15,77	1,56E-10	3,60E-10	0,35	Malo	Arenisca Cuarzosa
15- MGB-5X	-4139,28 - -4139,88	5	20,53	1,56E-10	4,54E-10	0,35	Moderado	Arenisca Cuarzosa
16- MGB-5X	-4180,46 - -4181,06	12	13,36	2,86E-10	3,12E-10	0,35	Moderado	Arenisca Cuarzosa
17- MGB-18X	-3966,68 - -3967,29	6	10,78	1,73E-10	2,62E-10	0,48	Muy malo	Arenisca Cuarzosa
18- MGB-18X	-3989,09 - -3990,00	15	14,33	3,44E-10	3,31E-10	0,4	Moderado	Arenisca Cuarzosa

La permeabilidad promedio del campo según Kozeny-Carman es de 2,27E-10m² (porosidad visual) y 3,34E-10m² (porosidad computacional). Se observa disminución de la permeabilidad a menor tamaño de granos.

5.3.1 Secuencia paragenética

La diagénesis temprana a intermedia en estas areniscas, por efectos de compactación inicial está evidenciada por el reordenamiento de los granos, la compactación de micas y fragmentos de rocas para formar pseudomatriz, así como también por la presencia contactos tangenciales, longitudinales y cóncavos-convexos.

La presencia de cemento carbonático en algunas muestras por precipitación de minerales se encuentra relleno de poros y bordeando algunos granos de cuarzo. Además, se presenta cemento de sílice que tiende a rellenar poros en forma de bloques subhedrales microcristalinos.

En las primeras etapas de soterramiento ocurre la disolución de granos inestables (feldespatos y fragmentos de rocas sedimentarias) y la disolución de matriz arcillosa.

También se produce la alteración de partículas inestables como micas y feldespatos a minerales de arcillas posiblemente del tipo illita – esmectita y la formación de óxidos de hierro relleno de poros. (Figura 89 y 90)

Las etapas iniciales de la diagénesis tardía se evidencian por la presencia de contactos suturados, estilolitas y cantidades mínimas de cemento de caolinita, indican el aumento de la compactación y presión solución con la profundidad. (Figuras 91 y 92)

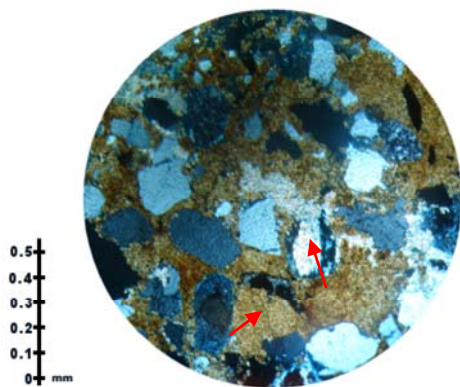


Fig.89 Matriz arcillosa y cemento de calcita relleno de poros. Muestra 13 MGB-4x Prof. 15551' - 15555'. Nícoles cruzados

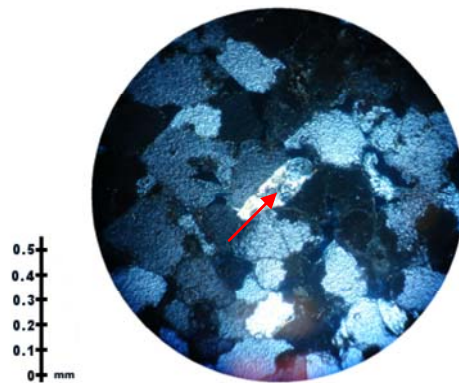


Fig.90 Fragmento de roca alterándose a minerales de arcilla tipo illita-esmectita. Muestra 15 MGB-5x Prof. 13670' - 13672'. Nícoles cruzados.

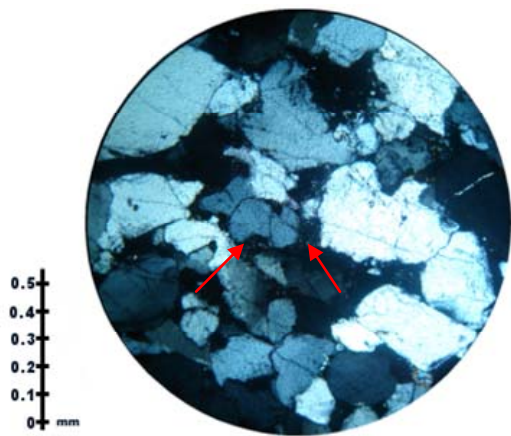


Fig. 91 Cemento de caolinita relleno de poros. Muestra 14. MGB-5x Profundidad: 13564'- 13566' Nícoles cruzados.

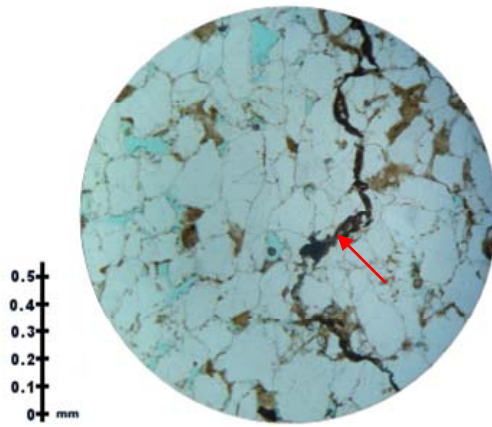


Fig. 92 Estilolita desarrollada por el proceso de presión-solución. Muestra 15 MGB-5x Prof. 13670'- 13672'. Nícoles paralelos

5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CAMPO MOTATÁN

Las areniscas del Campo Motatán son inmaduras a maduras, moderadamente a mal escogidas, de orientación isotrópica y de empaquetamiento apretado, de grano fino a grueso, de baja esfericidad y con predominio de contactos de tipos cóncavos-convexos 52% y suturados 26%, en menor cantidad tangenciales y longitudinales 22%. (Figura 93)

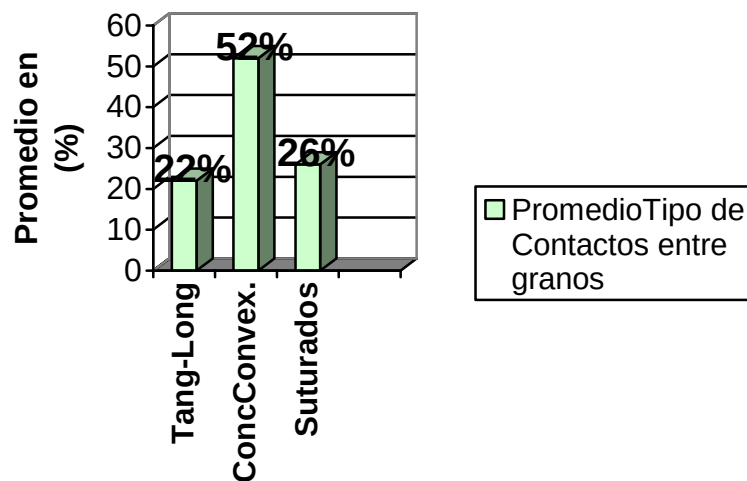


Fig.93 Valores promedios del Tipo de contactos entre granos de las areniscas del Campo Motatán

Posee una porosidad visual muy baja con promedio del 4,8%, sus porcentajes varían entre 3% y 5% y es principalmente secundaria producto de disolución de minerales inestables químicamente como matriz, feldspatos y fragmentos de roca con 3,5%, por fracturas de 0,9%. En menor cantidad primaria (interpartícula) de 0,4%. (Figuras 94, 95, 96, 97 y 98).

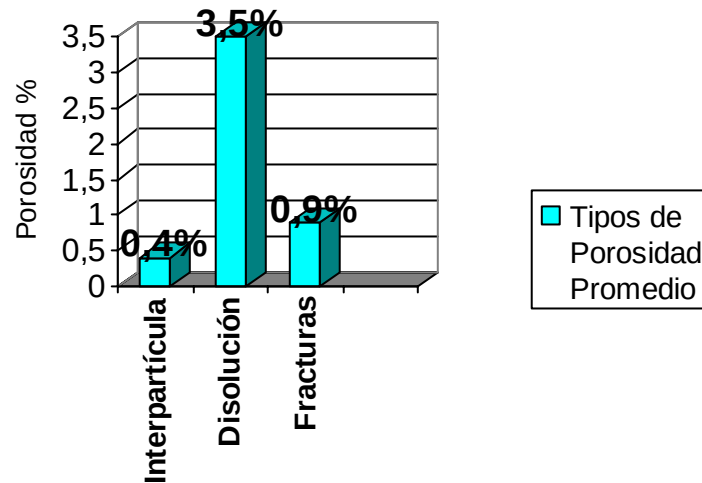


Fig. 94 Tipos de porosidad promedio en las areniscas del Campo Motatán.

La disolución parcial de matriz generó poros alargados aislados, igualmente se observan bordes de granos corroídos y fracturados por efectos de disolución, compactación y presión solución con el aumento de la profundidad. (Figura 95)

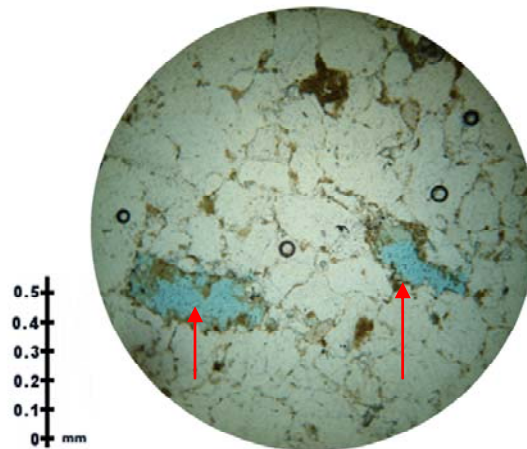


Fig. 95 Porosidad secundaria por disolución parcial de matriz. Muestra 19 MOT-2 Prof.: 7853'-7854'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nicoles paralelos, ocular 10x/20.

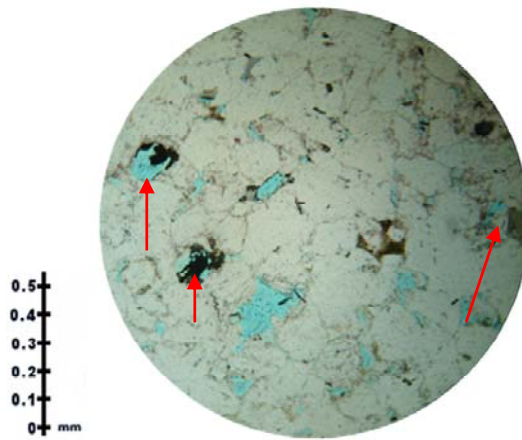


Fig. 96 Porosidad secundaria por disolución parcial de granos, matriz y cemento. Muestra 26 MOT-8 Prof.: 10951'- 10953'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nicoles paralelos, ocular 10x/20.

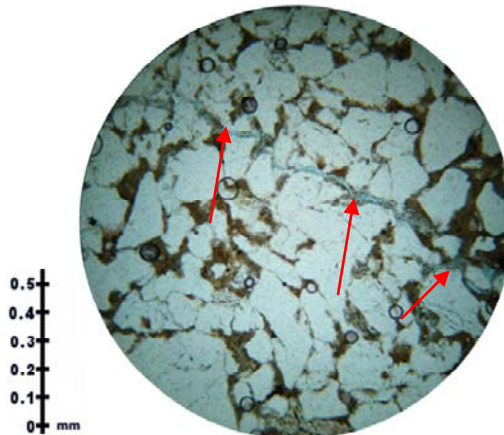


Fig. 97 Porosidad secundaria por fracturas generada a lo largo de estilolitas. Muestra 19 MOT-2 Prof.: 7853'- 7854'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nicoles paralelos, ocular 10x/20.

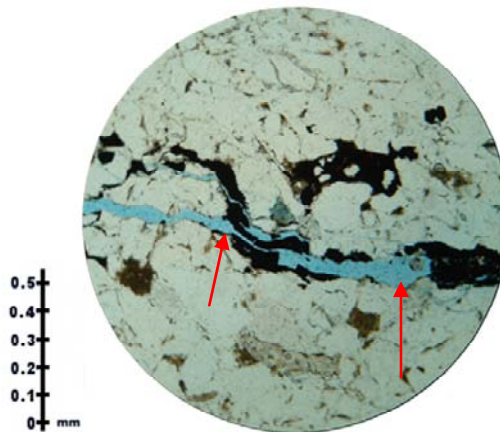


Fig. 98 Porosidad secundaria por fracturas generada a lo largo de estilolitas. Muestra 24 MOT-2 Prof.: 9355'- 9357'. Arenisca cuarzosa. Objetivo 10x/0.20, nicoles paralelos, ocular 10x/20.

Las areniscas cuarzosas del Campo Motatán presentan mejor escogimiento y la porosidad promedio es de 3,2% mayor que las sublitanitas con 1,6%. (Figuras 99)

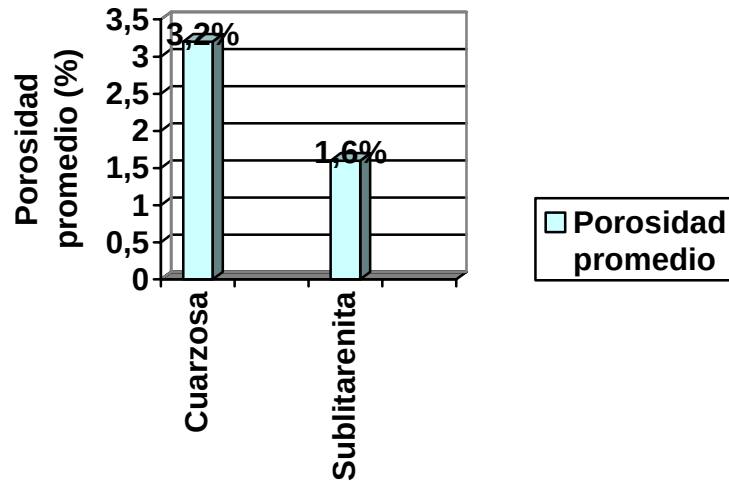


Fig. 99 Valores promedio de porosidad por estimación visual de las areniscas del Campo Motatán

Las areniscas cuarzosas del Campo Motatán presentan porosidad computacional promedio de 9,3% mayor que las sublitanitas con 6,72%. El error de calibración es mayor en las areniscas sublitanitas debido al contenido de matriz. (Figura 100)

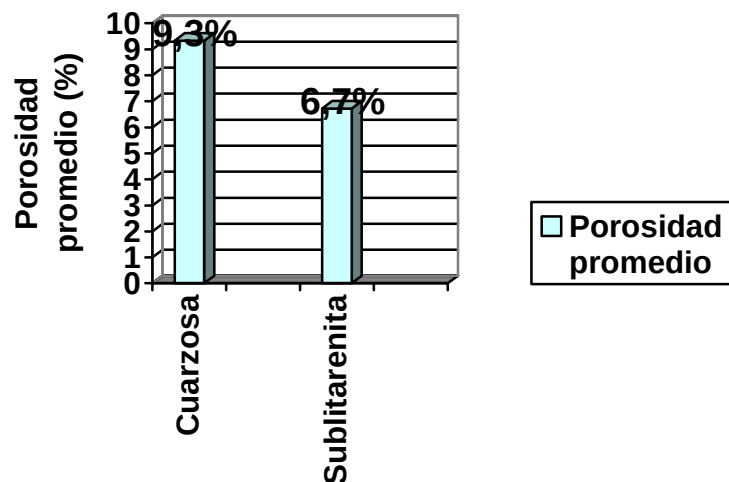


Fig. 100 Valores promedio de porosidad computacional de las areniscas del Campo Motatán

Las areniscas cuarzosas tienen promedio de matriz de 3% y cemento 2,5%, mientras que las sublitanitas son de 4,5% y 2,25% respectivamente.

