

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DEL  
INTERVALO CRETÁCICO ESCANDALOSA-NAVAY, EN LOS  
NÚCLEOS DE LOS POZOS BOR-3E y BOR-5E, CAMPO  
BORBURATA, CUENCA DE BARINAS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Martínez G., José F.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Geólogo

Caracas, Noviembre de 2015

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DEL  
INTERVALO CRETÁCICO ESCANDALOSA-NAVAY, EN LOS  
NÚCLEOS DE LOS POZOS BOR-3E y BOR-5E, CAMPO  
BORBURATA, CUENCA DE BARINAS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Lenin González

TUTOR INDUSTRIAL: M.Sc Rosa Aquino

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Br. Martínez G., José F.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Geólogo

Caracas, Noviembre de 2015

Caracas, Noviembre de 2015

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Geológica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller José F. Martínez G., titulado:

**“Estudio Sedimentológico y Estratigráfico del Intervalo Cretácico Escandalosa-Navay, en los Núcleos de los Pozos BOR-3E y Bor-5E, Campo Borburata, Cuenca de Barinas”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Geólogo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Prof. José Méndez  
Jurado

Prof. Patricia González  
Jurado

Prof. Lenin González  
Tutor Académico

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis padres, Matilde Guzmán y Manuel Martínez, que siempre han sido un gran apoyo incondicional durante toda mi vida, ejemplos de vida para mí, donde al final de todo es lo más importante para el desarrollo humano y profesional de una persona.

A mis hermanos que al igual que mis padres, fueron un apoyo fundamental en todas mis etapas de aprendizaje.

A mi alma mater UCV, a pesar de todos los traspiés siempre hubo fuerzas y esperanzas para continuar y ser orgullosamente ucevista.

Para aquellos amigos que siempre estuvieron en el desarrollo de toda mi carrera, agradecimientos especiales a personas como Andrea Mora, Karen Montoya, Karla Trompetero, Desiree Suarez, Génesis Oropeza y mis amigos y compañeros Gustavo Valencia y Jefferson Cáceres; todos ellos ayudaron y fueron parte fundamental en el desarrollo para obtener este título.

A mis tutores, Lenín González y Rosa Aquino, dando ejemplo de profesionalismo y ética ayudando en mi formación como profesional.

A todos los profesores de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica que impartieron todos sus conocimientos clase tras clase durante cada semestre.

A personas que me ayudaron en el apoyo del desarrollo de este estudio, personal de PDVSA Intevep como Carlos Bustamante y Jesús Oropeza quienes prestaron todo su apoyo para generar los estudios a tiempo.

**Martínez G., José F.**

**ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO Y ESTRATIGRÁFICO DEL INTERVALO  
CRETÁCICO ESCANDALOSA-NAVAY, EN LOS NÚCLEOS DE LOS POZOS  
BOR-3E y BOR-5E, CAMPO BORBURATA, CUENCA DE BARINAS**

**Tutor Académico: Prof. Lenin González. Tutor Industrial: Msc. Rosa Aquino. Tesis.  
Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2015,**

**Palabras Claves:** Arena “P”, Caliza “O”, Miembro La Morita, Campo Borburata, Formaciones Escandalosa y Navay, Cuenca de Barinas.

**Resumen**

Se realizó un estudio sedimentológico y estratigráfico en los pozos BOR-3E y BOR-5E pertenecientes al campo Borburata de la cuenca Barinas, caracterizando el intervalo Cretácico en las formaciones Escandalosa y Navay, constituidas por los miembros Arena P, Caliza O y La Morita. Ambos pozos constituidos por los 3 miembros antes nombrados describen facies siliciclásticas y carbonáticas, que forman parte importante de los yacimientos de hidrocarburos en el subsuelo de Barinas. Estudios sedimentológicos ayudaron a una descripción detallada de los componentes y características principales de los sedimentos que constituyen las rocas, la identificación de los miembros fue realizada a partir de la calibración Nucleo-Registro (registros Gamma Ray y Coregamma) donde se realizó la comparación de la curva API con las características litológicas presentes en la descripción, a su vez fueron seleccionadas muestras en ambos pozos para los análisis petrográficos y de difracción de rayos X con la finalidad de poder clasificar por facies y microfacies las rocas que forman parte de los núcleos estudiados, y poder hacer una interpretación diagenética. Los miembros Arena P y Caliza O, ubicados en el mismo orden estratigráfico al tope de la Formación

Escandalosa, constituyen el yacimiento regional de la zona; el primer Miembro constituido por rocas arenosas generadas en ambientes sedimentológicos de tipo transicional y marino somero, pasando por las zonas de Foreshore, Shoreface y el tope de Offshore, donde pueden evidenciarse arenas de tamaños de granos diversos y con altos niveles de trazas fósiles que ayudaron a la clasificación ambiental. El segundo Miembro es el intervalo carbonático O, generada en ambientes de tipo marino somero y marino restringido se caracteriza por poseer porosidades por disolución y vugular interconectados, generadas a partir de la sustitución de dolomita en la roca, producto de los efectos diagenéticos, haciendo que este Miembro carbonático forme parte del yacimiento de hidrocarburos al ser impregnado por crudo, aunque en ocasiones estas características laterales se pierden haciendo que el yacimiento no sea un buen productor. El Miembro La Morita se encuentra ubicado en la base de la Formación Navay constituido por rocas lutíticas y limolíticas muy oscuras (alto contenido de materia orgánica) con intervalos fosfáticos, el cual se cree es la roca madre generadora del crudo en el subsuelo de Barinas y generada a partir de un ambiente de marino abierto en el borde de la plataforma externa. Ambos pozos fueron correlacionados con la información bioestratigráfica del pozo Tor-1X con la finalidad de poder realizar una datación relativa en edades de Ma para los pozos nucleados, arrojando resultados de un intervalo Cretácico entre los pisos del Cenomaiense Medio y el Turoniense.

# ÍNDICE

CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Planteamiento Del Problema.....	3
1.3 Ubicación .....	4
1.4 Justificación .....	4
1.5 Objetivos .....	5
1.5.1 Objetivo General:.....	5
1.5.2 Objetivos Específicos:.....	5
1.6 Alcances .....	6
1.7 Antecedentes .....	6
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Rocas Carbonáticas .....	11
2.1.1 Ambientes Carbonáticos (MÉNDEZ, 2009).....	11
2.1.2 Diagénesis (MÉNDEZ, 2009) .....	13
2.1.2.1 Cementos y litificación: .....	13
2.1.3 Diagénesis en Rocas Carbonáticas (ZAPATA, 1983).....	14
2.1.4 Porosidad (CHOQUETTE Y PRAY, 1970).....	15
2.1.4.1 Etapa del Desarrollo de la Porosidad (ZAPATA, 1983) .....	16
2.1.5 Dolomitización (MÉNDEZ, 2009) .....	17
2.1.6 Dedolomitización (ZAPATA, 1983) .....	18
2.1.7 Glauconitización y Piritización (ZAPATA, 1983) .....	18
2.1.8 <i>Concreciones</i> (FÜCHTBAUER, 1974) .....	18
2.1.9 Bioturbaciones y madrigueras (MÉNDEZ, 2009) .....	19
2.1.10 Componentes Aloquímicos (FOLK, 1962).....	19
2.1.11 Componentes Extraclásticos: (ZAPATA, 1983) .....	19
2.1.12 Componentes Ortoquímicos: (ZAPATA, 1983).....	19

2.1.13 Compactación (MÉNDEZ, 2009).....	20
2.1.14 Disolución (MÉNDEZ, 2009) .....	20
2.1.15 Reemplazo (MÉNDEZ, 2009).....	20
2.1.16 Fábrica (MÉNDEZ, 2009).....	21
2.2 Cementación (FÜCHTBAUER, 1974) .....	21
2.2.1 Espato: (ZAPATA, 1983).....	21
2.2.2 Microespato: (ZAPATA, 1983).....	21
2.2.3 Micrita: (ZAPATA, 1983).....	22
2.3 Estructura y cavidades fenestrales (ojo de pájaro) (MÉNDEZ, 2009) .....	22
2.4 Estructura diagenética (MÉNDEZ, 2009) .....	22
2.5 Estilolitas (MÉNDEZ, 2009).....	22
<b>GEOLOGÍA REGIONAL</b> .....	<b>23</b>
2.6 Evolución de la Cuenca durante el Cretácico .....	23
2.7 Aspectos Estratigráficos.....	30
2.7.1 Formación Escandalosa: .....	32
2.7.2 Formación Navay (Miembro La Morita):.....	33
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>35</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>35</b>
Fase 1: Recopilación bibliográfica.....	36
Fase 2: Estudio sedimentológico y construcción de columnas estratigráficas.....	36
Fase 3: Estudio Petrográfico-Diagenético.....	38
Fase 4: Identificación de Secuencias y Parasecuencias .....	40
Fase 5: Correlación estratigráfica secuencial y análisis bioestratigráfico.....	40
Fase 6: Elaborar catálogo de facies, modelo diagenético y sedimentológico del área estudiada. .....	41
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>42</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
4.1 Descripción Sedimentológica .....	42
4.1.1 Núcleos del Pozo Bor-3E:.....	42
4.1.2 Núcleos del Pozo Bor-5E:.....	65
4.2 Geología Local.....	79

4.3 Descripción Petrográfica.....	83
4.3.1 Cuadro de Resultados Petrográficos del Pozo Bor-3E.....	84
4.3.2 Cuadro de Resultados Petrográficos del Pozo BOR-5E .....	90
4.4 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos-X.....	99
4.4.1 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X del pozo Bor-3E.....	100
4.4.2 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X del Pozo BOR-5E .....	101
4.5 Calibración Núcleo-Registro.....	103
4.5.1 Calibración Núcleo-Registro de los pozos Bor-5E y Bor-3E .....	103
4.5.2 Desfase entre los registros Coregamma y Gamma-ray del Bor-5E .....	104
4.6 Correlación entre los Pozos Bor-3E y Bor-5E .....	105
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	107
5.1 Ambiente y Modelo Sedimentológico .....	107
5.1.1 Formación Escandalosa.....	107
5.1.2 Formación Navay .....	112
5.1.3 Síntesis de los Ambientes de Sedimentación .....	113
5.2 Interpretación y Análisis del Modelo Diagenético.....	116
5.2.1 Diagénesis de siliciclásticos.....	116
5.2.2 Diagénesis de carbonatos .....	118
5.3 Síntesis de la diagénesis a partir de los análisis petrográficos .....	125
5.4 Reconocimiento e interpretación diagenética a través de minerales de arcilla .....	127
5.5 Data bioestratigráfica del pozo Tor-1X correlacionada con los miembros de los Pozos Bor-3E y Bor-5E .....	129
5.5.1 Data Bioestratigráfica de muestras del Miembro La Morita en el pozo Bor-3E.....	131
CAPITULO VI.....	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	133
7.1 Conclusiones .....	133
7.2 Recomendaciones .....	137
CAPITULO VII .....	138
BIBLIOGRAFÍA .....	138
ANEXOS .....	143

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ubicación de la Cuenca Barinas-Apure, Suroeste de Venezuela.....	2
<b>Figura 2</b> - Ubicación de los campos petroleros en el estado Barinas, BOR (Borburata) .....	2
<b>Figura 3</b> - Ubicación geográfica de los pozos BOR-3E y BOR-5E en Barinas .....	4
<b>Figura 4</b> - Ambientes marinos y morfología con la situación general de los mares epíricos o epicontinentales (mares someros que penetran en el interior de los continentes) y pericontinental (mares que bordean los continentes).....	12
<b>Figura 5</b> – Clasificación oceanográfica con la distribución de las diversas zonas oceánicas .....	13
<b>Figura 6</b> - Mapa de distribución de terrenos autóctonos en el norte de Suramérica .....	24
<b>Figura 7</b> - Mapa de distribución de terrenos alóctonos en el norte de Suramérica .....	24
<b>Figura 8</b> - Distribución de valles de extensión o grábenes (Jurásico) en Venezuela. ....	25
<b>Figura 9</b> – Distribución de facies sedimentarias Neocomiense-Albiense.....	27
<b>Figura 10</b> - Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Cenomaniense-Campaniense (Cretácico tardío) al norte del Cratón de Guayana .....	28
<b>Figura 11</b> - Distribución de facies sedimentarias durante el Maastrichtiense (Cretácico Tardío) al norte del Cratón de Guayana.....	29
<b>Figura 12</b> – Cuadro de Correlación de las unidades más relevantes, facies Cretácicas Tardías de Venezuela.....	30
<b>Figura 13</b> - Columna estratigráfica compuesta del flanco sur andino, cuenca de Barinas-Apure .....	31
<b>Figura 14</b> – Perfil Geológico que muestra las condiciones estratigráficas y estructurales que dominan y describen la Cuenca Barinas-Apure .....	34
<b>Figura 15</b> – Sección del perfil NO-SE en la cuenca Barinas .....	34
<b>Figura 16</b> – Flujograma de la metodología realizada durante la investigación.....	35
<b>Figura 17</b> – Formato de hoja sedimentológica-PDVSA INTEVEP.....	37
<b>Figura 18</b> – Planillas de descripción petrográfica, para rocas carbonáticas y areniscas .....	39
<b>Figura 19</b> – Fotografías del Intervalo Arena P pozo Bor-3E .....	43
<b>Figura 20</b> - Fotografías al Miembro Arena P pozo Bor-3E. ....	44
<b>Figura 21</b> - Fotografías litología que constituye a la Arena P pozo Bor-3E.....	45
<b>Figura 22</b> - Fotografías secuencias heterolíticas bioturbada de la Arena P pozo Bor-3E. ....	47
<b>Figura 23</b> - Fotografías litologías que constituyen la Arena P pozo Bor-3E. ....	49
<b>Figura 24</b> - Fotografías arenas pertenecientes a la Arena P pozo Bor-3E .....	50
<b>Figura 25</b> - Fotografías de lutita-limosa en la Arena P.....	52
<b>Figura 26</b> – Fotografías rocas carbonáticas de la Caliza O pozo Bor-3E .....	54
<b>Figura 27</b> - Porosidades secundarias en los carbonatos de la Caliza O pozo Bor-3E.....	55
<b>Figura 28</b> - Gran contenido fósil en la Caliza O pozo Bor-3E.....	57
<b>Figura 29</b> - Vetas cementadas de grandes tamaños en la Caliza O pozo Bor-3E .....	58
<b>Figura 30</b> - Contenido fosilífero y aspecto brechoide al tope de la Caliza O pozo Bor-3E.....	59
<b>Figura 31</b> - Lutitas fosfáticas y masivas del Miembro La Morita pozo Bor-3E. ....	61

<b>Figura 32</b> - Lutitas fisiles y carbonaceas de La Morita pozo Bor-3E. ....	62
<b>Figura 33</b> - Posible contacto entre los miembros La Morita y Quevedo pozo Bor-3E. ....	64
<b>Figura 34</b> – Areniscas de la base del Miembro Arena P pozo Bor- 5E.....	65
<b>Figura 35</b> – Areniscas de la secuencia arenosa de la Arena P pozo Bor- 5E.....	66
<b>Figura 36</b> – Rocas del intervalo Arena P .....	67
<b>Figura 37</b> – Arenisca con intervalo impregnado de la Arena P pozo Bor- 5E.....	68
<b>Figura 38</b> – Rocas arenosas del intervalo Arena P pozo Bor- 5E.....	69
<b>Figura 39</b> – Secuencia heterolítica, Arena P pozo Bor- 5E .....	70
<b>Figura 40</b> – Diversidad de rocas del intervalo Arena P pozo Bor- 5E.....	70
<b>Figura 41</b> – Litología perteneciente al intervalo Arena P pozo Bor- 5E.....	71
<b>Figura 42</b> – Litología perteneciente al intervalo carbonatico Caliza O pozo Bor- 5E.....	72
<b>Figura 43</b> – Litología que forma parte del Miembro Caliza O pozo Bor- 5E.....	73
<b>Figura 44</b> – Litología que forma parte del Miembro Caliza O pozo Bor- 5E.....	74
<b>Figura 45</b> – Litología que forma parte del Miembro Caliza O pozo Bor- 5E.....	75
<b>Figura 46</b> – Litología que forma parte de la Formación Navay pozo Bor- 5E. ....	77
<b>Figura 47</b> – Rocas del Miembro La Morita pozo Bor- 5E.....	78
<b>Figura 48</b> – Clasificación de Pettijohn de 1973, del pozo Bor-3E.....	85
<b>Figura 49</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12145’5” a 12095’5” pozo Bor-3E.....	87
<b>Figura 50</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12089’5” a 120478” pozo Bor-3E.....	88
<b>Figura 51</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 11995’6” a 11854’6” pozo Bor-3E.....	89
<b>Figura 52</b> - Clasificación de Pettijohn de 1973 del pozo Bor-5E. ....	91
<b>Figura 53</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12202’4” a 12184’8” pozo Bor-5E .....	93
<b>Figura 54</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12180’6” a 12157’4” pozo Bor-5E.....	94
<b>Figura 55</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12147’6” a 12118’3” pozo Bor-5E .....	95
<b>Figura 56</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12105’9” a 12085’3” pozo Bor-5E .....	96
<b>Figura 57</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12083’-12081’ a 12061’8” pozo Bor-5E....	97
<b>Figura 58</b> – Estudio petrográfico desde la muestra 12050’ a 11993’6” pozo Bor-5E .....	98
<b>Figura 59</b> – Difracción de rayos X del pozo Bor-3E .....	100
<b>Figura 60</b> - Difracción de rayos X del pozo Bor-5E.....	101
<b>Figura 61</b> - Resultado de proporción de minerales de arcillas < 2 micras, DRX.....	102
<b>Figura 62</b> – Correlación entre el registro Coregamma y Gamma-Ray del pozo Bor-5E. ....	104
<b>Figura 63</b> – Correlación de los pozos Bor-5E y Bor-3E a partir del tope de la Caliza O y base de La Morita. ....	105
<b>Figura 64</b> – Representación de la ubicación relativa de los pozos Bor-5E y Bor-3E en el subsuelo. ....	106
<b>Figura 65</b> – Trazas fósiles observadas en los núcleos del pozo Bor-5E. ....	109
<b>Figura 66</b> – Trazas fósiles observadas en los núcleos del pozo Bor-3E .....	110
<b>Figura 67</b> – Imagen de ladistribución de la sedimentación del Miembro Arena P. ....	111
<b>Figura 68</b> – Plataforma Epeírica que constituía la plataforma del norte de Suramérica en el Cretácico .....	114
<b>Figura 69</b> – Tipos de contactos observados en muestra 12163’6” pozo Bor-5E .....	116

<b>Figura 70</b> - Arenisca Arcósica, contenido de minerales de glauconita producto de una diagénesis temprana. Pozo BOR-5E.....	117
<b>Figura 71</b> – Arenisca Arcósica, contenido de glauconita (Gla) con algunos minerales opacos de pirita (P). Pozo Bor-3E profundidad.....	117
<b>Figura 72</b> – Arenisca Calcidolomítica, pequeños tamaños de dolomitas (Do) con glauconitas (Gla) generados en una diagénesis temprana. Pozo BOR-3E profundidad.....	119
<b>Figura 73</b> – Dolomía Arenosa, cristales de dolomita (Do) formando sus caras rómbicas, y glauconita (Gla) presente, interpretativo de diagénesis temprana. Pozo BOR-5E.....	119
<b>Figura 74</b> – Dolomía Calcítica, véase rombos de cristales de dolomita (Do) diagenética, escasa dedolomitización presente, calcita (Ca) relleno de espacios. Pozo BOR-5E.....	120
<b>Figura 75</b> – Caliza Dolomítica, obsérvese dedolomitización en los cristales de dolomita (Do), producto de la diagénesis tardía. Calcita (Ca) relleno de espacios y sustituyendo. Pozo BOR-5E .....	121
<b>Figura 76</b> – Caliza Dolomítica, cristales de dolomita sustituyen y desarrollan sus caras a partir de la sustitución de la calcita. Pozo BOR-3E.....	121
<b>Figura 77</b> - Porosidad tipo móldica y vug, en ambos núcleos .....	123
<b>Figura 78</b> – Sección petrográfica mostrando sustituciones de glauconita por restos de componentes aloquímicos encontrados en las rocas. ....	124
<b>Figura 79</b> - Intervalos del Miembro Caliza O en el pozo BOR-3E, que muestran gran contenido de fosilífero, descritos como moluscos, bivalvos y gasterópodos .....	125
<b>Figura 80</b> - Transformación de los minerales de arcillas durante la diagénesis.....	127
<b>Figura 81</b> – Columna Estratigráfica generalizada del pozo Tor-1X, que muestra la relación de edades de las formaciones Escandalosa y Navay en el Cretácico de Venezuela .....	130
<b>Figura 82</b> – Correlación entre los pozos Bor-5E y Bor-3E con el Tor-1X que posee data bioestratigráfica para la clasificación de edades regionales, comprendiendo las formaciones Escandalosa y Navay .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> - Resumen de las características litoestratigráficas de la Fm. Escandalosa .....	32
<b>Tabla 2</b> - Resumen de las características litoestratigráficas de la Fm. Navay.....	33
<b>Tabla 3</b> – Tabla de Muestras del Bor-3E y Bor-5E para petrografía y difracción de rayo X.....	83
<b>Tabla 4</b> – Análisis petrográfico por el diagrama ternario de PETTIJOHN <i>et al.</i> (1973).....	84
<b>Tabla 5</b> – Clasificación petrográfica por MOUNT (1985), modificado por AQUINO (2015) .....	86
<b>Tabla 6</b> - Análisis petrográfico por el diagrama ternario de PETTIJOHN <i>et al.</i> (1962), del pozo Bor-5E.....	90
<b>Tabla 7</b> - Clasificación petrográfica por MOUNT (1985), modificado por AQUINO (2015).....	92
<b>Tabla 8</b> – Foraminíferos plantónicos y bentónicos con fragmentos de conchas pozo Bor-3E en muestra 11879'6'' .....	132
<b>Tabla 9</b> - Foraminíferos plantónicos y bentónicos con fragmentos de conchas pozo Bor-3E en muestra 11854'6'' .....	132

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Columna estratigráfica del pozo Bor-3E.....	143
<b>Anexo 2.</b> Columna Estratigráfica del pozo Bor-5E .....	144
<b>Anexo 3.</b> Tabla petrográfica resumen pozo Bor-3E .....	145
<b>Anexo 4.</b> Tabla petrográfica resumen pozo Bor-5E .....	147
<b>Anexo 5.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12145'5''.....	149
<b>Anexo 6.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3, 12135'1'' .....	150
<b>Anexo 7.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12121'3''.....	151
<b>Anexo 8.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12095'5''.....	152
<b>Anexo 9.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12089'5''.....	153
<b>Anexo 10.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12073'5''.....	154
<b>Anexo 11.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12063'9''.....	155
<b>Anexo 12.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12047'8''.....	156
<b>Anexo 13.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11995'6''.....	157
<b>Anexo 14.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11984' .....	158
<b>Anexo 15.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11972' .....	159
<b>Anexo 16.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12202'4''.....	160
<b>Anexo 17.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12195'7''.....	161
<b>Anexo 18.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12187'2''.....	162
<b>Anexo 19.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12184'8''.....	163
<b>Anexo 20.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12180'6''.....	164
<b>Anexo 21.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12177'6''.....	165

<b>Anexo 22.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12163'6".....	166
<b>Anexo 23.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12157'4".....	167
<b>Anexo 24.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12147'7".....	168
<b>Anexo 25.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12135'10".....	169
<b>Anexo 26.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12126'4".....	170
<b>Anexo 27.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12118'3".....	171
<b>Anexo 28.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12105'8".....	172
<b>Anexo 29.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12103'7".....	173
<b>Anexo 30.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12099'5".....	174
<b>Anexo 31.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12085'3".....	175
<b>Anexo 32.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12083' -81' .....	176
<b>Anexo 33.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12079'7".....	177
<b>Anexo 34.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12073' .....	178
<b>Anexo 35.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12061'8".....	179
<b>Anexo 36.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12050' .....	180
<b>Anexo 37.</b> Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12035'8".....	181
<b>Anexo 38.</b> Planilla petrográfica del pozo Bor-5E, 12026'3".....	182

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

La Cuenca Barinas-Apure, la tercera de Venezuela por su volumen de recursos petrolíferos, es una depresión estructural situada en la región suroccidental del país, ver figura 1. Se encuentra limitada hacia el noroeste por Los Andes venezolanos, al norte por la prolongación occidental de la Serranía del Interior Central y al este y noreste por el levantamiento del El Baúl; al sur está separada de la Cuenca de los llanos colombianos por un alto gravimétrico situado entre los ríos Apure y Arauca. (HOSPER Y VAN WIJNEN, 1959).

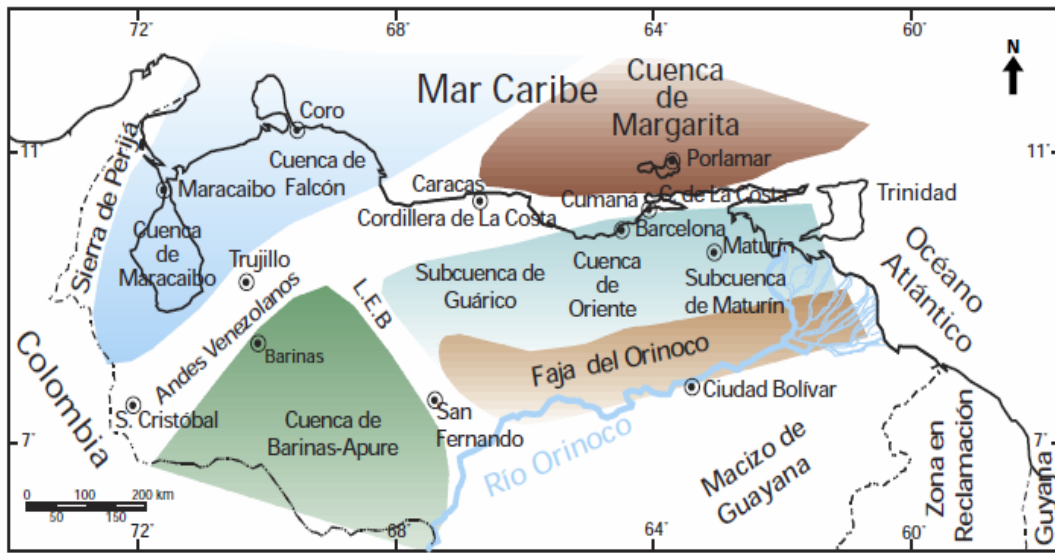
La Cuenca Barinas-Apure se encuentra conformada por dos subcuencas menores, descritas por FEO CODECIDO (1972), denominando la subcuenca de Barinas, la cual ocupa las mayores extensiones de los estados Barinas y Apure, y la de Uribante sobre parte de Apure occidental, separadas por el Alto de Santa Bárbara, que en la cuenca constituye parte del Macizo de Colorado.

En la Cuenca de Barinas-Apure la roca madre por excelencia es la encontrada en la Formación Navay, de edad Cretácico Tardío, cuyas facies son equivalentes laterales a las de la Formación La Luna.

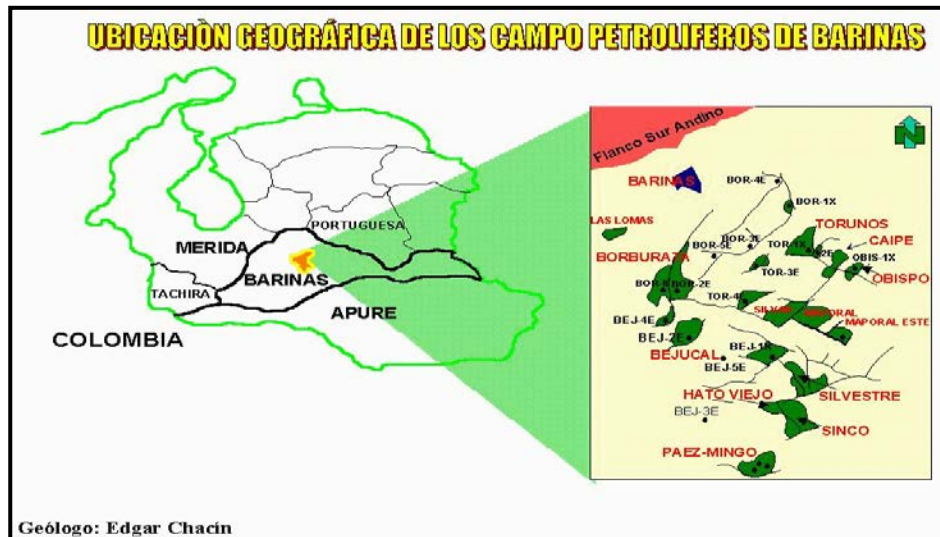
En la Cuenca de Barinas, ver figura 2, se ha explotado petróleo de los campos: Borburata, Caipe, Silvestre, Maporal, Las Lomas, Torunos, Sinco. Bejucal, Páez-Mingo, Hato Viejo, etc.

Las principales rocas yacimientos clásicas son las formaciones Escandalosa, Burgüita (Cretácico), (Grupo) Orocué (Paleoceno), Mirador-Guafita (Miembro Arauca del Eoceno-Oligoceno). La gravedad de los crudos ha sido registrada entre 22 y 28°API en los campos del Estado Barinas (YORIS, F. Y OSTOS, M. (1997))

El yacimiento carbonático más relevante lo constituyen las calizas con porosidad secundaria del Miembro Guayacán (Caliza “O”) de la Formación Escandalosa. Los sellos regionales más importantes son los intervalos lutíticos de las formaciones Burgüita (Cretácico Tardío), Pagüey (Eoceno) y Guafita (Miembro Guardulio).



**Figura 1-** Ubicación de la Cuenca Barinas-Apure, Suroeste de Venezuela, Tomado de YORIS & OSTOS (1997)



**Figura 2 -** Ubicación de los campos petroleros en el estado Barinas, BOR (Borburata). Tomado de: <http://www.pdv.com/lexico> (CHACÍN, 2006)

## **1.2 Planteamiento Del Problema**

El ambiente sedimentario que dio origen al reservorio Caliza O de la Formación Escandalosa ha generado bastante dudas con respecto a su origen, por lo que la configuración del yacimiento no ha sido del todo bien interpretada; la porosidad secundaria presente en el mismo y sus variaciones, tanto laterales como verticales a su vez han complicado la caracterización de dicho reservorio.

Por ello existe la necesidad entre otras cosas de revisar y hacer nuevos estudios sedimentológicos, estratigráficos y diagenéticos, los cuales se espera ayudarán a comprender las condiciones ambientales en que se depositó este intervalo, así como las causas que originaron el desarrollo de las porosidades secundarias donde luego son alojados los hidrocarburos.

Esta información es de carácter relevante cuando se hace la planificación de proyectos de perforación con el objetivo de encontrar nuevas áreas de extracción y producción de hidrocarburos en este reservorio.

Es por este motivo que PDVSA Exploración Oriente realiza una serie de investigaciones dentro de los cuales está enmarcado este proyecto de tesis, el cual comprende el estudio sedimentológico-estratigráfico de los pozos con muestras de núcleos en este reservorio, en el caso de esta tesis se estudiarán dos pozos ubicados en el campo Borburata, los cuales son Bor-3E y Bor-5E.

### 1.3 Ubicación

Los pozos con núcleos seleccionados para este estudio son el BOR-3E y BOR-5E, ubicados en el Campo Borburata, estos se encuentran a 3km y 5km respectivamente al sur y suroeste de la ciudad de Barinas. Ver figura 3.



**Figura 3** - Ubicación geográfica de los pozos BOR-3E y BOR-5E en Barinas, encerrados en la zona verde. Tomado de Informe Interno, PDVSA.

### 1.4 Justificación

El presente proyecto es desarrollado debido a la necesidad de la empresa Petróleos de Venezuela (PDVSA) de seguir desarrollando las características de los campos de la cuenca de Barinas. El Miembro “O”, de la Formación Escandalosa, se define como un intervalo carbonático, compuesto de calizas y dolomías carbonáticas, interestratificado con areniscas de grano fino, carbonáticas y glauconíticas, limolitas y lutitas arenosas (AQUINO *et al*; 1994). Las dolomías que contienen porosidad secundaria representan el reservorio de los hidrocarburos, mientras que las demás litologías generalmente actúan como sellos.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General:**

Elaborar un modelo sedimentológico, caracterizando sedimentológicamente y estratigráficamente el intervalo Cretácico correspondiente a la Caliza O de la Formación Escandalosa y al Miembro La Morita de la Formación Navay, en el campo Borburata específicamente en los Pozos BOR-3E y BOR-5E, de la Cuenca de Barinas.

### **1.5.2 Objetivos Específicos:**

1) Elaborar las columnas estratigráficas de los pozos BOR-3E y BOR-5E a partir de la descripción sedimentológica de los núcleos, calibración núcleo-registro en relación a las litologías identificadas y selección de muestras para estudios petrográficos y mineralógicos por DRX.