Los valores de porosidad obtenidos mediante el análisis de imágenes son mayores a los observados a través de la estimación visual. Debido al contenido de matriz y cemento que influyen en el análisis de imágenes. Su valor promedio es del 16,05%. (Figura 101)

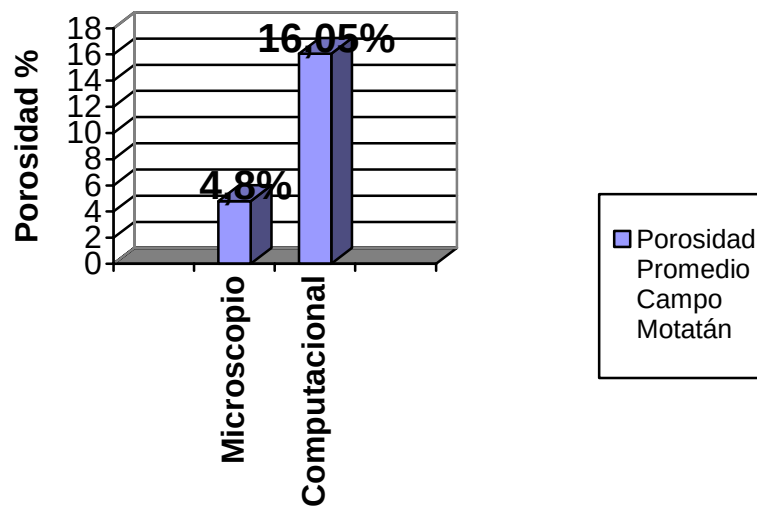


Fig.101 Gráfico comparativo promedio entre la porosidad visual y la porosidad computacional del Campo Motatán.

En la tabla 72 se observa un aumento progresivo en los valores de la porosidad computacional por pozos, como es el caso del pozo MOT-2 de 13,50% a 17,37% y MOT-8 de 16,32% a 16,88% respectivamente.

La permeabilidad promedio del Campo Motatán según Kozeny-Carman es de $1,58E-10m^2$ (porosidad visual) y $3,65E-10m^2$ (porosidad computacional). Se observa disminución de la permeabilidad a menor tamaño de granos y escogimiento.

Tabla 46 Variación Porcentual de la porosidad visual y computacional en las areniscas del Campo Motatán

Muestra	Profundidad (mts)	Porosidad Microscopio (% Ø)	Porosidad Computacional (% Ø)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (Ø M) (m ²)	Permeabilidad Kozeny-Carman (K) (Ø C) (m ²)	Tamaño Grano Prom. (mm)	Escogimiento	Clasificación
19- MOT-2	-2377,89 -- 2378,19	3	13,50	1,35E-10	3,15E-10	0,3	Malo	Arenisca Cuarzosa
20- MOT-2	-2683,72 -- 2684,32	5	13,68	1,56E-10	3,18E-10	0,35	Malo	Arenisca Cuarzosa
21- MOT-2	-2698,55 -- 2699,16	5	17,04	1,56E-10	3,85E-10	0,5	Moderado	Arenisca Cuarzosa
22- MOT-2	-2724,29 -- 2724,90	5	16,71	1,56E-10	3,78E-10	0,45	Malo	Sublitarenita
23- MOT-2	-2776,07 -- 2776,98	5	16,55	1,56E-10	3,75E-10	0,225	Malo	Sublitarenita
24- MOT-2	-2832,69 -- 2833,30	3	17,37	1,35E-10	3,91E-10	0,2	Malo	Sublitarenita
25- MOT-8	-3313,54 -- 3313,84	10	16,32	2,47E-10	3,70E-10	0,45	Moderado	Arenisca Cuarzosa
26- MOT-8	-3315,96 -- 3316,57	5	15,88	1,56E-10	3,62E-10	0,4	Moderado a bueno	Arenisca Cuarzosa
27- MOT-8	-3317,17 -- 3318,08	4	16,88	1,42E-10	3,81E-10	0,25	Moderado a malo	Arenisca Cuarzosa
28- MOT-30	-4015,43 -- 4016,04	3	16,59	1,35E-10	3,76E-10	0,375	Malo	Sublitarenita

5.4.1 Secuencia paragenética

El proceso de compactación tiene lugar durante todas las etapas de soterramiento en las areniscas.

La diagénesis temprana a intermedia está evidenciada por el reordenamiento de los granos, la compactación inicial de micas y fragmentos de rocas para formar pseudomatriz, así como también por la presencia de contactos tangenciales, longitudinales y cóncavos-convexos.

En las etapas iniciales de soterramiento ocurre la disolución de granos inestables (feldespatos y fragmentos de rocas sedimentarias).

La presencia de cemento de sílice en algunas muestras por precipitación de minerales en los puntos de contactos intergranulares y cemento calcáreo, se encuentran relleno de poros y bordeando algunos granos de cuarzo. (Figuras 102 y 103)

También se produce la alteración de partículas inestables como micas y feldespatos a minerales de arcillas posiblemente tipo illita-esmectita. (Figuras 104 y 105)

La presencia de contactos suturados, estilolitas y cantidades mínimas de cemento de caolinita, indican una diagénesis tardía por el aumento de la compactación y presión solución. (Figuras 106 y 107)

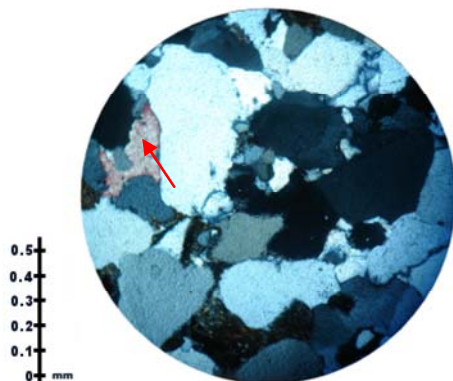


*Fig.102 Cemento de calcita relleno de poros.
Muestra 19 MOT-2 Prof. 7853'- 7854'
Nicoles cruzados.*

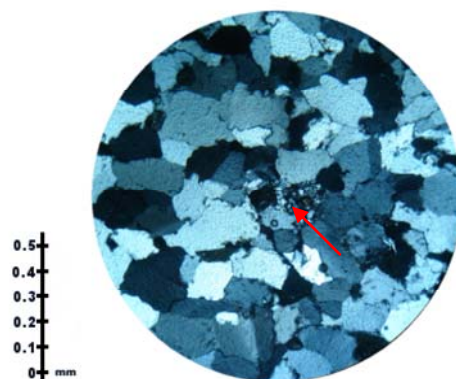


*Fig.103 Cemento de Cuarzo relleno de poros.
Muestra 21 MOT-2 Prof. 8912'- 8914'
Nicoles cruzados.*

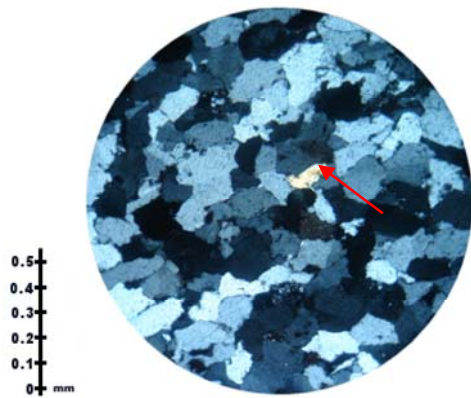


Fig. 104 Fragmento de roca alterándose a minerales Arcilla tipo illita-esmectita. Muestra 24 MOT-2 Prof. 9355'- 9357'. Nícoles cruzados.

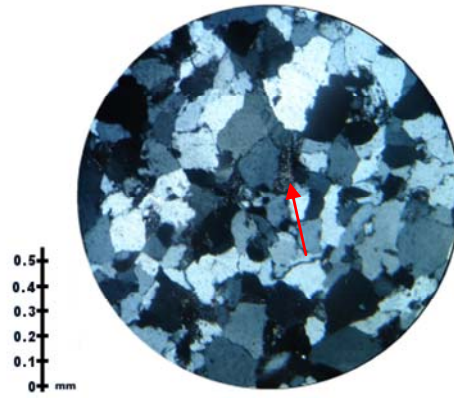


Fig. 105 Fragmento de roca alterándose a De minerales de arcilla. Muestra 28. MOT-30 Prof. 13261'- 13263'. Nícoles cruzados.

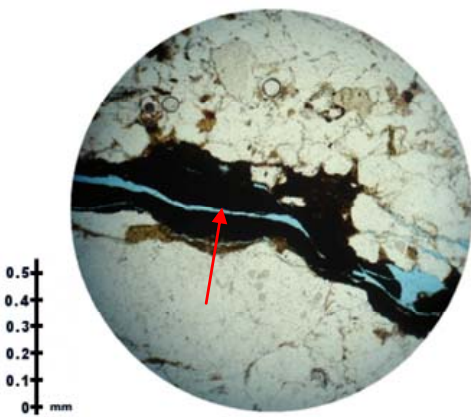


Fig. 106 Estilolita desarrollada por proceso de presión-solución . Muestra 20 MOT-2 Prof. 8863'- 8865'. Nícoles paralelos

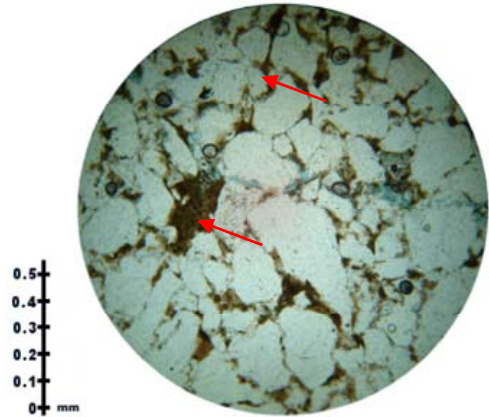


Fig.107 Matriz de minerales de arcillas e incipiente desarrollo de estilolitas. Muestra 19 MOT-2 Prof. 7853'- 7854'. Nícoles paralelos

5.5 FACTORES QUE AFECTAN LA POROSIDAD Y LA PERMEABILIDAD DE LAS ARENISCAS EN LOS CAMPOS CEUTA, BARÚA Y MOTATÁN:

Las variaciones de la porosidad y permeabilidad registradas en una misma facies de las areniscas están controladas por la bioturbación, características texturales (tamaño, empaquetamiento, forma, escogimiento y distribución de los granos), contenido de matriz y cemento, los procesos sedimentarios y diagenéticos.

Los procesos diagenéticos principales que reducen la porosidad y permeabilidad original de estas areniscas son la compactación, presión solución, cementación y la alteración de granos inestables. (Ver capítulo III, Página 41)

La reducción de la porosidad y permeabilidad por efectos de la compactación y la presión solución producen aumento en la interpenetración de las partículas, deformación y fracturamiento de las partículas dúctiles, y precipitación de sílice y cualquier otro material cementante disuelto entre los puntos de contactos entre los granos.

La precipitación de minerales autigénicos y de arcillas reduce notablemente la porosidad y permeabilidad de los sedimentos. (Ver capítulo III, Página 39).

La matriz arcillosa es predominante en las areniscas de los Campos Barúa y Motatán con promedio de 3,66% y el Campo Ceuta de 3,5%.

Estos materiales cementantes modifican el tamaño y forma de los poros, ya que se encuentran rellenando poros, como envoltorios de granos o delineando poros reduciendo la porosidad y permeabilidad de las areniscas.

La cementación es mayor en las areniscas del Campo Barúa con promedio de 7,32%, seguido del Campo Ceuta con promedio de 5,33% y en menor proporción el Campo Motatán de 2,6%.

La figura 108 resume los valores de porosidad promedio por campos, obtenidos del análisis de imágenes, en donde se observa el Campo Ceuta y el Campo Barúa con porosidades promedios de 14,1% y 14,48% respectivamente, menores que la porosidad del Campo Motatán con 16,05%.

De acuerdo a los valores arrojados de la calibración del programa *Scion Image*, se comprobó que esta variación se debe a la presencia de contenido de matriz a lo largo de fracturas observadas en las petrografías, las cuales presentan colores oscuros entre marrón a negro y el programa no los cuantifica como partículas sino como poros, elevando así su valor real.

Además, dichas variaciones están vinculadas a la madurez textural de la roca, donde las areniscas cuarzosas presentan valores de porosidad computacional más factibles y razonables.

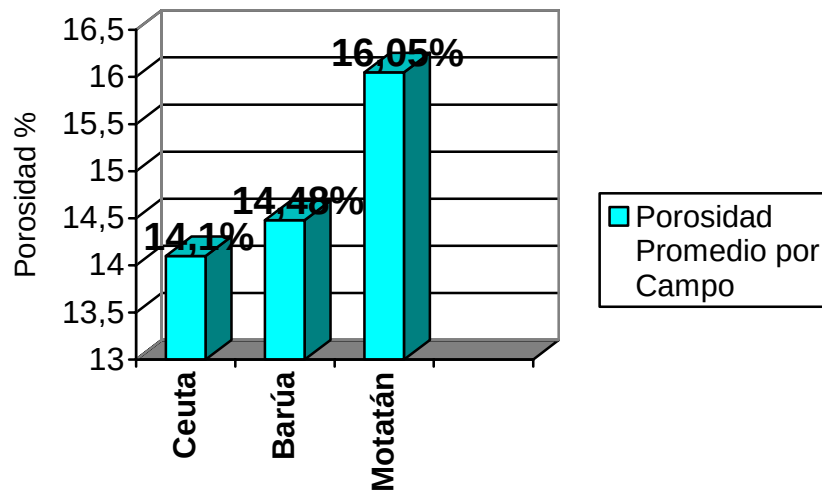


Fig. 108 Valores de Porosidad Computacional promedio por Campos.

Por último, las figuras 109 y 110 resumen los valores de permeabilidad por campos, obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman, en donde se observan las variaciones en los datos de permeabilidad, debidos a los valores de porosidad por estimación visual y de la computacional.

Para valores de porosidad por estimación visual el Campo Ceuta y el Campo Barúa con permeabilidades promedios de $2,24\text{E-}10\text{m}^2$ y $2,27\text{E-}10\text{m}^2$ respectivamente, mayores que la permeabilidad del Campo Motatán con $1,58\text{E-}10\text{m}^2$.

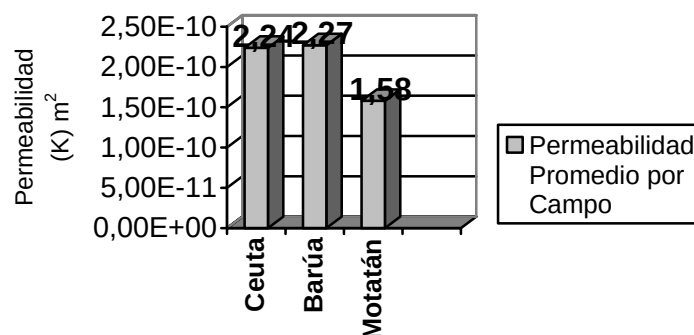


Fig. 109 Valores de permeabilidad por campos obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman para porosidad visual.

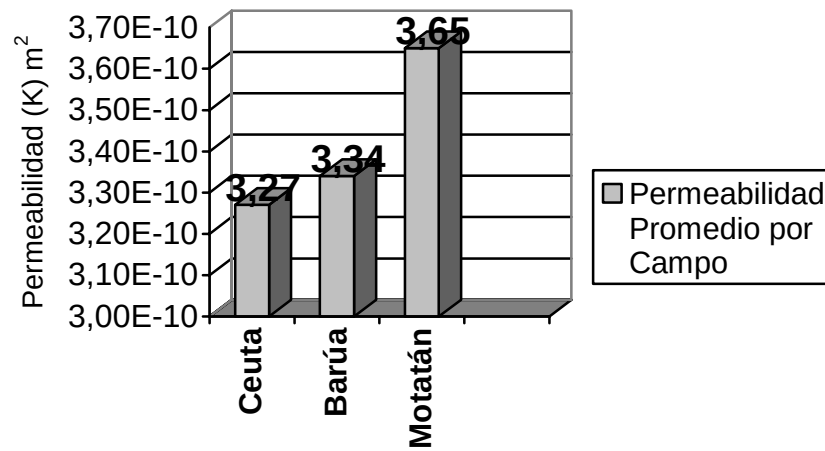


Fig. 110 Valores de permeabilidad por campos obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman para porosidad computacional.

Mientras que, para valores de porosidad computacional el Campo Ceuta y el Campo Barúa con permeabilidades promedios de $3,27E-10m^2$ y $3,34E-10m^2$ respectivamente, menores que la permeabilidad del Campo Motatán con $3,65E-10m^2$.

CONCLUSIONES

El análisis de imágenes digitales a través del uso de la técnica *Scion Image*, tomadas en secciones finas de núcleos de pozos, demuestra que la información extraída a partir de la distribución de los tonos de gris sobre la imagen original es estadísticamente representativa de su porosidad, con excepción de las rocas con alto contenido de matriz arcillosa, que perturba su valor.

La técnica incorporada permite contar con una metodología moderna para cuantificar la porosidad de medios porosos, en areniscas con alta madurez textural, porque reduce el grado de incertidumbre proporcionado por el observador y hacer una comparación entre los diferentes datos obtenidos.

Los resultados de porosidad obtenidos mediante el análisis de imágenes son un tanto mayores a los observados a través de la estimación visual en las muestras estudiadas, debido a que el análisis computacional capta y cuantifica más detalles a través de los píxeles de las imágenes.

Si las secciones estudiadas fueran seleccionadas en un mismo núcleo a diversas profundidades, haciendo una superposición de superficies, permitiría estudiarse con detalle la porosidad y tal vez obtener mejores resultados de la interconexión entre poros o la permeabilidad asociada.

La escasez de secciones en un mismo núcleo a diversas profundidades, limita la evaluación y comparación de los valores de porosidad con la profundidad. Situación similar ocurre por solo tener trozos de núcleos que también limitó observar posibles contactos entre facies y definir correctamente las estructuras sedimentarias presentes.

Las petrografías defectuosas o de mal acabado, producen una imagen oscura, la cual limita el análisis de imágenes, aumentando el valor de la porosidad en las muestras analizadas. Similarmente ocurre en secciones finas con alto contenido de arcillas,

posiblemente introducidas por intervención de la bioturbación, o por la ocurrencia de fracturas rellenas de matriz.

Los valores de porosidad promedio por campos, obtenidos del análisis visual y de imágenes son:

Campo Ceuta	Campo Barúa	Campo Motatán
Computarizada: 14,1%,	Computarizada: 14,48%	Computarizada: 16,05%.
Visual: 8,41%	Visual: 9%	Visual: 4,8%

- ✓ La porosidad promedio del Campo Motatán es mayor que las de los Campos Ceuta y Barúa, debidos a las posibles fracturas que toma el programa como porosidad, elevando así su valor real.
- ✓ Los valores de permeabilidad promedio por campos, obtenidos de la ecuación de Kozeny-Carman son: el Campo Ceuta $2,24E-10m^2$, Barúa $2,27E-10m^2$ y el Campo Motatán con $1,58E-10m^2$, obtenido valores más bajos en el campo Motatán posiblemente por las facies sedimentarias y la madurez textural de la roca.
- ✓ La porosidad es factible varía con la profundidad, comprometiendo, el grado de empaquetamiento (de leve a apretado), y número de contactos entre granos (cóncavos-convexos y suturados), la cual incide directamente en la reducción de porosidad y permeabilidad de las areniscas.
- ✓ Predomina el desarrollo de porosidades secundarias por disolución de partículas inestables químicamente y fracturas con un promedio total aproximado entre los campos del 5,52% y 0,8% respectivamente, y en menor cantidad porosidad primaria interpartícula de 3,6%.

- ✓ El tamaño de poros más predominante en las muestras varía entre 0,11 a 0,46 mm, comúnmente elongados e irregulares y subredondeados muy similares a los tamaños de granos que oscilan entre 0,08 a 0,63 mm.
- ✓ Petrográficamente las areniscas de la Formación Misoa, son de granos subredondeados a subangulares, moderadamente a mal escogidas, de tamaño de grano fino, medio a grueso, debido a las diferentes facies sedimentarias presentes como por ejemplo comparadas con las de trabajos previos: facies S3, S11, S11B, S1, S2 y S2B.
- ✓ Las areniscas cuarzosas presentan mejor escogimiento, redondez y de mayor tamaño de granos siendo más porosas y permeables, posiblemente con la mayor madurez textural.
- ✓ El principal componente detrítico de las areniscas es el cuarzo, y en menores cantidades fragmentos de roca, feldespatos y en muy baja proporción se encuentran los minerales accesorios, micas (moscovita y biotita), circón, epidoto, turmalina y glauconita.
- ✓ La etapa diagenética en general en los Campos Ceuta, Barúa y Motatán es Intermedia.
- ✓ La matriz en las areniscas está constituida principalmente de minerales de arcilla y óxidos de hierro.
- ✓ Los cementos principales son de sílice, material carbonático, minerales de arcilla posiblemente tipo illita-esmectita y caolinita.

- ✓ La cementación es mayor en las areniscas del Campo Barúa con promedio de 7,32%, seguido del Campo Ceuta con promedio de 5,33% y en menor proporción el Campo Motatán de 2,6%.
- ✓ La reducción de la porosidad primaria y permeabilidad iniciales es el resultado de los procesos de compactación, presión solución, cementación y la alteración de granos inestables, que se incrementan con la porosidad secundaria producto de granos inestables.
- ✓ El proceso diagenético generador de porosidad secundaria es la disolución de matriz, cemento, minerales químicamente inestables como los feldespatos y los fragmentos de rocas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Hacer este estudio con imágenes de microscopía electrónica de barrido a fin de estudiar el grado de resolución del programa *Scion Image*, y de los minerales de arcillas que afectan negativamente la porosidad y permeabilidad, así como incluir registros de pozos e información sísmica.
- ✓ Hacer un seguimiento a las condiciones de mantenimiento de los núcleos que faciliten los estudios posteriores. Los núcleos son la principal herramienta del sedimentólogo y su descripción y análisis constituyen la base de los estudios geológicos del subsuelo.
- ✓ Realizar análisis de pozos con núcleos completos, con un mayor número de muestras a diversas profundidades, cotejar los resultados de porosidad y permeabilidad medidos en perfiles de núcleos para verificar la resolución del programa *Scion Image*.
- ✓ Es importante realizar estudios integrados en futuros proyectos. A través de la realización del presente trabajo se logró la integración de varias ramas de la geología y combinar herramientas matemáticas como: métodos estadísticos, vectorización y binarización de datos, en conjunto con técnicas convencionales de análisis de imágenes para cuantificar el grado de porosidad absoluta de la Formación Misoa. Permitiendo obtener una visión más amplia de los procesos geológicos que afectaron a un área en particular, por una opción que representa la utilización de nuevas técnicas.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ K. (1996). Caracterización genética de propiedades de porosidad y Permeabilidad en facies fluvio- deltáicas. T.E.G. UCV, p.269.
- AUDEMARD R. F. (1991). *Tectonics of western Venezuela*. Rice University Texas. Thesis PhD. Inédito, p. 245.
- AUDEMARD F. (1997). *Los Andes venezolanos, visión alterna*. Memorias VIII Congreso Geológico Venezolano, Tomo I, Sociedad Venezolana de Geólogos, p. 85 – 92.
- AZUAJE E. (2006). *Guía de Yacimientos I*. Capítulos I y II, Escuela de Petróleo UCV. Caracas-Venezuela.
- BARRIOS A. y LOZANO A. (2004). *Estudio de procedencia y grado diagenético de los sedimentos en las Formaciones Carbonera, Lagunillas e Isnotú, ubicadas en la Cuenca de Maracaibo*, T.E.G. UCV, p. 469-487.
- BOGG, S. (1992). *Petrology of Sedimentary rock*. Macmillan Publishing Company. Chapter 2. Sedimentary Textures. N.Y 707p.
- CARDOZO L. (1996). *Procedencia de las rocas clásticas de la Formación Misoa en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y su relación con la Tectónica Caribe*. T.E.G. UCV, p.261.
- CRAFT, B. y HAWKINS M. (1977). *Ingeniería aplicada de yacimientos petrolíferos*. Editorial Tecnos. Madrid-España, p. 556.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1976). *Manual de Facies Clásticas*. Exxon Prod. Venezuela.
- DELGADO M. (1978). *Revisión Geológica del Eoceno en el área de Barúa-Motatán Estados Zulia y Trujillo*. MARAVEN S.A. Caracas. Informe Técnico EPC-6070.
- DELGADO M. (1995). *Estudio de las Icnofacies en los núcleos de los pozos Mot-47/Mot-7. (Campo Motatán, Domo Sur) y VLG-3738 (Campo Ceuta, Área 2)*. MARAVEN S.A. Informe Técnico EPC-13.686.
- ESCANDÓN G, y MORENO M. (1998). *Modelo Estocástico y sedimentológico de las Formaciones Eocenas Del Campo Barúa*. T.E.G. UCV, p.177.

- FLORES J., y MÉNDEZ A. (2005). *Correlación Estratigráfica y Geocronológica de las Quebradas Hoyos y Vichú por el Método de Huellas de Fisión, Fm. Betijoque Edo. Trujillo*, T.E.G. UCV, p. 86-104.
- GAMBOA P. (1972). *Interpretación estratigráfica estructural del Campo Ceuta*. Informe EPC-6916.
- GHOSH, S. y ODREMAN O. (1989). *Estudio Sedimentológico-paleoambiental del Terciario en la zona del valle de San Javier. Estado Mérida*. Vol. SVG., Caracas, 31: p.36-46.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. AZORENA y X. C. PICARD (1980). *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*, Foninves, Caracas, 1031 pp.
- GOODMAN, E. D. et al (1996). *Tectonic control on paleogeographi and basin evolution, northen South America*. VIII Congreso venezolano, Geofísica 1, p. 383-386.
- HAYES, J. (1979). *Sandstone Diagénesis- The hole trunth*. S.E.P.M., Spec, Pub N°26, p. 127-139.
- HIGGINS, M. (2000). *Measurement of crystal size distributions*. American Mineralogist, Sciences de la Terre, Université du Québec à Chicoutimi, Canada. Volumen 85, p. 1105–1116.
- KABBABE T., BENITEZ R, ORRIBO J, CHACARTEGUI F; DELGADO M, YORIS F. y ESSENFELD M. (1996). *Estudio integrado de los yacimientos petrolíferos presentes en las Formaciones Paují y Misoa en el Campo Motatán Domo Norte, Poster*.
- KRAUSE H. (1971). *La Falla de Icotea en el bloque I de las concesiones de la C.S.V en el Lago de Maracaibo*. Jornadas técnicas de Petróleo III, p. 5
- LAMBE T. y WHITMAN R. (1972). *Mecánica de suelos*. Limusa Wiley. México, p.582.
- LUGO J. (1992). *Historia tectónica a lo largo de los sistemas de fallas de Icotea y Pueblo Viejo, Cuenca de Maracaibo*. VI Congreso venezolano de Geofísica. Memorias. Pág.118-125.

- LUGO J. y MANN P. (1992). Colisión Oblicua y formación de una cuenca foreland durante el Paleoceno Tardío al Eoceno Medio Cuenca de Maracaibo. Actas de las secciones científicas. VII Congreso Latinoamericano de Geología. Tomo 4, p. 60-64.
- LUGO J. y MANN P. (1995). *Jurassic-Eocene Tectonic Evolution of Maracaib Basin Venezuela*. AAPG Mem. 62, p. 699-725.
- LUNDY C. (2000). *Statistical validation of a numerical snow cover model and preliminary experimental results to facilitate model improvement*. Thesis Master of Science in Civil. Montana State University Bozeman, Montana, p. 116.
- MARYLAND F. (2000). *Manual de Scion Image*. Programa Scion Corporation 82 Worman's Mill Ct. Version digital (CD).
- MARTINEZ-ANGELES, R. (2002). *Metodología de caracterización estática mediante tomografía de Rayos X*. México, D.F., Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Informe de investigación, p. 103.
- MELENDEZ L. et al (1996). *El Eoceno en la cuenca de Maracaibo: Evolución tectonosedimentaria*. 8^{vo} Congreso Venezolano de Geofísica 1, p.157-164.
- MIRANDA MA. E., OLESCHKO K, PARROT J. F, CASTREJÓN F., TAUD H. Y BRAMBILA F. (2006). *Porosidad de los yacimientos naturalmente fracturados: una clasificación fractal*. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 23, Núm. 2, México D.F. p. 199-214.
- NADEAU, P. H. Y HURST, A. (1991). Application of back-scattered electron microscopy to the quantification of clay mineral microporosity in sandstones. Jour. Sed. Petrol., 61(6):921-925.
- NORTH F. (1985). *Petroleum Geology*. Unwin HYMAN Boston, p. 631
- OSTOS M. (1990). *Tectonic evolution of the south-central caribbean based on geochemical data*, p. 411.
- PARNAUD et al. (1995). *Stratigraphic síntesis of Western Venezuela*. AAPG Mem. 62, p. 681-698.
- PEÑA A. (1999). *Interpretación sísmica 3D en el Domo Norte del Campo Motatán estados Zulia-Trujillo*. U.C.V, T.E.G., p. 92.