2) Realizar estudios mineralógicos, petrográficos-diagenéticos, identificar facies y microfacies, para clasificar las rocas siliciclásticas y carbonáticas presentes en el intervalo estudiado.

3) Identificar secuencias y parasecuencias, a partir del estudio de los patrones de apilamientos, contactos entre litotipos y todos los datos obtenidos en los objetivos previos.

4) Establecer la correlación estratigráfica secuencial de los dos pozos estudiados e incorporar a esta correlación los datos bioestratigráficos de edad existente en el área.

5) Elaborar un catálogo de facies, modelo diagenético y sedimentológico para determinar ambientes de sedimentación del área estudiada.

## 1.6 Alcances

Se pretende elaborar el modelo sedimentológico de ambos pozos, en el cual se definirán microfacies de carbonatos en el área, modelos diagenéticos donde se dé la explicación del desarrollo de porosidades secundarias responsables de los desarrollos del reservorio, contribuyendo así al entendimiento de las variaciones laterales y verticales del mismo, lo cual será una referencia para futuras decisiones y evaluaciones petrofísicas del área.

## 1.7 Antecedentes

► Escalona, N. (1989): **“Paragénesis y Modelo Diagenéticos del Miembro “O” de la Formación Escandalosa Pozos SMW-14 y SNW-21, Campo Mamporal y Silván-estado Barinas”**

Por medio de este estudio petrográfico detallado se establece la secuencia paragenética que se asocia a las rocas carbonáticas y terrígenas que conforman el Miembro “O” de la Formación Escandalosa. Se describen las características de los procesos que produjeron la dolomitización y dedolomitización, fenómenos diagenéticos que generaron la naturaleza de las rocas carbonáticas y siliciclásticas, así como la variable calidad y heterogeneidad de los reservorios, debido a la intensidad diferencial con la que actuaron dichos fenómenos diagenéticos. Se discute sobre el probable origen del fosfato y la glauconita, presentes en dichas rocas, y su asociación a los ambientes sedimentarios que propiciaron la depositación de las rocas precursoras de las actuales dolomitas y areniscas dolomíticas (calcitizadas) porosas.

► Aquino, Guerra, Helenes, Monroy, Arnstein, Callejón y Zorrilla, (1994): **“Estudio Sedimentológico, Bioestratigráfico y Geoquímico del Núcleo Torunos-IX, Campo Torunos, estado Barinas”**

Se estudiaron las formaciones Escandalosa (Arena “P” y Caliza “O”) y Navay (Miembros La Morita y Quevedo), discriminándose en: Unidad de Siliciclásticos (arena P1), Unidad de Carbonatos (caliza O), Unidad de limolitas, fosfáticos, calcáreos (tope de caliza O), Unidad de lutitas (Miembro La Morita) y unidad de carbonatos lodosos, capas silíceas fosfáticas (Miembro Quevedo). Estas se depositaron durante el Cenomaniense-Coniaciense, en un evento transgresivo regresivo, con ambientes que van desde marino-somero transicional a plataforma interna a media. Las unidades productoras son la de siliciclásticos la cual presenta porosidades de hasta 21%, con 13% de promedio, y permeabilidades de hasta 946 md, con promedio 80-90 md. Se diferencian dos zonas diagenéticas, zona diagenética de siliciclásticos donde ocurre cementación silícea, alteración de feldespatos de arcilla, presión-solución y zona diagenética de carbonatos donde ocurrió dolomitización temprana y tardía, disolución de conchas, etc. Y la geoquímica arrojó que las lutitas del Miembro La Morita son rocas madres de calidad buena y se encuentran dentro de la ventana del petróleo.

► Aquino, R., & Boujana, M., (1996) **“The Dolomitized O Limestone in the Barinas Basin: A Hydrocarbon Reservoir in Carbonates Rocks”**, Publicado en la II AAPG/SVG International Congress and Exhibition, Caracas.

Realizaron estudio en cinco núcleos de la Cuenca de Barinas, llegando a una nueva subdivisión de un intervalo basado en superficies erosivas, que pueden interpretarse como límites de secuencia. Apoyado en estudios sedimentológicos, asociaciones de trazas fósiles y eventos diagenéticos, se determina que el medio de

sedimentación es una zona de mareas de la costa. Determinan niveles porosos de dolomita con variaciones importantes laterales y verticales.

► Méndez, J., (2000) **“Aspectos Generales Relacionados con las Porosidad y Unidades de Flujo en el Campo Borburata Núcleos BOR-12 y BOR-14”**

Analizó y comparó núcleos de los pozos BOR-12 y BOR-14 del Campo Borburata, el cual explica que ambos poseen un predominio de facies de dolomita. Pero si las dolomitas son clasificadas de acuerdo a las porosidades presentes y al tipo específico de dolomitización, encuentra que las facies de dolomita con diferentes tipos de porosidad en el BOR-12 no mantienen una continuidad lateral y en el BOR-14 aparecen en forma muy aislada. Concluyendo de esta forma que la calidad del reservorio y de unidades de flujo es mejor en el BOR-12 que en el BOR-14.

► Chacín, E. (2006): **“Evolución del Control Geológico Operacional en Pozos de la Cuenca Barinas-Apure, Venezuela”**

Expone que en los campos petroleros de la Cuenca Barinas-Apure, las cabinas de Mud Logging fueron empleadas únicamente para el control geológico operacional en los pozos exploratorios. Los pozos de desarrollo eran monitoreados exclusivamente con esfuerzo propio del geólogo de la corporación, quien se encargaba de preparar una metodología para realizar la toma de las muestras de canal con su respectivo análisis, descripción y preservación. Esta información permitía construir un gráfico de tasa de penetración, considerándose factor fundamental para el control geológico operacional. Es a partir del año 2000, cuando se incluye en la perforación de los pozos de desarrollo las cabinas de muestreo geológico, debido a una serie de problemas operacionales que se presentaban durante la perforación, tales como arrastres y pegas de tubería. Tras la implementación de la cabina de muestreo, se descubre una metodología que en

conjunto con la tasa de penetración se convierte en una herramienta eficaz, precisa, rápida y fácil de utilizar (El análisis Calcimétrico), ya que toda esta información es en tiempo real, aportando alternativas para la toma de decisiones respecto a la secuencia estratigráfica que se está atravesando, de esta manera se realizan correlaciones, permitiendo ajustar los topes formacionales con mayor exactitud.

► Méndez, J. (2006): **“Porosidades y Fracturas en Carbonatos”**

Este autor plantea que un sistema de carbonatos presenta una gran variedad de porosidades, las cuales van a depender del tipo de litofacies y biofacies, de los niveles de energía existentes durante la sedimentación, de la mineralogía inicial de los sedimentos, de las características particulares de la biota que forman el sedimento, de la diagénesis y tipo de ésta sobre la sedimentación original, etc. En un complejo de carbonatos compuesto por calizas, dolomitas y clásticos terrígenos interdigitados, pueden aparecer hasta 20 tipos de porosidades diferentes, dependiendo de los factores antes enumerados, aun cuando lo usual es encontrar las porosidades más comunes como son: móldica, intergranular, intragranular, intercrystalina, oquedad (vug) y fracturas. Unos carbonatos serán más propensos que otros al fracturamiento, por lo cual el estudio sedimentológico, diagenético y estratigráfico es imprescindible. En todo caso, las fracturas y microfracturas indican un tipo adicional de porosidad, pero son las porosidades convencionales las que están en capacidad de almacenar y las fracturas y microfracturas las que aumentan la comunicación y permeabilidad entre los poros.

► Méndez, J. (2007): **“Sabkhas, dolomitas y fracturas en el Miembro O de la Formación Escandalosa. Barinas”**.

Según este autor en el Miembro O los reservorios, unidades de flujo y producción de petróleo dependen de las facies de dolomita. Sin embargo no todas las dolomitas presentes en el mismo presentan porosidad, ya que además de esta

facies, es necesario la presencia de unidades litológicas dolomitizadas masivamente y/o con varios tipos de porosidad (intercristalina, móldica, vug y microfracturas). La litología y los cambios laterales y verticales de facies de dolomitas con porosidad controlan la presencia de los reservorios y unidades de flujo, no así las fracturas de origen tectónico (cuando las hay). La densidad de fracturas en los núcleos estudiados de este intervalo no es de origen tectónico, como para asumir que el fracturamiento en el área es prioritario en la formación de reservorios y la producción de petróleo. La dolomita generalmente posee un fracturamiento sin relación con la tectónica, formando una textura de brecha. Determinando que este fracturamiento se originó desde el ambiente depositacional en la superficie, cuando en el proceso de dolomitización se desarrollaron fracturas sinsedimentarias y diagenéticas por encogimiento.

► Oropeza, G. (2015) **“Caracterización Geológica de las Formaciones Escandalosa y Navay, Campos Borburata y Las Lomas, Cuenca de Barinas”**.

El autor realizó estudios a dos pozos de la Cuenca de Barinas, el pozo LLM-1X perteneciente al campo Las Lomas, y el pozo BOR-8 del campo Borburata, describiendo el intervalo Cretácico de ambos pozos identificando las formaciones Escandalosa y Navay. Se realizaron estudios de análisis sedimentológicos, estudios petrográficos, difracción de rayos X y microscopía electrónica con la finalidad de generar un modelo diagenético y sus etapas diagenéticas y el modelo sedimentológico para ambos pozos. Se dataron los pozos por correlación con otros que posean datos bioestratigráficos, coincidiendo los intervalos carbonáticos y lutíticos, arrojando resultados de datación de edades Cretácicas comprendidas entre el Turoniense tardío – Coniaciense en la base de la Formación Navay, en el Miembro La Morita.

## **CAPÍTULO II**

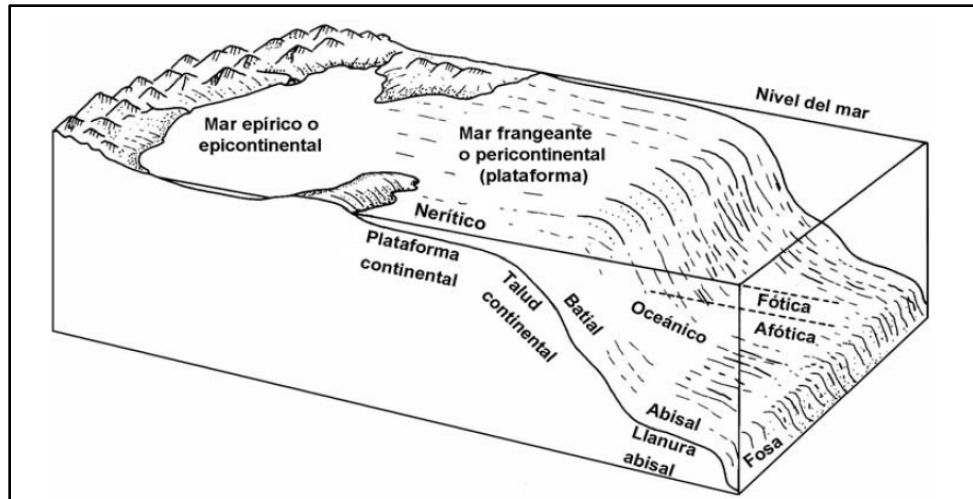
### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Rocas Carbonáticas**

Los carbonatos constituyen los sedimentos y rocas sedimentarias más abundantes después de los clásticos terrígenos. Los carbonatos se forman fundamentalmente por procesos químicos, bioquímicos y biológicos, en contraste con los sedimentos y rocas de origen terrígeno, los cuales se originan esencialmente por procesos de meteorización y erosión de otras rocas preexistentes. La casi totalidad de los carbonatos se forman en el medio marino. (MÉNDEZ, 2009)

##### **2.1.1 Ambientes Carbonáticos (MÉNDEZ, 2009)**

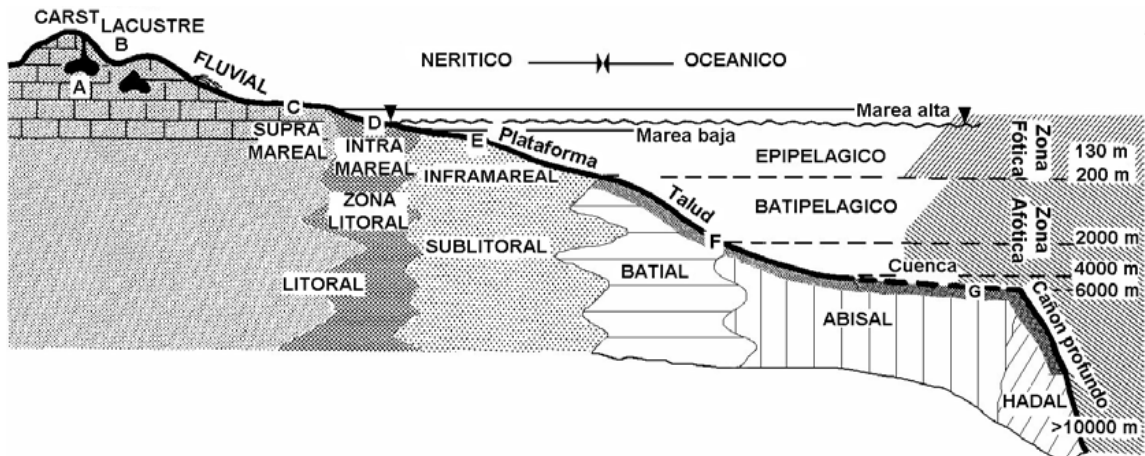
La gran mayoría de los sedimentos de carbonatos están relacionados con el medio marino. Esto incluye los ambientes sedimentarios propiamente marinos y los ambientes transicionales, cuyo origen se deriva de la acción de las mareas, corrientes, etc. Los depósitos más importantes los podemos considerar como arrecifes y plataformas y una buena parte de estos se encuentran en el Mar Caribe. Los ambientes marinos actuales se pueden dividir de acuerdo a criterios morfológicos, topográficos, oceanográficos y biológicos. Estos ambientes comprenden las zonas costeras, neríticas y oceánicas con sus respectivas divisiones. En el pasado geológico los mares de aguas someras penetraron activamente en el interior de los cratones continentales formando los mares epíricos o epicontinentales, como se muestra en la figura 4, desarrollando una sedimentación activa de carbonatos y evaporitas, principalmente en el Paleozoico y Mesozoico.



**Figura 4** - Ambientes marinos y morfología con la situación general de los mares epíricos o epicontinentales (mares someros que penetran en el interior de los continentes) y pericontinental (mares que bordean los continentes), Tomado de MÉNDEZ (2009)

Los ambientes marinos comprenden las siguientes zonas, identificadas en la figura 5.

1. Supramareal, intralitoral e infralitoral, que corresponden en la plataforma hasta los 200 metros de profundidad. Esto corresponde a la zona nerítica.
2. Desde los 200 hasta los 2000 m aproximadamente de profundidad, representando la zona batial, se encuentra el talud proximal, distal y parte de las cuencas oceánicas receptoras de facies de turbiditas profundas, así como de depósitos de sedimentos pelágicos.
3. A partir de los 2000 m de profundidad (depende de la configuración de la cuenca) se encuentra la zona abisal y áreas de la cuenca profunda o sedimentos pelágicos. Para la sedimentación de carbonatos, esta zona está limitada por la profundidad de compensación de los carbonatos (entre 4000 y 5000 m para la calcita). La zona abisal generalmente se ubica hasta los 6000 m de profundidad, a partir de la cual, en las zonas más profundas se conoce como zona hadal.



**Figura 5** – Clasificación oceanográfica con la distribución de las diversas zonas oceánicas (FLUGEL, 1982, modificado por MÉNDEZ, 2009)

### 2.1.2 Diagénesis (MÉNDEZ, 2009)

#### 2.1.2.1 Cementos y litificación:

La precipitación de cementos y litificación en el medio marino se origina en un número limitado de condiciones, los cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Aguas cálidas sobresaturadas
2. Flujos activos de aguas sobresaturadas en la relación agua-sedimento, promovido por fuertes corrientes y la acción de las mareas.
3. Buena permeabilidad en el sedimento para que se origine un flujo continuo del agua.
4. Un substrato estable combinado con una tasa de sedimentación lenta con lo cual los granos están expuestos al flujo de agua por un período prolongado de tiempo.
5. Actividad fotosintética de los organismos, los cuales localmente pueden elevar el pH a más de 9, por la disminución del dióxido de carbono.
6. Turbulencia y calentamiento del agua activando la desgasificación del  $\text{CO}_2$ .
7. La actividad microbiana, bacteriana y de cianobacterias, la cual origina cementos, litificación moldes y estructuras. Los depósitos microbiales marinos indican un rango amplio de composición mineral (calcita con bajo Mg, alto Mg y aragonito) con microestructuras (microesparita, cementos en forma de bastones y agujas), mesoestructuras

### 2.1.3 Diagénesis en Rocas Carbonáticas (ZAPATA, 1983)

La diagénesis en rocas carbonáticas es la transformación de sedimentos carbonáticos en calizas (FOLK, 1974) y comienza con los procesos que transforman ese sedimento, los cuales pueden ser procesos continuos y constantes que trabajan el sedimento, o cambios en las rocas como respuesta a modificaciones ambientales

Es indispensable conocer:

- La roca y el producto final posterior a la transformación.
- Procesos físicos y químicos involucrados.
- Naturaleza del agua intersticial y su movimiento
- El mineral que inicia el proceso o al menos el grano sedimentario original.

Los procesos fundamentales que originan la diagénesis en las rocas carbonáticas son de dos tipos: Orgánicos y Químicos.

Los procesos orgánicos tienen lugar en la etapa más inicial de la diagénesis temprana. Cuando los sedimentos pierden movilidad, comienzan a acumularse y la actividad biológica tiene lugar favorecida por las condiciones de oxigenación del medio. Los principales procesos orgánicos que entonces, ocurrirán son:

- **La Agregación:** por este mecanismo ocurre la formación de pellet, en condiciones de poca compactación y depositación lenta.
- **La Reducción de Partículas Esqueletales:** esto implica una gradación en el tamaño de las partículas, de arenas a limos con escaso redondeamiento, ocurriendo “in situ”.
- **La Erosión Orgánica (envolturas micríticas y bioturbación):** estos procesos se producen a profundidades variables, entre marea alta hasta varias decenas de metros.
- **La Acción Bacterial (anaeróbica):** exige la preservación de la materia orgánica, la cuál sería atacada por bacterias anaeróbicas, en medio diagenético reductor.

El conjunto de procesos químicos que acompañan la diagénesis de las rocas carbonáticas, varían en el tiempo de ocurrencia, tomando lugar unos en las fases más iniciales de la diagénesis y otros más allá de la epidiagénesis.

Los procesos químicos esenciales que originan la diagénesis son:

- **Solución:** de minerales inestables particularmente aragonito
- **Relleno de poros por precipitación de minerales:** Cementación
- **Neomorfismo:** de minerales carbonáticos originales hacia nuevas formas más estables, bajo condiciones variables a través de procesos tales como inversión y recristalización.
- **Reemplazo:** (metazomático) por dolomita, anhidrita, yeso, sílice, pirita, putrefacción orgánica de partículas, glauconita, etc.
- **Disolución:** de los minerales constituyentes, por efectos conjuntos de presión y disolución.

#### **2.1.4 Porosidad** (CHOQUETTE Y PRAY, 1970)

El sistema poroso en las rocas carbonáticas es generalmente complejo tanto en su geometría como en su génesis y comúnmente difiere marcadamente del de las areniscas.

El tiempo y lugar en los cuales se crea o modifica la porosidad son elementos importantes para orientar genéticamente una clasificación.

Existen tres eventos geológicos principales en la historia de formación de una roca que sirven para datar el origen y modificaciones de su porosidad independiente de su estado de litificación. Estos eventos son: 1) creación de la estructura sedimentaria por acumulación de clásticos o precipitación acrecional, 2) paso del depósito a la zona más influenciada por procesos referidos y/o operando desde la superficie de depositación, y 3) paso de la roca a la zona influenciada por procesos que operan desde una superficie de erosión.

Con base a estos tres eventos principales se proponen los términos. Eogenéticos para el estado temprano de recubrimiento, Telogenético para el estado final; y Mesogenético para el estado intermedio. Estos términos son también aplicables a procesos, zonas de recubrimiento o porosidad formada en estos tiempos o zonas.

Mediante este sistema descriptivo y genético se pueden reconocer 15 tipos básicos de porosidad: siete tipos abundantes (interpartículas, intrapartículas, intercristalinas, moldes, fenestral, fractura y vugular) y ocho tipos más especializados.

#### **2.1.4.1 Etapa del Desarrollo de la Porosidad (ZAPATA, 1983)**

La porosidad en las rocas carbonáticas puede ser originada por diversos procesos como son: secreción esqueletos carbonáticos que crean celdas, cámaras u otras aberturas; empaque sedimentario, encogimiento de los sedimentos por desecación; distensión de sedimentos; solución selectiva de partículas sedimentarias o por solución indiscriminada de la roca; por actividad orgánica; por descomposición orgánica o por otras causas.

Con base a los eventos antes mencionados se puede hacer una primera subdivisión de la porosidad en las rocas carbonáticas con relación al tiempo de su formación y modificaciones posteriores; estas son:

- La porosidad pre-depositacional: es la originada en el tiempo comprendido entre la formación del primer material sedimentario y su depositación final y recubrimiento.
- La porosidad depositacional: se forma en el período de tiempo implicado en la depositación final, en su sitio de último recubrimiento; esta porosidad forma dos tercios del volumen de muchos lodos carbonáticos; en sedimentos carbonáticos granulares bien escogidos forma un tercio de su volumen total.
- La porosidad post-depositacional: ocurre en el tiempo después de la deposición final y el mismo se puede subdividir en Eogenética, Mesogenética y Telogenética, dependiendo de la etapa o zona de recubrimiento en la cual se desarrolla la porosidad.

Las porosidades originadas dentro de los períodos Predepositacionales y deposicionales se denominan Porosidades Primarias, y las originadas en el período Post-depositacional se denominan Porosidades Secundarias.

El cese de la depositación final es la principal base práctica para distinguir la porosidad primaria de la secundaria.

### **2.1.5 Dolomitización (MÉNDEZ, 2009)**

Es la conversión de minerales de  $(\text{CaCO}_3)$  en dolomitas  $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ , debido al reemplazo del Ca por el Mg en el enrejado cristalino, por la formación directa del  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  debido a soluciones ricas en Mg con respecto al Ca en combinación con factores físico-químicos. Determinadas consideraciones cinéticas, bajo los parámetros anteriores y en ciertas condiciones de baja o alta salinidad, favorecen la dolomitización en determinadas condiciones dinámicas y cinéticas que son combinadas, puede favorecer la dolomitización en algunos ambientes:

1.- Ambiente de salinidad variable, pero que respecto a los parámetros cinéticos y termodinámicos existe saturación con respecto a la dolomita (zona de mezcla de agua meteórica/agua de mar, ambientes inframareales someros de salinidad normal a hipersalina, ambientes supramareales hipersalinos, ambientes esquizohalinos).

2.- Ambientes alcalinos (procesos de reducción o fermentación por acción bacterial, aguas subterráneas alcalinas).

3.- Ambientes con temperaturas mayores de  $50^\circ\text{C}$  (ambientes del subsuelo o con la presencia de aguas hidrotermales).

El reemplazo difiere del neomorfismo en que el mineral original de carbonato es reemplazada por un mineral de composición química diferente. El reemplazo de carbonato de calcio  $(\text{CaCO}_3)$  por dolomita  $(\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2)$ , es una de las áreas de estudio más importante y comunes, principalmente dentro del campo de la sedimentología, geoquímica y geología del petróleo.

### **2.1.6 Dedolomitización (ZAPATA, 1983)**

Es un proceso de disolución mediante el cual los rombos de dolomita son lixiviados dejando un espacio poral que es posteriormente rellenado por cristales finos de calcita delineados por calcita drúsica.

La dedolomitización está relacionada con agua meteóricas y se han observado dos tipos de dedolomitización: Microcristalina y Macrocristalina. Este proceso es considerado como diagenéticamente tardío aunque han sido observados intraclastos con este fenómeno en dolomitas.

### **2.1.7 Glauconitización y Piritización (ZAPATA, 1983)**

Se refiere al reemplazo por glauconita y/o piritita que tiene lugar en las rocas carbonatadas.

Estos dos procesos indican condiciones reductoras del medio diagenético en ambiente marino. Pueden ocurrir en forma conjunta o separadamente.

La formación de sulfuros exige condiciones altamente reductoras (Eh negativo) y ácidos (pH bajo), mientras que la glauconita exige condiciones menos reductoras. Por lo que la formación de glauconita ocurre en los primeros centímetros por debajo de la entrecara de depositación y la piritita a niveles un poco más profundos.

El fenómeno de reemplazamiento se efectúa de manera similar que en la silicificación. Requiere, por lo tanto, al igual que en este proceso ya descrito, presencia de materia orgánica capaz de absorber hierro y sílice coloidal (elemento constituyente de la glauconita), el cual precipitará por reducción de la materia orgánica en una etapa diagenética.

### **2.1.8 Concreciones (FÜCHTBAUER, 1974)**

Son nódulos redondeados de origen diagenético generalmente paralelos a la estratificación. Crecen del centro hacia afuera y frecuentemente son de calcita, dolomita, siderita, chert y/o fosforita.

Genéticamente pueden formarse por relleno de poros, reemplazo mecánico producido por presión sobre sedimentos blandos y por reemplazos metasomáticos.

Las concreciones que incluyen material no carbonático son diagenéticamente tardías, mientras que la preservación tridimensional de fósiles en concreciones comparada con la deformación de las lutitas adyacente, indica formación temprana de las concreciones.

### **2.1.9 Bioturbaciones y madrigueras (MÉNDEZ, 2009)**

Las bioturbaciones y madrigueras son comunes y forman parte de los procesos de sedimentación en los carbonatos principalmente en los ambientes de aguas tranquilas y someras representados por las facies de lagunas situadas detrás del arrecife, así como en las facies intramareales y supramareales.

### **2.1.10 Componentes Aloquímicos (FOLK, 1962)**

Son aquellos granos que se han formado por precipitación química en el interior de la cuenca de depósito, pero que en su mayor parte han sufrido algún transporte posterior; si no han sido transportados, incluyen generalmente agregados orgánicos tales como fósiles sedentarios, coprolitos, etc. que son diferentes de los precipitados químicos “normales”. Únicamente cuatro tipos de aloquímicos son importantes: los intraclastos, las oolitas, los fósiles y las pelotillas (“pellets”).

### **2.1.11 Componentes Extraclásticos: (ZAPATA, 1983)**

Son granos detríticos de roca carbonática derivado de fuera del área de sedimentación.

### **2.1.12 Componentes Ortoquímicos: (ZAPATA, 1983)**

Son precipitados químicos normales, formados en el interior de la cuenca de depósito o dentro de la roca misma, y que muestran poca o ninguna evidencia de transporte

significativo. Hay dos tipos de constituyentes ortoquímicos. Lodo de calcita microcristalina (micrita) y cemento de espato calizo (espato).

#### **2.1.13 Compactación** (MÉNDEZ, 2009)

Los principales cambios físicos que tienen lugar en un sedimento desde el mismo instante en que estos son depositados, se producen esencialmente por efecto de la compactación mecánica producto del aumento de la presión o carga sedimentaria al incrementarse la profundidad de soterramiento y generalmente se expresa como una disminución del volumen de sedimento, debido a la disminución de su porosidad original, expulsión del fluido intersticial, empaquetamiento más apretado por deformación y fracturamiento de los mismos.

#### **2.1.14 Disolución** (MÉNDEZ, 2009)

Es un proceso diagenético muy común y de gran importancia por la creación de porosidades secundarias. La disolución de los materiales sedimentarios durante la diagénesis puede ser en forma parcial o total e involucra no solo a partículas sedimentarias detríticas (esqueleto y/o matriz), si no también pueden ser materiales previamente precipitados, reemplazados, recristalizados, etc.

#### **2.1.15 Reemplazo** (MÉNDEZ, 2009)

Este proceso llamado también disolución congruente, son reacciones en las cuales un cristal crece a expensas y en lugar de otro, ocurriendo así la disolución total de la fase sólida. Los iones liberados durante estas reacciones pueden:

- 1.- Formar parte del fluido del poro.
- 2.- Influir en la precipitación de un nuevo mineral.
- 3.- Reaccionar con otros minerales presentes.

El mineral autigénico reemplazante utiliza solo el lugar proporcionado por el mineral inestable que está siendo reemplazado. El mineral autigénico y el reemplazado están conectados por una delgada película de fluido

#### **2.1.16 Fábrica** (MÉNDEZ, 2009)

Organización u ordenamiento físico de partículas y minerales en una roca, incluyendo de textura y estructura microscópica y macroscópica.

### **2.2 Cementación** (FÜCHTBAUER, 1974)

Es el proceso de relleno de cavidades primarias o de disolución dentro del sedimento por precipitación química el cual conduce generalmente a la consolidación del sedimento. Las estructuras como en cono se interpretan como tipos especiales de cementación prevalecientes en margas.

Este proceso tiene lugar durante todo el tiempo diagenético. Se inicia en las fases más iniciales de la diagénesis, bajo la influencia del ambiente depositacional y no se detiene mientras las condiciones del medio sean favorables para su ocurrencia.

#### **2.2.1 Espato**: (ZAPATA, 1983)

Es una calcita que generalmente forma cristales de >30 micras o más de diámetro y se distingue de la micrita por su transparencia, así como por su mayor tamaño cristalino.

Este tipo de calcita generalmente se forma como simple cemento precipitado “in situ” en los poros.

#### **2.2.2 Microespato**: (ZAPATA, 1983)

Calcita microcristalina generalmente de 5 a 15 micras de tamaño, producto de recristalización de micrita. Puede llegar a tener hasta 30 micras cuando es amorfo o tosco.

### **2.2.3 Micrita:** (ZAPATA, 1983)

Calcita microcristalina, lodo carbonático o fango calcáreo.

1. Es el fango calcáreo, o equivalente consolidado que posee cristales de tamaño, entre 1 a 4 micras, que puede constituir la matriz de las rocas carbonatadas.
2. Roca carbonatada constituida por calcita microcristalina con menos del 10% de aloquímicos, según FOLK, 1962.

### **2.3 Estructura y cavidades fenestrales (ojo de pájaro)** (MÉNDEZ, 2009)

Son características de las zonas intra y supramareales y son cavidades que pueden estar rellenas o no con sedimento fino o esparita. Cuando los espacios están vacíos se denomina como porosidad fenestral. Las cavidades pueden estar dispuestas en forma irregular, siguiendo el patrón de la estratificación y paralela a esta, o en forma perpendicular. Cuando muestra patrones irregulares se derivan generalmente, de facies de peloides con matriz de micrita.

### **2.4 Estructura diagenética** (MENDEZ, 2009)

Abarca numerosos términos, la mayor parte incluidos en las concreciones: nódulos, rosetas, esferulitas, geoda, septarias, etc.

### **2.5 Estilolitas** (MÉNDEZ, 2009)

Se consideran estructuras inorgánicas, formándose por el efecto de presión-disolución durante la compactación. Se originan en zonas con discontinuidades producidas por cambios litológicos en la composición de los granos, tamaño de los mismos, variación de los procesos de dolomitización, tamaño de los cristales, etc. Las Estilolitas se caracterizan por concentraciones de residuos insolubles de minerales de silicatos muy finos, óxidos de hierro y materia orgánica muy fina.

## **GEOLOGÍA REGIONAL**

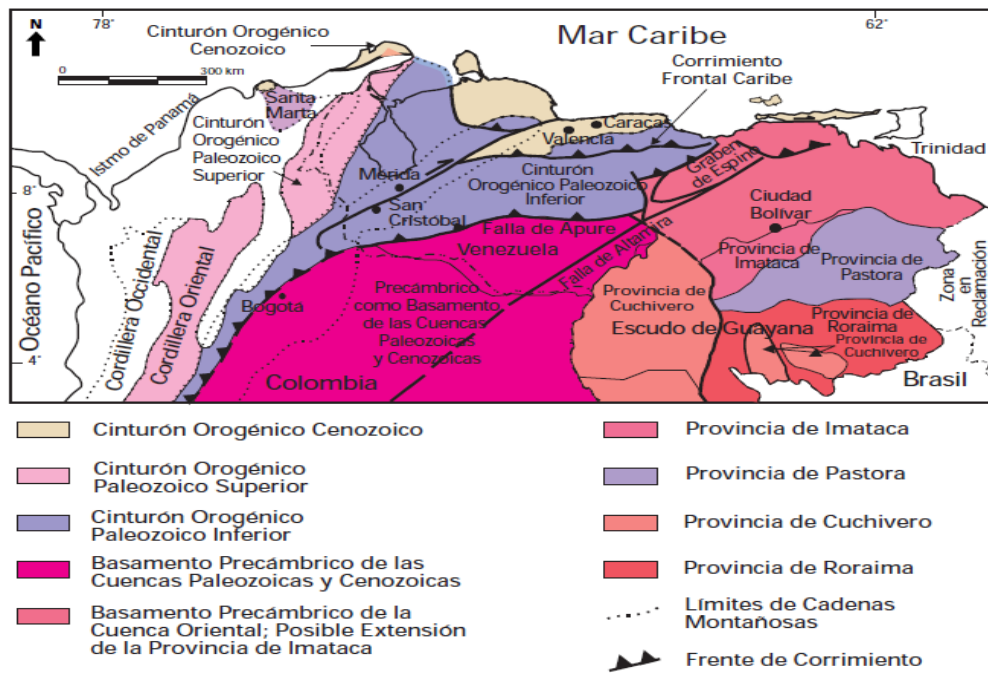
### **2.6 Evolución de la Cuenca durante el Cretácico**

La Cuenca Barinas-Apure es una depresión estructural en el basamento ígneo-metamórfico Pre-Cretácico, rellena de sedimentos del Cretácico y del Cenozoico hasta una profundidad que excede los 16.000 pies en su parte más profunda. (YORIS, F. Y M. OSTOS, 1997)

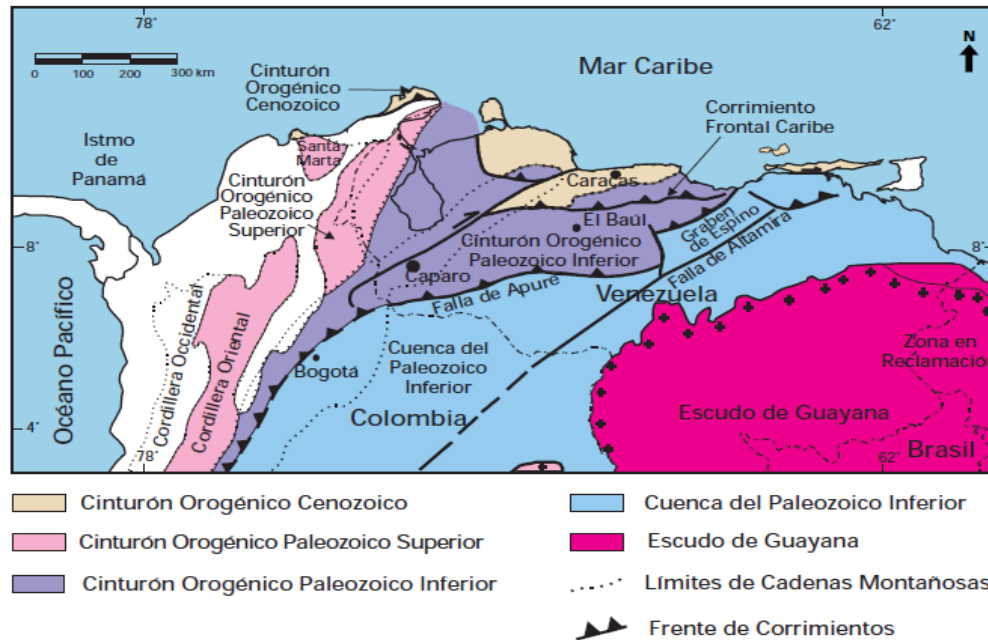
#### **2.6.1 Pre-Cretácico**

Debido a los procesos tectónicos sufridos al norte de la Placa Suramericana a lo largo de su historia, existen cuerpos precámbricos de dos clases: alóctonos y autóctonos. Los terrenos autóctonos se localizan en el Escudo de Guayana y como basamento de las cuencas paleozoicas a cenozoicas al sur de la Falla de Apure, como se puede observar en la figura 6, aunque no se pueden discriminar provincias como en Guayana, dado que muy pocos taladros han logrado alcanzar el basamento precámbrico y las descripciones son muy pobres (ANDRADE, 2001).

Los terrenos alóctonos en la figura 7, iniciaron su adosamiento a Suramérica durante el Paleozoico Temprano (Orogénesis Caledoniana: 570-385 Ma); incluyen rocas que afloran en los alrededores de las ciudades de Mérida y San Cristóbal (YORIS Y OSTOS 1997).



**Figura 6** - Mapa de distribución de terrenos autóctonos en el norte de Suramérica. El terreno autóctono se encuentra en el subsuelo de la Cuenca Oriental y en la de Barinas – Apure, al sur de la Falla de Apure. Tomado de YORIS & OSTOS (1997).

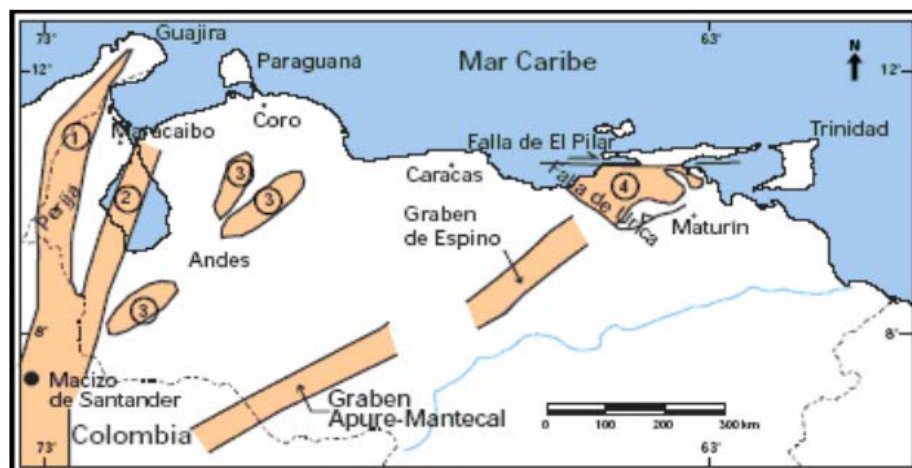


**Figura 7** - Mapa de distribución de terrenos alóctonos en el norte de Suramérica, en los cuales hay rocas paleozoicas. Tomado de YORIS & OSTOS (1997).

En Venezuela, la rotura o “rifting” de Pangea produjo varias modificaciones importantes que posteriormente influyeron en la evolución de las cuencas sedimentarias venezolanas. Se plantea que durante este evento, la separación entre la Placa Suramericana y los bloques Chortis, Oaxaca y Yucatán está relacionada a la apertura del Golfo de México o Proto-Caribe, induciendo el desarrollo de valles de extensión o grábenes mostrados en la figura 8, con una tendencia noreste, en los que se incluyen los grábenes de Apure-Mantecal y Espino, así como también los grábenes de los Andes y Perijá, y el ubicado en el Lago de Maracaibo (ANDRADE, 2001).

Estos valles de extensión fueron rellenos sintectónicos para las formaciones La Quinta (Cuenca Barinas-Apure) e Ipire (Cuenca Oriental) durante el Jurásico, con sedimentos continentales de “capas rojas”, volcánicas de diversa índole y eventualmente clásticos y calizas de inversiones marinas (YORIS Y OSTOS, 1997).

FIGUEROA *et al.* (1996), indican como principal rasgo estructural, al norte de Venezuela, una fase distensiva asociada a la etapa de margen pasivo donde el fallamiento es predominantemente normal, con una orientación noreste-sureste.



**Figura 8** - Distribución de valles de extensión o grábenes (Jurásico) en Venezuela. 1) aflorando en la Sierra de Perijá, 2) Como parte del basamento en el subsuelo de la Cuenca de Maracaibo, 3) en los Andes, 4) en el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure y Oriental. Tomado de YORIS & OSTOS (1997).

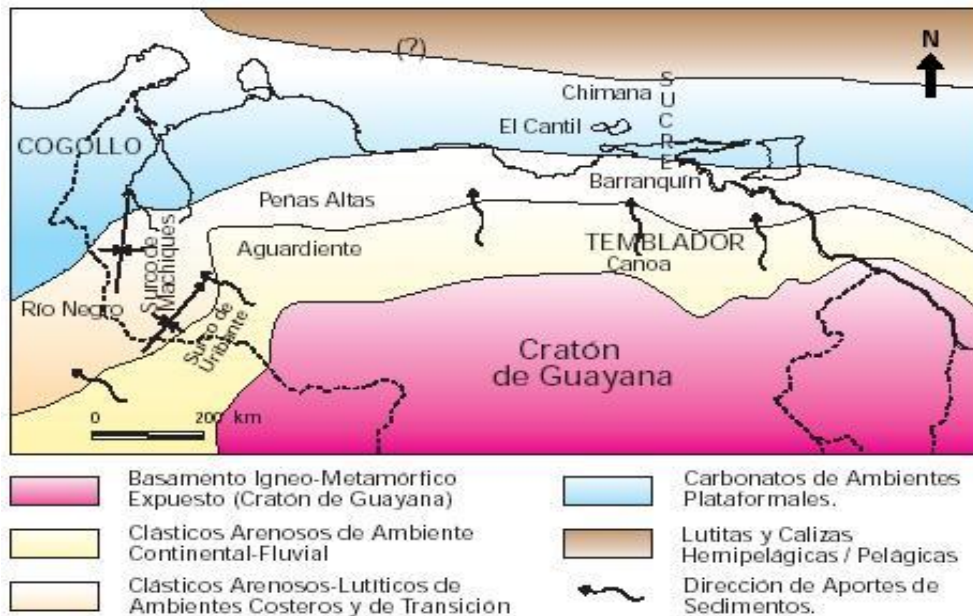
### 2.6.2 Cretácico

GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), reconocen la existencia de un margen pasivo tipo atlántico durante el Cretácico al norte de Suramérica y señala la existencia del Arco de Mérida, el cual constituía, predominantemente una zona positiva. LUGO (1991), señala la gran influencia depositacional del Arco de Mérida como contrafuerte tectónico de edad Pensilvaniense y de naturaleza alóctona, que se mantuvo expuesto en varias etapas, durante el Mesozóico tardío hasta el Cretáceo temprano y Paleoceno temprano al Eoceno medio.

La sedimentación en el occidente fue controlada en su inicio por el sistema de grábenes jurásicos, evidenciados en los espesores de los clásticos arenosos de la Formación Río Negro (Figura 9), los cuales varían desde más de dos kilómetros en el Surco de Machiques, hasta unos pocos metros en algunas localidades del flanco Norandino. Seguidamente, LUGO (1991), mencionó que en el noroccidente de Venezuela se experimentó, desde el Jurásico, una subsidencia termal exponencial; ésta se estabilizó y el Grupo Cogollo (carbonático) se depositó en un extenso mar epicontinental transgresivo sobre Venezuela Occidental, el cual termina su desarrollo en el Aptiense cuando culmina la sedimentación de la Formación Río Negro (YORIS Y OSTOS, 1997). El equivalente clástico lateral hacia el cratón o Escudo de Guayana, lo conforma la Formación Aguardiente. (Figura 9).

El desarrollo geológico-petrolífero de la Cuenca de Barinas-Apure comienza con la trasgresión del Aptiense-Albiense, durante la cual el área de Barinas ocupaba una posición marginal entre lo que hoy constituye la Cuenca del Lago de Maracaibo al norte y el borde septentrional del Cratón de Guayana.

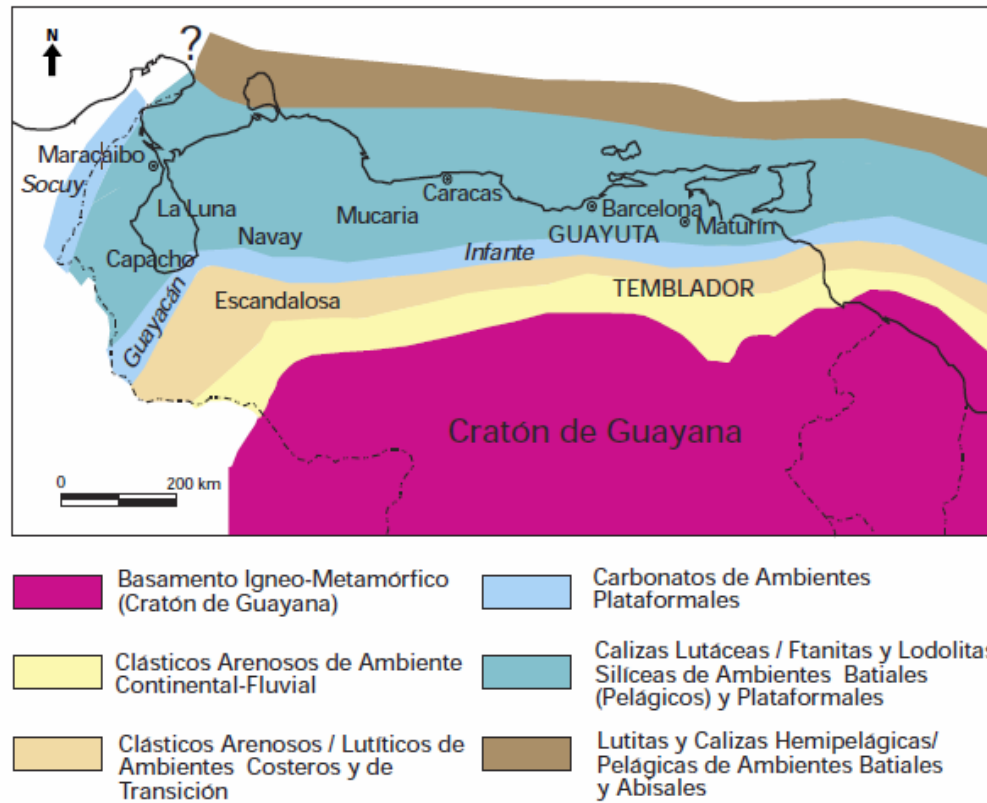
Hace unos 100 m.a. ocurre la invasión de la cuenca por mares procedentes del norte rebasando las elevaciones resultantes de la Orogénesis del Permo-Triásico, ocurre sedimentación de clásticos arenosos de ambientes continental-fluvial y costeros-transicionales. GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980)



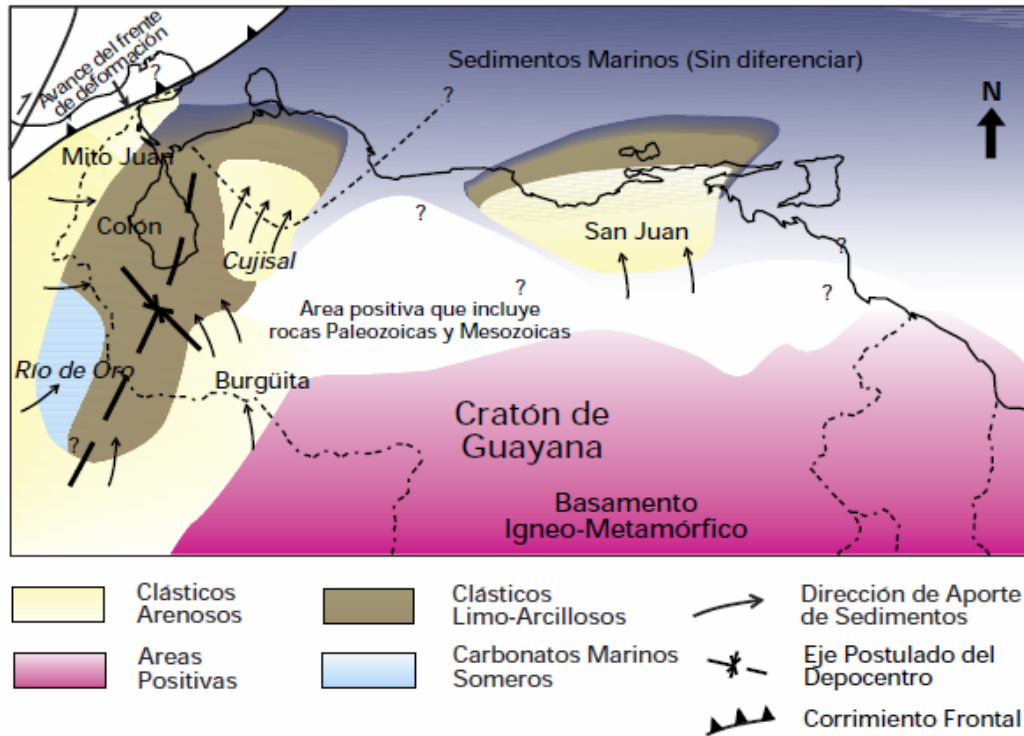
**Figura 9** – Distribución de facies sedimentarias Neocomiense-Albiense. Tomado de YORIS & OSTOS (1997)

Para el Cenomaniense-Maestrichtiense aproximadamente unos 90 m.a. ocurre el avance de la invasión marina con sedimentación de las formaciones Escandalosa, Navay (Miembro La Morita y Quevedo) y Burguita, en las facies ubicadas al norte mostradas en la figura 10.

El intervalo “P” es el productor de petróleo más importante de la zona y el intervalo “O” se considera el equivalente del Miembro Guayacán de la Formación Capacho en la nomenclatura andina. GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980).



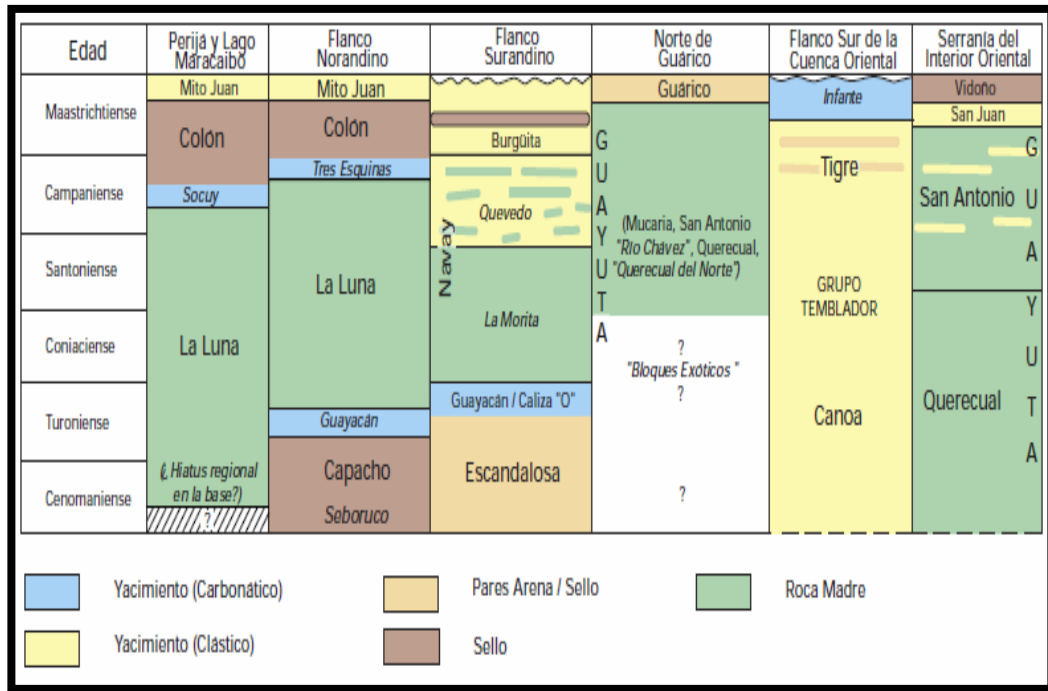
**Figura 10** - Distribución de facies sedimentarias dominantes durante el Cenomaniense-Campaniense (Cretácico tardío) al norte del Cratón de Guayana. Tomado de: Tomado de YORIS & OSTOS (1997).



**Figura 11** - Distribución de facies sedimentarias durante el Maastrichtiense (Cretácico Tardío) al norte del Cratón de Guayana. Tomado de YORIS & OSTOS (1997).

Ya para finales del Cretácico, ver figura 12, en unos 65 m.a., ocurre la Orogénesis que obliga la retirada de los mares cretácicos hacia el norte como se ve en la figura 11. Ocurren movimientos epirogenéticos durante el Paleoceno y Eoceno temprano, levantando el área central productora de petróleo, ocasionando la formación de fallas y anticlinales fallados en la cuenca. GONZÁLEZ DE JUANA *et al* (1980)

**Cuadro de Correlación del Cretácico Tardío de Venezuela**



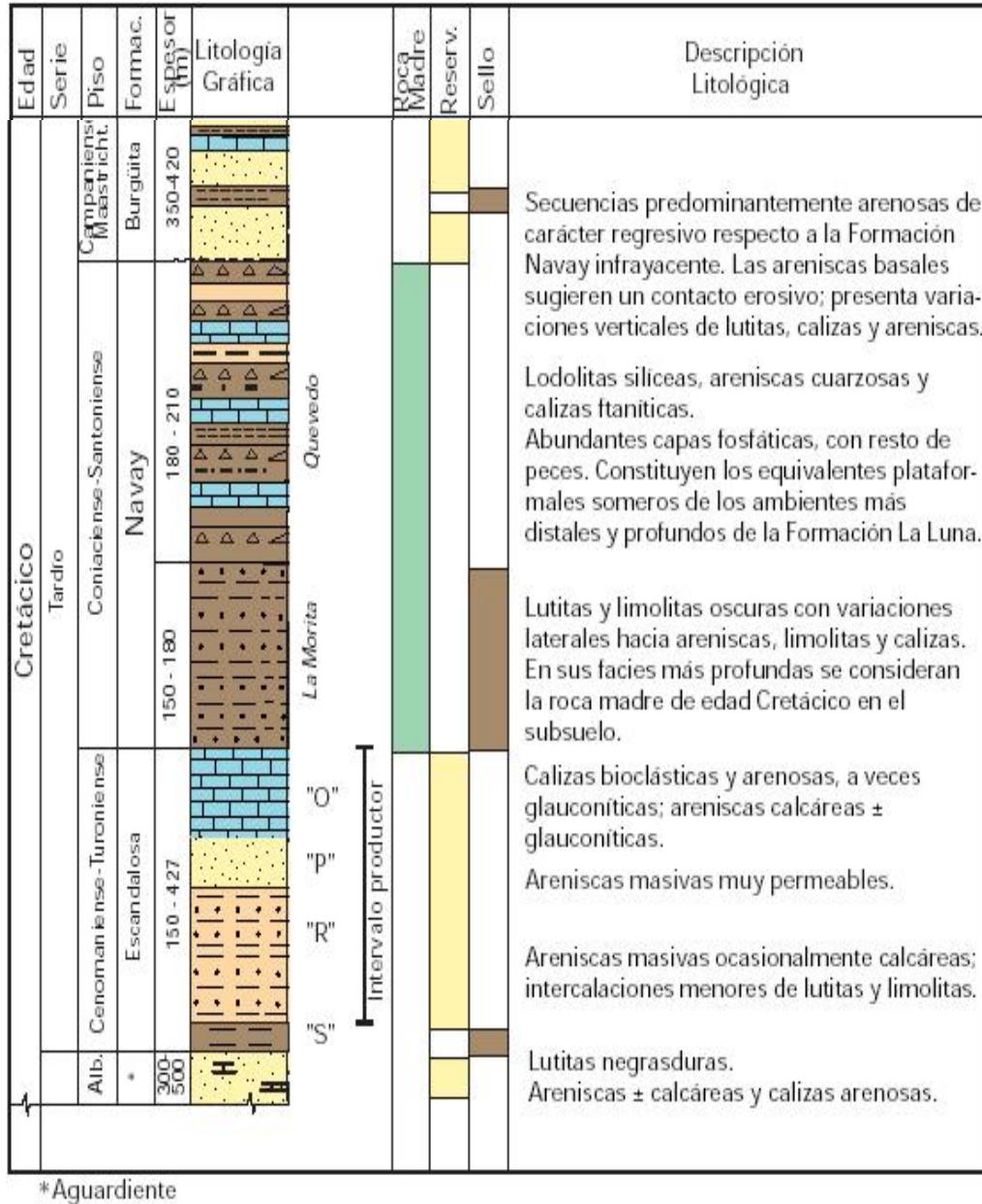
**Figura 12** – Cuadro de Correlación de las unidades más relevantes, facies Cretácicas Tardías de Venezuela. Modificado de GONZÁLEZ DE JUANA *et al.* (1980), Tomado de YORIS & OSTOS (1997)

**2.7 Aspectos Estratigráficos**

La cuenca Barinas, se encuentra ubicada al sureste del Sistema Montañoso de los Andes. La roca madre por excelencia es la Formación Navay, ver tabla 2, de edad Cretácico Tardío, cuyas facies son equivalentes laterales a la Formación la Luna, ya que el origen de ambas es similar y no es sino hasta el levantamiento de los Andes Venezolanos, durante el Terciario que se separan. YORIS & OSTOS (1997)

El yacimiento carbonático más relevante lo constituyen las calizas con porosidad secundaria, la Caliza “O”, y el yacimiento clástico denominado el intervalo “P” es el productor más importante de la zona, ambos pertenecientes a la Formación Escandalosa, ver tabla 1 y mostrados en la figura 13. Los sellos regionales más importantes son los

intervalos lutíticos de las Formaciones Burgüita (Cretácico Tardío), Pagüey (Eoceno) y Guafita (Miembro Guardulio). Ver figuras 14 y 15.



**Figura 13** - Columna estratigráfica compuesta del flanco sur andino, cuenca de Barinas-Apure (fuentes de los espesores: GONZÁLEZ DE JUANA *et al.*, 1980, y KISER, 1989)

### **2.7.1 Formación Escandalosa:**

**Tabla 1** - Resumen de las características litoestratigráficas de la Fm. Escandalosa

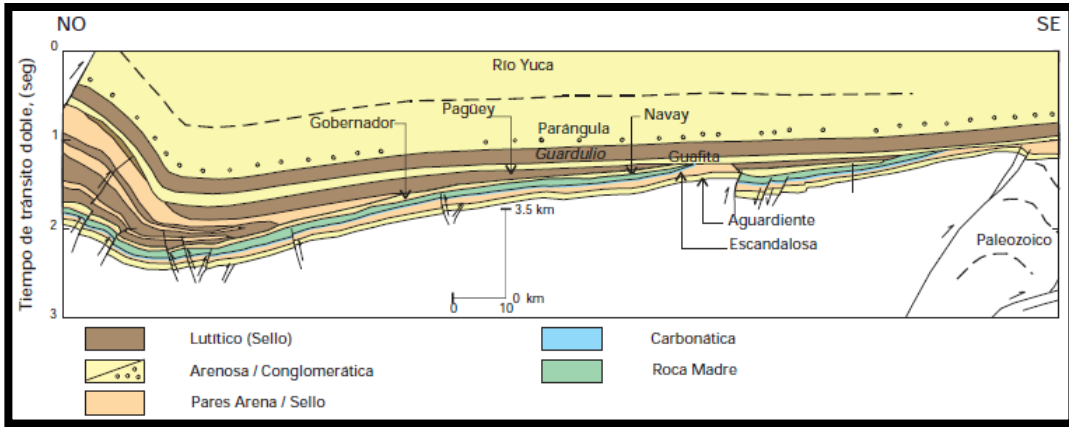
<p><b><u>Litología:</u></b> La formación está compuesta por areniscas macizas, cuarzosas y muy glauconíticas, con cantidades menores de lutitas negras calcáreas. Las areniscas son de color gris, gris oscuro a marrón claro y verdoso de grano fino a medio, bien escogidas, micáceas y carbonáceas. (KISER, 1989)</p>	
<p><b><u>Edad:</u></b></p> <p>Cretáceo, Cenomaniense a Turoniense, por correlación lateral y por sus relaciones con otras unidades.</p>	<p><b><u>Extensión Geográfica:</u></b></p> <p>La formación aflora a lo largo de la región piemontina de los andes surorientales, y se reconoce en el subsuelo de la cuenca de Barinas.</p>
<p><b><u>Paleoambiente:</u></b></p> <p>Según KISER (1989) la formación representa, básicamente, a un ambiente nerítico de plataforma, variando desde litoral al sur, hacia nerítica externa al norte. Las litofacies indican dos ciclos menores de sedimentación: una regresión inferior desde la Lutita "S" (un intervalo de máxima inundación) hasta el tope de la arena P-1 (deltaica), y una transgresión representada por la Caliza "O".</p>	<p><b><u>Fósiles:</u></b></p> <p>Palinomorfos y dinoflagelados de las formaciones Escandalosa, Navay y Burgüita. Entre otros, se presentan <i>Gnetaceaepollenites diversus</i>, <i>Corralina brasiliensis</i>, <i>Elateroplicites africaensis</i> y <i>Ephedripites pentacostatus</i></p>
<p><b><u>Geoquímica:</u></b> Estudios geoquímicos de la cuenca indican que la Formación Escandalosa no posee roca madre.</p> <p><b><u>Importancia económica:</u></b> En el subsuelo de los campos petrolíferos de Barinas y Apure, las arenas P-1/P-2 constituyen un importante reservorio de petróleo.</p>	

### **2.7.2 Formación Navay (Miembro La Morita):**

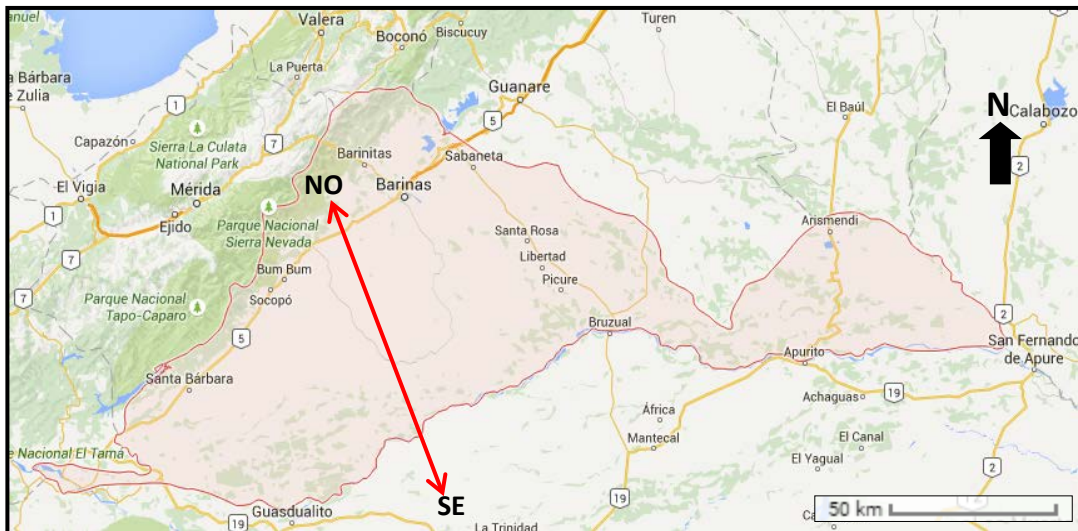
**Tabla 2** - Resumen de las características litoestratigráficas de la Fm. Navay

<p><b><u>Litología:</u></b> PIERCE (1960), la describe en la localidad tipo como compuesta de lutitas silíceas, friables a no friables, blandas, duras, quebradizas, y lutitas calcáreas, carbonáticas, gris a gris oscuro.</p>	
<p><b><u>Edad:</u></b> Monroy y Van Erve (en KISER, 1997) las formaciones Escandalosa y Navay, afirmando que ambas se incluyen dentro de la superzona palinológica V y VI (Turoniense-Maastrichtiense),</p>	<p><b><u>Extensión Geográfica:</u></b> Aflora en la región nororiental de los Andes (RENN, 1959) y posee extensión regional en el subsuelo de la cuenca de Barinas (FEO-CODECIDO, 1972).</p>
<p><b><u>Paleoambiente:</u></b> FEO-CODECIDO (1972), afirma que el Miembro La Morita es de ambiente marino moderadamente profundo, hacia el flanco suroriental cambia a ambiente de aguas marinas menos profundas, indicado por una secuencia casi enteramente arenácea.</p>	<p><b><u>Fósiles:</u></b> PIERCE (1960), menciona la presencia de abundantes restos de peces de color marrón, ostrácodos y radiolarios. El mismo autor reporta, además ammonites, camarones y cangrejos y a los foraminíferos planctónicos.</p>
<p><b><u>Geoquímica:</u></b> Los primeros análisis geoquímicos de pirólisis, extractos de roca y crudos realizados en pozos de la región de Barinas (RUSSOMANNO Y VELARDE, 1982) identificaron características de rocas madre. CHIGNE (1997) presenta una síntesis de las características de la roca madre, identificando en la litofacies La Morita de la región piemontina de Barinas, los intervalos más ricos en materia orgánica (3,5% COT), kerógeno II, y madurez de 0.8 % Ro.</p> <p><b><u>Importancia Económica:</u></b> FEO-CODECIDO (1972), afirma que algunas zonas productoras de hidrocarburos de los campos de Silvestre y Sinco corresponden a las rocas del Miembro Quevedo. CÁRDENAS (1985), menciona reservas de fosfato de 20 millones de toneladas, en areniscas fosfáticas del Miembro Quevedo, en el área de Los Monos, Táchira suroriental.</p>	

Sección NO-SE de la Cuenca Barinas-Apure (Modificado de PARNAUD et al. (1995).



**Figura 14** – Perfil Geológico que muestra las condiciones estratigráficas y estructurales que dominan y describen la Cuenca Barinas-Apure. Tomado de YORIS & OSTOS (1997)



**Figura 15** – Sección del perfil NO-SE, que define la ubicación del perfil del subsuelo mostrado en la figura anterior. MARTÍNEZ (2015)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

La siguiente investigación cumplirá con las siguientes etapas, con la finalidad de tener un orden lógico para la obtención de los resultados y sus análisis referentes al estudio planteado, ver flujograma en figura 16.