- PESTMAN, P. J. et al (1994). *Influencia tectónica y de fluctuaciones del mar en sistemas fluviales, con ejemplos del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo, Venezuela*. Mem. V. Simposio Bolivariano, p. 65-84.
- PESTMAN, P. J. (1996). *Regional porosity distribution in Sandstones of the Maracaibo Basin*. II AAPG/SVG International congreso and exhibition.
- PESTMAN P.J, BARTOK P, GHOSH S.K y L. MELÉNDEZ (1995). *Influencia tectónica y de fluctuaciones del mar en sistemas fluviales, con ejemplos del Eoceno en la Cuenca de Maracaibo*. Mem. V Simp. Bolivariano, Puerto La Cruz, p. 65-84.
- PETTIJOHN, F. J. (1973). *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, p. 618.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. y SIEVER, R. (1987). *Sand and Sandstones*. Springer-Verlag, New York, Estados Unidos, p. 553.
- PIERCE, G. (1960). Geología de la cuenca de Barinas : Copngreso Geológico Venezolano III, Caracas, 1959, t. 1, p. 214-276.
- PIRSON S. (1965). *Geologic well log Analysis*. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, p.357.
- PITTMAN, E. (1979). *Porosity, Diagénesis and productive capability of sandstone Reservoirs*. S.E.P.M., Spec. Pub. N° 26, p. 159-173.
- PUCHE E. (1988). *Sometimiento al M.E.M del modelo geológico y de yacimientos del campo Ceuta, Lago de Maracaibo*. Informe EPC-12519.
- RIVERO C. (2003). *Reinterpretación Petrofísica de las Arenas basales de la Fm. Paují y Misoa del Campo Barúa, Cuenca del Lago de Maracaibo Edo. Zulia*. T.E.G UCV, p.217.
- RODHES E. (1994). *Definición del modelo geológico del yacimiento 3693, Área 8 Campo Ceuta*. Documento Técnico PDVSA-Caracas.
- RODRÍGUEZ J. G (1992). *Análisis estructural de una zona al norte de la población de Agua Viva (Estado Trujillo)*. U.C.V. T.E.G, Inédito. p. 223.
- ROJAS M. (2002). *Evaluación diagenética del miembro informal B-6-X de la Formación Misoa en el área de Cabimas-Punta Benítez, Cuenca de Maracaibo*. Zulia. U.C.V. T.E.G, p. 180.

- SANCHEZ M. (1999). *Estratigrafía Secuencial de las arenas C de la Formación Misoa Bloque VII del Lago de Maracaibo*. U.C.V, T.E.G, 120p.
- SANDOVAL M. (1987). *Estudio Petrográfico Diagenético de la Formación Río Negro en la Subcuenca de Machiques y Cuenca del Lago de Maracaibo Edo. Zulia*. ASCEN UCV, 137p.
- SANDOVAL M. (2000). *Diagénesis de areniscas*. U.C.V. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 414p.
- SCASSO R. y LIMARINO C. (1997). *Petrología y diagénesis de Rocas clásticas*. Asociación Argentina de Sedimentología. Publicación Especial N° 1. Buenos Aires, p. 253.
- SELLEY R. (1976). *An introduction to Sedimentology*. Academic Press, p. 408.
- SCHEIDEGGER, A. E. (1974). *The physics of flow through porous media*. 3rd Ed., Toronto. Univ. Toronto Press, p. 353.
- SCHOLLE P. A. (1981). *Constituents, Textures, Cements and porosities of Sandstone and Associated Rocks*. 2^a Edition. AAPG, Tulsa 201p.
- SCHMIDT, V. y Mc. DONALD, D. (1979). *The role of secondary porosity in sandstone*. S.E.P.M., Spec. Pub. N° 26, p. 175-207 y p. 209-225.
- SCHLUMBERGER (1984). *Principios y Aplicaciones de la interpretación de registro*, p. 210.
- SCHLUMBERGER (1997). *Evaluación de pozos (WEC). Capítulo I. Cuencas Petrolíferas*. Schlumberger Venezuela. Versión Digital (CD).
- SIPPEL, R. F. (1968). *Sandstone petrology, evidence from luminiscence petrography*. *Jour. Sed. Petrol.*, 38(2): 530-554.
- TALUKDAR S, y MARCANO F. (1994). *Petroleum systems of the Maracaibo basin, Venezuela*. Mem. 60, 1^o Edition (Tulsa). Estados Unidos., p. 463-482.
- TAYLOR J. R. (1982). *An Introduction to Error Analysis. The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. University Science Books.
- TOBLER, A. (1922). *Die Jacksontufe (Priabonien) in Venezuela und Trinidad: Eclogae Geologicae Helvetiae.*, v. 17, p. 342-346.

- VAN DEN BERG E., BENSE V., y SCHLAGER W. (2003). *Assessing textural variation in laminated sands using digital image analysis of thin sections*. Journal of sedimentary Research. VOL.73, No.1. Society for Sedimentary Geology, Faculty of Earth and Life Sciences, Vrije Universiteit, De Boelelaan Amsterdam, the Netherlands, P.133–143.
- VAN VEEN, F. R. (1972). *Ambientes sedimentarios de las formaciones Mirador y Misoa del Eoceno inferior y medio en la cuenca del Lago de Maracaibo*. IV Cong. Geol. Venez., Caracas, 2: 1073-1104.
- YAO M., MOIR M., WANG M. y TERRIS D. (1999). *Peripheral Nerve Regeneration in CNTF Knockout Mice*. Triological Society Papers. Laryngoscope. 109(8):1263-1268.
- ZAMBRANO E. et al (1995). *El Eoceno en la cuenca de Maracaibo: Evolución tectonosedimentaria*. 8^{vo} Congreso Venezolano de Geofísica ASOVG.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (INTERNET):

- wec\MAC_FILE\SPANISH.
- <http://www.autodesk.es/adsk/servlet/index?siteID=455755&id=6694085> (Consulta Junio 2006).
- Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclaturas (2007). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. (L.E.V). PDVSA-Intevep. <http://www.pdv.com/lexico/camposp/cp031.htm> (Consulta Junio 2007).
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/medidas/medidas.htm> (Consulta Febrero 2007).
- <http://iit.jalisco.gob.mx/glosario/e.html>. (Consulta Febrero 2007).
- Comité Interfilial de Estratigrafía y Nomenclaturas (2007). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. Código Geológico-Posters. PDVSA-Intevep. <http://www.pdv.com/lexico/poster/tk9603.jpg> (Consulta Julio 2007).

[ANEXO 1]. CAMPO CEUTA
CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 1

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela, con granos gruesos hacia la base. Posiblemente pertenezca a la Facies S3 que reporta Kabbabe et al, 1996.

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas, del tipo *Ophiomorpha*.



POZO: VLG-3727
 PROFUNDIDAD: 15262' - 15264'

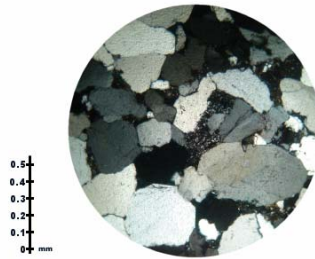
CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano:

Mín.	0.1
Máx.	0.4
Promedio	0.25

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.
 Moderadamente escogida.



VLG-3727 Prof.: 15262' - 15264'.
 Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
 ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de Contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	81
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	15

Granos (%):

Cuarzo	94
Monocristalino	77
Policristalino	17
Feldespatos (FLD)	2.0
Fragmento Roca (FR)	1.2

Porosidad (%):

Interpartícula	03
Intrapartícula	
Disolución	12
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos.
 Muchos poros elongados conectados de tamaño promedio 0,4 a 0,8mm. Pocos poros subangulares aislados de 0,4mm, no conectados entre sí.
 Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.
 Disolución parcial de matriz.
 Deformación de micas.

Cemento (%):

Cuarzo	1
Material Calcáreo	
Caolinita	1
Illita/Smect	1

Matriz (%):

Minerales Arcillas	1
Oxido de Fe	Tz

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

[ANEXO 2]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 2

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris con tonos pardos

Estructuras Físicas: Estratificación paralela, granos gruesos hacia la base. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: no se observan.



POZO: VLG-3727

PROFUNDIDAD: 15218' - 15219'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano:

Mín.	0.2
Máx.	0.7
Promedio	0.45

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Moderadamente bien escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos

Tangenciales, longitudinales y cóncavo-convexos.

Componentes principales (%):

GRANOS	82
MATRIZ	1
CEMENTO	2
POROSIDAD	15

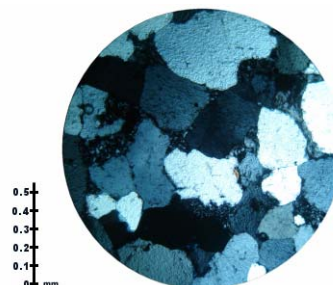
Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados de tamaño promedio 0,2-0,54 mm. Poros subredondeados de 0,5mm aislados no conectados entre sí.

Disolución parcial de matriz.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3727 Prof.: 15218' - 15219'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	92.7
Monocristalino	85.4
Policristalino	7.3
Feldespatos (FLD)	2.4
Fragmento Roca (FR)	3.7

Porosidad (%):

Interpartícula	03
Intrapartícula	
Disolución	12
Fractura	

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	Tz	Minerales Arcillas	1
Caolinita	1	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	Tz		

[ANEXO 3]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 3

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela, con laminaciones de arcillas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: No se observan.



POZO: VLF-3012

PROFUNDIDAD: 13762' - 13762'4''

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.5
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a Subredondeados.

Moderadamente escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de

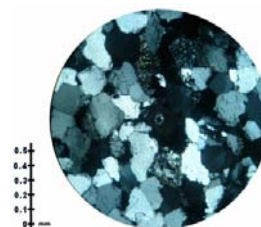
Contactos cóncavo-convexos y longitudinales, muy pocos suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	84
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	12

Observaciones: Bordes de granos de cuarzo corroídos. Poros elongados conectados entre sí de tamaño promedio 0,1 a 0,3 mm. Poros subredondeados aislados de tamaño promedio de 0,2 mm. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz y granos. Deformación y alteración de micas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLF-3012 Prof.: 13762' - 13762'4''.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	91.6
Monocristalino	77.3
Policristalino	14.3
Feldespatos (FLD)	4.7
Fragmento Roca (FR)	2.4

Porosidad (%):

Interpartícula	3
Intrapartícula	
Disolución	9
Fractura	

Cemento (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	Tz	Minerales Arcillas	1
Caolinita		Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	2		

Matriz (%):

[ANEXO 4]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 4

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris muy claro

Estructuras Físicas: Laminaciones paralelas y onduladas, se observan fracturadas. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: No se observan.



POZO: VLF-3012

PROFUNDIDAD: 13844' - 13844'6''

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.3
Promedio	0.2

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.
Moderadamente escogida.

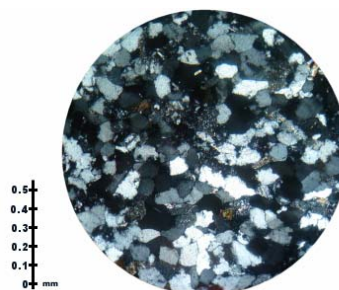
Tipos de Contactos: Predominio de Contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	83
MATRIZ	1
CEMENTO	4
POROSIDAD	12

Observaciones: bordes granos corroídos.
Poros elongados de tamaño promedio 0,08 a 0,2 mm. interconectados entre sí. Y poros subangulares aislados con promedio de 0,2mm.
Alteración de FLD a minerales arcillas.
Disolución parcial de matriz y granos.
Deformación de micas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3012 Prof.: 13844' - 13844'6''.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	86.7
Monocristalino	78.3
Policristalino	8.4
Feldespatos (FLD)	4.8
Fragmento Roca (FR)	6.0

Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	
Disolución	10
Fractura	

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	2		
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	1
Caolinita	Tz	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

[ANEXO 5]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 5

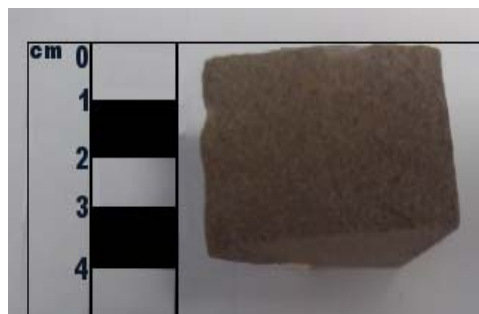
Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris

Estructuras Físicas: Laminaciones onduladas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: no se aprecia.



POZO: VLG-3525

PROFUNDIDAD: 11595'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.6
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de

Contactos cóncavo-convexos y suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	85
MATRIZ	1
CEMENTO	4
POROSIDAD	10

Observaciones: bordes de granos corroídos.

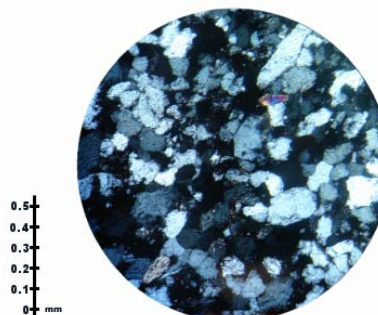
Pocos poros elongados conectados entre sí de tamaño promedio 0,06 a 0,4mm. Muchos poros de empaquetamiento no homogéneo aislados con promedio de 0,2mm y granos aislados de tamaño 0,025mm. No conectados entre sí.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Presencia de estilolitas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3525 Prof.: 11595'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	84.7
Monocristalino	70.6
Policristalino	14.1
Feldespatos (FLD)	5.9
Fragmento Roca (FR)	8.2

Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	
Disolución	8
Fractura	

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	Tz
Caolinita	Tz	Oxido de Fe	1
Illita/Smect	2		

[ANEXO 6]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 6

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: grueso

Color: marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: horadaciones.



POZO: VLG-3528

PROFUNDIDAD: 11506' - 11509'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

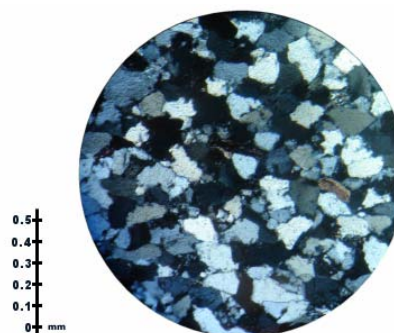
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.04
Máx.	0.36
Promedio	0.2

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Mal escogida.



VLG-3528 Prof.: 11506' - 11509'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de

Contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	92
MATRIZ	1
CEMENTO	4
POROSIDAD	3

Granos (%):

Cuarzo	94.6
Monocristalino	83.7
Policristalino	10.3
Feldespatos (FLD)	3.3
Fragmento Roca (FR)	1.1

Observaciones: bordes granos corroídos. Pocos Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,09 a 0,26mm, rellenos de matriz.

Poros subredondeados aislados con promedio de 0,13mm no conectados entre sí.

Deformación de micas.

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	3
Fractura	

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

Cemento (%):

Cuarzo	1	Matriz (%):	
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	1
Caolinita	2	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	Tz		

[ANEXO 7]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 7

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación Lenticular. Posiblemente pertenezca a la Facie S2. (Kabbabe et al, 1996). Presenta impregnaciones de hidrocarburo y fracturas.

Estructuras Biológicas: no se aprecia.



POZO: VLG-3716

PROFUNDIDAD: 13824' - 13826'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.08
Máx.	0.1
Promedio	0.02

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a Subredondeados.

Moderadamente escogida.

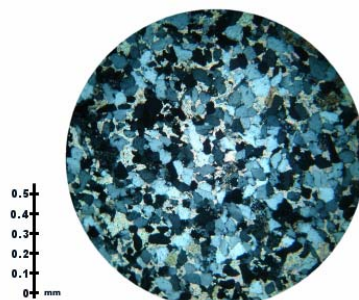
Tipos de Contactos: Predominio de contactos tangenciales, longitudinales y menor cantidad cóncavo-convexos.