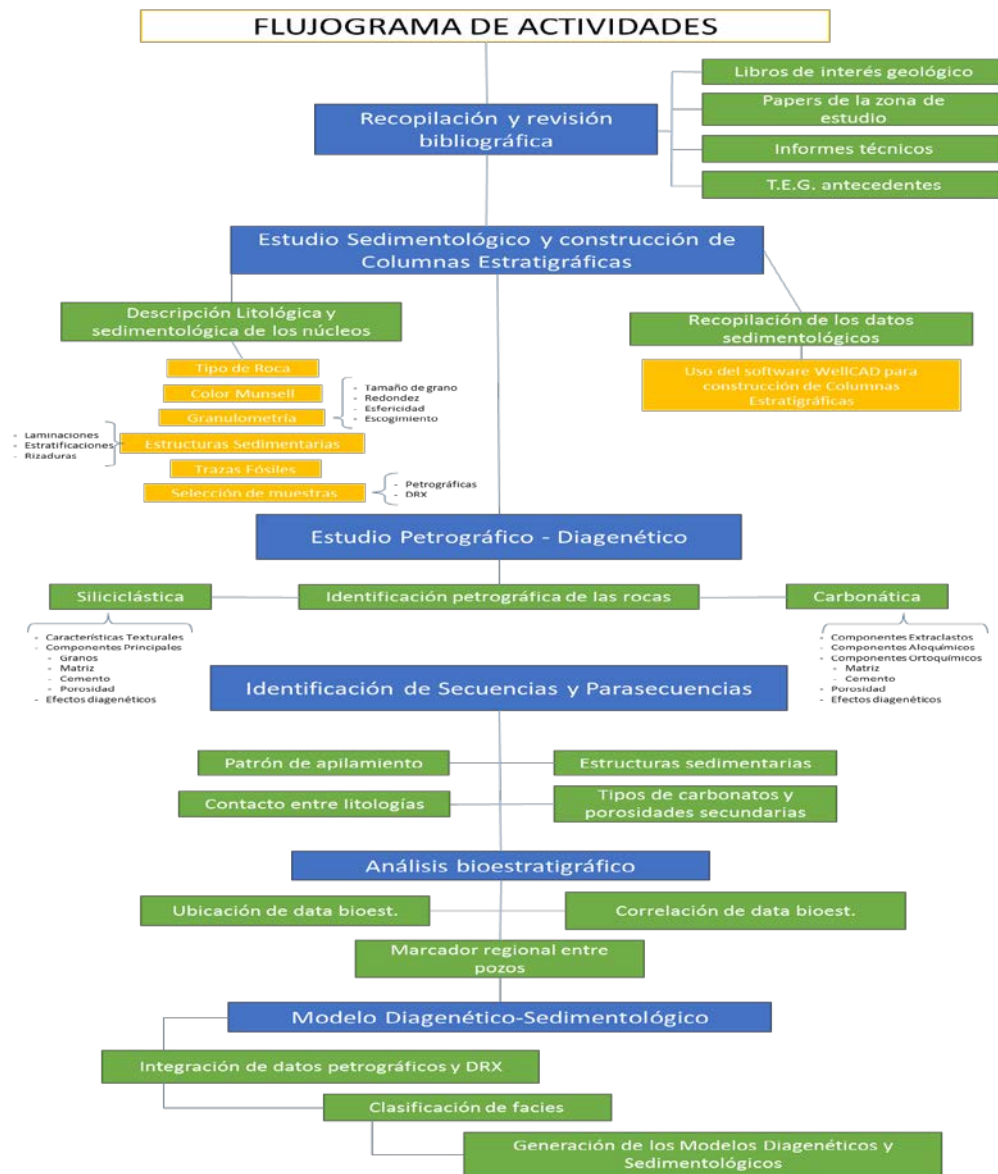


Figura 16 – Flujograma de la metodología de las actividades desarrolladas durante la investigación

### **Fase 1: Recopilación bibliográfica**

Es tomado en cuenta todos los temas referentes a la investigación, que serán de apoyo durante el desarrollo del estudio.

- Se toman en cuenta los temas relacionados con rocas siliciclásticas y carbonáticas, tomando en consideración la identificación de las diferentes litologías y sus constituyentes como las estructuras sedimentarias, minerales y accesorios, trazas fósiles, diagénesis y procesos de dolomitización.

- Estudio sobre las posibles teorías del origen de la cuenca de Barinas-Apure, tomando en cuenta las características estratigráficas y estructurales encontradas en el subsuelo, también las características de las formaciones que serán estudiadas durante la investigación.

### **Fase 2: Estudio sedimentológico y construcción de columnas estratigráficas**

Serán descritos dos núcleos pertenecientes al campo Borburata, ubicados en la Nucleoteca de PDVSA\_INTEVEP, los cuales son el pozo BOR-3E de 300 pies y constituido por 7 núcleos en 145 cajas, y el pozo BOR-5E de 215 pies con 4 núcleos con 73 cajas estudiadas, realizando una identificación de las diferentes litologías que los constituyen, tomando en cuenta los parámetros para la descripción detallada de cada núcleo, los cuales son:

- Tipo de roca y profundidad
- Color de la roca según **Munsell**
- Granulometría, redondez, esfericidad y escogimiento
- Estructuras sedimentarias (físicas, orgánicas y diagenéticas)
- Identificación megascópica de minerales y accesorios
- Impregnación y porosidad
- Trazas fósiles (nivel de abundancia)



Luego todos estos datos serán digitalizados mediante el programa WELLCAD®, versión 4.3, desarrollado por *Advanced Logic Technologic*, para ambas columnas estratigráficas de los núcleos Bor-3E y Bor-5E.

### **Fase 3: Estudio Petrográfico-Diagenético**

En la fase anterior se seleccionaron los puntos de interés con sus respectivas profundidades para la toma de muestras petrográficas y de DRX, dichas muestras fueron cortadas por los técnicos de la nucleoteca y luego llevadas a los laboratorios de Petrografías y de Difracción de Rayos X. Las secciones finas, de las cuales los carbonatos se teñirán con rojo alizarina y ferricianuro de potasio, para diferenciar la calcita de la dolomita, a su vez se identificarán facies y microfacies. También se estudiarán las rocas silicilásticas, se identificarán minerales, porosidades y se estudiará la secuencia paragenética en cada caso.

La identificación microscópica de las muestras se llevará a cabo mediante un microscópico petrográfico convencional de luz polarizada utilizando los formatos de descripción de rocas sedimentarias mostradas en la figura 18; las muestras serán escogidas por características relevantes e interpretaciones analizadas en la previa descripción del núcleo, se estudiará entre otras cosas lo siguiente:

- 1) En los silicilásticos las texturas: tamaño de grano, redondez, escogimiento, contactos entre granos, componentes detríticos, minerales autigénicos, matriz, cementos, porosidad primaria, secundaria y procesos diagenéticos.

2) En el caso de los carbonatos se estudiarán los aloquímicos (fósiles, intraclastos, pellets y peloides), ortoquímicos, extraclastos, minerales evaporíticos, autigénicos, porosidad (primaria y secundaria) y procesos

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N Muestra:	Fecha:	Petrografía por:	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: %	Aloquímicos: %	Ortoquímicos: %	Porosidad: %
Extraclastos 10%			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Plutónica	Apatito
Pc Metamórfico			Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucónita
Aloquímicos (%)		Porosidad (%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	
Fragmentos de Ostracodos	Nummulitas	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Médica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %	
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %	
Fragmentos de Calizas	Pelelets (%)	Espato	
Agregados o Grappes	Ooides (%)	Microespato	
Otros		Pseudoespato	
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	Bioturbaciones		
Formación de envoltorios micríticos	Otros		
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	Isópaco	Equigranular	
	Menisco	Otros	
Neomorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaixil de Fr. De Moluscos	Glaucónización		
N. Inversión Heteroaixil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros: Pinitación		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estiolitas: de mediana amplitud		
Matriz	otros:		
Cemento	Color de Teñido:	Rojo:	Malva: Púrpura: No tñe:
Fr. Fósiles	Azul →	Claro:	Oscuro:
Observaciones:			
Nombre de la Roca: Mount (1985):			

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
Muestra:	Fecha:	Petrografía por:	
Características Texturales			
Tam. Grano:	Redondez	Esféricidad	Orientación: Anisotrópica Isotrópica
Escogimiento	Bien Redond.	Alta	Contactos
Muy Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-matriz
Buena	Sub-redond.	Media	Grano-cemento
Medio	Sub-angular	Media-baja	Puntual
Pobre	Angular	Baja	Longitudinal
Muy pobre			Conc-Conv
			Saturado
Descripción textural, estructuras biogénicas: gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Componentes Principales (%)			
Granos: %	Matriz: %	Cemento: %	Porosidad: %
Granos %			
Cuarzo (%)	Feldespatos (%)	Fr. de Roca (%)	Accesorios (%)
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
Matriz (%):		Cemento (%):	
Minerales de arcilla	Cuarzo	Porosidad (%):	
Oxidos de Fe	Caolinita	Interpartícula	
Cuarzo	Mineral calcáreo	Intrapartícula	
Caolinita	Minerales de arcilla	Disolución	
Material carbonático	Otros	Fractura	
Otros		Médica	
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles	Tipo de Cemento predominante	
Media	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Contacto long y conc-conv	Alteración	
Matriz	Contactos suturados	Feldespato	
Cemento	Estiolitas	Moscovita	
		Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi		Recálculo	
Cuarzo		Total sin Matriz =	
Feld		Clasificación según Pettijohn (1987)	
FR		Nombre de la Roca:	
Matriz			

diagenéticos.

Figura 18 – Planillas de descripción petrográfica, para rocas carbonáticas y areniscas

Asimismo se hará el análisis mineralógico por DRX, de roca total y de la fracción menor de 2 micras (análisis tamaño arcilla), para ello es necesario pulverizar las muestras e introducir las para ser analizadas por el equipo PANALYTICAL modelo X PERT PRO (Difractómetro), que se encuentra en el Laboratorio de Difracción de Rayos X en INTEVEP, todo este procedimiento será realizado por los técnicos de los laboratorios.

#### **Fase 4: Identificación de Secuencias y Parasecuencias**

Durante la elaboración de la columna estratigráfica, donde serán estudiados:

- El patrón de apilamiento
- Contactos entre litologías
- Estructuras sedimentarias (entre estas la identificación de trazas fósiles)
- Tipos de carbonatos (calcita, dolomita, siderita, etc.)
- Porosidades secundarias

Se identificarán las secuencias y parasecuencias en ambos pozos. Además se identificarán los ambientes donde fueron depositadas las secuencias y parasecuencias analizadas.

#### **Fase 5: Correlación estratigráfica secuencial y análisis bioestratigráfico**

- 1) Se ubicará los datos bioestratigráficos de edad, ya existente del pozo Tor-1x, ubicado a unos 10km aproximadamente de los pozos Bor-3E y Bor-5E.
- 2) Se establecerá el “datum” para realizar la correlación en un marcador regional, la cual fue la base del Miembro La Morita de la Formación Navay y el tope del Miembro Caliza O de la Formación Escandalosa.
- 3) Se elaborará un transecto con el registro gamma-ray de los dos pozos, definiendo un “datum”, colocando los intervalos con muestras de núcleos.

**Fase 6: Elaborar catálogo de facies, modelo diagenético y sedimentológico del área estudiada.**

Se elaborará Catálogo de Facies, donde se colocarán fotografías, estructuras sedimentarias y asociaciones de facies en las parasecuencias estudiadas, se hará la interpretación de ambiente donde se depositaron estas asociaciones de facies.

- Se hará la clasificación de las rocas analizadas tanto las siliciclásticas (por Pettijohn, Potter y Siver, 1973), como las carbonáticas, para lo cual se utilizará la clasificación de carbonatos de mezcla de Mount, 1985, modificado por Aquino (2015).
- A partir de los estudios sedimentológicos y petrográficos se identificarán facies y microfacies, se integrará a esta los resultados del análisis mineralógico por DRX.
- Serán identificadas las porosidades primarias y secundarias, tipos de carbonatos, cementos, minerales autigénicos, sustituciones de minerales, disoluciones, presencia de crudos, etc. y se elaborará modelo diagenético a partir de los estudios petrográficos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Descripción Sedimentológica

Para poder haber descrito la geología local completa, fue necesario haber hecho una descripción detallada de los núcleos que conforman cada uno de los pozos, hacer una descripción detallada es fundamental donde se definen tipos litológicos y los diferentes cambios de facies, en donde cada una estará constituida por características y propiedades diferentes, como lo son, granulometría, estructuras físicas, químicas y orgánicas, color de la roca, entre otras.

##### 4.1.1 Núcleos del Pozo Bor-3E:

Los núcleos que constituyen la zona cretácica de este pozo se encuentran 3 miembros, estudiado desde las profundidades de 12150' y 11850', 300' de sedimentos constituidos por las formaciones Escandalosa y Navay. Ver columna estratigráfica en el **Anexo 1**.

##### Formación Escandalosa:

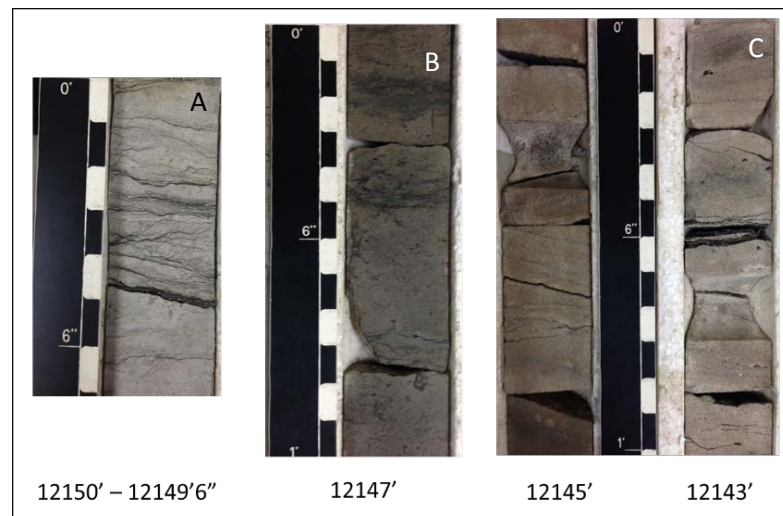
##### - Miembro Arena "P":

(12150' - 12149'2")): Arenisca de grano fino, grano subredondeados con escogimiento moderado, laminaciones lutíticas presentes tipo flaser menores a 2mm más abundantes al tope, bioturbaciones de trazas fósiles de *Skolithos* y *Palaeophycus*, porosidad poco observable, minerales accesorios de pirita hacia el tope, y algunas fracturas paralelas a las laminaciones. Contacto abrupto suprayacente. Color HUE 10YR 6/2 Pale Yellowish Brown. (Ver figura 19)

(12149'2" - 12148'6")): Sedimentos gruesos glauconíticos que forman parte de la estructura de un canal. Con laminaciones lutíticas irregulares al tope. Color 5GY 6/1 Greenish Gray.

**(12148'6" – 12146'1"):** Arenisca de grano fino a medio (aumentando al tope), granos subredondeados y redondeados, escogimiento moderado. Laminaciones lutíticas muy dispersas y carbonosas hacia el tope, trazas fósiles de *Palaeophycus* muy escasa, porosidad tipo móldica, minerales de pirita en el segmento. Contacto abrupto suprayacente. Color HUE 5YR 5/2 Pale Brown. (Ver figura 19)

**(12146'1" – 12140'10"):** Arenisca de grano grueso, entre los 12143' el tamaño de grano aumenta hasta muy grueso y luego disminuye hacia el tope a tamaño medio, con un escogimiento de base a tope de moderadamente a bien escogido, granos subangulares y subredondeados, laminaciones carbonosas de 0,1 a 0,5cm, en el medio de la sección, porosidad selectiva intergranular y móldica, impregnación mayor en la base disminuyendo al tope. Color HUE 10YR 5/4 Moderate Yellowish Brown. **Muestra #1 en (12145'5").** (Ver figura 19)



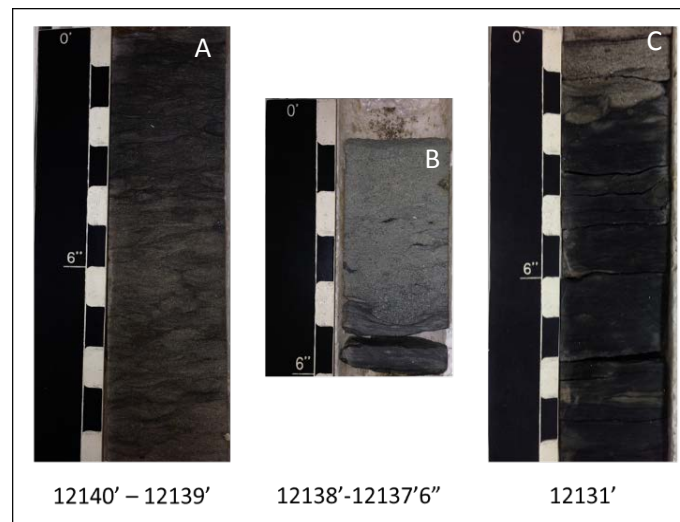
**Figura 19** - Fotografías del intervalo Arena P, A: Arenisca de grano fino con bioturbaciones, B: Arenisca de grano fino a medio con laminaciones lutíticas, C: Arenisca grano grueso a muy grueso con ligera impregnación.

**(12140'10" – 12137'11"):** Arenisca de grano grueso a fino, disminuyendo al tope (se hace más limosa-lutítica al tope), con escogimiento moderado y morfología de sus granos de subangulares a subredondeados. Laminaciones lutíticas tipo flaser e irregulares, trazas fósiles muy abundantes >50% de *Thalassinoides*, *Asterosoma*,

*Planolites* y *Teichichnus*. Presencia de pequeños nódulos piríticos hacia el tope de 0,5cm de diámetro. Color HUE 5YR 5/2 Pale Brown y al tope 5YR 3/2 Grayish Brown. (Ver figura 20)

(12137'11" – 12132'11")): Arenisca de tamaño de grano grueso disminuyendo al tope a grano medio, con buen escogimiento y granos subredondeados a redondeados, pobremente bioturbada de *Thalassinoides* difusos, abundante presencia de glauconita dándole el color característico verdoso que disminuye al tope, en la base un nivel lutítico de 2 pulgadas o 4,5cm aprox. contacto transicional suprayacente. Color HUE 5G 6/2 Greenish Gray y al tope 5GY 2/1 Greenish Black. **Muestra #2 en (12135'1")**.

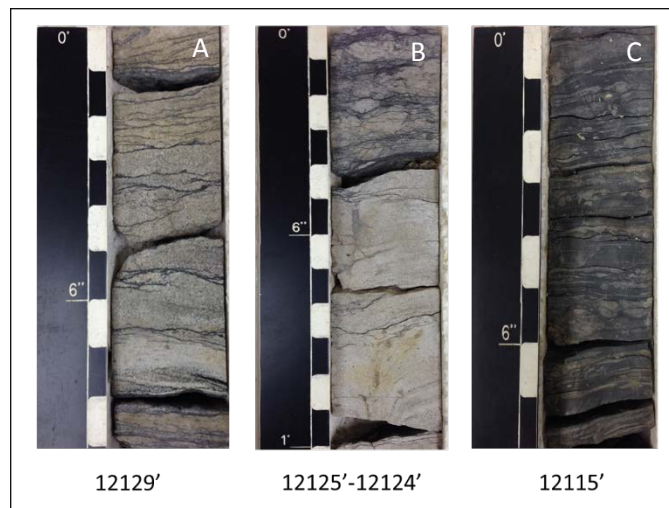
(12132'11" - 12130'9")): Lutita-limosa, lutita en ocasiones masiva con niveles limosos (heterolítica lodosa), intervalos limosos que aumentan al tope, laminaciones de tipo flaser, rizaduras asimétricas y lentes arenosas, diversidad de trazas moderadas de aprox. 20% de *Planolites*, *Asterosoma* y *Rhizocorallium*, con *Glossifungites* al tope. Presencia de concreciones o nódulos piríticos de aprox. 0,5cm. Contacto bioturbado-abrupto Color N5 Medium Gray y al tope oscurece a N3 Dark Gray. (Ver figura 20)



**Figura 20** - Fotografías pertenecientes al Miembro Arena P, A: arenisca de grano grueso a fino con trazas fósiles abundantes; B: arenisca de grano fino con laminaciones lutíticas; C: lutita-limosa con *Glossifungites* al tope y diversidad de trazas.

(12130'9" – 12117'): Arenisca de tamaño de grano entre grueso y medio afinando al tope a fino, morfología de los granos entre subredondeados y subangulares y moderadamente bien escogido, laminaciones lutíticas en todo el intervalo, onduladas e irregulares, con estratificación cruzada en aprox. 12128', estructura de rizaduras y laminaciones tipo flaser hacia el tope. Capa carbonosa al tope. Intervalo limoso lutítico muy bioturbado con *Thalassinoides* y *Glossifungites* entre los 12125'-12124', estructura de escape en 12125'. *Chondrites* al tope. Sectores piríticos y nódulos piritizados menores a 1cm, minerales de glauconita, aumenta hacia el tope la presencia de pirita y glauconita. Contacto bioturbado en 12124'7" y al tope contacto erosivo-abrupto. Color HUE 5YR 7/2 Grayish Orange Pink hacia la base, y al tope HUE 5YR 6/1 Light Brownish Gray. **Muestra # 3 en (12121'3")** (Ver figura 21)

(12117' – 12114'): Lutita-limosa, secuencia heterolítica, lutita en ocasiones laminada con niveles areno-limosos. Rizaduras en los niveles areno-limosos. Trazas fósiles moderadas de aprox. 20% de *Thalassinoides*, *Rhizocorallium* y *Chondrites* al tope. Nódulos piritizados contacto erosivo infrayacente. Color N3 Dark Gray. (Ver figura 21)



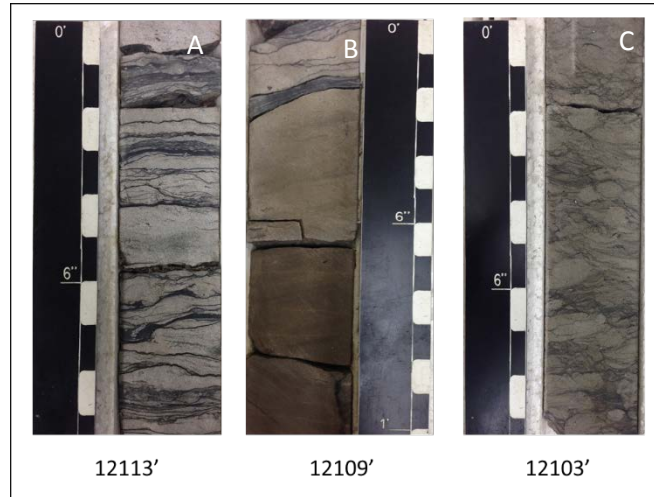
**Figura 21** - Fotografías de la litología que constituyen a la Arena P, A: arenisca tamaño de grano entre grueso y medio con laminaciones irregulares; B: intervalo limoso con trazas fósiles de *Thalassinoides* y *Glossifungites*; C: lutita-limosa, secuencia heterolítica con niveles areno-limosos bastante bioturbada.

**(12114' – 12111')**: Secuencia heterolítica arenosa, con tamaño de grano medio en los niveles arenosos con granos redondeados a subangulares, aumento del grano al tope fracturas por los planos de laminación, moderadamente escogido, con porosidad selectiva, laminaciones lutíticas en toda la secuencia disminuyendo hacia el tope, trazas fósiles de poca abundancia de un 5% o menos de *Planolites*, cierta impregnación hacia el tope. Color HUE 10YR 6/2 Pale Yellowish Brown y N3 Dark Gray. (Ver figura 22)

**(12111' – 12108'10'')**: Arenisca con tamaño de grano medio-fino y granos redondeados a subredondeados, bien escogida, con porosidad selectiva, laminaciones lutíticas hacia el tope tipo flaser y con estratificación cruzada al tope. Contacto abrupto-erosivo suprayacente. Roca con impregnación moderada en toda la secuencia. Color HUE 10YR 5/4 Pale Reddish Brown. (Ver figura 22)

**(12108'10'' – 12107')**: Secuencia heterolítica arenosa, de grano medio y aumento en la zona media, moderadamente bien escogido con morfologías subangulares y subredondeados, porosidad selectiva, laminaciones lutíticas-carbonosas (hacia la base) bastante irregulares y tipo flaser algunas y laminación cruzada y fracturas paralelas a las laminaciones, nódulos y lentes piríticos, con ligera impregnación. Contacto abrupto-erosivo suprayacente. Color HUE 10YR 6/2 Pale Yellowish Brown y N3 Dark Gray.

**(12107' – 12102')**: Arena limosa con tamaño de grano medio subredondeados y subangulares y moderadamente escogido. Laminaciones escasas y difuminadas por el grados de bioturbación de la roca >50%, de *Thalassinoides*, *Chondrites* y *Glossifungites* (el tamaño de grano es grueso en esta traza fósil), presencia de glauconita que aumenta al tope dándole tonalidades verdosas. Color HUE 10YR 6/2 Pale Red y oscurece al tope. (Ver figura 22)



**Figura 22** - Fotografías de las secuencias heterolíticas bioturbada de la Arena P, A: Secuencia heterolítica arenosa con trazas fósiles de *Planolites*; B: arenisca de tamaño de grano medio a fino con contacto erosivo al tope; C: arenisca limosa muy bioturbada con *Thalassinoides*, *Chondrites* y *Glossifungites*.

**(12102' – 12097')**: Arenisca con tamaño de grano entre grueso y medio y disminuye al tope haciéndose limoso-lutítico, pobre a moderadamente escogido con granos subangulares-subredondeados y redondeados hacia el tope, con laminaciones más abundantes hacia la base, trazas fósiles moderadas entre 15% y 25% de *Thalassinoides*, *Planolites*, *Teichichnus* y *Glossifungites*, algunas difusas y difícil de diferenciar, nódulos piritizados de 0,5cm. Conchas de bivalvos entre los 2 y 3cm escasas, presencia de minerales de glauconita. Contacto abrupto suprayacente. Color HUE 5G 6/1 Greenish Gray y oscureciéndose al tope N5 Medium Gray. (Ver figura 23)

**(12097' – 12094')**: Secuencia heterolítica areno-lutítica (50-50), con tamaño de grano medio-fino y moderadamente escogido con granos subredondeados. Laminaciones lodosas, pequeñas rizaduras, laminaciones irregulares y flaser, trazas fósiles escasas de *Planolites*, más abundantes en la base, y *Chondrites*. Color N7 Light Gray y N3 Dark Gray. **Muestra #4 en (12095'5")**. (Ver figura 23)

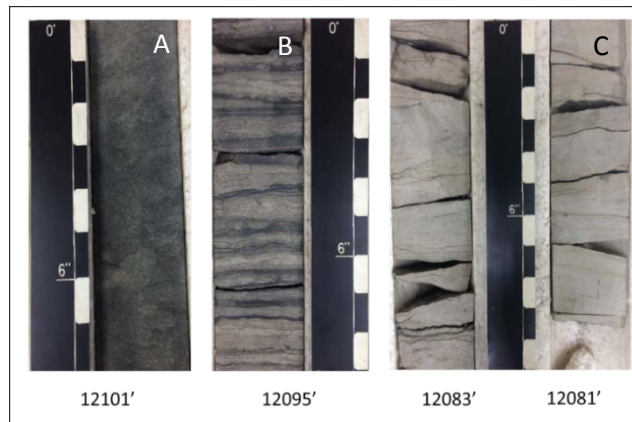
**(12094' – 12091'9")**: Arenisca con grano medio, subredondeados y subangulares y bien escogidos, laminaciones lutíticas de formas irregulares de 1 a 3mm, con

algunas rizaduras y pequeños nódulos y lentes piritizados. Color HUE 5YR 7/2 Grayish Orange Pink.

**(12091'9" – 12088'7"):** Arenisca tamaños de grano medio engrosando en la zona central entre grueso y muy grueso y afinando a medio de nuevo hacia el tope, de moderadamente a pobremente escogido y granos subredondeados-subangulares, laminaciones lodosas irregulares afectadas por la bioturbación presente de la roca con *Planolites* y *Chondrites* menos abundante. Al parecer conchas sustituidas, presencia de minerales de glauconita al tope. Color HUE 10YR 6/2 Pale Yellowish Brown. **Muestra #5 en (12089'5").**

**(12088'7" – 12085'):** Arenisca con granos de medio a fino, subangulares y moderadamente escogidos, laminaciones lodosas hacia la base, aumento de trazas fósiles al tope de *Planolites* y *Asterosomas* con presencia de un 25% aprox., secuencia con intervalos limo-lutíticos hacia el tope, presencia de glauconita hacia la base. Contacto abrupto bioturbado en 12086'8" y suprayacente en 12085'. Color 5GY 4/1 Dark Greenish Gray oscureciéndose al tope a 5GY 2/1 Greenish Gray.

**(12085' – 12078'9"):** Arenisca con tamaños de grano de fino a medio, aumenta hacia el tope, laminaciones irregulares lutíticas hacia el tope de 1mm de espesor y carbonosas, con estructura de escape y bioturbaciones de *Thalassinoides* hacia la base y al tope *Palaeophycus* entre un 10% de abundancia. Muestra con mala preservación hacia el tope, teniendo especie de fracturas horizontales paralelas a las laminaciones, intervalos con glauconitas más abundantes en la base. Color HUE 5YR 7/2 Grayish Orange Pink. (Ver figura 23)



**Figura 23** - Fotografías de las litologías que constituyen la Arena P, A: arenisca bioturbada poco identificables; B: secuencia heterolítica areno-lutítica (50-50); C: arenisca con laminaciones lutíticas irregulares, presencia de estructuras de escape.

**(1278'9" – 12076'6")**: Arenisca de grano grueso y medio entre pobremente y moderadamente escogido y granos subredondeados, muestra muy bioturbada entre un 50 y 25%, trazas de *Thalassinoides* identificadas. Roca mal preservada y fracturada post-extracción al ser comparada con la fotografía. Color HUE 5G 6/1 Greenish Gray.

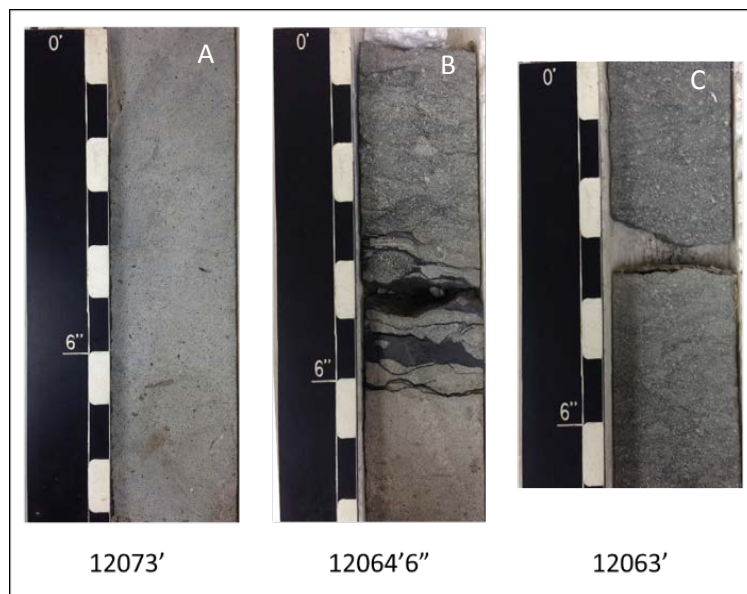
**(12076'6" – 12074'9")**: Secuencia heterolítica, lutítica, con tamaño de grano entre fino y muy fino, laminaciones onduladas e irregulares y algunas microrizaduras al tope, secuencia un tanto arenosa hacia la base. Bioturbaciones de *Asterosoma*, *Planolites* y *Glossifungites* al tope, contacto bioturbado suprayacente. Color N7 Light Gray y N4 Medium Dark Gray.

**(12074'9" – 12070'10")**: Arenisca calcárea (carbonato de mezcla) tamaño de grano grueso hacia la base disminuyendo a medio en el resto del intervalo, con escogimiento moderado, micro estilolitas, porosidad presente como disolución de restos de conchas, abundancia de glauconita (tamaño de hasta 3mm) disminuye hacia el tope, fracturas de formas verticales, horizontales y diagonales cementadas, dándole aspecto brechoide a la roca. Roca con baja y moderada efervescencia. Color N7 Light Gray. **Muestra #6 en (12073'5")**. (Ver figura 24)

(12070'10" – 12069'1"): Arenisca con tamaño de grano medio bien escogida, laminaciones ondulas, muy bioturbada con un aprox de 50% y presencia de trazas *Thalassinoides*, *Planolites* y *Glossifungites*, difuminándose en ocasiones. Contacto erosivo abrupto. Color N6 Medium Light Gray.

(12069'1" – 12064'6"): Arenisca de grano medio con buen escogimiento de grano y morfología entre redondeados y subredondeados. Con intercalaciones de capas lutíticas hacia la base de hasta 3cm, laminación tipo flaser e irregular, presencia de minerales de glauconita y pirita dispersos. Intervalo lutítico en el tope haciendo contacto abrupto suprayacente. Color HUE 5YR 7/2 Grayish Orange Pink.

(12064'6" – 12062'8"): Arenisca conglomerática de tamaño de grano entre muy grueso y grueso (2mm y 1mm), pobremente escogido y granos subangulares y subredondeados, Trazas fósiles de *Glossifungites* en la base y *Thalassinoides* distribuidos en toda la sección, con minerales de glauconita. Contacto abrupto suprayacente. Color 5GY 6/1 Dark Greenish Gray. **Muestra #7 en (12063'9")**. (Ver figura 24)



**Figura 24** - Fotografías de diferentes arenas pertenecientes a la Arena P, A: carbonato de mezcla con disolución de conchas y abundante glauconita; B: arenisca conglomerática trazas fósiles de *Glossifungites* en la base; C: arenisca conglomerática con glauconita y trazas fósiles de *Thalassinoides*.

**(12062'8" – 12060'7"):** Arenisca con tamaño de grano medio, con buen escogimiento y granos subredondeados, laminaciones irregulares muy delgadas, nódulo piritizado en 12062 de unos 2cm aprox., en contacto abrupto infrayacente y suprayacente, roca que interpreta un ambiente transicional, con muy baja presencia de bioturbaciones menores a <5%. Color 5YR 7/2 Grayish Orange Pink.

**(12060'7" – 12059'9"):** Arenisca con granos muy gruesos y gruesos, pobremente escogida y subangulares, presencia de minerales de glauconita dándole tonalidades verdosas a la roca, roca que infiere la presencia de un ambiente marino. Color 5GY 2/1 Greenish Black.

**(12059'9" – 12058'):** Secuencia heterolítica (50-50), un tanto más lutítica hacia la base y tamaño de grano entre medio y fino, lodo de limo y arcilla, laminaciones paralelas y subparalelas, rizaduras difusas, pocas bioturbaciones presentes en el intervalo, por lo general se identifican *Planolites*. Color N7 Light Gray y N4 Medium Dark Gray.

**(12054' – 12053'):** Arenisca de grano medio-fino, moderadamente escogido y subredondeados, laminaciones oscuras lutíticas desde 1mm a 0,5cm hacia la base. Contacto abrupto suprayacente. Restos de roca o fragmentada. Color 5YR 7/2 Grayish Orange Pink.

**(12053' – 12052'2"):** Lutita-limosa, lutita carbonosa, roca mal preservada, en contacto abrupto suprayacente. De color 5YR 3/2 Grayish Brown. (Ver figura 25)



**Figura 25** - Fotografía de lutita-limosa en la Arena P, A: Lutita carbonosa en contacto abrupto

**(12052'2" – 12045')**: Arenisca con tamaño de grano variable, entre muy grueso y grueso hacia la base y afina al tope entre medio-fino, con buen escogimiento y granos subredondeados y redondeados. Laminaciones lutíticas irregulares, algunas tipo flaser y rizaduras en menor proporción. Bioturbaciones moderadas aprox. 15%, consiguiendo *Planolites*, *Asterosoma* y *Skolithos* (menos comunes), *Asterosomas* y *Planolites* más comunes hacia el tope de la sección. Zonas piritizadas hacia el tope. Contacto abrupto suprayacente. Color N8 Very Light Gray. **Muestra #8 en (12047'8")**.

**(12045' – 12044'2")**: Roca mal preservada con tamaño de grano grueso-medio, se observan algunas laminaciones, roca bioturbada identificando *Thalassinoides* con un 5% de trazas. Color N8 Very Light Gray.

- **Miembro Caliza “O”:**

Se define sedimentológicamente este miembro como una sola secuencia carbonática constituida por 8 parasecuencias de intervalos de depositación, definidos como parasecuencias granodecrecientes, se definen:

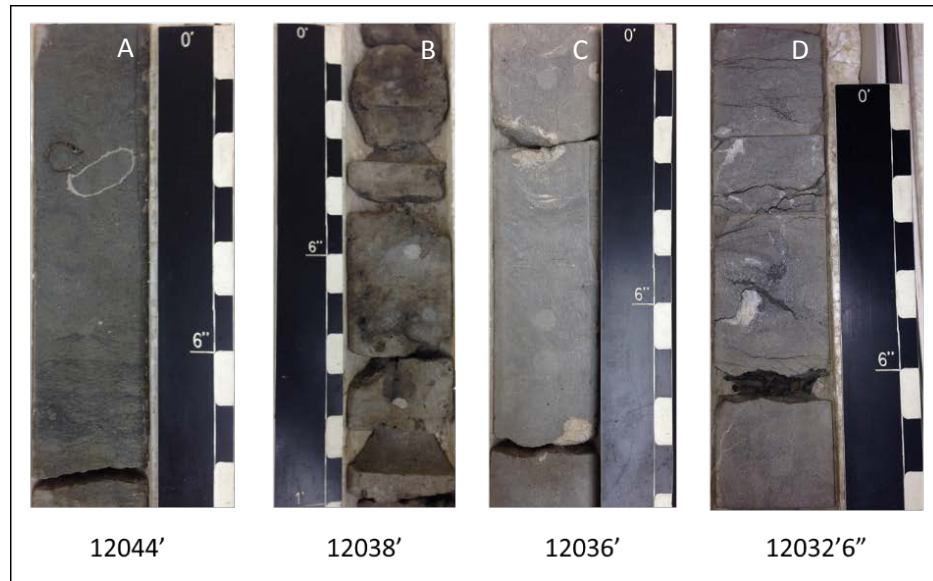
**1era Parasecuencia**

**(12044’2” – 12037’7”):** Roca carbonática, posiblemente caliza-dolomitizada, de baja efervescencia, restos de conchas calcáreas de aprox 1,5cm a 4cm, conchas disueltas generando porosidades, porosidad tipo vug de grandes tamaños entre 4cm y algunos mm con un 20% aprox., roca con impregnación dándole un color marrón oscuro. Presencia de pirita en la base de la sección. Color N7 Light Gray y 5R 4/2 Grayish Red. (Ver figura 26)

**2da Parasecuencia**

**(12037’7” – 12036’9”):** Carbonato de mezcla de tamaño de grano medio, de baja efervescencia, porosidad por disolución, cristales de calcita, poros de tamaños de unos cuantos mm, posiblemente vestigios de concha de bivalvo. Color 5B 7/1 Light Bluish Gray.

**(12036’9” – 12029’):** Caliza con estructuras fenestrales de calcita de hasta 4cm en toda la sección, roca con efervescencia moderada, porosidad tipo vug de algunos mm más comunes hacia la base, restos de conchas desarticuladas, al parecer de pelecípodos presencia de un 10%, fracturas y microfracturas cementadas, estilolitas y microestilolitas. Color N7 Light Gray. (Ver figura 26)



**Figura 26** - Fotografías de los diferentes aspectos de las rocas carbonáticas de la Caliza O, A: roca carbonática restos de conchas; B: caliza dolomitizada al tope con ligera impregnación; C: caliza con estructuras nodulares de calcita; D: caliza con microfracturas cementadas y estilolitas.

### 3era Parasecuencia

**(12024' – 12023')**: Carbonato de mezcla con tamaño de grano medio, laminaciones irregulares, estilolitas, estructuras fenestrales rellenas de calcita. Efervescencia moderada en la roca, presencia de pirita hacia la base. Color N7 Light Gray.

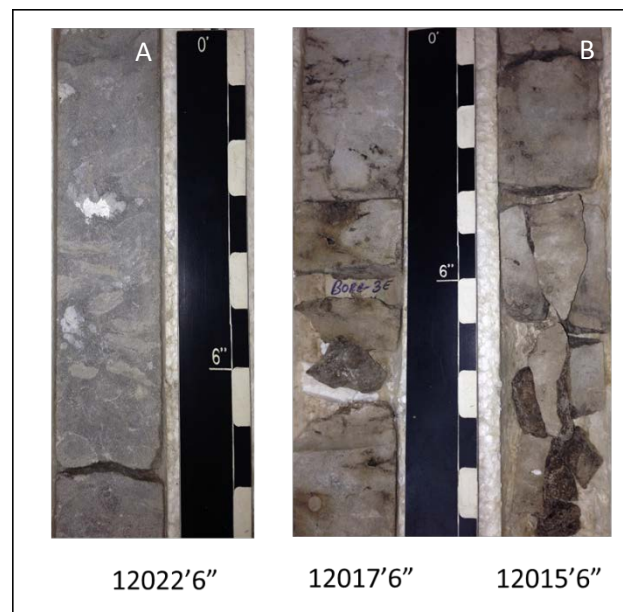
### 4ta Parasecuencia

**(12023' – 12022'1'')**: Caliza con restos de fósiles de *gasterópodos* y *pelecípodos* de hasta 4cm aprox. y porcentaje entre 25 y 50% moderadamente preservados, con baja porosidad posiblemente por disolución, estructuras fenestrales rellenas de calcita de hasta 3cm, roca con alta efervescencia. Color N7 Light Gray. (Ver figura 27)

**(12022'1'' – 12018'7'')**: Dolomía ubicada en una zona de mezcla hacia la base con laminaciones lutíticas-limolíticas, con estilolitas y microestilolitas más abundantes hacia la base, estructuras nodulares de calcita de hasta 4cm aprox. roca con porosidad por disolución no selectiva, tipo vug aumentando hacia el tope, restos fósiles de

conchas de *gasterópodos* y *pelecípodos* (de poca abundancia), roca con ligera impregnación hacia el tope. Color N8 Very Light Gray.

**(12018'7" – 12015')**: Dolomía con estructuras fenestrales de calcita, restos fósiles de *pelecípodos* muy difuminados o escasos, roca impregnada de crudo con porosidad tipo vug en toda la secuencia, con tamaños de unos mm hasta unos 5cm aprox. de baja efervescencia y algunas microfrazuras verticales. Color 5YR Brownish Gray. (Ver figura 27)



**Figura 27** - Porosidades secundarias en los carbonatos de la Caliza O, A: caliza con abundancia de restos fósiles y estructuras nodulares de calcita; B: dolomía con porosidad tipo vug con ligera impregnación de crudo.

### 5ta Parasecuencia

**(12015' – 12013'11")**: Caliza con estructuras fenestrales rellenas de calcita aumentando de tamaño hacia el tope, restos de conchas muy difuminados difícil de identificar, fractura vertical hacia la base cementada, porosidad tipo vug hacia el tope, roca con alta efervescencia. Color 5B 7/1 Medium Bluish Gray.

**(12013'11" – 12013')**: Carbonato de mezcla, limolítico, estructuras fenestrales de calcita con porosidad tipo vug no selectiva, y restos de conchas de *pelecípodos*.

**(12013' – 12009')**: Dolomía estructuras fenestrales de calcita relleno de espacios porosos, de hasta 5cm de tamaño, estilolitas pequeñas, escasa presencia de fósiles de *gasterópodos* y *pelecípodos* de unos mm hasta 3cm aprox., porosidad tipo vug más abundante hacia el tope, fractura vertical cementada hacia el tope. Roca con moderada efervescencia. Color N7 Light Gray hacia la base y hacia el tope N8 Very Light Gray.

**(12009' – 12005'8'')**: Dolomía con porosidad tipo vug y en ocasiones tipo móldica, estructuras de estilolitas hacia la base de mediana a baja amplitud, con fracturas cementadas verticales y diagonales, roca impregnada, fósiles de *gasterópodos* y *pelecípodos* de máximo 3cm aprox. Color que varía 5YR 4/1 Brownish Gray y N7 Light Gray.

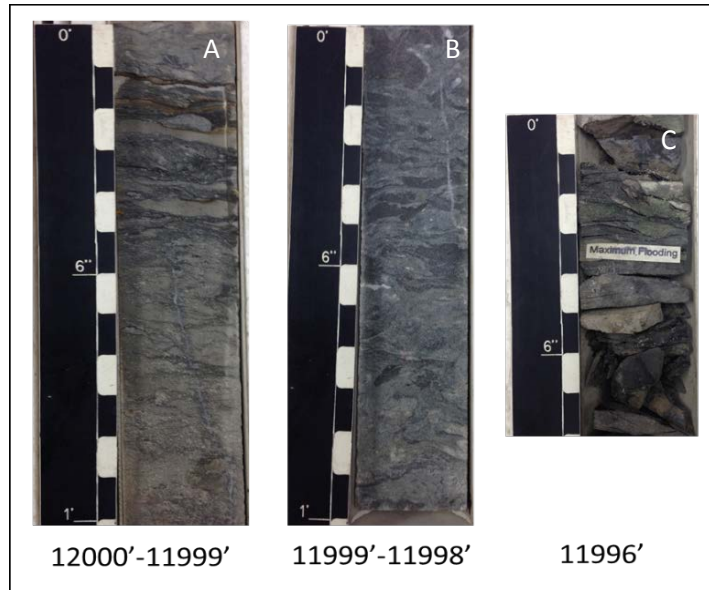
**(12005'8' – 12001')**: Dolomía que se hace un tanto lutítica-limolítica hacia el tope, con estructuras fenestrales rellenas de calcita, porosidad tipo vug que permite la impregnación en la roca, roca con baja efervescencia y con fracturas cementadas verticales. Color N7 Light Gray y 5YR 4/1 Brownish Gray.

### **6ta Parasecuencia**

**(12001 – 11999')**: Calcarenita limolítica en contacto con una zona de mezcla el tope con una roca limolítica arenosa calcárea con laminaciones onduladas lutíticas con baja a casi nula efervescencia. Hacia la base se presenta una fractura cementada de calcita de unos 40cm de largo, aspecto brechoide hacia la base. Color N7 Light Gray y 5B 7/1 Light Bluish Gray. (Ver figura 28)

**(11999' – 11997')**: Calcarenita (carbonato de mezcla), tamaño de grano medio, conchífera hacia la base, más clástica hacia el tope, conchas de moluscos (*pelecípodos*) moderadamente preservados, estructuras fenestrales de calcita hasta de 1cm aprox. fractura de unos 30cm vertical cementada de 1-2mm de espesor, efervescencia de la roca que disminuye hacia el tope. Color N7 Light Gray. (Ver figura 28)

(11997' – 11996'4'"): Lutita limolítica de unos 6" de espesor, contacto abrupto bioturbado con *Glossifungites* y *Thalassinoides*. Color N4 Medium Dark Gray. (Ver figura 28)



**Figura 28** - Gran contenido fósil en la Caliza O, A: Calcarenita limolítica en contacto con zona de mezcla al tope; B: Calcarenita conchífera de moluscos hacia la base más clástica al tope; C: lutita limolítica bioturbada.

### 7ma Parasecuencia

(11996'4" – 11992'8'"): Calcarenita limolítica de tamaño de grano medio-fino, moderadamente escogido y clastos subredondeados, resto de conchas de *pelecípodos* que aumentan hacia el tope de tamaños pequeños, disolución de conchas, trazas fósiles de *Planolites*. **Muestra #9 en (11995'6'')**.

(11992'8" – 11988'10'"): Calcarenita conchífera, tamaño de grano medio-fino, bien escogido, estilolitas de baja amplitud hacia el tope, restos de conchas de *pelecípodos* y *gasterópodos* moderadamente a bien preservados, más comunes hacia la base, roca que en ocasiones tiene aspecto brechoide, fracturas verticales cementadas de calcita, efervescencia moderada y porosidad tipo vugular, e impregnación ligera en toda la secuencia. Roca ubicada en zona de mezcla. Color HUE 10R Pale Red. (Ver figura 29)

### 8va Parasecuencia

(11988'10" – 11986'1")): Caliza arenosa, estilolitas de baja amplitud hacia la base, fracturas cementadas de calcita y estructuras nodulares de calcita, nódulos piríticos en toda la secuencia, fracturas que le dan aspecto brechoide a la roca hacia el tope. Color N7 Light Gray. (Ver figura 29)



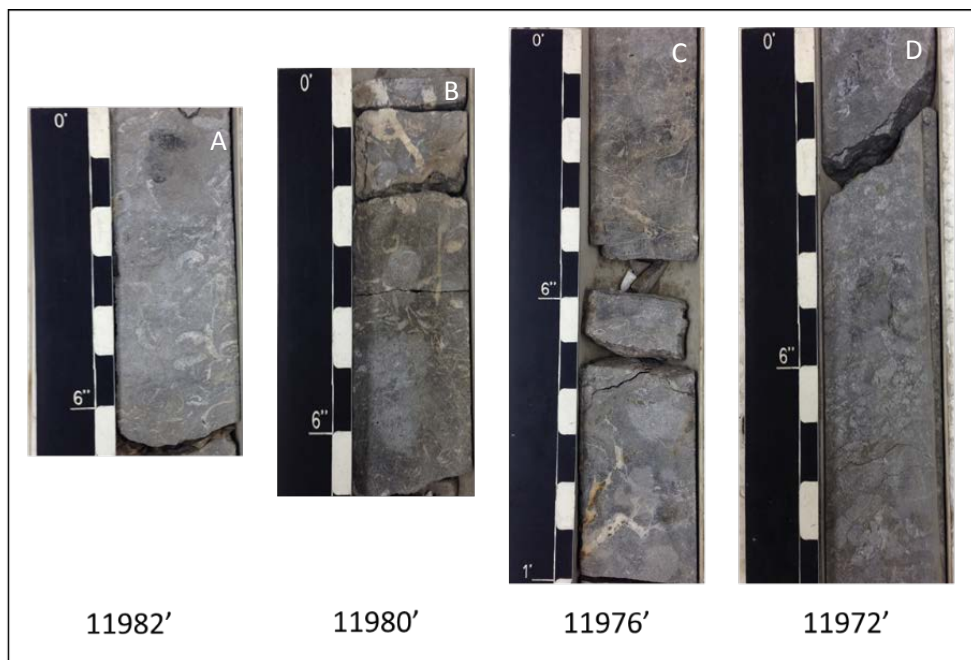
**Figura 29** - Vetas cementadas de grandes tamaños en la Caliza O, A: caliza más arenosa hacia la base con restos de conchas fósiles; B: caliza con estructuras nodulares de calcita y fracturas cementadas.

(11986'1" – 11985'6")): Calcarenita de tamaño de grano fino, laminaciones limolíticas hacia la base de forma irregular, pequeñas fracturas verticales cementadas, nódulos piríticos y calcita presente (unos 2cm aprox.), roca conchífera hacia el tope. Color N7 Light Gray.

(11985'6" – 11983'8")): Caliza con presencia de estilolitas de baja amplitud hacia el tope, con fracturas cementadas de calcita hacia la base, roca masiva. Color N5 Medium Gray. **Muestra #10 en (11984')**.

(11983'8" – 11971'2")): Caliza conchífera con una proporción de unos 25% de presencia fósil, *pelecípodos* y *gasterópodos* relativamente bien preservados, de tamaños variado desde unos mm hasta unos 3cm aprox., roca con abundantes

fracturas en posiciones verticales, horizontales y diagonales cementada de carbonato, dándole un aspecto brechoide y caótica a la roca en toda la sección, estilolitas de bajas y moderadas amplitudes, roca un tanto más clástica hacia la base con algunas laminaciones irregulares, porosidad tipo vug en el medio de la sección, nódulos piritizados más abundantes hacia la base, roca en contacto abrupto con la Formación Navay y Miembro La Morita suprayacente. Color N5 Medium Gray y N4 Medium Dark Gray. **Muestra #11 en (11972’)**. (Ver figura 30)



**Figura 30** - Contenido fosilífero y aspecto brechoide al tope de la Caliza O, A: Caliza conchífera hacia la base; B: conchas de pelecípodos y gasterópodos con fracturas cementadas; C: Roca caótica con aspecto brechoide; D: roca limosa carbonática con aspecto brechoide infrayacente a la Formación Navay.

**Formación Navay:****- Miembro La Morita:****1era Parasecuencia**

(11971'2" – 11970'): Lutita negra, laminada o fisil, de color oscuro. Color N5 Medium Gray.

(11970' – 11967'): Lutita-limolítica calcárea fosfática masiva, fosfática hacia la base, aparente trazas fósiles no identificadas, engrosamiento del grano en la mitad de la secuencia. Color N6 Medium Light Gray. (Ver figura 31)

(11967' – 11965'7")): Lutita laminar y fisil, con presencia de nódulos piritizados, algo negruzca. Contacto abrupto suprayacente. Color N4 Medium Dark Gray.

**2da Parasecuencia**

(11965'7" – 11963'): Limolita calcárea fosfática hacia la base y hacia el tope, roca con aspecto masivo. Color N6 Medium Light Gray. (Ver figura 31)

(11963' – 11961'): Lutita masiva hacia la base y con laminaciones paralelas al tope, algunos niveles fosfáticos al tope. Contacto abrupto suprayacente. Color N5 Medium Gray.

**3era Parasecuencia**

(11961' – 11960'2")): Limolita calcárea con niveles fosfáticos, fracturas cementadas, laminaciones. Efervescencia moderada. Color N6 Medium Light Gray.

(11960'2" – 11959'): Lutita laminada, fisil, color oscuro. Color N4 Dark gray.

**4ta Parasecuencia**

(11957' – 11954'6")): Lutita fisil muy mal preservada, restos de roca de lutita. Color N4 Dark Gray.

(11954'6" – 11950'11")): Lutita fisil calcárea, con efervescencia moderada, un tanto fisil hacia la base. Color N5 Medium Gray.

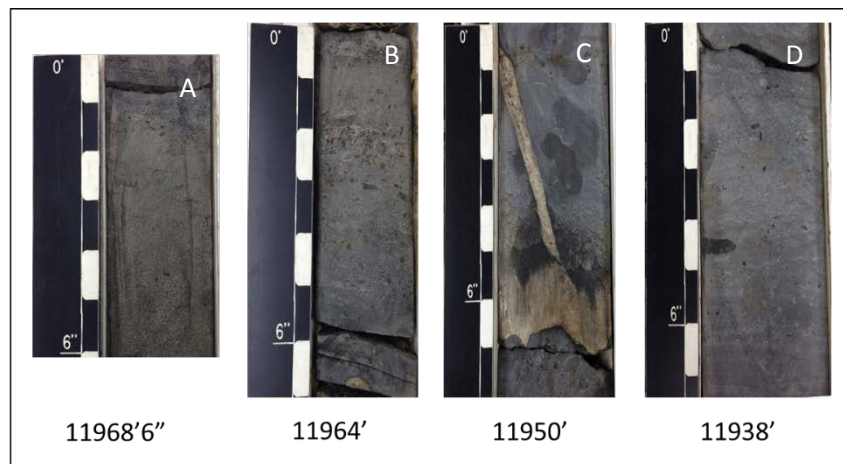
### 5ta Parasecuencia

(11950'11" – 11949): Lutita con intervalo carbonático, fracturas cementadas, presencia de fosfatos y nódulo piríticos hacia la base, un tanto masivo. Color N5 Medium Gray. (Ver figura 31)

(11949 – 11940'11")): Lutita fisil, más calcárea hacia la base, pequeños nódulos piritizados en toda la sección, con efervescencia moderada hacia la base a casi nula al tope. Color N4 Medim Dark Gray.

### 6ta Parasecuencia

(11940'11" – 11937'4")): Lutita calcárea masiva, restos de conchas muy difusas poco identificables, al parecer *pelecípodos*, de alta efervescencia, piritica, un tanto limolítica y fosfática hacia la base, bioturbada. (Ver figura 31)

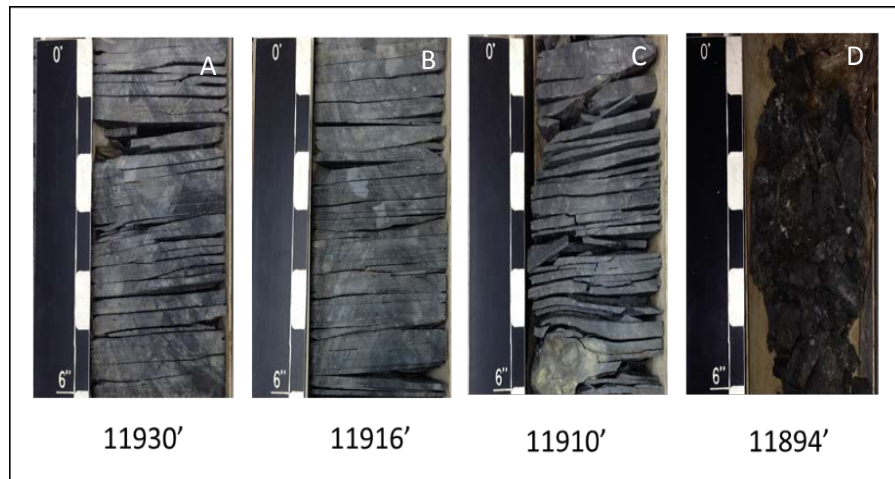


**Figura 31** - Lutitas fosfáticas y masivas del Miembro La Morita, A: Lutita-limolítica calcárea fosfática masiva; B: Limolita calcárea fosfática; C: lutita con intervalo carbonático fractura cementada de gran tamaño; D: lutita calcárea masiva al parecer con restos de conchas de pelecípodos.

**(11937'4" – 11897')**: Lutita fisil-laminada en todo el segmento, con pequeños nódulos piríticos, intercalaciones carbonosas en algunos intervalos, un tanto más masiva hacia el tope. Nódulos de hasta 4cm de tamaño. Color N4 Medium Dark Gray. (Ver figura 32)

**(11895' – 11894)**: Lutita con aspecto carbonoso, oscura. Color N3 Dark Gray. (Ver figura 32)

**(11894' – 11888')**: Lutita estratificada y laminar, nódulos piritizados. Color N4 Medium Dark Gray.



**Figura 32** - Lutitas fisiles y carbonaceas de La Morita, A, B y C: lutita fisil laminada con intercalaciones carbonosas más masiva al tope; D: lutita carbonosa.

### **7ma Parasecuencia**

**(11888' – 11879'11")**: Lutita-limolítica calcárea con sectores arenosos, algunas bioturbaciones no identificadas, en ocasiones fosfática. Color N5 Medium Gray.

### **8va Parasecuencia**

**(11879'11" – 11874'8")**: Lutita masiva, con intervalos fosfáticos y en ocasiones limosa, un tanto calcárea hacia la base, lentes limosos con nódulos de pirita, pequeñas fracturas cementadas. Color N4 Medium Dark Gray. **Muestra #12 en (11879'6")**. (Ver figura 33)

### **9na Parasecuencia**

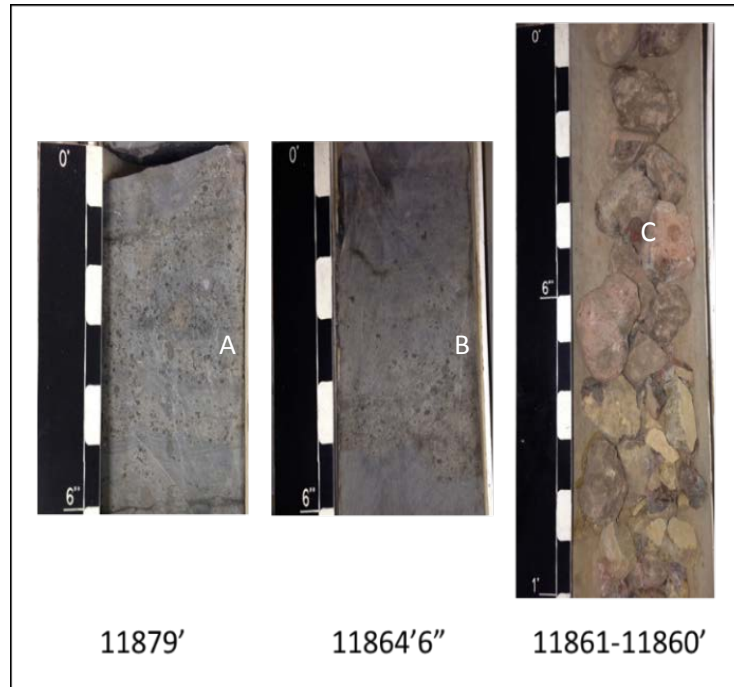
**(11874'8" – 11867')**: Limolita arenosa calcárea con fosfatos y vestigios de conchas marinas. Color N6 Medium Light Gray

**(11867' – 11861'4")**: Lutita masiva calcárea con laminaciones limosas, pequeñas fracturas cementadas, con cierta efervescencia. Color N4 Medium Dark Gray. (Ver figura 33)

**(11861'4" – 11860')**: Limo-lutítico, se infiere que puede ser parte del contacto con el Miembro Quevedo, cantos de color rojizo y grisáceo; Color HUE 10R 7/4 Moderate Orange Pink.

**(11860' – 11854')**: Lutita masiva calcárea intercalada con limolitas arenosas fosfáticas, con laminación ondulada en ocasiones, roca más calcárea hacia el tope e intervalo fosfático al tope también, fractura cementada al tope y hacia la base no. Color N4 Medium Dark Gray. **Muestra #13 en (11854'6")**.

**(11854' – 11850')**: Lutita masiva, niveles carbonosos, sección no calcárea, algunas fracturas al tope dándole aspecto brechoide. Color N5 Medium Gray.



**Figura 33** - Posible contacto entre los miembros La Morita y Quevedo, A: Lutita masiva, con intervalos fosfáticos y en ocasiones limosa; B: Lutita masiva calcárea con laminaciones limosas, pequeñas fracturas cementadas; C: Limo-lutítico posiblemente el contacto entre los miembros La Morita y Quevedo.

#### 4.1.2 Núcleos del Pozo Bor-5E:

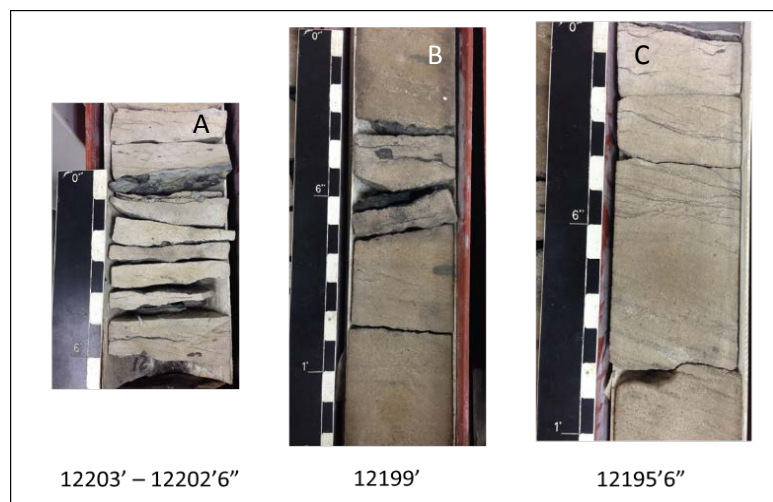
Los núcleos que constituyen la zona cretácica de este pozo se encuentran 3 miembros, estudiados desde las profundidades de 12203' (pies) y 11985' (pies), 218' de sedimentos constituidos por la formaciones Escandalosa y Navay. Ver columna estratigráfica en el **Anexo 2**.