Componentes principales (%):

GRANOS	73
MATRIZ	8
CEMENTO	15
POROSIDAD	4

Observaciones: bordes granos corroídos. Pocos Poros elongados interconectados de tamaño promedio 0,05 a 1,4mm. Poros redondeados de 0,03mm aislados no conectados entre sí. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Deformación de micas. Presenta estilolitas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3716 Prof.: 13824' - 13826'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	82.2
Monocristalino	82
Policristalino	
Feldespatos (FLD)	2.8
Fragmento Roca (FR)	6.9

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	1
Fractura	3

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	2		
Material Calcáreo	10	Minerales Arcillas	5
Caolinita	1	Oxido de Fe	3
Illita/Smect	2		

[ANEXO 8]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 8

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: destruida por biotubación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación moderada, posibles Thalassinoides.



POZO: VLG-3716

PROFUNDIDAD: 13829' - 13831'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

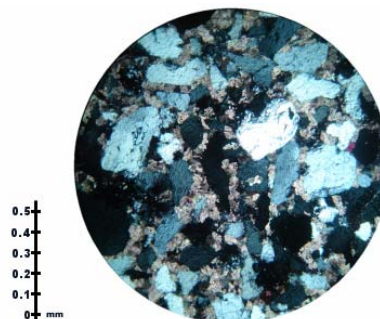
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	1
Promedio	0.6

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Mal escogida.



VLG-3716 Prof.: 13829' - 13831'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos Tangenciales y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	68
MATRIZ	02
CEMENTO	18
POROSIDAD	12

Granos (%):

Cuarzo	88.2
Monocristalino	73.5
Policristalino	14.7
Feldespatos (FLD)	7.4
Fragmento Roca (FR)	2.9

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados conectados de tamaño promedio

0,2 a 0,3mm. Poros subredondeados de 0,35mm

No conectados entre sí. Algunos granos flotantes

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial granos. Deformación de micas

Y fracturamiento de granos. Presenta estilolitas.

Cemento rellena poros y recubre granos.

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	7
Fractura	4

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Subarenita feldespática

Cemento (%):

Cuarzo	1	Matriz (%):	
Material Calcáreo	15	Minerales Arcillas	1
Caolinita		Oxido de Fe	1
Illita/Smect	2		

[ANEXO 9]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 9

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris oscuro a negro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación moderada, posibles Thalassinoides.



POZO: VLG-3726

PROFUNDIDAD: 16277' - 16279'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.4
Promedio	0.25

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente a mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos longitudinales, pocos tangenciales y cóncavo-convexos.

Componentes principales (%):

GRANOS	82
MATRIZ	10
CEMENTO	3
POROSIDAD	5

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,04 a 0,4mm rellenos de matriz. Poros aislados

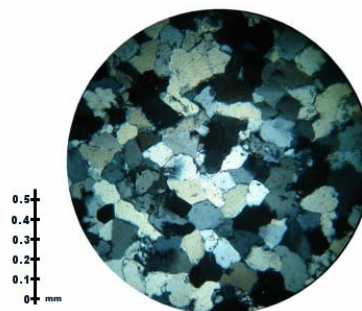
Redondeados no conectados de 0,1mm.

Alteración de FR a minerales arcillas.

Disolución parcial de granos y matriz.

Deformación de micas. Presenta estilolitas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3726 Prof.: 16277' - 16279'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	91.5
Monocristalino	81.7
Policristalino	9.8
Feldespatos (FLD)	3.7
Fragmento Roca (FR)	3.7

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	3

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	7
Caolinita		Oxido de Fe	3
Illita/Smect	1		

[ANEXO 10]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 10

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: fino

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación sin diferenciar alta.



POZO: VLG-3726

PROFUNDIDAD: 16383' - 16386'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.6
Promedio	0.4

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subredondeados.

Moderadamente escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de

Contactos cóncavo-convexos, longitudinales y Suturados.

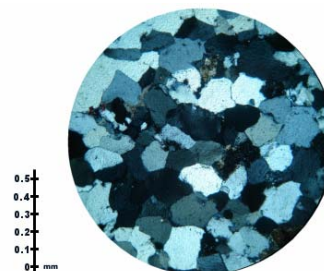
Componentes principales (%):

GRANOS	88
MATRIZ	2
CEMENTO	7
POROSIDAD	3

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,04 a 0,2mm. Rellenos de matriz y cemento. Poros redondeados de 0,04mm no conectados. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz. Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



VLG-3726 Prof.: 16383' - 16386'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	84.1
Monocristalino	68.2
Policristalino	15.9
Feldespatos (FLD)	4.5
Fragmento Roca (FR)	8.0

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	3
Fractura	

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	2		
Material Calcáreo	2	Minerales Arcillas	1
Caolinita	1	Oxido de Fe	1
Illita/Smect	2		

[ANEXO 11]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 11

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro a oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación enmascarada por biotubación. Posiblemente pertenezca a la Facies S11B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Horadaciones



POZO: VLG-3726

PROFUNDIDAD: 16428' - 16430'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

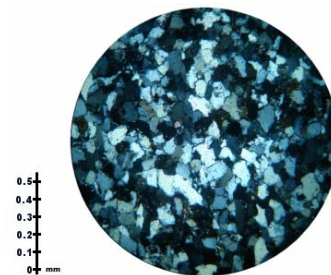
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.04
Máx.	0.24
Promedio	0.14

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a Subredondeados.

Mal escogida.



Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de

Contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	82
MATRIZ	12
CEMENTO	3
POROSIDAD	3

Granos (%):

Cuarzo	70.7
Monocristalino	58.5
Policristalino	12.2
Feldespatos (FLD)	8.5
Fragmento Roca (FR)	18.3

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	1
Fractura	2

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados de tamaño promedio 0,05 a 0,4 mm conectados. Poros subredondeados de 0,08 mm no conectados entre sí. Rellenos de matriz

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Deformación de micas y granos.

Presenta estilolitas.

Cemento (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	7
Caolinita	1	Oxido de Fe	5
Illita/Smect	1		

Matriz (%):

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita

[ANEXO 12]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 12

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas, *Ophiomorpha*.



POZO: VLG-3727

PROFUNDIDAD: 15308' - 15310'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.4
Promedio	0.3

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados. Pocos longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	90
MATRIZ	1
CEMENTO	2
POROSIDAD	7

Observaciones: bordes de granos corroídos.

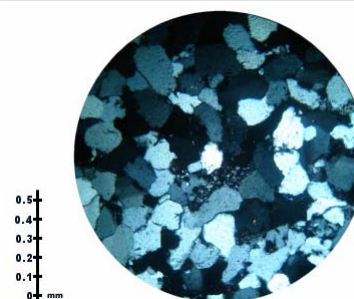
Muy pocos poros elongados de tamaño promedio de 0,06 a 0,2mm, conectados entre si. Poros aislados no conectados entre sí de 0,28mm.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



VLG-3727 Prof.: 15308' - 15310'.
Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	93.3
Monocristalino	82.2
Policristalino	11.1
Feldespatos (FLD)	2.2
Fragmento Roca (FR)	3.3

Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	
Disolución	5
Fractura	

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	Tz	Minerales Arcillas	1
Caolinita	Tz	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

[ANEXO 13]. CAMPO BARÚA
CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 13

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro.

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Escandón y Moreno, 1998)

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas, *Ophiomorpha*, *skolithos*.



POZO: MGB-4x
 PROFUNDIDAD: 15551'- 15555'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.12
Máx.	0.3
Promedio	0.21

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Muy mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos Tangenciales, longitudinales, escasos cóncavo-Convexo.

Componentes principales (%):

GRANOS	70
MATRIZ	15
CEMENTO	05
POROSIDAD	10

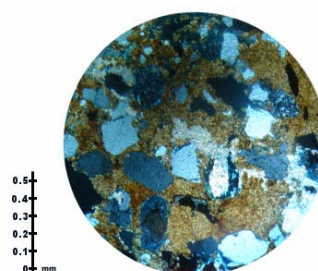
Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados conectados muy irregulares de tamaño promedio 0,13 a 0,4mm. Pocos poros aislados subredondeados de tamaño 0,18mm, rellenos de matriz.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Subarenita feldespática



MGB-4x Prof.: 15551'- 15555'.
 Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	86
Monocristalino	86
Policristalino	
Feldespatos (FLD)	7.1
Fragmento Roca (FR)	6.0

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	8
Fractura	1

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	3	Minerales Arcillas	13
Caolinita		Oxido de Fe	2
Illita/Smect	1		

[ANEXO 14]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 14

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio a grueso

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Escandón y Moreno, 1998). Presenta fracturas.

Estructuras Biológicas: no se aprecian.



POZO: MGB-5x

PROFUNDIDAD: 13564' - 13566'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

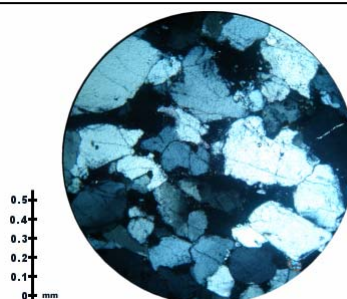
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.6
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a Subangulosos.

Mal escogida.



MGB-5x Prof.: 13564' - 13566'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y longitudinales. Pocos tangenciales.

Componentes principales (%):

GRANOS	90
MATRIZ	2
CEMENTO	3
POROSIDAD	5

Granos (%):

Cuarzo	94.4
Monocristalino	88.9
Policristalino	5.5
Feldespatos (FLD)	3.3
Fragmento Roca (FR)	2.2

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	4
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos.
Poros elongados conectados de tamaño promedio 0,2 a 0,4mm, muy pocos poros aislados de 0,2mm.
Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.
Disolución parcial de matriz y granos.
Deformación de micas y granos.
Empaquetamiento apretado.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	1
Caolinita	1	Oxido de Fe	1
Illita/Smect	Tz		

[ANEXO 15]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 15

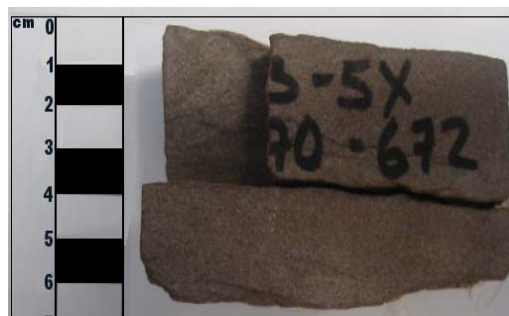
Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela con lentes de arcilla. Posiblemente pertenezca a la Facies S11 (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: No se aprecian.



POZO: MGB-5x

PROFUNDIDAD: 13670' - 13672'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.5
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a Subangulosos.

Moderadamente escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos

Suturados, cóncavo-convexos y pocos

longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	87
MATRIZ	2
CEMENTO	6
POROSIDAD	5

Observaciones: bordes de granos corroídos. Muy

Pocos poros elongados de tamaño promedio 0,2 a

0,6mm que se conectan entre si y poros aislados

Redondeados de 0,5mm. Matriz rellena poros.

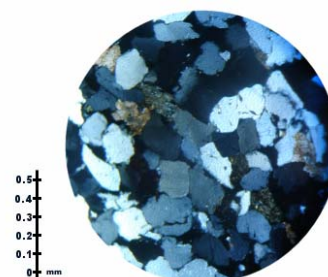
Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos. Tiene estilolitas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever,

1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-5x Prof.: 13670' - 13672'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	90.8
Monocristalino	70
Policristalino	20
Feldespatos (FLD)	4.6
Fragmento Roca (FR)	2.3

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	3
Fractura	2

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo			
Material	2	Minerales	1
Calcáreo		Arcillas	
Caolinita	1	Oxido de Fe	1
Illita/Smect	3		

[ANEXO 16]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 16

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S11 (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Ausentes.



POZO: MGB-5x

PROFUNDIDAD: 13806' - 13808'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

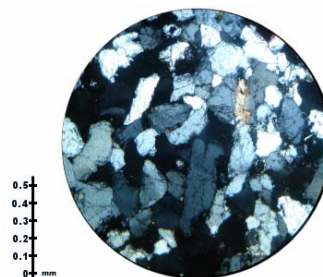
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.5
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.



MGB-5x Prof.: 13806' - 13808'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados. Pocos longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	84
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	12

Granos (%):

Cuarzo	94
Monocristalino	88
Policristalino	6
Feldespatos (FLD)	3.6
Fragmento Roca (FR)	1.2

Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	
Disolución	10
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos. Pocos poros elongados de tamaño promedio 0,3 a 0,7mm conectados entre sí. Muchos poros aislados de 0,3mm.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Granos de cuarzo muy fracturados.

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	Tz		
Material Calcáreo	2	Minerales Arcillas	1
Caolinita		Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

[ANEXO 17]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 17

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Presenta algunas horadaciones



POZO: MGB-18x

PROFUNDIDAD: 13100'- 13102'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.06
Máx.	0.9
Promedio	0.48

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Muy mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	78
MATRIZ	1
CEMENTO	15
POROSIDAD	6

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados que se conectan entre si, de tamaño promedio 0,13 a 0,2mm. Muchos poros aislados que no se conectan entre sí.

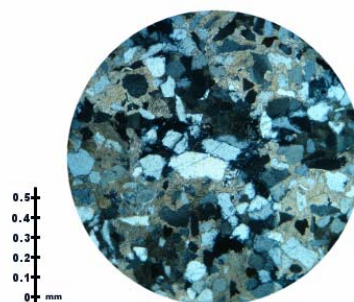
Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Cemento y matriz rellenan poros.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-18x Prof.: 13100'- 13102'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	93.6
Monocristalino	90
Policristalino	3.6
Feldespatos (FLD)	1.3
Fragmento Roca (FR)	3.8

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	5
Fractura	

Cemento (%):

Cuarzo	1
Material Calcáreo	11
Caolinita	1
Illita/Smect	2

Matriz (%):

Minerales Arcillas	1
Oxido de Fe	

[ANEXO 18]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 18

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Medio

Color: Marrón oscuro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S3. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: horadaciones muy escasas, *ophiomorpha*.



POZO: MGB-18x

PROFUNDIDAD: 13174' - 13177'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.6
Promedio	0.4

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos a Subredondeados.

Moderadamente escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos

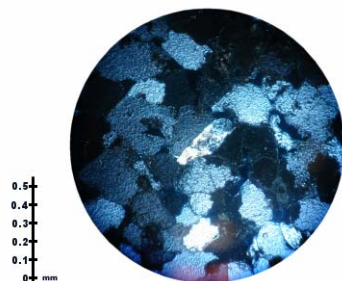
Longitudinales, tangenciales y cóncavo-convexo

Componentes principales (%):

GRANOS	81
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	15

Observaciones: pocos bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,2 a 0,4mm. Se conectan entre sí. Presenta poros aislados que no se conectan entre sí. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz y granos. Deformación de granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MGB-18x Prof.: 13174' - 13177'.

Objetivo 10x/0.20, nículos cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	96.3
Monocristalino	84
Policristalino	12.3
Feldespatos (FLD)	1.2
Fragmento Roca (FR)	1.2

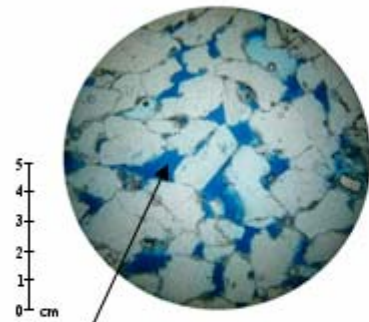
Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	1
Disolución	12
Fractura	

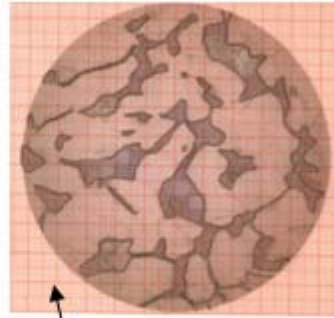
Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	1
Caolinita		Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	2		



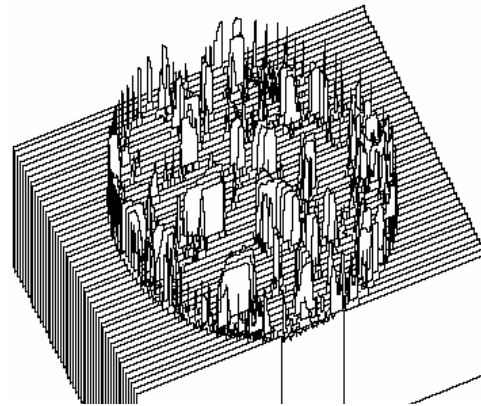
Poros



Malla Milimetrada



Imagen binarizada



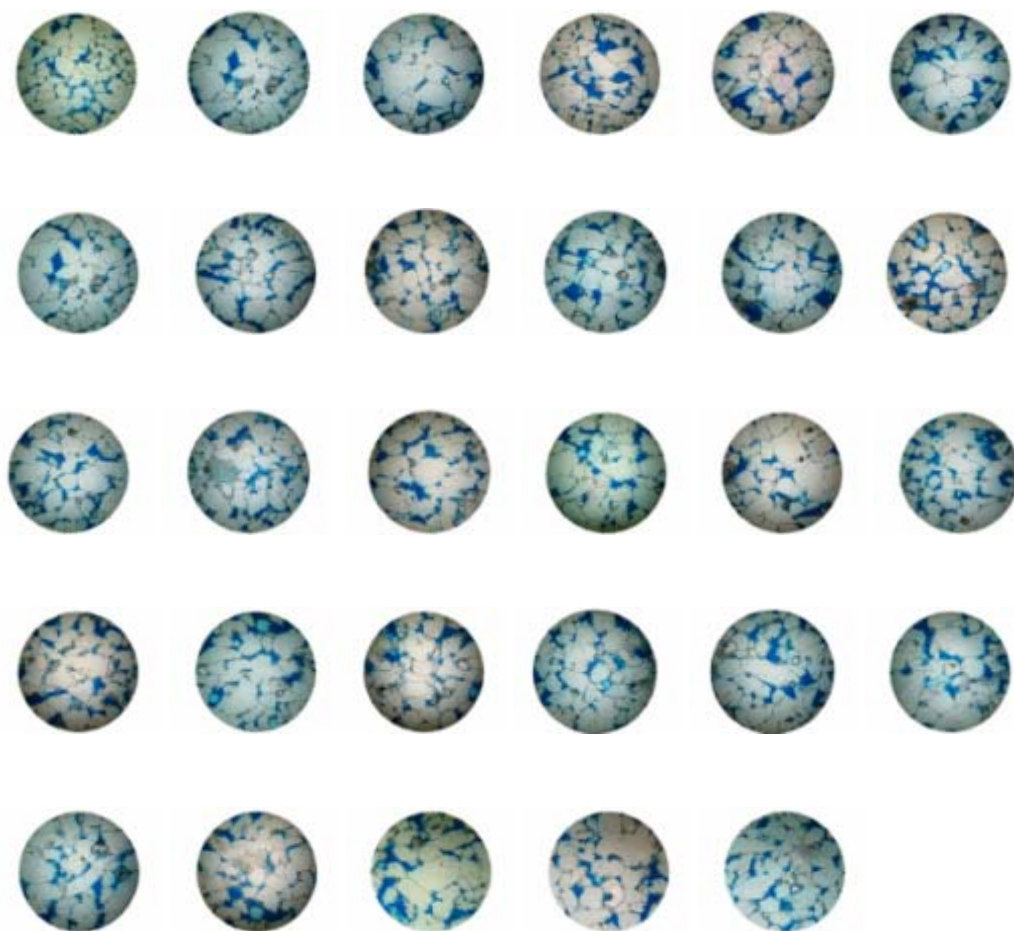
figuras 3D

Fotografía de la muestra MGB-18x

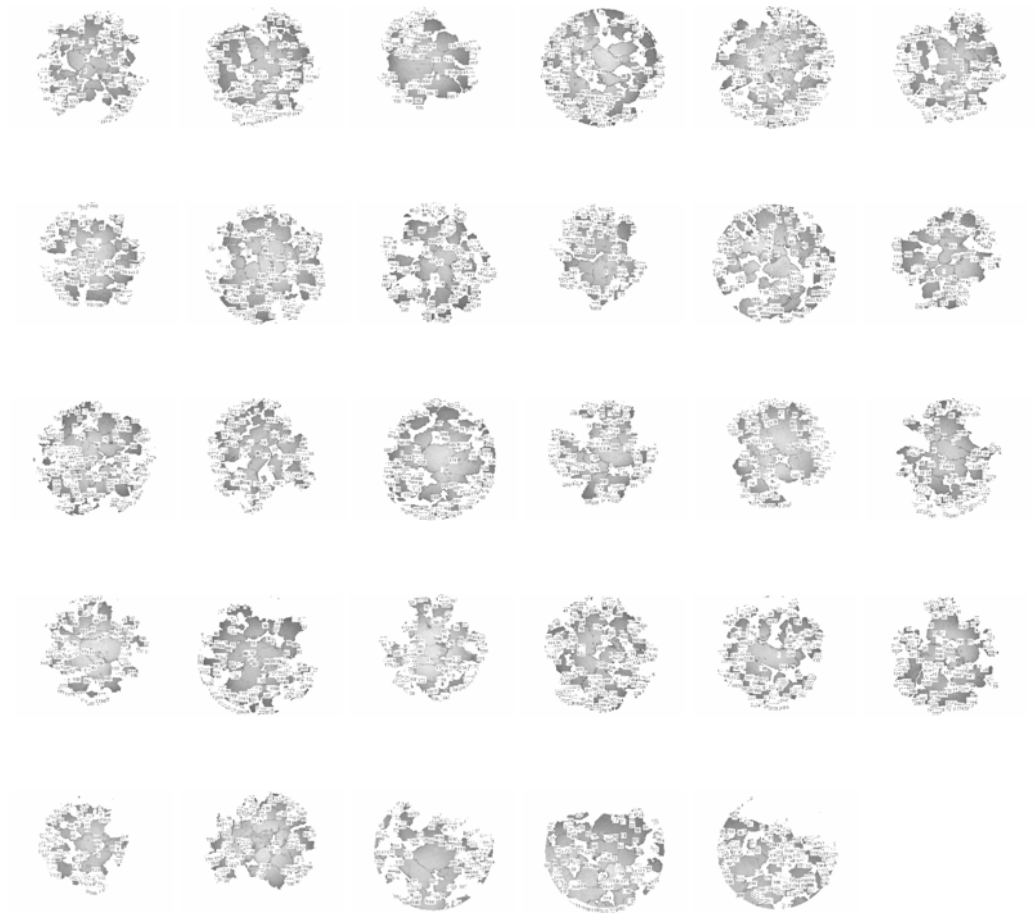
Profundidad: 13174' - 13177'

Las figuras muestran la metodología aplicada en la calibración del programa *Scion Image*. Se observa que la imagen no tiene matriz.

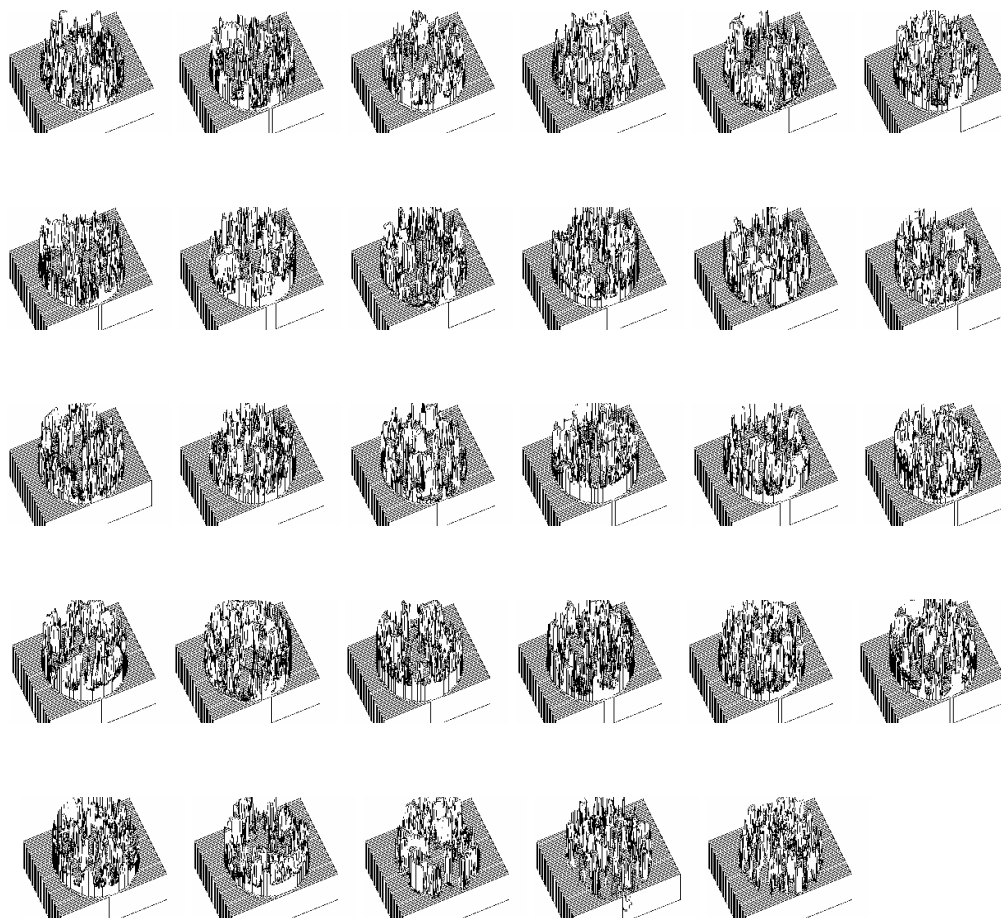
- El área azul corresponde a la porosidad y la parte gris a los granos.
- Colocación del papel o malla milimetrada para el conteo areal de los poros y realizar el cálculo de porosidad.



Collage de fotografías de la Muestra 18 Objetivo 10x/0.30, con nícoles paralelos y ocular 10x/20.



Collage de Imagen binarizada de la Muestra 18

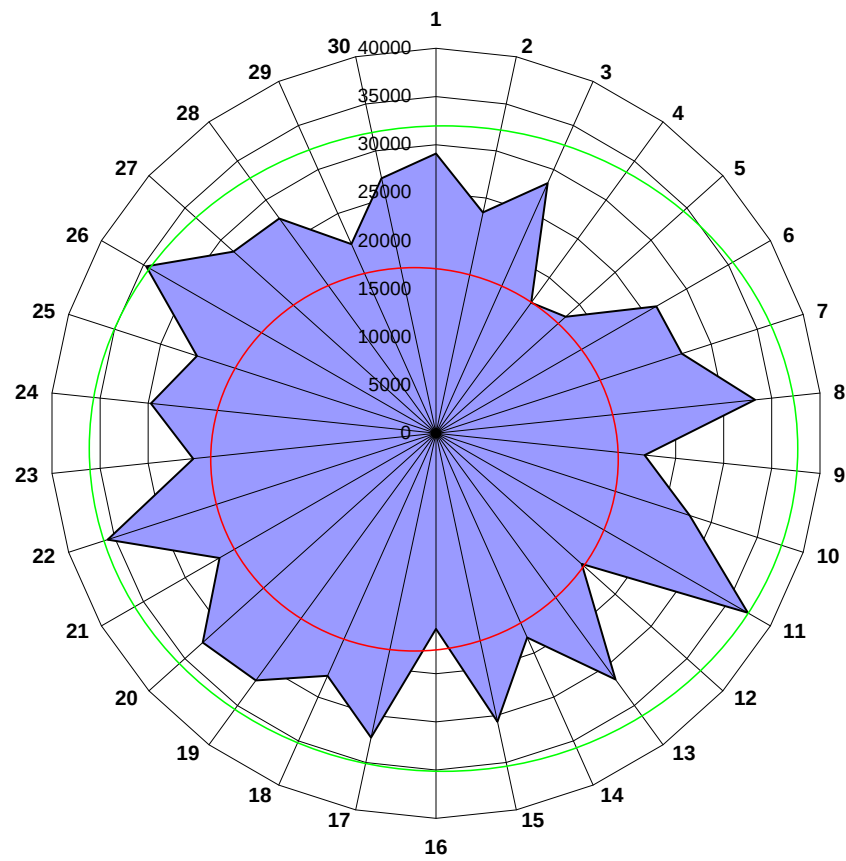


Collage de figuras 3D de la Muestra 18

Valor arrojados por el programa Scion Image para la muestra 18

Cantidad de Fotos	Área	X	Y	Mayor	Menor	Mayor-Menor	Desviación estándar	Angulo	Medida	Moda
1	29066	36996,87	26728,98	798,89	548,13	250,76	2,441494845	30,32721649	148,8660309	147
2	23458	47008,89	40561,3	1099	630,08	468,92	1,90872	38,94816	154,39392	153,408
3	28473	33324,32	19086,94	740,26	498,08	242,18	1,969384615	32,70184615	149,2791795	148
4	16760	38287,5	34574,34	1389,19	735,6	653,59	4,969817352	39,61273973	164,3185845	160
5	18119	49874,65	35965,57	1392,16	651,66	740,5	3,220084034	40,57621849	155,8338655	153
6	26341	29642,55	20046,79	548,06	377,25	170,81	1,171865672	5167,12	129,6415672	129
7	26777	43973,01	37337,9	985,97	624,15	361,82	1,769759036	38,56059701	148,38	147,4337349
8	33216	33833,46	26241,91	711	520,85	190,15	1,74065	32,90032129	147,3092	146
9	21735	48972,16	37655,53	1225,99	637,38	588,61	2,792285714	39,25693878	152,2928571	150
10	27606	46586,69	28702,65	882,28	586,94	295,34	1,348771186	31,63199153	161,9036017	161
11	37295	32052,11	18962,09	789,74	512,18	277,56	2,272540541	30,13140541	155,6823784	154
12	20289	37881,66	26945,46	1048,73	601,5	-153,14	3,515842105	37,09763158	157,6596316	155
13	31635	39304,89	20759,78	879,93	541,97	337,96	2,645113636	33,83772727	153,2681818	151
14	23236	56649,26	42092,09	1086,12	684,53	401,59	1,982978723	35,92400709	159,7373404	158,3439716
15	30621	35229,97	26722,13	828,65	537,16	291,49	2,007794118	33,32411765	156,8007353	155
16	20318	46959,57	34509,64	1219,8	657,23	562,57	2,954892704	33,54360515	156,5548069	154
17	32296	40221,42	26966,41	926,8	587,39	339,41	1,69030303	34,64090909	153,3387879	152
18	27579	48062,14	24997,86	1008,67	594,22	414,45	3,060363636	37,67109091	143,34	141
19	31726	51734,88	40315,24	1219,89	674,03	545,86	2,431363636	35,09070248	157,4319421	155
20	32516	36397,14	27051,73	837,4	537,9	299,5	1,982587065	30,04054726	146,5818905	145

21	25883	42625,33	43335,55	957,11	576,96	380,15	1,802236287	26,02742616	159,4265823	158,4092827
22	35742	40691,42	26993,36	747,03	520,44	226,59	1,74025641	32,71723077	140,9535897	140
23	25261	51920,97	41756,58	1165,8	683,16	482,64	2,348654545	33,9716	160,8424364	159
24	29668	45753,4	38262,82	825,01	589,06	235,95	1,429920319	25,52035857	153,9539442	153
25	26014	44221,95	36500,46	1063,28	569,93	493,35	1,86373444	31,58987552	154,4684647	153,4232365
26	34652	25456,62	23220,13	678,57	451,95	226,62	1,323272727	31,428	130,0445455	129
27	28216	37892,26	22293,54	825,73	532,12	293,61	2,510659898	35,45908629	147,0123858	145
28	27597	43215,74	27386,58	958,25	515,36	442,89	1,798585859	30,54065657	143,6384343	143,1414141
29	21518	33578,82	29331,5	998,89	518,64	54,47	4,313274854	38,49918129	150,434386	146
30	27067	45816,15	34767,99	1192,42	631,85	560,57	3,967281106	36,76930876	147,4206452	144,5115207
	820680	1244165,8	920072,85	29030,62	17327,7	10676,77	2,3658163		4540,8099	4486,6712



Área (píxeles²) ocupada por los granos del collage de la muestra 18

[ANEXO 19] CAMPO MOTATÁN
CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 19

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: no se aprecian.