#### Formación Escandalosa

##### - Miembro Arena "P":

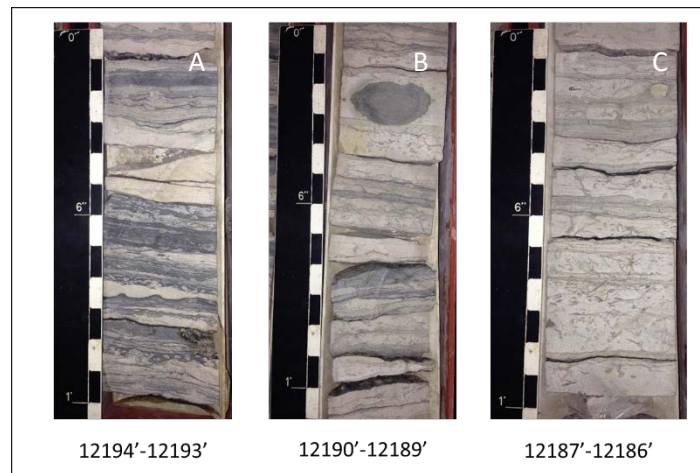
(12203' – 12201'9")): Arenisca de grano fino con laminaciones lutíticas y carbonosas, estratificación y laminación paralela e irregular, y rizaduras presentes, contacto erosivo suprayacente, de color HUE 10YR 8/2 Very pale Orange. **Muestra #1 en (12202'4")**. (Ver figura 34)

(12201'9" – 12195'2")): Arenisca de grano medio a grueso (hacia el tope) y luego afinando en el tope grano medio de nuevo, laminación y estratificación cruzada, paralela y festoneada, niveles carbonosos más abundantes al tope, estructuras de rizaduras, nódulos o concreciones piritizadas, minerales accesorios de glauconita y pirita, intervalo impregnado, color HUE 5YR 6/4 Light Brown y 10YR 7/4 Grayish Orange hacia el tope. **Muestra #2 en (12195'7")**. (Ver figura 34)



**Figura 34** – Areniscas de la base del Miembro Arena P, A: arenisca de grano fino con contacto erosivo suprayacente; B: arenisca de grano medio con nivel carbonoso ligeramente impregnada; C: arenisca de grano grueso con estratificación cruzada

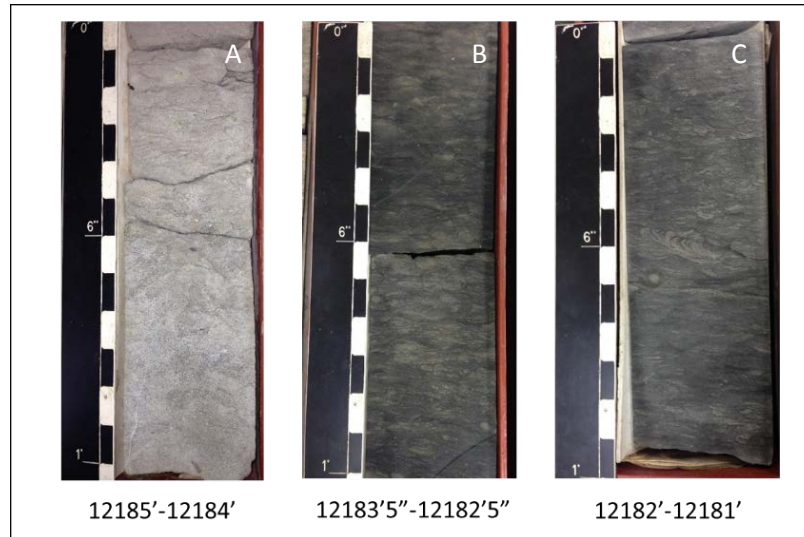
(12195'2" – 12186'10"): Secuencia heterolítica, lutítica hacia la base y más arenosa hacia el tope, de grano fino, laminaciones de tipo flazer e irregulares, rizaduras presentes en el intervalo, trazas fósiles de *Scolicia*, *Planolites*, *Thalassinoides*, *Chondrites* y *Asrterosoma*, concreciones piritizadas, minerales de glauconita y pirita hacia el tope, color N3 Dark Gray en la base y hacia el tope HUE 10YR 8/2 Very pale Orange. **Muestra #3 en (12187'2")**. (Ver figura 35)



**Figura 35** – Areniscas de la secuencia arenosa de la Arena P; A: Secuencia heterolítica lutítica hacia la base con rizaduras; B: Secuencia heterolítica (50-50) con nódulo piritizado; C: Secuencia heterolítica arenosa con abundantes trazas fósiles.

(12186'10" – 12183'11"): Arenisca calcárea o Carbonato de mezcla, trazas fósiles difusas (sector muy bioturbado) de *Thalassinoides*, roca con bastante efervescencia, color N7 Light Gray. **Muestra #4 en (12184'8")**. (Ver figura 36)

(12183'11" – 12178'): Arenisca de grano muy grueso en la base afinando hacia el tope tipo arcilla, bastante bioturbada con *Scolicia*, *Planolites*, *Thalassinoides* (al tope), *Teichichnus* y *Asterosomas* (más abundantes hacia la base), minerales de glauconita. Contacto abrupto suprayacente. Color N6 Medium Light Gray a N5 Medium Gray. **Muestra #5 en (12180'6")**. (Ver figura 36)



**Figura 36** – Rocas del intervalo Arena P, A: Arenisca calcárea o carbonato de mezcla con trazas fósiles difusas; B: arenisca de grano grueso en la base con abundancia de trazas fósiles y presencia de glauconita; C: arenisca bioturbada se identifican *Asterosoma*, *Scolicia*, *Planolites* entre otros.

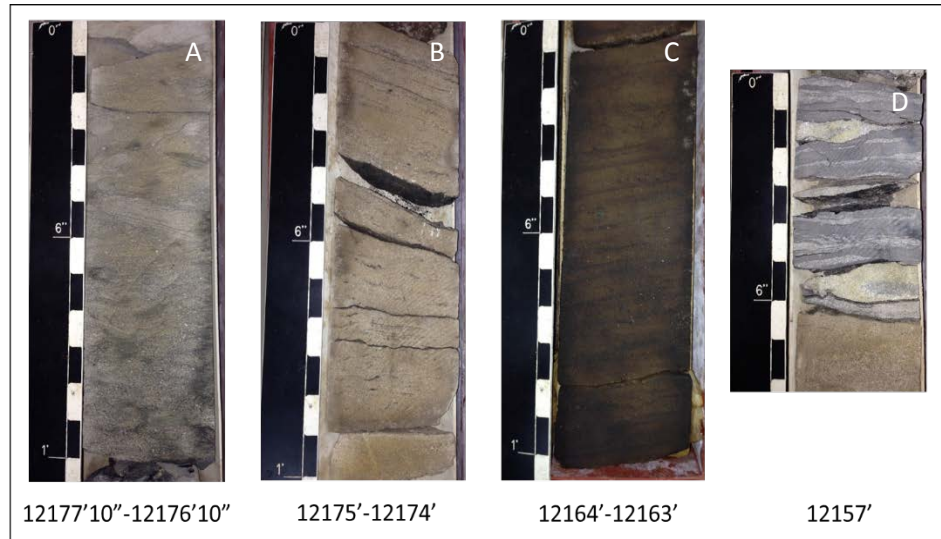
**(12178' – 12175'3'')**: Arenisca calcárea, muy bioturbada con *Glossifungites*, *Scolicia*, *Planolites*, minerales accesorios de glauconita, roca de baja efervescencia. Contacto abrupto suprayacente. Color N7 Light Gray. **Muestra #6 en (12177'6'')**. (Ver figura 37)

**(12175'3' – 12171'8'')**: Arenisca de grano grueso a medio, laminación y estratificación cruzada, con algunas fracturas y restos de roca fragmentada, roca impregnada, contacto erosivo-abrupto suprayacente. Color HUE 5YR 6/4 Light Brown. (Ver figura 37)

**(12171'8' – 12165')**: Arenisca de grano grueso afinando hacia el tope, estratificación cruzada, festoneada e irregular, algunas rizaduras, capa lutítica al tope, roca más impregnada hacia la base, contacto abrupto suprayacente. Color HUE 10YR 7/4 Grayish Orange.

**(12165' – 12155'10'')**: Arenisca de grano muy grueso-grueso a grano medio y fino al tope nivel lutítico al tope, estratificación cruzada y niveles lutíticos con estructuras lenticulares arenosas, contacto abrupto suprayacente. Color HUE 5YR 3/4 Moderate

Brown y 6/4 Light Brown y N4 Medium Dark Gray al tope. **Muestras #7 y #8 en (12163'6" y 12157'4")**. (Ver figura 37)



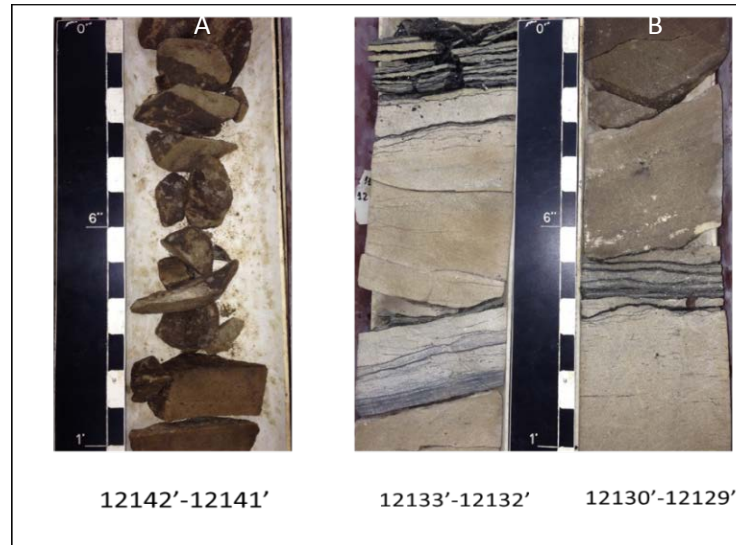
**Figura 37** – Arenisca con intervalo impregnado de la Arena P; A: arenisca calcárea muy biturbada con *Glossifungites*, *Scolicia*, *Planolites*; B: arenisca de grano medio a grueso con laminaciones y estratificaciones cruzada; C: Arenisca de grano muy grueso-grueso y medio bastante impregnada de crudo; D: nivel lutítico con lentes limosos al tope.

**(12155'10" – 12144'5")**: Arenisca de grano muy grueso a medio, al tope estrato lutítico con lentes arenosos-limosos, estratificación cruzada y espina de pescado, laminación irregular, fractura cementada hacia la base y niveles carbonosos en todo el intervalo, roca impregnada, presencia de minerales de pirita. Color HUE 5YR 4/4 Moderate Brown. **Muestra #9 en (12147'6")**.

**(12144'5" - 12136')**: Arenisca de grano muy grueso a medio, laminaciones lutíticas festoneadas e irregulares y paralela y cruzada hacia el tope, roca fragmentada, impregnación en la mayoría del intervalo. Color HUE 5YR 4/4 Moderate Brown y HUE 10YR 7/4 Grayish Orange. (Ver figura 38)

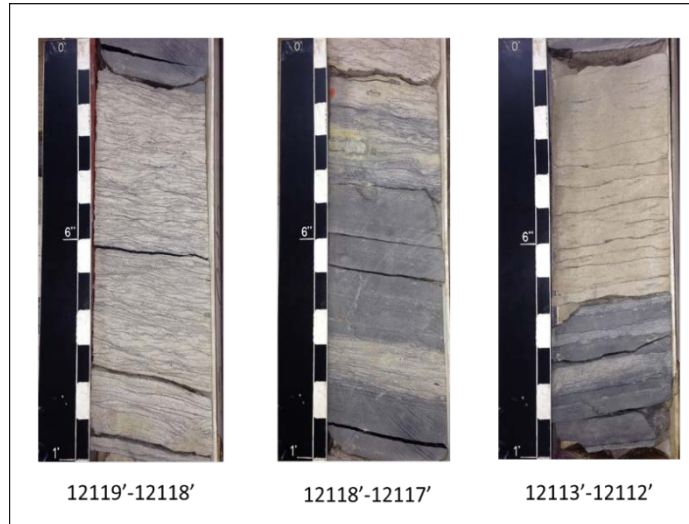
**(12136' – 12119'7")**: Arenisca de grano medio y fino, laminaciones y estratificaciones lutíticas, también laminaciones y estratificaciones cruzadas, flaser, irregulares, pequeñas rizaduras, concreciones piritizadas; pequeñas secuencias

heterolíticas en el intervalo, roca que presenta impregnación de crudo. Color HUE 5YR 4/4 Moderate Brown, 10YR 7/4 Grayish Orange y los niveles lutíticos N5 Medium Gray. **Muestras #10 y #11 en (12135'10" y 12126'4").** (Ver figura 38)



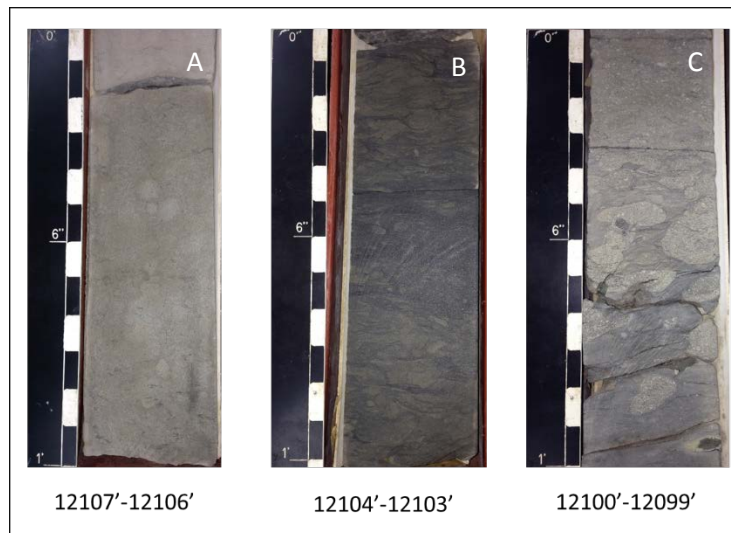
**Figura 38** – Rocas arenosas del intervalo Arena P; A: fragmentos de roca de arenisca impregnados; B: arenisca de grano medio y fino con laminaciones y niveles lutíticos.

**(12119'7" – 12110'3"):** Secuencia heterolítica, más arenosa hacia la base aumentando niveles lutíticos hacia el tope (disminución granulométrica), estratificación y laminación paralela, festoneada, ondulada, irregular y cruzada, trazas fósiles de *Planolites* y *Thalassinoides*. Minerales de pirritas. Color HUE 10YR 8/2 Very Pale Orange en las arenas y N4 Medium Dark Gray en las lutitas. **Muestra #12 en (12118'3").** (Ver figura 39)



**Figura 39** – Secuencia heterolítica, más arenosa hacia la base y más niveles lutíticos hacia el tope con algunas trazas fósiles y estructuras sedimentarias.

(12110'3'' – 12099'10''): Carbonato de mezcla de grano muy grueso disminuyendo al tope hasta un grano limoso, estructuras de rizaduras hacia el tope y laminaciones lutíticas, roca bastante bioturbada de *Scolicia*, *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Teichichnus* y *Asterosoma*, más abundantes al tope, presencia de glauconita. Contacto suprayacente muy abrupto-bioturbado (*Glossifungites*). Colores pasando entre N8 Very Light Gray y N6 Medium Light Gray. **Muestras #12 y #13 en (12105'9'' y 12103'7'')**. (Ver figura 40)

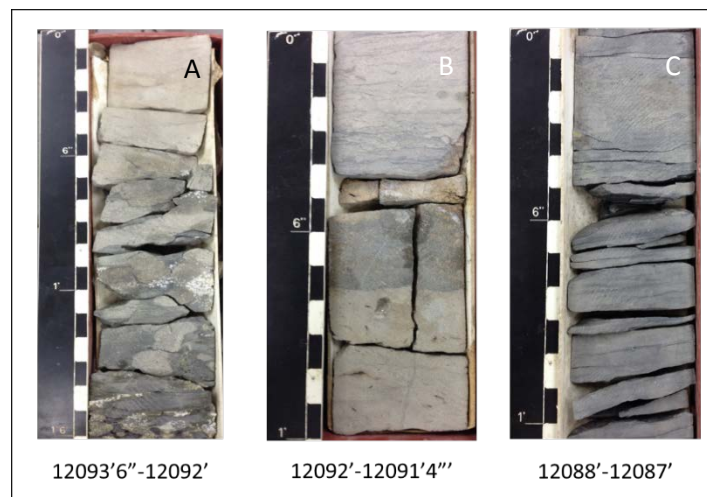


**Figura 40** – Diversidad de rocas del intervalo Arena P; A: Carbonato de mezcla de grano muy grueso; B: carbonato de mezcla de grano limoso con abundante bioturbaciones; C: carbonato de mezcla limoso con trazas fósiles de *Glossifungites*.

(12099'10" – 12093'3")): Arena cálcarea de grano medio afinando al tope a grano tipo arcilla, estratificación lutítica hacia el tope y presencia de lentes arenosas, roca muy bioturbada con *Glossifungites*, *Scolicia* y *Thalassinoides*. Contacto abrupto-bioturbado. Presencia de minerales de glauconita y pirita. Color N7 Light Gray y N5 Medium Gray al tope. **Muestra #15 en (12099'5")**.

(12093'3" – 12091'5")): Caliza arenosa (roca cálcarea), inicio de las secuencias carbonáticas. Disolución de conchas marinas, estructuras nodulares rellenas de piritas de gran tamaño. Minerales de glauconita y pirita presentes. Contacto abrupto suprayacente. Color N7 Light Gray y N5 Medium Gray al tope. (Ver figura 41)

(12091'5" – 12086'2")): Secuencia heterolítica arenosa hacia la base y lutítica hacia el tope, estructuras de laminaciones lutíticas irregulares, rizaduras y pequeños lentes arenosos embebidos en los niveles lutíticos. Trazas fósiles de *Planolites*, *Rhynchonellium*, y *Chondrites*. Contacto abrupto suprayacente. Minerales de pirita, glauconita y fosfatos. Color N5 Medium Gray y HUE 5YR 8/4 Moderate Orange Pink al tope. (Ver figura 41)



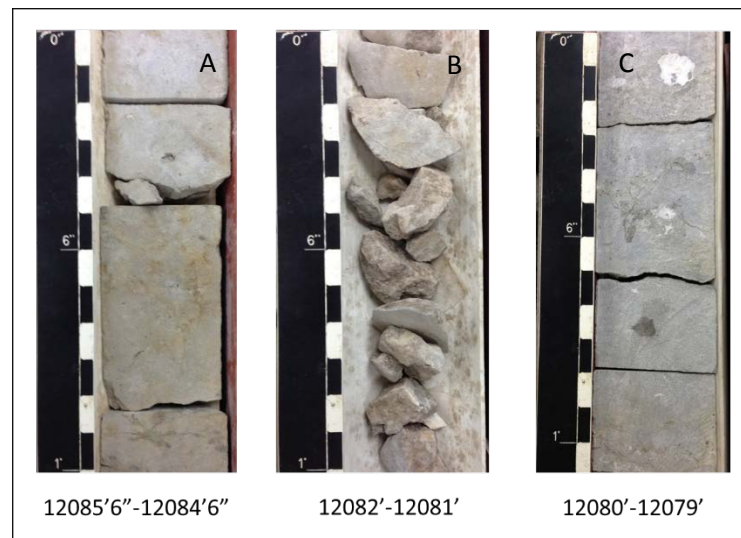
**Figura 41** – Litología perteneciente al intervalo Arena P; A: caliza arenosa con disolución de conchas; B: contacto abrupto con minerales de pirita y presencia glauconita; C: Secuencia heterolítica lutítica hacia el tope.

- **Miembro Caliza “O”:**

Se define este miembro como una secuencia completa, separadas en 8 etapas de parasecuencias analizadas durante la descripción sedimentológica, las cuales son:

**1era Parasecuencia**

(12086’2” – 12078’5”): Caliza dolomitizada, grietas de desecación cementadas, disolución de conchas, conchas de *pelecípodos* articulados sustituidas por piritas, estructuras estilolíticas de mediana amplitud, porosidad tipo móldica, vug y por fracturas, fragmentos de roca impregnados con bastante porosidad >20% disminuyendo a un 7% al tope. Color N7 Light Gray. **Muestra #16, #17 y #18 en (12085’3”, 12081’-12083’ y 12079’7”).** (Ver figura 42)



**Figura 42** – Litología perteneciente al intervalo carbonatico Caliza O; A: Caliza dolomitizada con conchas marinas; B: fragmentos de roca caliza dolomitizada con cierta porosidad; C: caliza dolomitizada con nódulos de calcita y estilolitas de gran amplitud.

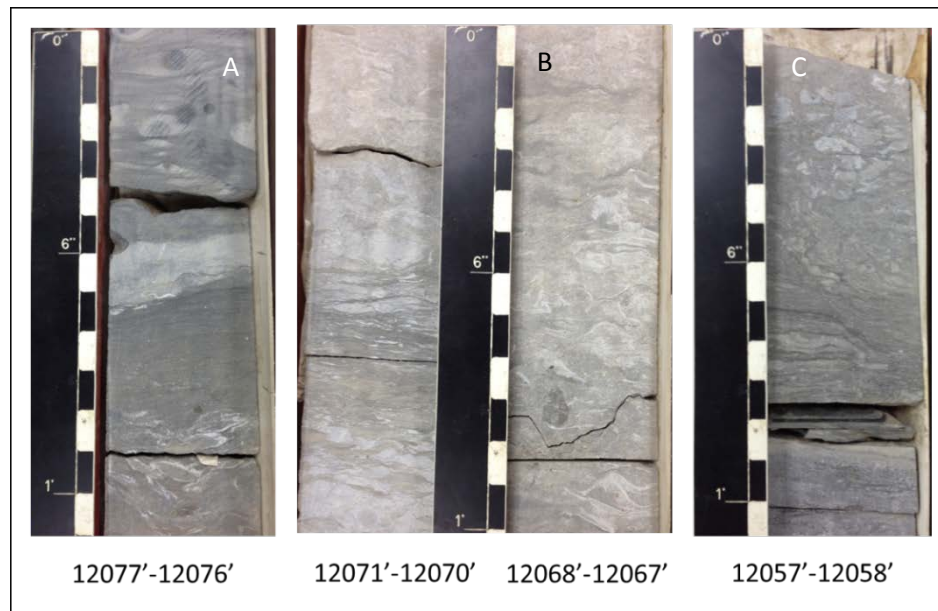
**2da Parasecuencia**

(12078’5” – 12070’9”): Caliza “Hard Ground”, con láminas lutíticas (tipo mudstone), estructuras de rizaduras y brechoide, trazas fósiles de *Thalassinoides* hacia

la base, porosidad tipo móldica, presencia de conchas de *pelecípodos* más comunes hacia la base disminuyendo su presencia y tamaños hasta 5mm al tope. Cavidades fenestrales rellenas de calcita y pirita. Contacto abrupto suprayacente. Color N8 Very Light Gray. **Muestra #19 en (12073’)**. (Ver figura 43)

### 3era y 4ta Parasecuencia

(12070’9’’ – 12057’9’’): Caliza, arenosa-bioturbada, y al tope nivel lutítico, bioturbaciones de *Thalassinoides* aunque la roca esta tan bioturbada que se ven difusos, con restos fósiles de *pelecípodos* desarticulados y *gasterópodos*, estilolitas de medianas a altas amplitudes, laminaciones lutíticas o lodosas bastantes irregulares, con aspecto brechoide al tope, fracturas rellenas de calcita al tope. Poca porosidad en el intervalo menor a los 5%. Color N8 Very Light Gray y N7 Light Gray. **Muestra #20 en (12061’8’’)**. (Ver figura 43)



**Figura 43** – Intervalo carbonático Caliza O; A: Caliza dolomitizada con laminaciones lutíticas (tipo mudstone); B: caliza dolomitizada con restos de conchas de pelecípodos; C: Caliza arenosa dolomitizada con laminaciones y restos de conchas.

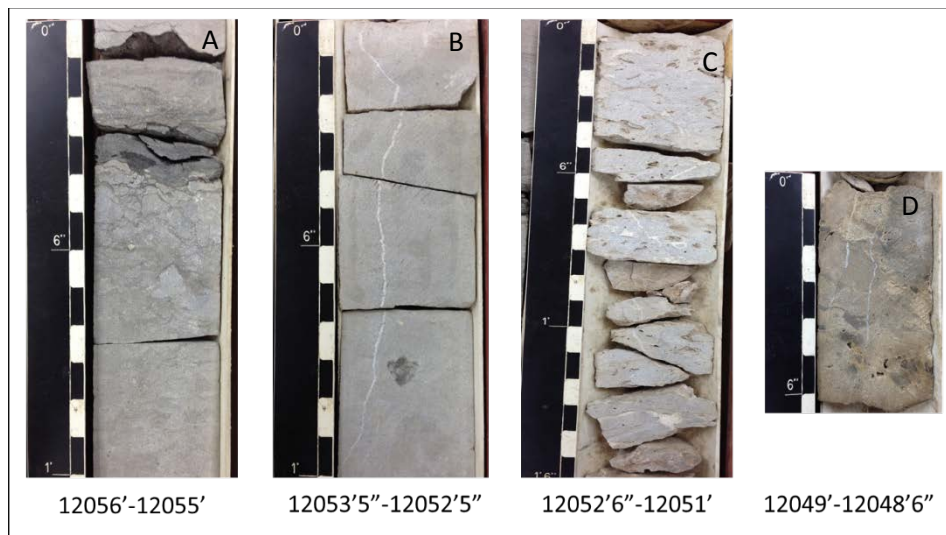
### 5ta Parasecuencia

(12057'9" – 12055'2")): Lutita-arenosa calcárea bioturbada en la base con aspecto brechoide y lutita negra, y caliza brechoide, calcita rellenando o sustituyendo conchas marinas al parecer de *pelecípodos* y *gasterópodos*. Color N7 Light Gray. (Ver figura 44)

(12055'2" – 12052'5")): Caliza arenosa, con fracturas vertical cementada de calcita, bioturbada con trazas de *Thalassinoides*. Color N8 Very Light Gray. (Ver figura 44)

### 6ta y 7ma Parasecuencia

(12052'5" – 12042'2")): Caliza dolomítica, con porosidad abundante de aproximadamente 20%, porosidad tipo móldica y vug, fracturas rellenas de calcita hacia el tope, fracturas verticales e inclinadas, conchas marinas de diversos tamaños entre los 3mm hasta 5cm aprox. con un porcentaje de 25% de fósiles. Disolución de fósiles. Fragmentos de roca impregnadas. Color HUE 5YR 6/4 Light Brown. **Muestra #21 en (12050')**. (Ver figura 44 y 45)



**Figura 44** – A: lutita arenosa calcárea bioturbada; B: caliza arenosa con fracturas cementadas; C: caliza dolomítica arenosa con porosidad tipo vug siendo un 20% en este intervalo; D: caliza dolomitizada con fracturas cementadas

### 8va Parasecuencia

(12042'2" – 12033'4")): Caliza dolomitizada arenosa, con niveles lutíticos en todo el intervalo, roca con fracturas verticales e inclinadas, rellenas de calcita y no rellenas, roca bastante brechoide, porosidad tipo vug presente menor al 5%, restos de conchas desarticuladas menores a 10% de abundancia, estructuras estilolíticas de gran amplitud. Color N7 Light Gray y N6 Medium Light Gray. **Muestra #22 en (12035'8")**. (Ver figura 45)



**Figura 45** – A: Caliza dolomitizada con restos de conchas de pelecípodos; B: Caliza dolomitizada con fracturas cementadas con aspecto brechoide.

### Formación Navay

#### - Miembro La Morita:

#### 1era Parasecuencia

(12033'4" – 12032'3")): Lutita-limolítica, laminada, con nódulos piríticos de aprox. 3cm., fosfática y pirítica. Color N5 Medium Gray.

(12032'3" – 12029'7"): Lutita limolítica, con intervalo heterolítico hacia la base, fosfática en todo el intervalo, minerales de pirita y fosfatos. Color N6 Medium Light Gray.

### **2da Parasecuencia**

(12029'7" – 12023'8"): Limolita arenosa con intervalos calcáreos, presencia de minerales fosfáticos. Color N6 Medium Light Gray. **Muestra #23 en (12026'3")**. (Ver figura 46)

### **3era Parasecuencia**

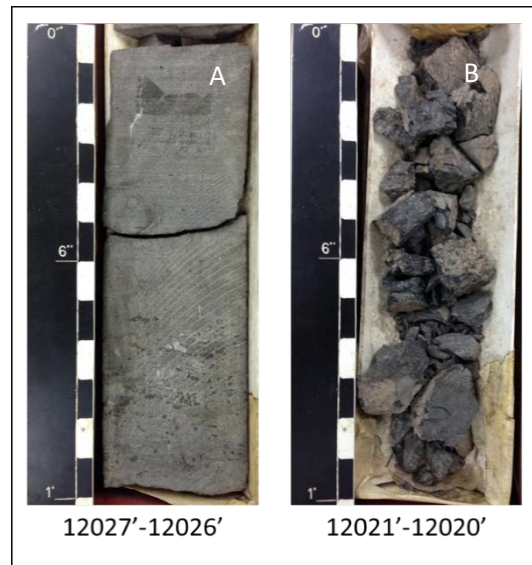
(12023'8" – 12022'4"): Caliza arenosa, con aspecto brechoide, con fracturas rellenas de calcita, presencia de pirita y fosfatos. Color N6 Medium Light Gray.

(12022'4" – 12022'1"): Lutita negruzca, con laminaciones. Color N4 Medium Dark Gray.

(12022'1" – 12021'5"): Arenisca limolítica calcárea, con presencia de pirita y fracturas rellenas de calcita. Color N7 Light Gray.

(12021'5" – 12021'11"): Lutita carbonosa bastante oscura. Color N4 Medium Dark Gray.

(12021'11" – 12019'4"): Capa de carbón, fragmentos de carbón. Color N3 Dark Gray.



**Figura 46** – Litología que forma parte de la Formación Navay; A: Limolita arenosa con intervalos calcáreos, B: restos de interval carbonoso.

(12019'4'' – 12016'3''): Lutita, con laminaciones, roca fracturada. Color N5 Medium Gray.

#### **4ta Parasecuencia**

(12016'3'' – 12013'10''): Limolita calcárea intercalada con lutita, posible secuencia heterolítica, laminaciones en la secuencia. Con presencia de fosfatos. Color N6 Medium Light Gray.

(12013'10'' – 12011'7''): Lutitas laminadas con niveles fosfáticos, un tanto fisil. Color N5 Medium Gray.

(12011'7'' – 12009'10''): Limolita arenosa calcárea y fosfática. Color N6 Medium Light Gray.

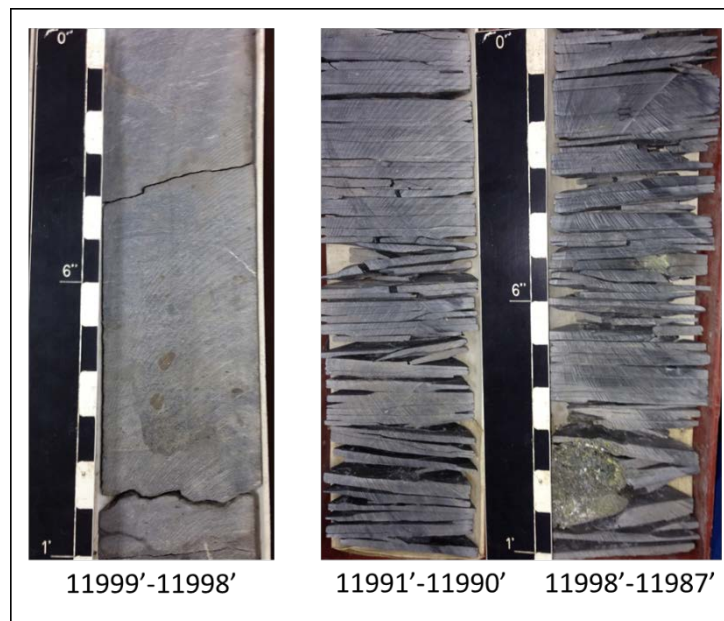
#### **5ta Parasecuencia**

(12009'10'' – 12001'1''): Lutita laminada, con intervalos calcáreos, más fisil al tope. Presencia de pirita hacia la base. Color N5 Medium Gray.

(12001'1'' – 11997'9''): Limolita arenosa, con presencia de fosfatos y pirritas, con fracturas cementadas de calcita, vestigios de conchas de *pelecípodos*. Color N6 Medium Light Gray. (Ver figura 47)

(11997'9'' – 11995'8''): Lutita con niveles carbonosos, negruzca, minerales de pirita, algunas laminaciones o estructura fisil. Color N4 Medium Dark Gray.

(11995'8'' – 11985'): Lutita muy fisil, finamente laminada, algunos niveles calcáreos. Color N6 Medium Light Gray. **Muestra #24 en (11993'6'')**. (Ver figura 47)



**Figura 47** – Rocas del Miembro La Morita; A: limolita arenosa con presencia de fosfatos y pirritas; B: Lutita fisil, finamente laminada.

## 4.2 Geología Local

Las secciones cretácicas estudiadas de los pozos Bor-3E y Bor-5E están conformadas por dos formaciones geológicas, Escandalosa y Navay encontradas en el subsuelo de la Cuenca Barinas-Apure, ambos núcleos de los pozos están conformados por los miembros Arena “P”, Caliza “O” y La Morita, en donde los dos primeros forman parte del yacimiento del tope de la Formación Escandalosa y el último miembro perteneciente a la base de la Formación Navay.

La Geología Local será descrita por separado de cada pozo y describiendo cada uno de los miembros que los constituyen, la descripción es:

### • Pozo BOR-5E:

El pozo BOR-5E, está constituido por tres miembros, de base a tope definidos “Arena P”, “Caliza O” (Fm. Escandalosa) y La Morita (Fm. Navay), estudiados desde las profundidades de 12203’ hasta los 11985’, constituidos por dos formaciones geológicas, igual nombradas de base a tope como Formación Escandalosa y Formación Navay. Los miembros de la Fm. Escandalosa se constituyen por formar el yacimiento de dicho pozo constituidos por facies arenosas, calizas y dolomías, mientras que la Fm. Navay está constituida por facies de rocas lutíticas, limolíticas y facies calcáreas, infiriendo la posible roca madre generadora de crudo en la zona.