POZO: MOT-2
 PROFUNDIDAD: 7853' - 7854'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.5
Promedio	0.3

Redondez y Escogimiento:

Angulosos, Subangulosos a Subredondeados.
 Mal escogida.

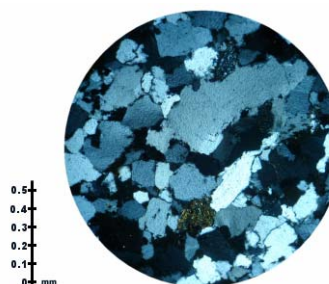
Tipos de Contactos: Predominio de contactos longitudinales y cóncavo-convexos. Pocos suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	79
MATRIZ	14
CEMENTO	4
POROSIDAD	3

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,16 a 0,5 mm. muchos se conectan entre sí y están rellenos de matriz. Presenta estilolitas. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz y granos. Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-2 Prof.: 7853' - 7854'.
 Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	92.4
Monocristalino	86.0
Policristalino	6.4
Feldespatos (FLD)	3.8
Fragmento Roca (FR)	2.5

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	1

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	2		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	12
Caolinita		Oxido de Fe	2
Illita/Smect	2		

[ANEXO 20]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 20

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris con tonos oscuros

Estructuras Físicas: Estratificación. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996). Presenta impregnación de hidrocarburos y fracturas.

Estructuras Biológicas: Bioturbación muy escasas, *Ophiomorpha*.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 8863' - 8865'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.6
Promedio	0.35

Redondez y Escogimiento:

Angulosos, Subangulosos a Subredondeados. Mal escogida.

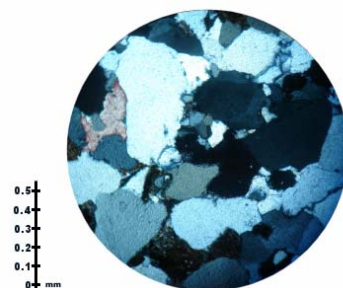
Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos, longitudinales y pocos suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	87
MATRIZ	5
CEMENTO	3
POROSIDAD	5

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados conectados entre si, de tamaño promedio 0,1 a 0,9mm. Rellenos de matriz. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de matriz y granos. Deformación de micas y granos. Presenta granos flotantes y estilolitas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa



MOT-2 Prof.: 8863' - 8865'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	91
Monocristalino	74
Policristalino	17
Feldespatos (FLD)	3.4
Fragmento Roca (FR)	3.4

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	3

Cemento (%):

Matriz (%):

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	2	Minerales Arcillas	2
Caolinita		Oxido de Fe	3
Illita/Smect	Tz		

[ANEXO 21]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 21

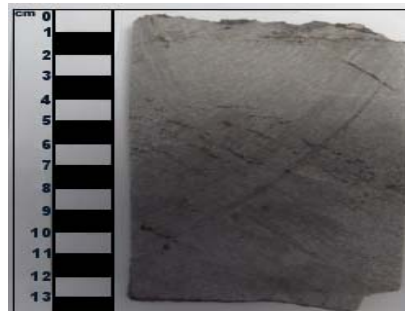
Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facie S11. (Kabbabe et al, 1996). Impregnada de hidrocarburos. Presenta fracturas.

Estructuras Biológicas: Bioturbación escasas, *Ophiomorpha*.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 8912' - 8914'

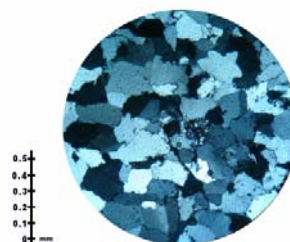
CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.8
Promedio	0.5

Redondez y Escogimiento:

Angulosos, subangulosos a subredondeados. Moderadamente escogida.



MOT-2 Prof.: 8912' - 8914'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos Suturados y cóncavo-convexos. Pocos longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	91
MATRIZ	2
CEMENTO	2
POROSIDAD	5

Granos (%):

Cuarzo	91.2
Monocristalino	80.2
Policristalino	11
Feldespatos (FLD)	4.4
Fragmento Roca (FR)	3.3

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	4
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,1 a 0,5mm y redondeados de 0,3mm, no conectados entre sí y Rellenos de matriz.

Alteración de FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación y fracturamiento de granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

Cemento (%):

Cuarzo	1
Material Calcáreo	
Caolinita	
Illita/Smect	1

Matriz (%):

Minerales Arcillas	1
Oxido de Fe	1

[ANEXO 22]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 22

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Gris

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Presenta fracturas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: escasas horadaciones.



POZO: MOT-2
PROFUNDIDAD: 8997' - 8999'

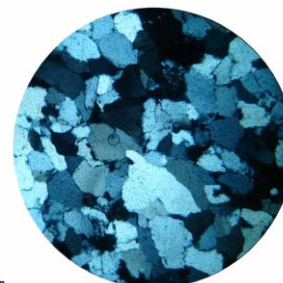
CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.8
Promedio	0.45

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.
Mal escogida.



Objetivo 10x/0.20, nicoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	92
MATRIZ	2
CEMENTO	1
POROSIDAD	5

Granos (%):

Cuarzo	90.2
Monocristalino	86
Policristalino	4.2
Feldespatos (FLD)	3.2
Fragmento Roca (FR)	4.3

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	4
Fractura	1

Observaciones: bordes de granos corroídos.
Poros elongados de tamaño promedio 0,2-0,4mm
Y subredondeados de 0,18 no se conectan entre si.
Alteración de FR a minerales arcillas.
Disolución parcial de matriz y granos.
Deformación de micas y granos.
Presenta granos flotantes y estilolitas.

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	1		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	
Caolinita	Tz	Oxido de Fe	2
Illita/Smect			

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita

[ANEXO 23]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 23

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: Gris oscuro

Estructuras Físicas: Perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S11B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: Ausentes.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 9168' - 9171'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.05
Máx.	0.4
Promedio	0.225

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos.

Mal escogida.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados. Pocos longitudinales y tangenciales.

Componentes principales (%):

GRANOS	80
MATRIZ	12
CEMENTO	3
POROSIDAD	5

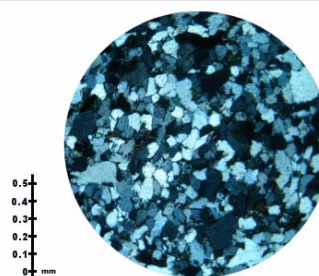
Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,06-0,5mm se conectan entre sí, rellenos de matriz. Pocos poros aislados.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-2 Prof.: 9168' - 9171'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	90.0
Monocristalino	83.8
Policristalino	6.2
Feldespatos (FLD)	3.7
Fragmento Roca (FR)	5

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	5
Fractura	

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	2		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	10
Caolinita		Oxido de Fe	2
Illita/Smect	1		

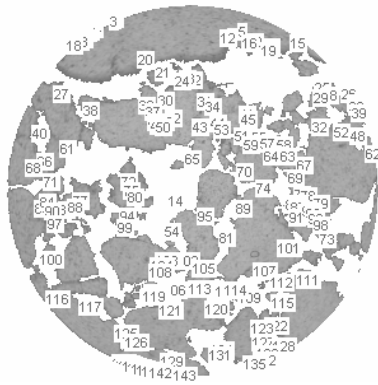
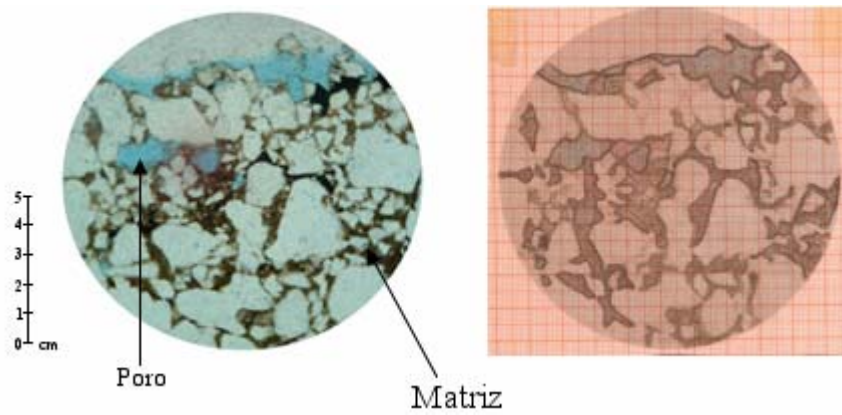
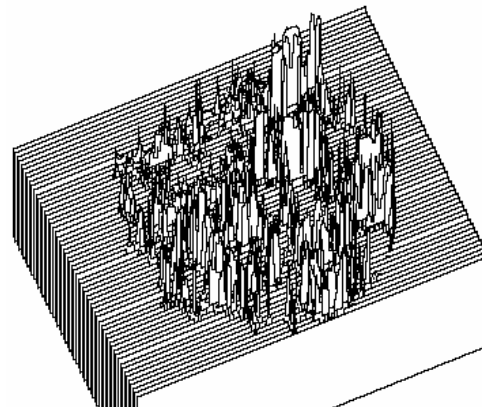


Imagen binarizada



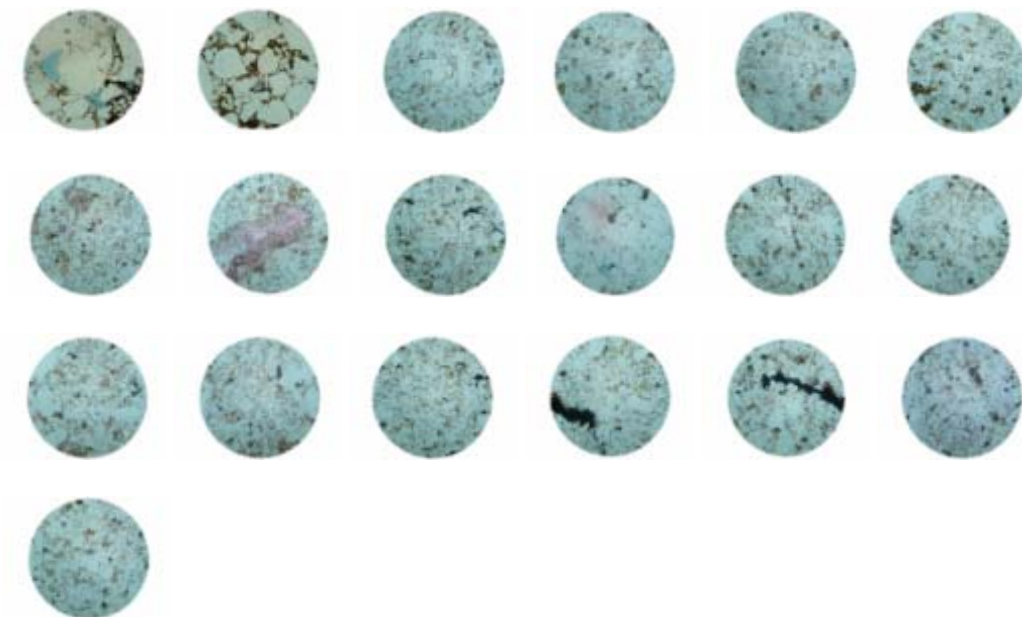
figuras 3D

Fotografía de la muestra MOT-2

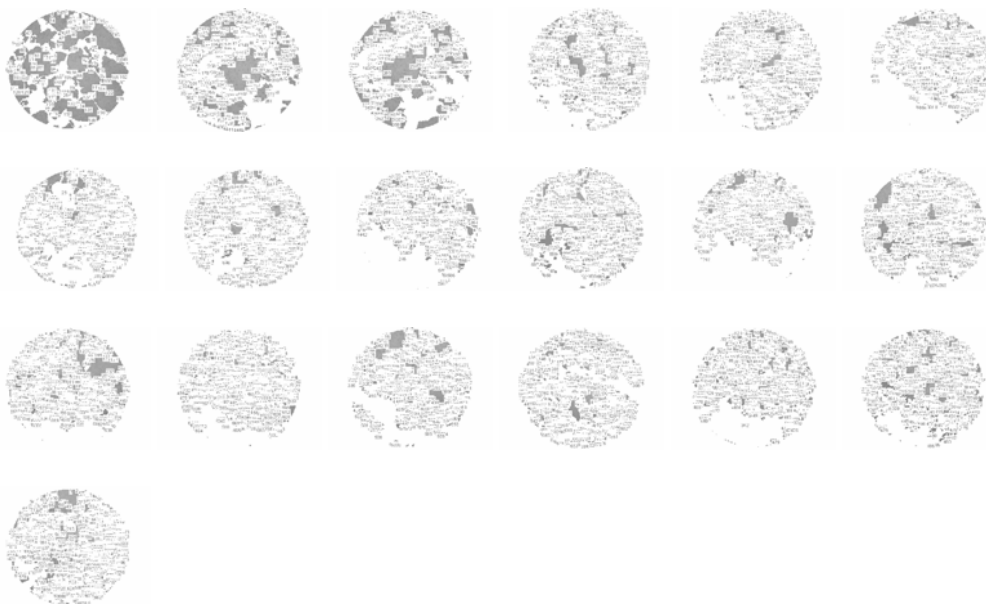
Profundidad: 9168' - 9171'

Las figuras muestran la metodología aplicada en la calibración del programa *Scion Image*. Se observa que la imagen contiene matriz.