#### - Formación Escandalosa:

“**Arena P**”: constituida por varios cambios de facies verticales en este miembro, con las profundidades estudiadas desde los 12203’ (pies) hasta los 12086’2”, observando secuencias arenosas con variaciones en el tamaño de sus granos, Fino, Medio, Grueso y Muy Grueso, compuestos por abundantes estructuras sedimentarias físicas y orgánicas, como lo son estratificaciones y laminaciones, cruzadas, flaser, onduladas, irregulares, paralelas, rizaduras simétricas y asimétricas, nódulos y concreciones, trazas fósiles variadas perteneciente a la icnofacies *Cruziana (Planolites, Asterosoma, Teichichnus, Scolicia, Thalassinoides, etc.)*. También con secuencias

heterolíticas arenosas, lutíticas y 50-50 (composición igual de arena y lutita), secuencias de rocas afectadas por mareas donde se evidencia la presencia de carbonatos dentro de las facies arenosas, carbonatos de mezcla y areniscas carbonáticas, con presencia de minerales como la calcita y dolomita, que en ocasiones se encuentran sustituyendo material aloquímico de la roca. Importantes sectores impregnados de crudo producto de las diferentes porosidades encontradas en las rocas, por lo general porosidad intergranular, intrapartícula y móldica.

**“Caliza O”:** con ciertas variaciones de facies en su vertical, dependiendo del grado de diagénesis encontrado en la roca, identificando rocas calizas un tanto arenosas, limolíticas, lutíticas, conchíferas y calizas dolomitizadas. Estudiadas desde los 12086’2” hasta los 12033’4”. Colores en las rocas presentes de tonalidades de grises claros y oscuros, pardos claros y oscuros. Rocas con variaciones en su composición de extraclastos, aloquímicos y ortoquímicos, variaciones en sus porosidades habiendo la más común como la vugular o porosidad no selectiva tipo vug generada por disolución de componentes, encontradas por lo general en rocas dolomitizadas. Rocas con presencia de fósiles como *pelecípodos* y *gasterópodos* (moluscos) de diferentes tamaños (no mayor a 4cm), que en su mayoría se encuentran sustituidos por minerales de calcita y dolomita, presencia de fracturas cementadas y rellenas por calcita, estructuras de estilolitas desde bajas a altas amplitudes, rocas al tope con características brechoides y caóticas en contacto con la Formación Navay y el Miembro La Morita; sectores con ligera a mediana impregnación de crudo en rocas con altas porosidades, siendo esto característica particular de estos yacimientos de la cuenca de Barinas.

- **Formación Navay:**

**“La Morita”:** es el primer miembro que forma parte de la Formación Navay, de base a tope, siendo el último descrito, desde los 12033’4” hasta los 11985’ de profundidad, con facies de rocas como lutitas, lutitas-limolíticas, lutitas calcáreas, lutita carbonosa y niveles carbonosos. Estas secuencias se encuentran constituidas por estructuras laminadas o fisiles, en ocasiones rocas masivas sin planos de laminación, niveles fosfáticos y presencia de minerales de pirita, en ocasiones algunas pequeñas

fracturas cementadas por calcita, con colores oscuros, negruzcos y grises en toda la secuencia, infiriendo la gran cantidad de material orgánico que constituye a este miembro.

• **Pozo BOR-3E:**

El pozo BOR-3E, se encuentra más al nor-este del pozo BOR-5E, pero con muy parecida constitución en sus rocas, en lo que respecta al intervalo Cretácico, constituido igual por los tres miembros descritos anteriormente que son, “Arena P”, “Caliza O” y La Morita, desde las profundidades de 12150’ hasta los 11850’, 300’ de identificación, constituidas por las formaciones Escandalosa y Navay. Igual en este pozo la Formación Escandalosa constituye el yacimiento de la zona, con facies arenosas, calizas y dolomías, y la Formación Navay constituida por facies de rocas lutíticas, limolíticas y facies calcáreas, infiriendo la posible roca madre generadora de crudo en la zona.

- **Formación Escandalosa:**

“**Arena P**”: sin muchos cambios al ser comparada con las facies descritas en el BOR-5E, este miembro se encuentra entre las profundidades de 12150’ a 12044’2”, con secuencias arenosas, secuencias heterolíticas arenosas, lutíticas y areno-lutíticas (composición igual de arena y lutita), rocas afectadas por los intervalos de mareas constituidos por rocas carbonáticas dentro de estas facies como los carbonatos de mezcla y areniscas carbonáticas; compuestos por abundantes estructuras sedimentarias físicas y orgánicas, como lo son estratificaciones y laminaciones, cruzadas, flaser, onduladas, irregulares, paralelas, rizaduras simétricas y asimétricas, nódulos y concreciones, trazas fósiles variadas perteneciente a la icnofacies *Cruziana* (*Planolites*, *Asterosoma*, *Teichichnus*, *Scolicia*, *Thalassinoides*, etc.). Variaciones importantes en sus tamaños de granos, fino, medio, grueso y muy grueso, determinando la presencia o no de impregnación en la roca por el tipo de escogimiento y configuración de sus componentes. Alta presencia de minerales como la glauconita y la calcita que en ocasiones sustituyen componentes fósiles en las rocas. Se evidencian importantes sectores impregnados de crudo, menores que los del BOR-5E, pero al igual generado por

la presencia de las diferentes porosidades encontradas en las rocas, como lo son porosidades intergranular, intrapartícula y móldica.

“**Caliza O**”: con variaciones de facies que dependen del grado diagenético encontrado en las rocas, identificando rocas calizas un tanto arenosas, limolíticas, lutíticas, conchíferas y calizas dolomitizadas. Estudiadas desde los 12044’2” hasta los 11971’2”. Rocas con muy pocos componentes aloquímicos visibles, que por lo general se encuentran sustituidos por minerales autigénicos de la cuenca, evidencia de fósiles de *pelecípodos* y *gasterópodos* de diferentes tamaños, porosidades de tipo no selectivas muy comunes como la tipo vug, donde permite la alta permeabilidad de las rocas al estar impregnadas de crudo, en rocas que por lo general se encuentran dolomitizadas. También pueden observarse la presencia de fracturas cementadas y rellenas por calcita, estructuras de estilolitas desde bajas a altas amplitudes, estructuras fenestrales y algunos nódulos piritizados, al tope de esta secuencia una roca muy brechoide y conchífera de color negro es infrayacente al Miembro La Morita, roca con la mayor cantidad de fósiles encontrados en todo el pozo que a su vez en su mayoría han sido sustituidos por otros minerales.

- **Formación Navay:**

**La Morita:** Miembro de la Formación Navay, y descrito como la principal generadora de crudo en la Cuenca Barinas-Apure, roca madre, desde los intervalos 11971’2” a 11850’, en este pozo las facies de las rocas encontradas aquí tienden a ser más calcáreas, igual se encuentran facies lutíticas, lutíticas-limosas, limos-arenosos, lutitas calcáreas, y con morfología masivas y laminares, con altos niveles fosfáticos, piríticos, presencia de algunos nódulos piritizados. El color de estas rocas varían entre colores de escalas de grises oscuros y rocas negruzcas, indicando gran contenido de materia orgánica. Al tope se interpreta el contacto con la lutita del Miembro Quevedo encontrado suprayacente al de La Morita, a una profundidad de 11861’4” a 11860’ donde el cambio de facies es abrupto constituidos por rocas rojizas y grises más claras y menos calcáreas.

### 4.3 Descripción Petrográfica

Fueron escogidas las muestras de ambos pozos, donde el pozo Bor-3E posee una cantidad de muestras seleccionadas de 13; al igual fueron escogidas en el pozo Bor-5E un total de 24 muestras; este grupo de muestras representan las diferentes características litológicas presentes en el intervalo Cretácico de ambos pozos, caracterizando los diferentes miembros que constituyen la geología de este segmento, analizados desde la Arena “P”, la Caliza “O” y el Miembro la Morita.

Los cuadros expresan las cantidades de muestras seleccionadas con sus profundidades en pies para cada pozo. Es necesario destacar que esta selección de muestras se realizó debido a los cambios litológicos dentro de un mismo miembro con la finalidad de representar características mineralógicas, de porosidad, de escogimiento, de impregnación, trazas y diversidad fósil, y características a nivel microscópico.

Estas muestras fueron sometidas a ensayos de análisis petrográficos y de Difracción de Rayos X, las muestras seleccionadas para cada pozo se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3** – Tabla de Muestras del Bor-3E y Bor-5E para petrografía y difracción de rayo X.

Muestras Pozo BOR-3E		Muestras Pozo BOR-5E	
Muestra	Profundidad	Muestra	Profundidad
1	12145'5"	1	12202'4"
2	12135'1"	2	12195'7"
3	12121'3"	3	12187'2"
4	12095'5"	4	12184'8"
5	12089'5"	5	12180'6"
6	12073'5"	6	12177'6"
7	12063'9"	7	12163'6"
8	12047'8"	8	12157'4"
9	11995'6"	9	12147'6"
10	11984'	10	12135'10"
11	11972'	11	12126'4"
12	11879'6"	12	12118'3"
13	11854'6"	13	12105'9"
		14	12103'7"
		15	12099'5"
		16	12085'3"
		17	12083'-12081'
		18	12079'7"
		19	12073'
		20	12061'8"
		21	12050'
		22	12035'8"
		23	12026'3"
		24	11993'6"

### 4.3.1 Cuadro de Resultados Petrográficos del Pozo Bor-3E

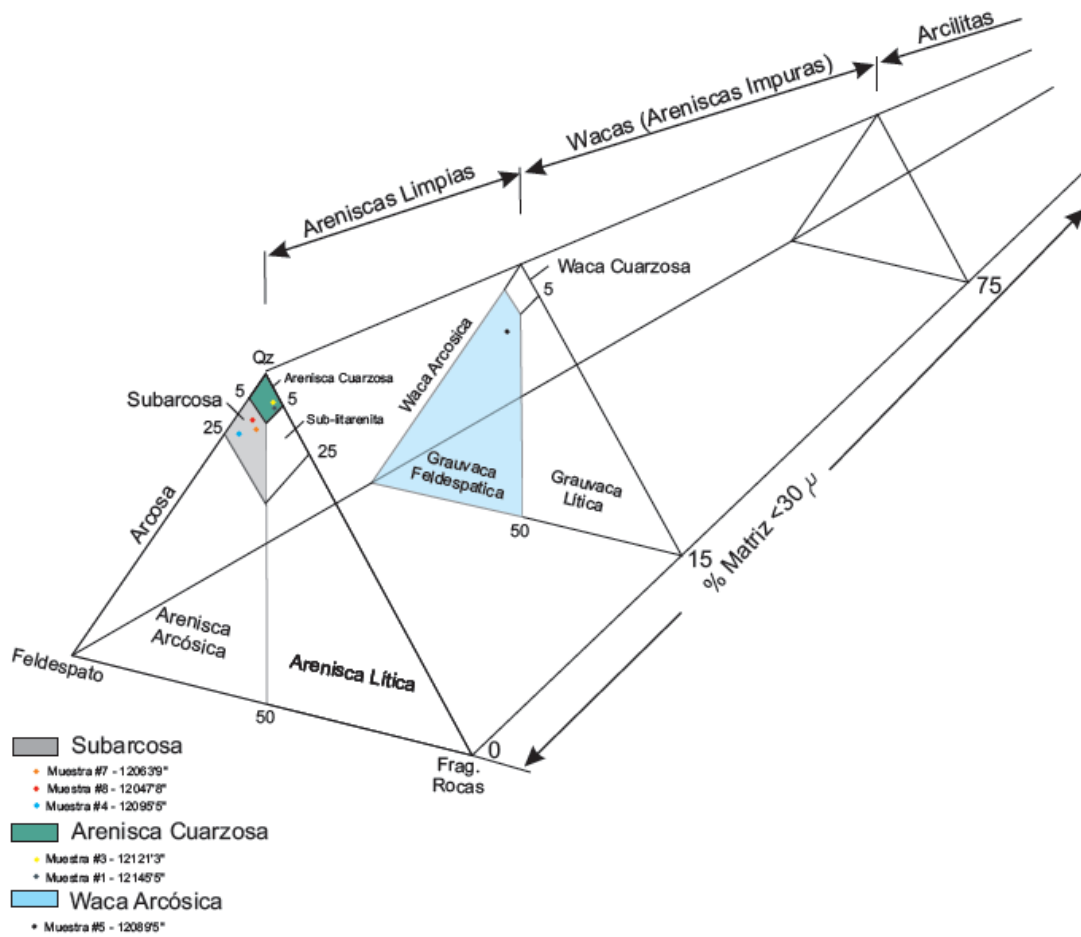
Se presentan las 13 muestras analizadas y organizadas de acuerdo a la microfacies a las cuales pertenece cada una de ellas.

#### 4.3.1.1 Muestras de Rocas de Areniscas

Los datos presentados fueron recalculados y clasificados por el diagrama ternario de PETTIJOHN, POTTER Y SIEVER de 1973, en total se estudiaron 7 muestras de muestras de Areniscas, ver tabla 4, mostrando los resultados del recalcu de sus componentes y clasificación según Pettijohn (1973), ver figura 48.

**Tabla 4** – Análisis petrográfico por el diagrama ternario de PETTIJOHN *et al.* (1973)

Tabla de Análisis Petrográfico de Areniscas del pozo Bor-3E							
Muestra #	Profundidad (pies)	Cuarzo	Feldespato	Frag. de Roca	Matriz	Porosidad	Clasificación según Pettijohn <i>et al.</i> (1973)
8	12047'8"	90,91%	6,49%	2,60%	3%	10%	Subarcosa
7	12063'9"	91,67%	5,00%	3,33%	5%	15%	Subarcosa
5	12089'5"	89,47%	5,26%	5,26%	20%	30%	Waca Arcósica
4	12095'5"	79,71%	17,39%	2,90%	10%	1%	Arenisca Arcósica
3	12121'3"	97,40%	2,60%	0%	2%	15%	Arenisca Cuarzosa
1	12145'5"	96,92%	3,08%	0%	5%	20%	Arenisca Cuarzosa



**Figura 48** - Ilustración que muestra la ubicación por la clasificación de PETTJOHN de 1973, donde se muestra el nombre de las microfacies obtenidas a las 6 muestras analizadas del pozo Bor-3E; donde se obtuvieron 2 Areniscas Cuarzosas, 3 Subarcosa y 1 Waca Arcósica, en esta clasificación se toma en cuenta los porcentajes de Cuarzo, Feldespatos y de Fragmentos de Rocas donde el contenido de matriz determinará la pureza de la arenisca analizada.

### 4.3.1.2 Muestras de Rocas Carbonáticas

En la siguiente tabla se muestra 5 secciones petrográficas de carbonatos analizadas en el pozo, ver tabla 5, clasificadas por MOUNT de 1985, estas son:

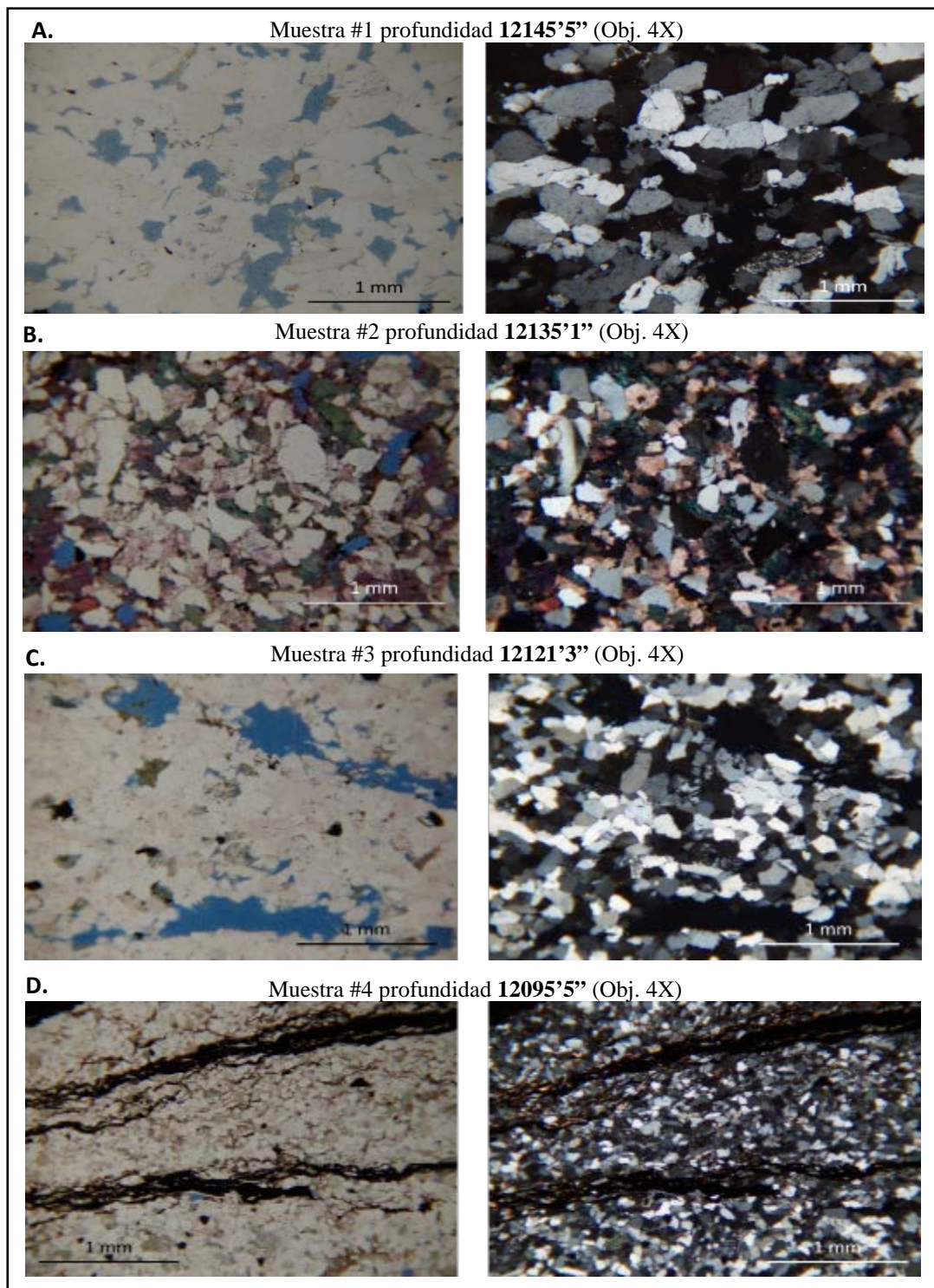
**Tabla 5** – Clasificación petrográfica por MOUNT (1985), modificado por AQUINO (2015)

Tabla de Análisis Petrográfico de Carbonáticas del pozo Bor-3E						
Muestra	Profundidad	Comp. Extraclastos	Comp. Ortoquímicos	Comp. Aloquímicos	Porosidad	Clasificación según Mount (1985), modificado Aquino (2015)
11	11972'	0%	70%	30%	0%	Caliza Aloquímica Lodosa
10	11984'	15%	59%	15%	1%	Caliza Aloquímica Arenosa
9	11995'6"	40%	55%	0%	5%	Caliza Arenosa
6	12073'5"	15%	70%	10%	5%	Dolomía Calcítica Aloquímica Arenosa
2	12135'1"	45%	35%	0%	20%	Arenisca Calcicidolomítica

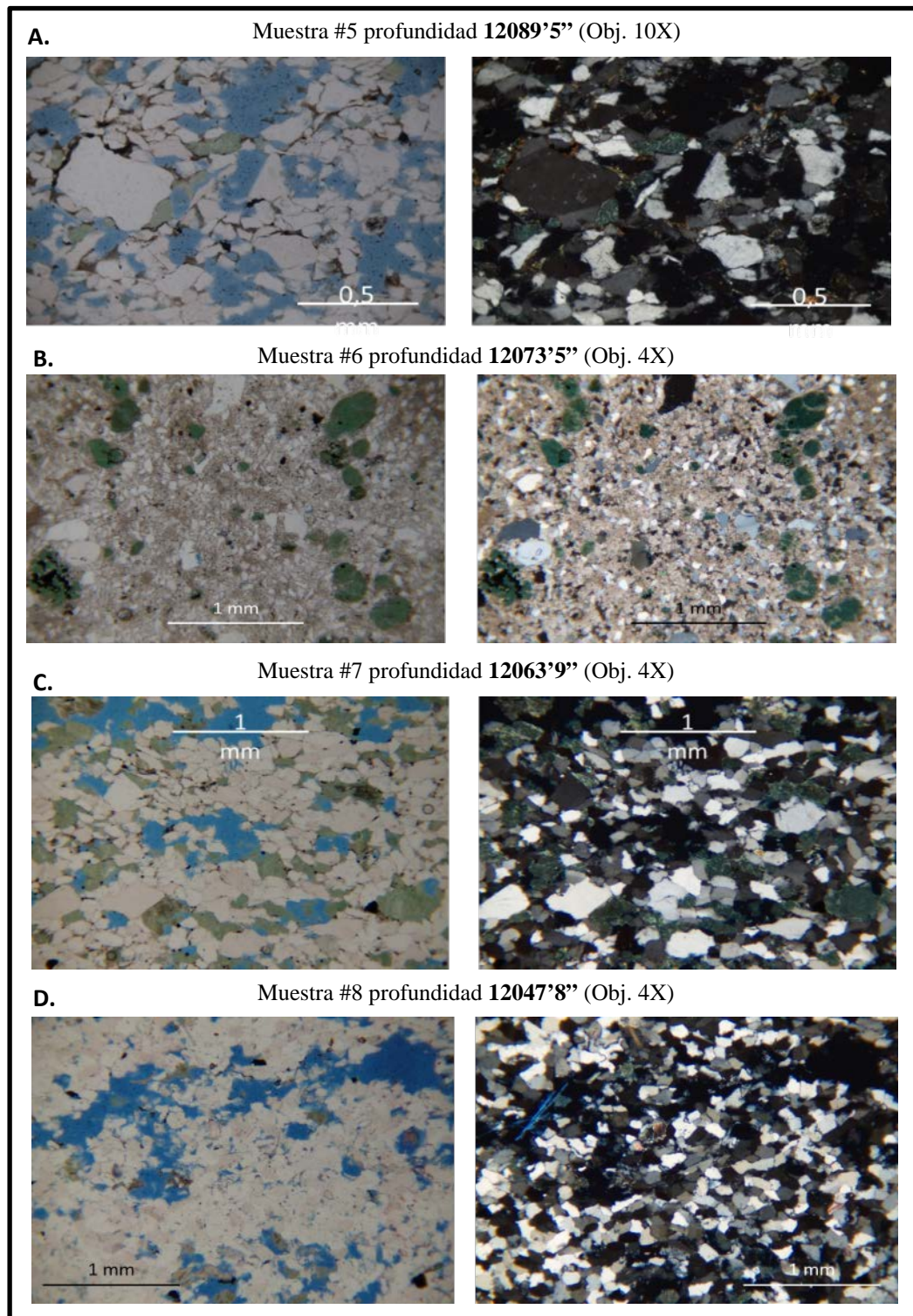
Las muestras #12 y #13, 11879'6" y 11854'6" son parte del Miembro la Morita, son secciones petrográficas de lutitas, que muestran niveles fosfáticos, contenido fósil (componentes aloquímicos) que pueden servir para la datación relativa de las rocas.

### 4.3.1.3 Clasificación de Microfacies de las Petrografías del Pozo Bor-3E

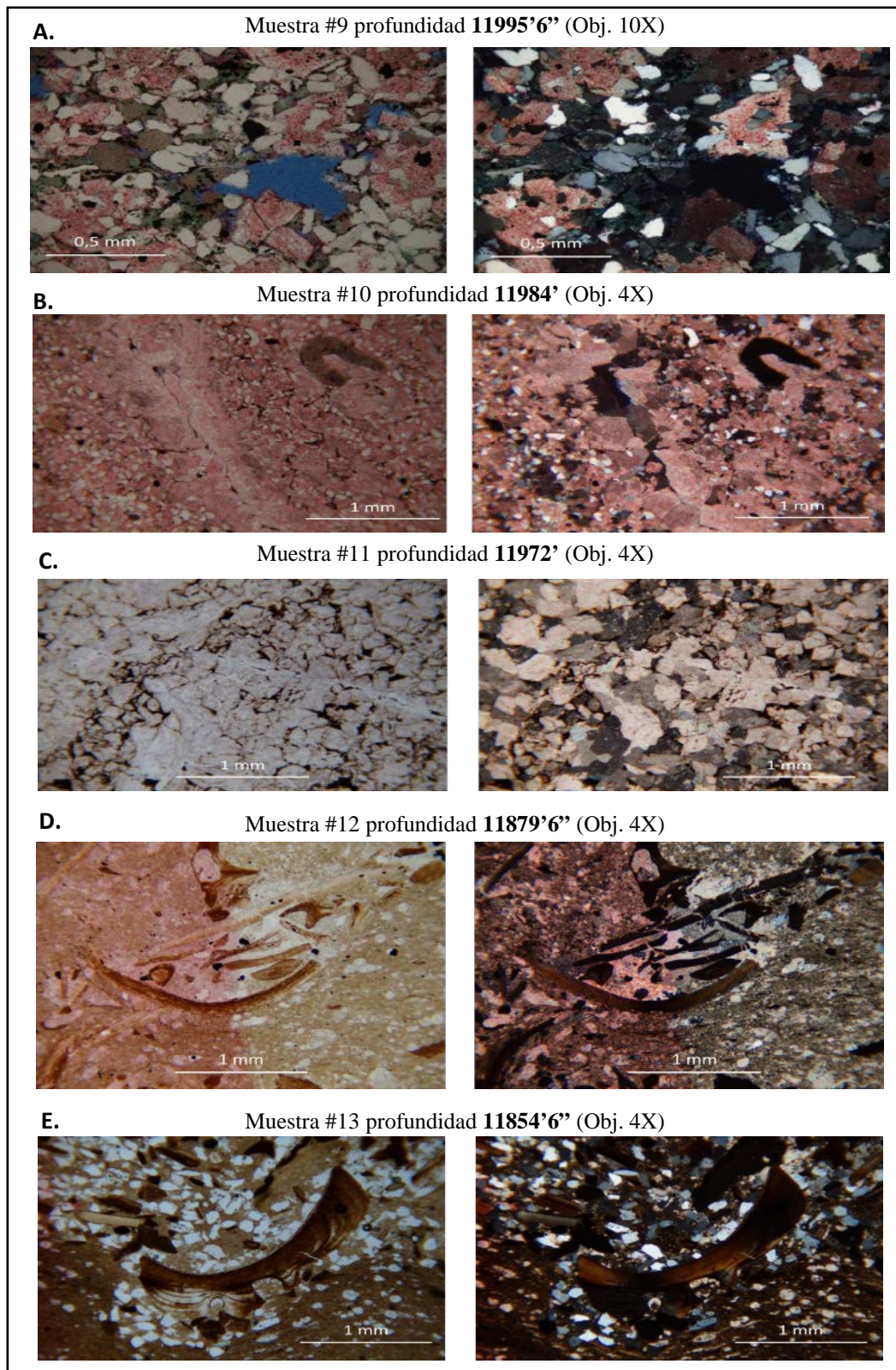
Se presentan los resultados de las microfacies obtenidas antes expuestas en fotografías realizadas en el microscopio petrográfico con los objetivos de 4X o 10X, con los Nícoles cruzados y paralelos, ver figuras 49, 50 y 51:



**Figura 49** – **A:** Arenisca Cuarzosa, Tamaño de grano: (0,5 - 0,125)mm, Medio-Fino; **B:** Arenisca Calciclodolomítica, Tamaño de grano: (0,25)mm Fino; **C:** Arenisca Cuarzosa, Tamaño de grano: (0,20)mm, Fino; **D:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,5-0,20)mm, Medio-Fino



**Figura 50** – **A:** Waca Arcósica, Tamaño de grano: (0,75 - 0,20)mm, Grueso-Fino; **B:** Dolomía Calcítica Aloquímica Arenosa, Tamaño de grano: (0,125 – 0,0625)mm Muy Fino; **C:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,75-0,25)mm, Grueso-Fino; **D:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,25)mm, Fino.



**Figura 51** – **A:** Caliza Arenosa, Tamaño de grano: (0,25 - 0,0625)mm, Muy Fino-Fino; **B:** Caliza Aloquímica Arenosa, Tamaño de grano: (0,0625)mm Muy Fino; **C:** Caliza Aloquímica Lodosa; **D:** Lutita Limosa Aloquímica; **E:** Limo Lutítico Aloquímico.

Las muestras #12 y #13 perteneciente al Miembro La Morita de la Formación Navay, fueron usadas para la datación relativa del intervalo mediante el estudio bioestratigráfico, el cual arrojará información importante donde se pudiera correlacionar con pozos aledaños de la zona de estudio, haciendo una buena datación de los intervalos de edades geológicas relativas.

### 4.3.2 Cuadro de Resultados Petrográficos del Pozo BOR-5E

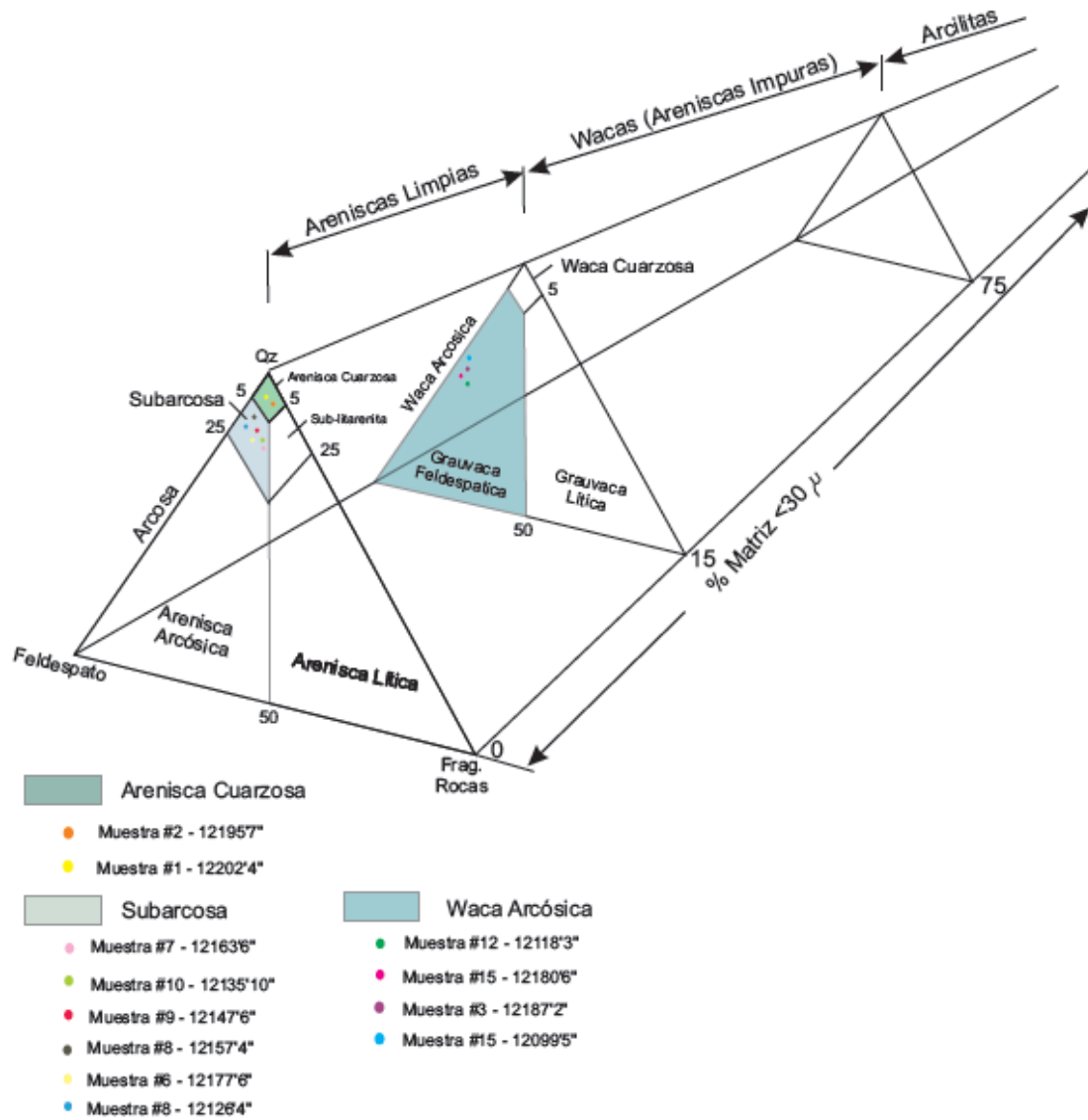
Se muestran los análisis de las 24 muestras, separadas de acuerdo a cada una de las microfacies a las cuales pertenecen.