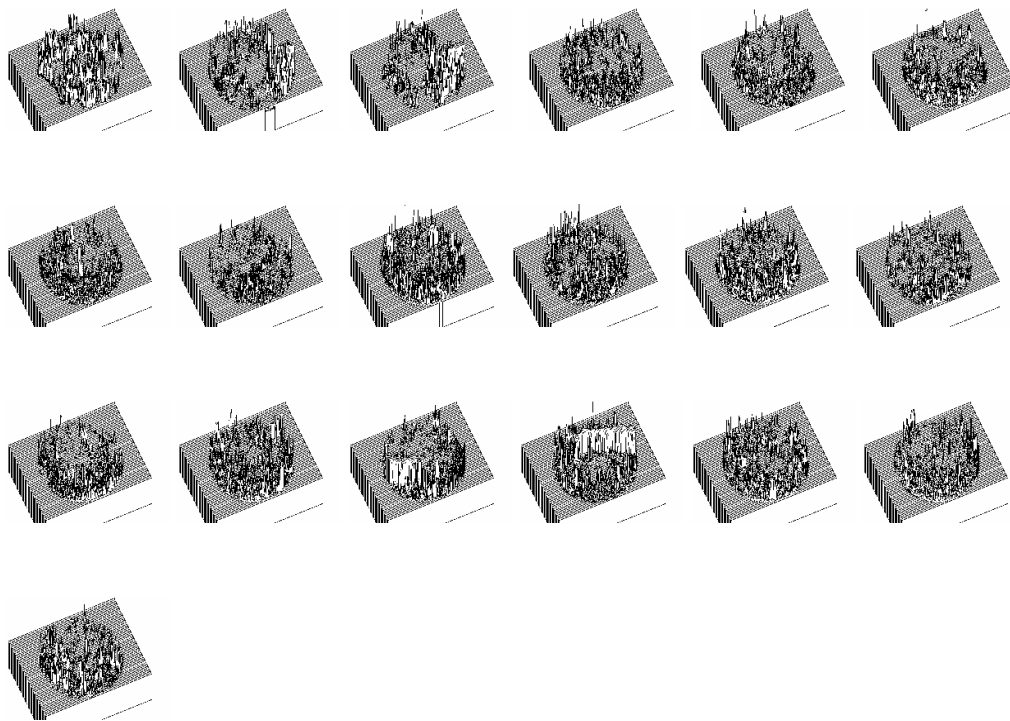
- El área azul corresponde a la porosidad y la parte gris a los granos.
- Colocación del papel o malla milimetrada para el conteo areal de los poros y realizar el cálculo de porosidad.



Collage de fotografías de la Muestra 23 Objetivo 10x/0.30, con nícoles paralelos y ocular 10x/20.



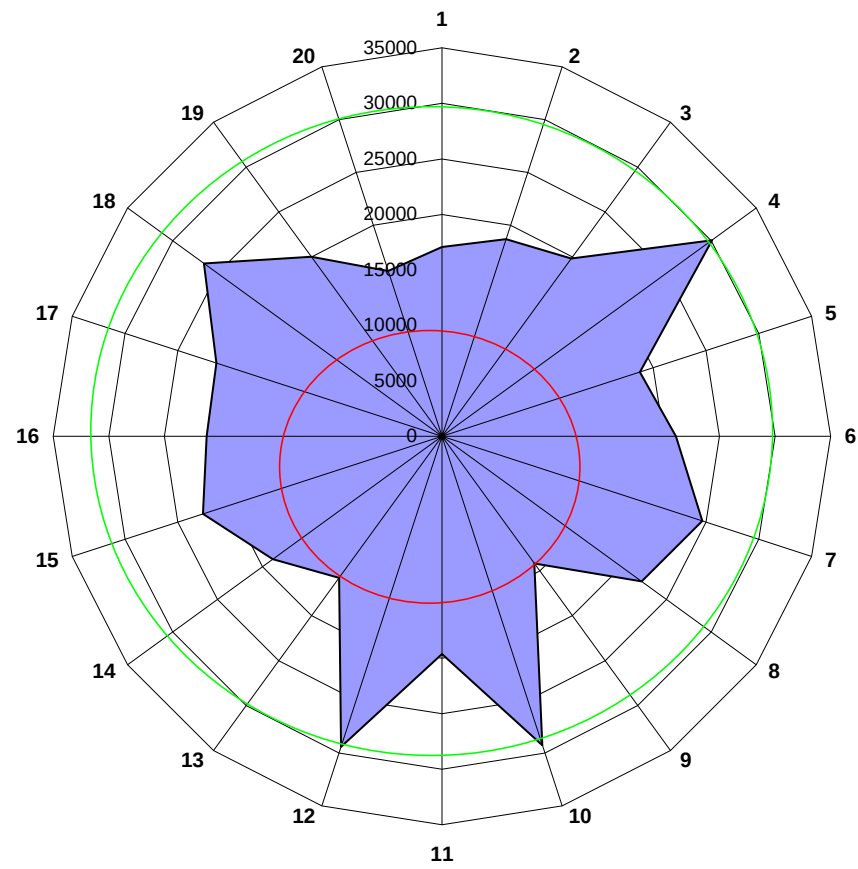
Collage de Imagen binarizada de la Muestra 23



Collage de figuras 3D de la Muestra 23

Valor arrojados por el programa Scion Image para la muestra 23

Cantidad de Fotos	Área (Pixel ²)	X	Y	Mayor	Menor	Mayor-Menor	Desviación Estándar	Angulo	Media	Moda
1	17062	26855,14	16852,27	959,76	495,55	464,21	4,300507246	43,72934783	131,9313043	129
2	18690	81919,84	59244,07	1655,34	935,97	719,37	1,247820225	31,02323596	129,6842247	129
3	19815	66140,32	41456,77	1391,34	761,47	629,87	1,34226257	30,99148045	129,7269832	129
4	30068	30679,77	17055,69	1039,11	535,43	503,68	2,370060606	40,9169697	130,5831515	129
5	18760	131617,96	84989,67	2605,98	1372,76	1233,22	1,390442338	45,43579779	129,606951	129
6	21075	145026,46	94480,14	2676,65	1490,66	1185,99	1,167111756	42,0954717	129,6261829	129
7	24651	143878,75	86074,17	2375,45	1339,56	1035,89	0,829450223	37,96778603	129,4566865	129
8	22249	147883,7	100579,82	2660,49	1524,19	1136,3	1,14107604	42,76608321	129,5618508	129
9	14151	182187,13	130693,62	2891,5	1666,74	1224,76	0,68440133	40,57797118	129,2622838	129
10	29285	124229,77	71980,52	2435,92	1305,57	1130,35	1,491235195	45,38847716	129,7354315	129
11	19601	137295,38	91385,32	2678,62	1455,42	1223,2	1,452280179	43,92500745	129,7368554	129
12	29410	103730,34	61915,36	2198,08	1197,95	1000,13	1,304097744	44,0856391	120,7263722	120
13	15769	137172,7	87821,41	2673,91	1388,7	1285,21	1,108198198	44,90665165	129,6257207	129
14	18826	119410,46	84345,25	2467,07	1346,14	1120,93	0,897194357	46,27573668	129,45779	129
15	22632	139368,18	91727,32	2966,29	1610,55	1355,74	1,436480687	51,49001431	129,7031474	129
16	21188	122821,49	79003,54	2456,7	1308,14	1148,56	1,338217317	47,41831919	129,6803396	129
17	21344	135959,09	104235,35	2908,46	1572,69	1335,77	1,52002924	44,10112573	129,8398538	129
18	26494	98024,77	61050,52	2473	1278,91	1194,09	2,035636743	56,01903967	130,1721086	129
19	20007	99233,36	63729,14	2281,27	1241,22	1040,05	2,031995885	50,56065844	130,1377572	129
20	15655	148605,4	98596,98	2739,44	1523,31	1216,13	1,474594993	45,51930781	129,910162	129
	426732	116102,001	76360,8465	2326,719	1267,5465	1059,1725	1,5281546		129,40826	128,55



Área (píxeles²) ocupada por los granos del collage de la muestra 23

[ANEXO 24]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 24

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: Gris con tonos rosados

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Presenta fracturas. Posiblemente pertenezca a la Facies S1 (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: no se observan.



POZO: MOT-2

PROFUNDIDAD: 9355' - 9357'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

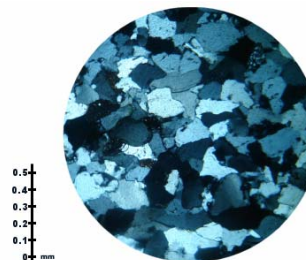
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.3
Promedio	0.2

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Mal escogida.



MOT-2 Prof.: 9355' - 9357'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados. Pocos longitudinales.

Componentes principales (%):

GRANOS	92
MATRIZ	3
CEMENTO	2
POROSIDAD	3

Granos (%):

Cuarzo	90.2
Monocristalino	82.6
Policristalino	7.6
Feldespatos (FLD)	3.3
Fragmento Roca (FR)	5.4

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	1
Fractura	2

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados de tamaño promedio 0,1-0,7mm

Conectados entre sí. Poros aislados subangulares de 0,04mm, no conectados. Presenta estilolitas.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Deformación de micas y granos.

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	2		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	2
Caolinita		Oxido de Fe	1
Illita/Smect	Tz		

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita

[ANEXO 25]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 25

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro

Estructuras Físicas: de Masiva a perturbada por bioturbación. Posiblemente pertenezca a la Facies S11B. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: horadaciones.



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10943' - 10944'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

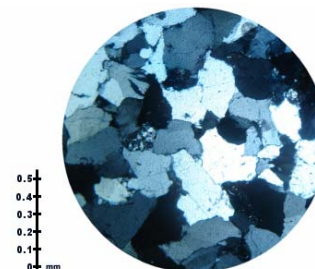
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.7
Promedio	0.45

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente escogida.



Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos, longitudinales y pocos suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	86
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	10

Granos (%):

Cuarzo	94.2
Monocristalino	86
Policristalino	8.2
Feldespatos (FLD)	2.3
Fragmento Roca (FR)	2.3

Porosidad (%):

Interpartícula	2
Intrapartícula	
Disolución	8
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos.

Poros elongados de tamaño promedio 0,1-0,3mm

No conectados entre sí.

Disolución parcial de granos.

Cemento (%):

Cuarzo	2
Material Calcáreo	Tz
Caolinita	
Illita/Smect	1

Matriz (%):

Minerales Arcillas	
Oxido de Fe	1

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

[ANEXO 26]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 26

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: No se aprecian.



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10951'- 10953'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

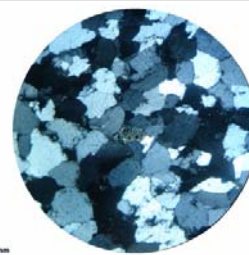
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.2
Máx.	0.6
Promedio	0.4

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente a bien escogida.



MOT-8 Prof.: 10951'- 10953'.

Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos Suturados y cóncavo-convexos.

Componentes principales (%):

GRANOS	93
MATRIZ	1
CEMENTO	1
POROSIDAD	5

Granos (%):

Cuarzo	91.4
Monocristalino	86
Policristalino	5.4
Feldespatos (FLD)	5.4
Fragmento Roca (FR)	1.1

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	5
Fractura	

Observaciones: bordes de granos corroídos.
Poros subangulares de tamaño promedio 0,08 a 0,24mm no conectados entre si.
Alteración de FLD a minerales arcillas.
Disolución parcial de granos y matriz.
Deformación de granos y micas.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	Tz		
Material Calcáreo		Minerales Arcillas	1
Caolinita		Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

[ANEXO 27]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 27

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino a medio

Color: gris claro

Estructuras Físicas: Estratificación paralela. Presenta fracturas. Posiblemente pertenezca a la Facies S11. (Kabbabe et al, 1996).

Estructuras Biológicas: No se aprecian.



POZO: MOT-8

PROFUNDIDAD: 10955' - 10958'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

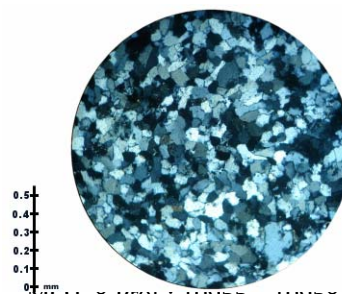
Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.1
Máx.	0.4
Promedio	0.25

Redondez y Escogimiento:

Angulosos a subangulosos.

Moderadamente a mal escogida.



MOT-8 PROF.: 10955 - 10958 .
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados,
ocular 10x/20.

Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos y suturados.

Componentes principales (%):

GRANOS	92
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	4

Granos (%):

Cuarzo	93.5
Monocristalino	82.7
Policristalino	10.8
Feldespatos (FLD)	1.1
Fragmento Roca (FR)	3.3

Porosidad (%):

Interpartícula	
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	2

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros elongados de tamaño promedio 0,02-0,3mm Conectados entre sí. Y subangulares de 0,12mm aislados. Presenta estilolitas.

Alteración de FR y FLD a minerales arcillas.

Disolución parcial de matriz y granos.

Fracturamiento de granos de cuarzo.

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	1		
Material Calcáreo	1	Minerales Arcillas	1
Caolinita	Tz	Oxido de Fe	Tz
Illita/Smect	1		

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Arenisca Cuarzosa

[ANEXO 28]

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS DE LA MUESTRA 28

Litología: Arenisca

Tamaño de Grano: Fino

Color: gris oscuro

Estructuras Físicas: Laminación lenticular. Bandas de arcillas. Posiblemente pertenezca a la Facies S2. (Kabbabe et al, 1996)

Estructuras Biológicas: No se aprecian.



POZO: MOT-30
PROFUNDIDAD: 13261'- 13263'

CARACTERISTICAS PETROGRAFICAS

Tamaño de grano (mm):

Mín.	0.05
Máx.	0.7
Promedio	0.375

Redondez y Escogimiento:

Subangulosos.

Mal escogida.

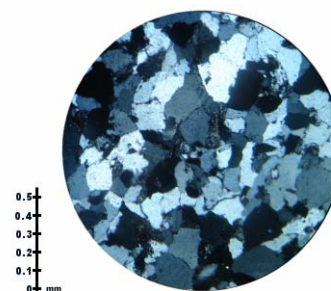
Tipos de Contactos: Predominio de contactos cóncavo-convexos, longitudinales y suturados

Componentes principales (%):

GRANOS	93
MATRIZ	1
CEMENTO	3
POROSIDAD	3

Observaciones: bordes de granos corroídos. Poros subangulares de tamaño promedio 0,06-0,18 mm. aislados. Rellenos de matriz. Alteración de FR y FLD a minerales arcillas. Disolución parcial de granos.

Clasificación (Pettijohn, Potter y Siever, 1973): Sublitarenita



MOT-30 Prof.: 13261'- 13263'.
Objetivo 10x/0.20, nícoles cruzados, ocular 10x/20.

Granos (%):

Cuarzo	81.7
Monocristalino	71
Policristalino	10.7
Feldespatos (FLD)	5.3
Fragmento Roca (FR)	10.8

Porosidad (%):

Interpartícula	1
Intrapartícula	
Disolución	2
Fractura	

Cemento (%): **Matriz (%):**

Cuarzo	1	Minerales Arcillas	Tz
Material Calcáreo		Oxido de Fe	1
Caolinita	Tz		
Illita/Smect	2		

[ANEXO 29]