#### 4.3.2.1 Muestras de Rocas de Arenisca

Se presentan 12 resultados, ver tabla 6, de las secciones petrográficas de areniscas, donde se realizan la clasificación de sus microfacies por el método de Pettijohn, Potter y Siever de 1973, ver figura 52, las cuales son:

**Tabla 6** - Análisis petrográfico por el diagrama ternario de PETTIJOHN *et al.* (1962), del pozo Bor-5E

Tabla de Análisis Petrográfico de Areniscas del pozo Bor-5E							
Muestra #	Profundidad (pies)	Cuarzo	Feldespatos	Frag. de Roca	Matriz	Porosidad	Clasificación según Pettijohn <i>et al.</i> (1973)
15	12099'5"	88,33%	8,33%	3,33%	15%	15%	Waca Arcósica
12	12118'3"	69,23%	29,23%	1,54%	15%	5%	Waca Arcósica
11	12126'4"	90,28%	6,94%	2,78%	5%	5%	Subarcosa
10	12135'10"	87,10%	8,06%	4,84%	10%	15%	Subarcosa
9	12147'6"	90,54%	6,76%	2,71%	5%	10%	Subarcosa
8	12157'4"	92,59%	5,56%	1,85%	5%	30%	Subarcosa
7	12163'6"	86,54%	9,62%	2,99%	7%	25%	Subarcosa
6	12177'6"	82,09%	14,93%	2,99%	10%	10%	Subarcosa
5	12180'6"	72,22%	27,78%	0%	25%	1%	Waca Arcósica
3	12187'2"	78,57%	21,43%	0%	15%	1%	Waca Arcósica
2	12195'7"	96,77%	1,61%	1,61%	5%	20%	Arenisca Cuarzosa
1	12202'4"	94,83%	5,17%	0,0%	5%	3%	Arenisca Cuarzosa



**Figura 52** - Ilustración que muestra la ubicación por la clasificación de Pettijohn de 1973, donde se muestra el nombre de las microfácies obtenidas a las 12 muestras analizadas del pozo Bor-5E; donde se obtuvieron 2 Areniscas Cuarzosas, 4 Wacas Arcósicas y 6 Subarcosas., en estas clasificaciones se toman en cuenta los porcentajes de Cuarzo, Feldespatos y de Fragmentos de Rocas donde el contenido de matriz determinará la pureza de la arenisca analizada.

### 4.3.2.2 Muestras de Rocas Carbonáticas

En la Tabla están representadas las muestras analizadas de rocas carbonáticas del pozo BOR-5E, estudiando 11 muestras, ver tabla 7, clasificadas por la teoría de discriminación de microfacies de Mount de 1985, las cuales son:

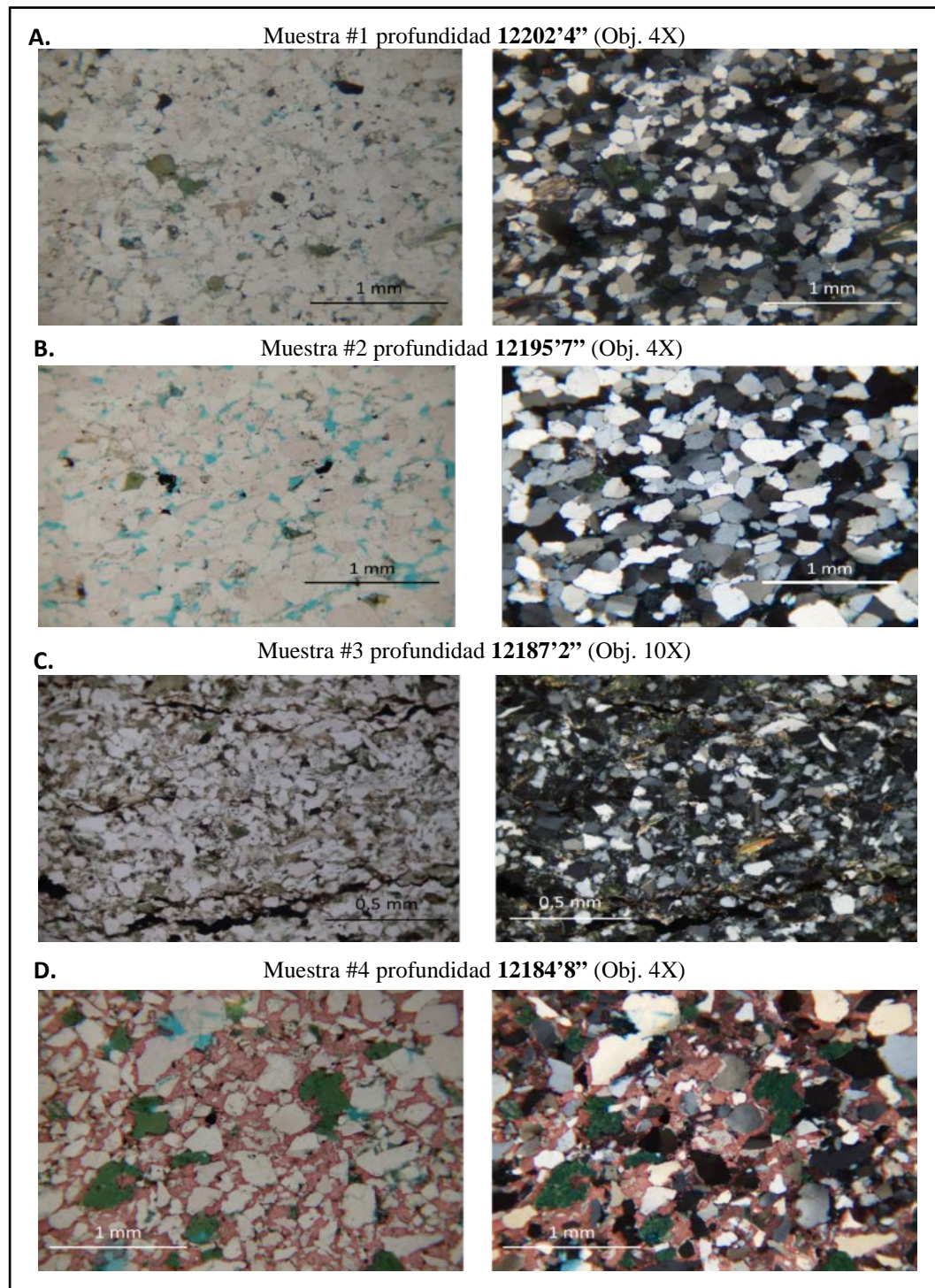
**Tabla 7** - Clasificación petrográfica por MOUNT (1985), modificado por AQUINO (2015)

Tabla de Análisis Petrográfico de Carbonáticas del pozo Bor-5E						
Muestra	Profundidad	Comp. Extraclastos	Comp. Ortoquímicos	Comp. Aloquímicos	Porosidad	Clasificación según Mount (1985), modificado Aquino (2015)
23	12026'3"	0%	99%	0%	1%	Dolomia Lodosa
22	12035'8"	5%	85%	5%	5%	Dolomia Calcítica Arenosa
21	12050'	10%	75%	5%	10	Caliza Dolomítica Arenosa
20	12061'8"	1%	83%	12%	4%	Dolomia Calcítica Micrítica Aloquímica
19	12073'	35%	59%	5%	1%	Caliza Dolomítica Aloquímica Arenosa
18	12079'7"	0%	97%	0%	3%	Caliza Dolomítica Lodosa
17	12083'-12081'	2%	93%	0%	5%	Dolomia Lodosa
16	12085'3"	30%	50%	0%	20%	Dolomia Arenosa
14	12103'7"	40%	59%	0%	1%	Dolomia Arenosa
13	12105'9"	35%	60%	0%	5%	Dolomia Calcítica Arenosa
4	12184'8	47%	50%	0%	3%	Caliza Arenosa

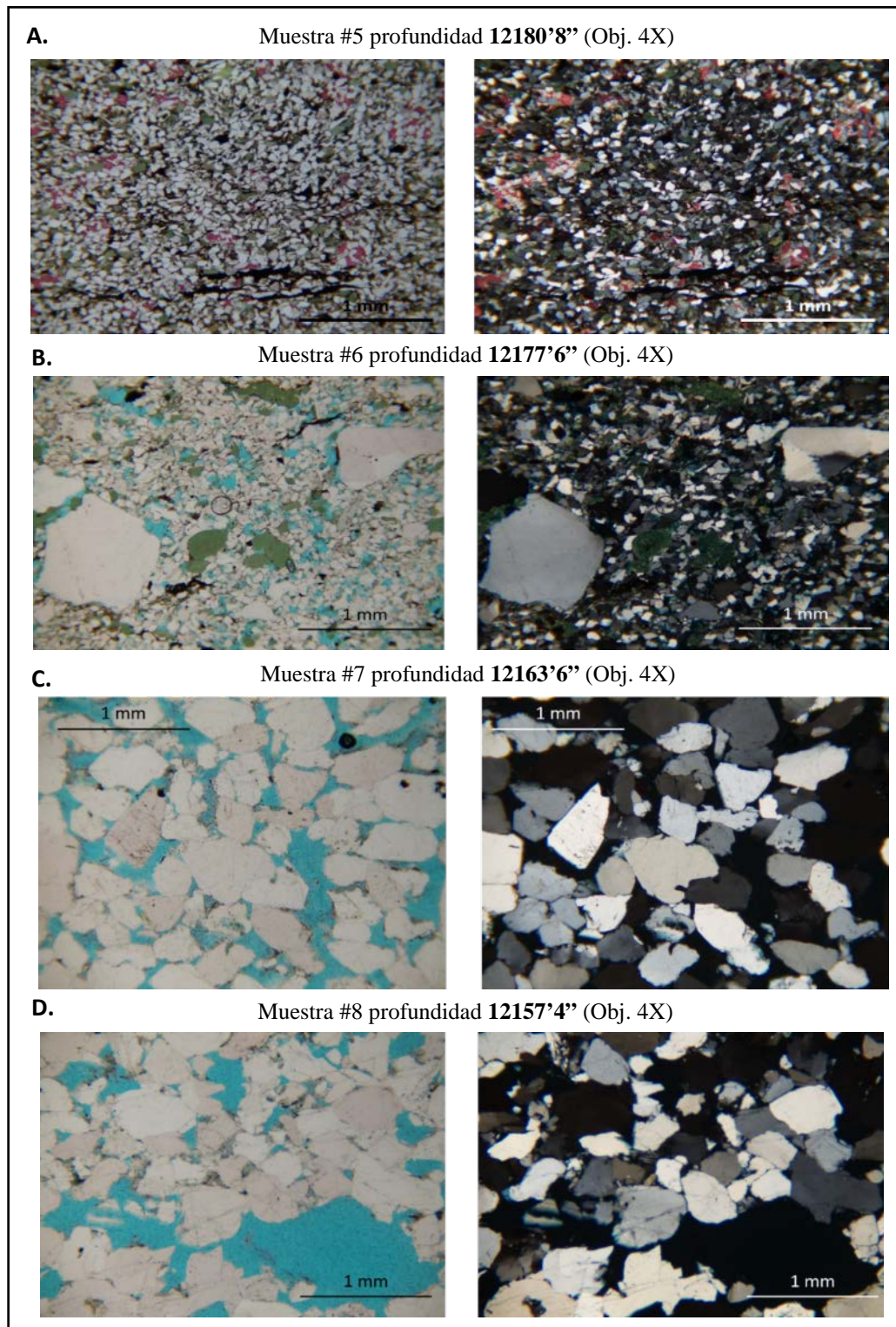
La muestra, 11993'6'' no incluida en ninguno de las dos tablas presentadas, pertenece a la Formación Navay del Miembro la Morita, es una sección petrográfica de lutita de este intervalo, mostrando algunos niveles fosfáticos, y minerales de pirita en casi toda la muestra.

### 4.3.1.3 Clasificación de Microfacies de las Petrografías del Pozo Bor-5E

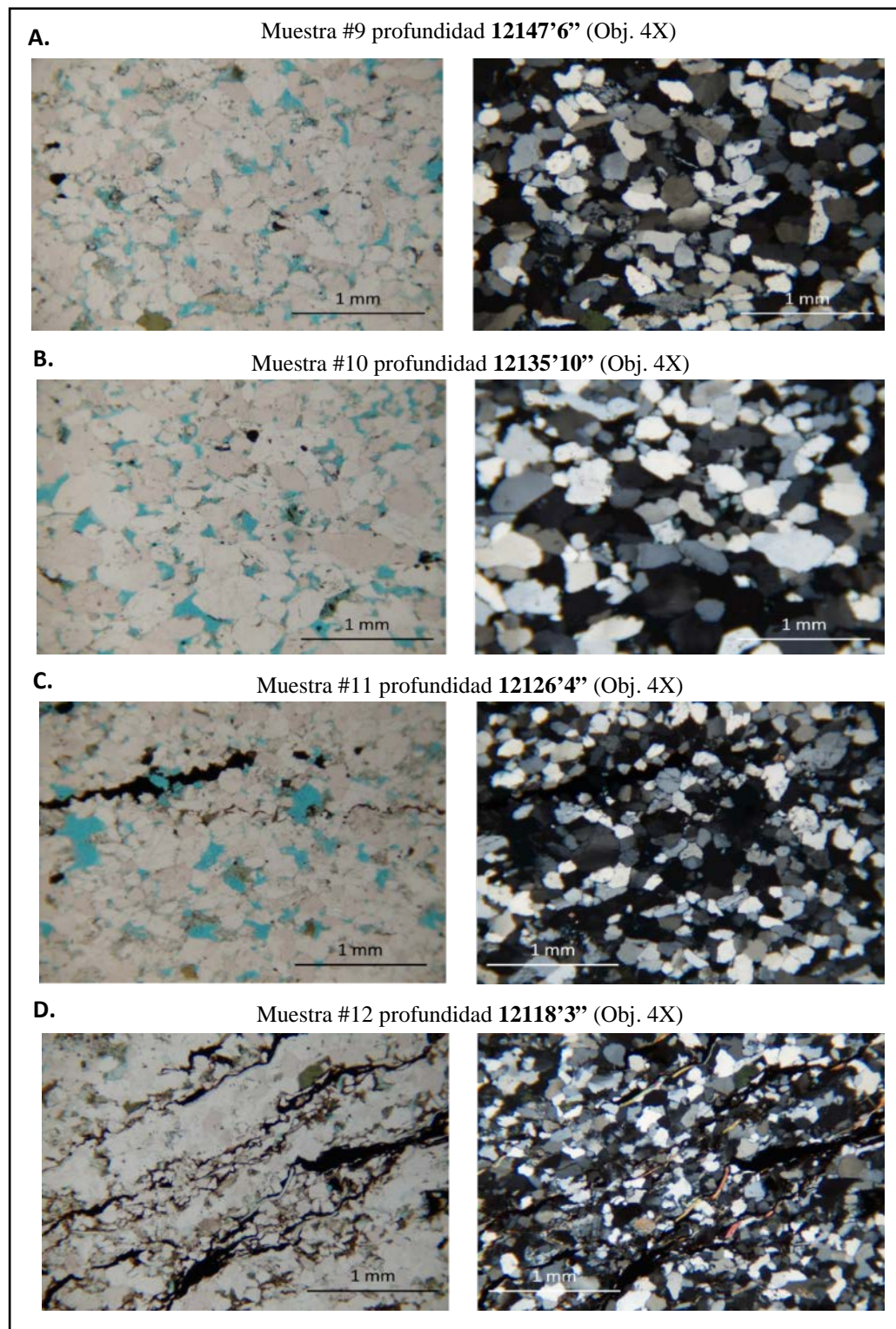
Luego de haber presentado los resultados de las microfacies obtenidas, fueron fotografiadas las muestras en el microscopio petrográfico, realizadas en vista de los objetivos de 4X y 10X, con los Nícoles cruzados y paralelos, ver figuras 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se muestran:



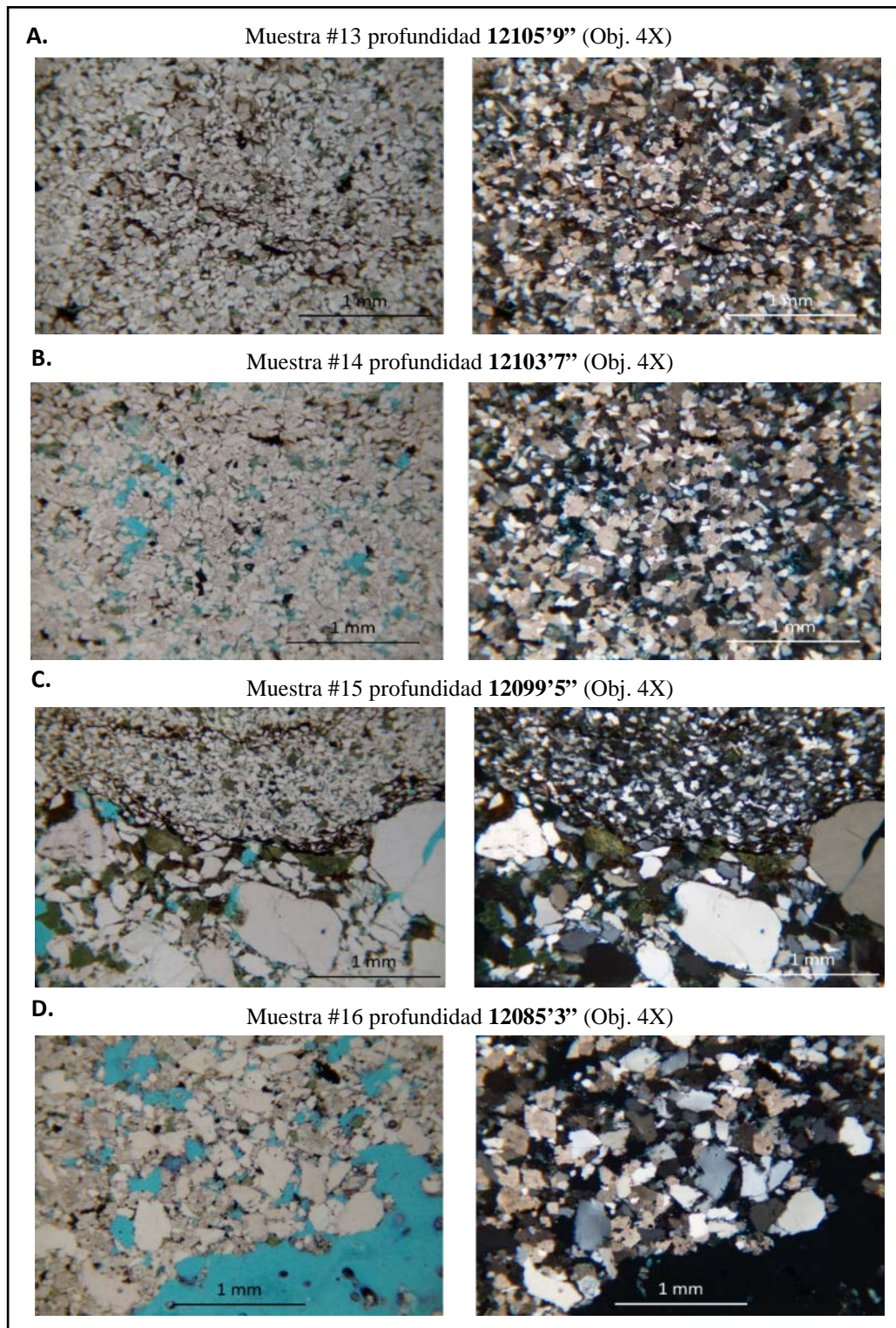
**Figura 53** – **A:** Arenisca Cuarzosa, Tamaño de grano: ( 0,25 ) mm , Fino; **B:** Arenisca Cuarzosa, Tamaño de grano: ( 1 - 0,25 ) mm Grueso-Medio; **C:** Waca Arcósica, Tamaño de grano: ( 0,1 - 0,05 )mm Muy Fino; **D:** Caliza (Glaucónica Aloquímica), Tamaño de grano: máx: 2 mm, prom: 0.58 mm y 0.19 mm



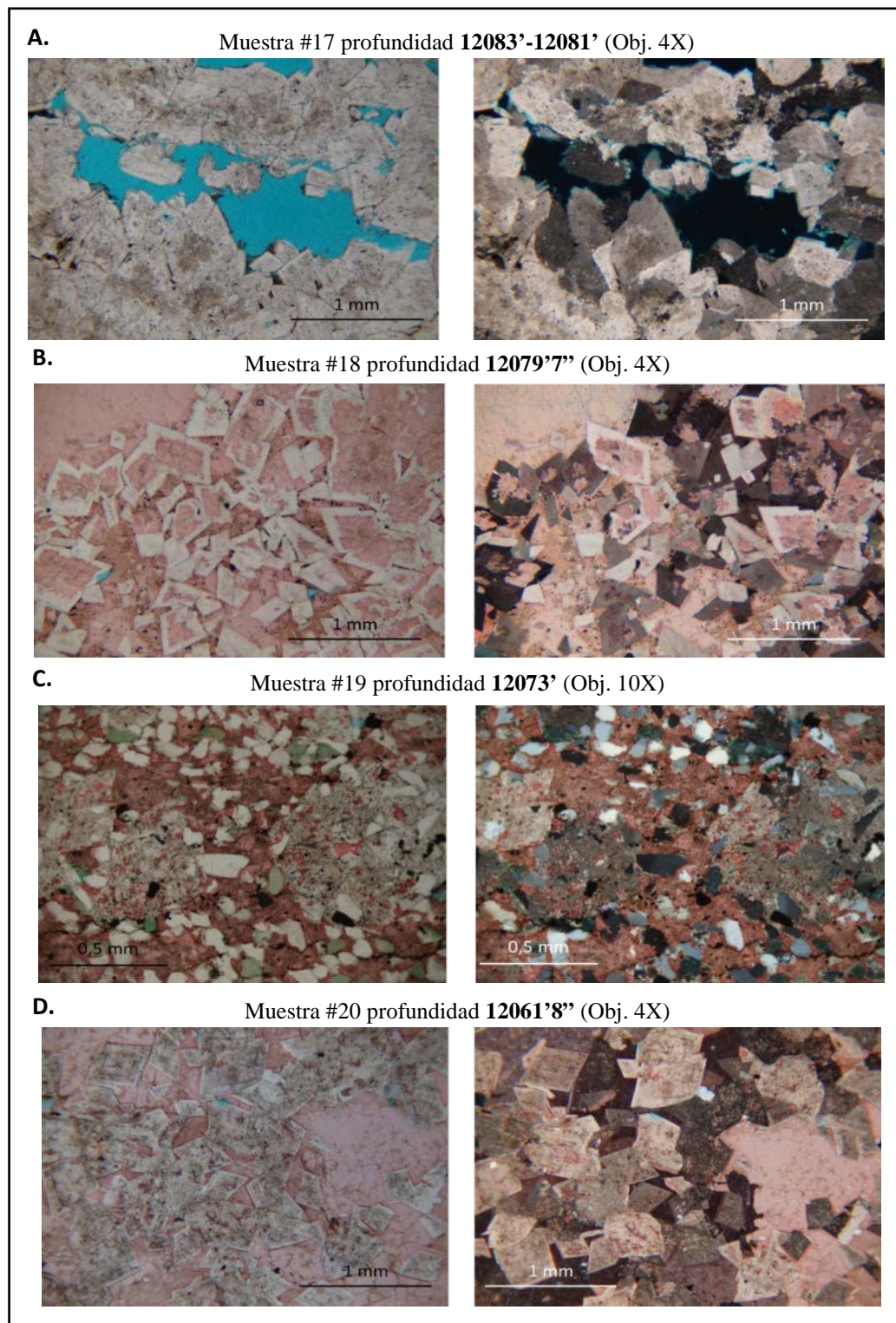
**Figura 54** – **A:** Waca Arcósica, Tamaño de grano: (0,05) mm Muy Fina; **B:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,75 - 0,1) mm; Gruesa - Fina; **C:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,66 - 0,33) mm, Grueso-Medio; **D:** Subarcosa, Tamaño de grano: (1 - 0,25) mm, Grueso – Medio.



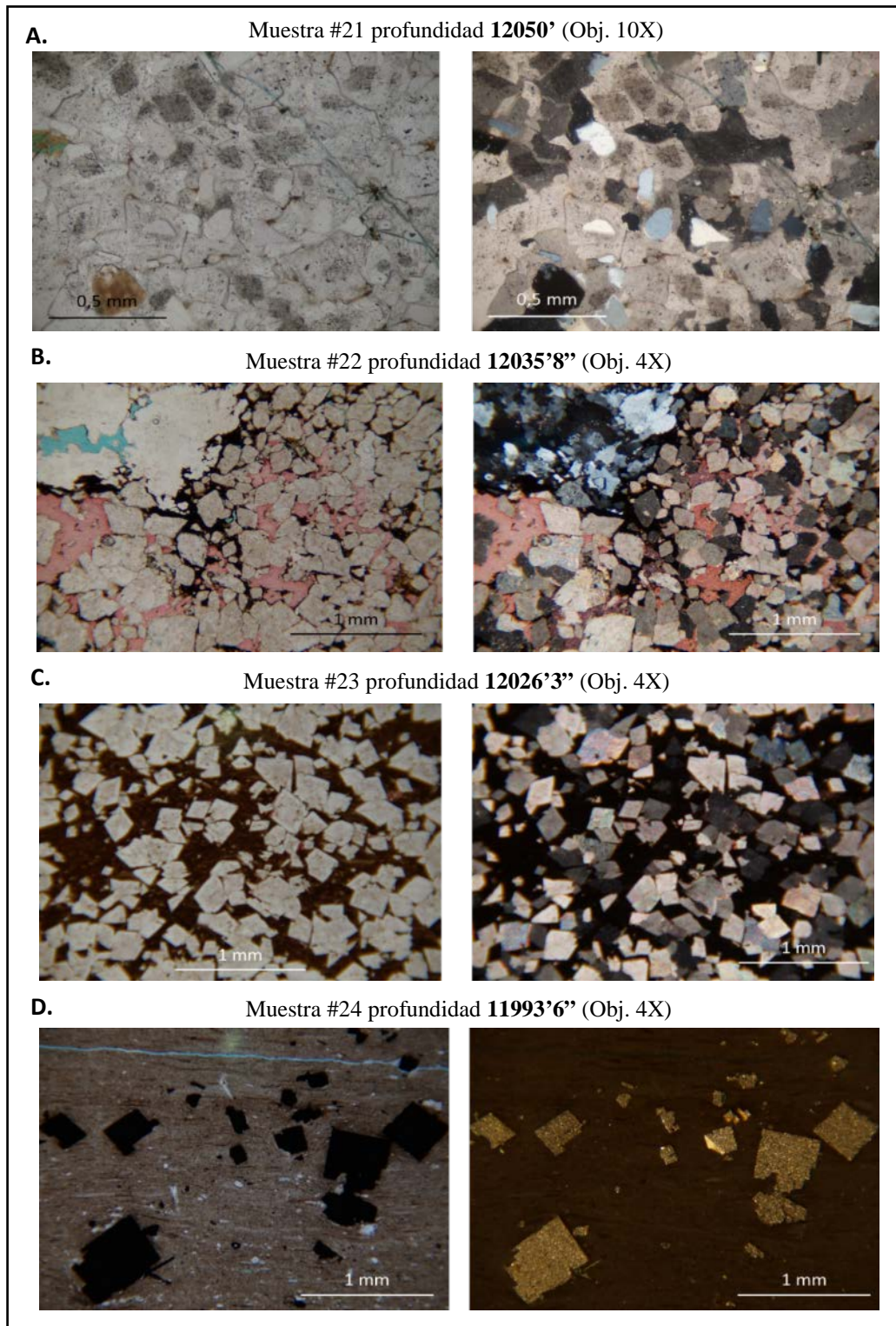
**Figura 55** – **A:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,5 - 0,125) mm, Medio - Fino; **B:** Subarcosa, Tamaño de grano: (1 - 0,25) mm, Grueso - Medio; **C:** Subarcosa, Tamaño de grano: (0,5 - 0,125) mm, Medio - Fino; **D:** Waca Arcósica, Tamaño de grano: (0,25 - 0,0625)mm; Fino - Muy Fino.



**Figura 56** – **A:** Dolomía Calcítica Arenosa, Tamaño de grano: (>0,0625) mm, Muy Fino; **B:** Dolomía (Aloquímica) Arenosa, Tamaño de grano: (>0,0625) mm, Muy Fino; **C:** Waca Arcósica, Tamaño de grano: (0,05) mm; Muy fino con *Glossifungites*; **D:** Dolomía (Aloquímica) Arenosa, Tamaño de grano: (0,45 - 0,2)mm; Medio – Fino.



**Figura 57** – **A:** Dolomía (Aloquímica) Lodosa; **B:** Caliza Dolomítica Lodosa; **C:** Caliza Dolomítica (Aloquímica) Arenosa, Tamaño de grano: (>0,125) mm Muy Fino; **D:** Dolomía Calcítica Micrítica (Aloquímica).



**Figura 58** – **A:** Caliza Dolomítica Arenosa; **B:** Dolomia Calcítica Arenosa; **C:** Dolomia Lodosa; **D:** Lutita (pirítica)

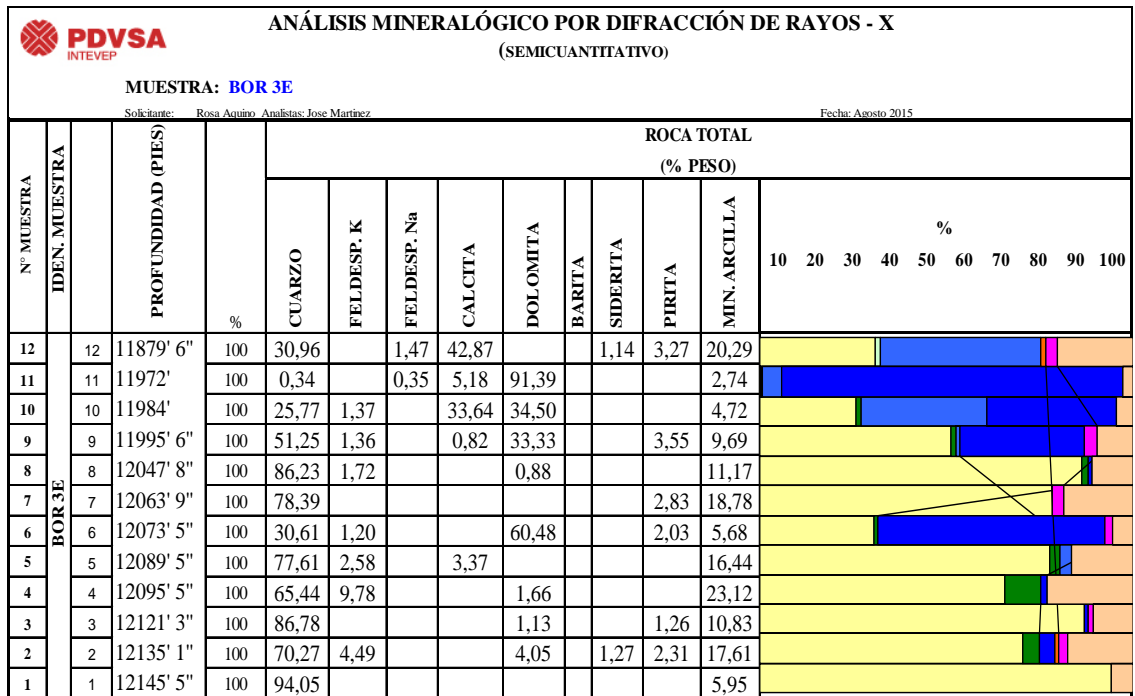
Las muestras #23 y #24, se encuentran ubicadas en el intervalo del Miembro la Morita en la Formación Navay, la muestra #23 a 12026'3" se ubica prácticamente en la base de este miembro, estando en contacto con facies carbonáticas encontradas en el miembro anterior, Caliza O, por otra parte la muestra #24 está al tope del estudio del núcleo estudiado, mostrando su gran cantidad de materia orgánica por la que está compuesta con minerales de Pirita que se pueden observar con luz reflejada.

#### **4.4 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos-X**

A las muestras tomadas en cada pozo, se le realizó en el ensayo de análisis mineralógico por difracción de rayos X, elaborada por los técnicos de PDVSA Intevep, tomando en cuenta los ensayos de Roca Total o Mineralogía Total, discriminando minerales como Cuarzo, Microclino, Plagioclasa, Dolomita, Calcita, Siderita, Hematita, Pirita y Minerales de arcillas; como también el ensayo de Proporciones Relativas de Minerales de Arcilla en Fracción < 2 micras, discriminando los minerales de Caolinita, Clorita, Ilita, Esmectita. La finalidad de este ensayo, es obtener el porcentaje de abundancia por cada mineral nombrado.

### 4.4.1 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X del pozo Bor-3E

Se presentan los resultados de Roca Total, en el cual fueron analizadas 12 muestras de los diferentes intervalos o miembros que conforman las formaciones que se describen en el estudio realizado. Muestras de rocas siliciclásticas y carbonáticas fueron analizadas arrojando sus porcentajes de minerales mayoritario



MINERALOGÍA TOTAL

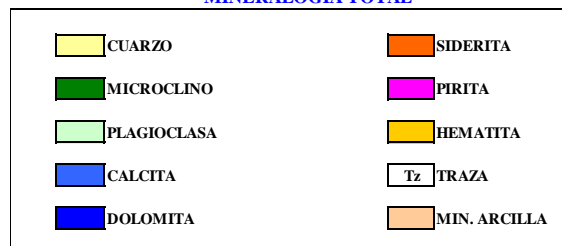
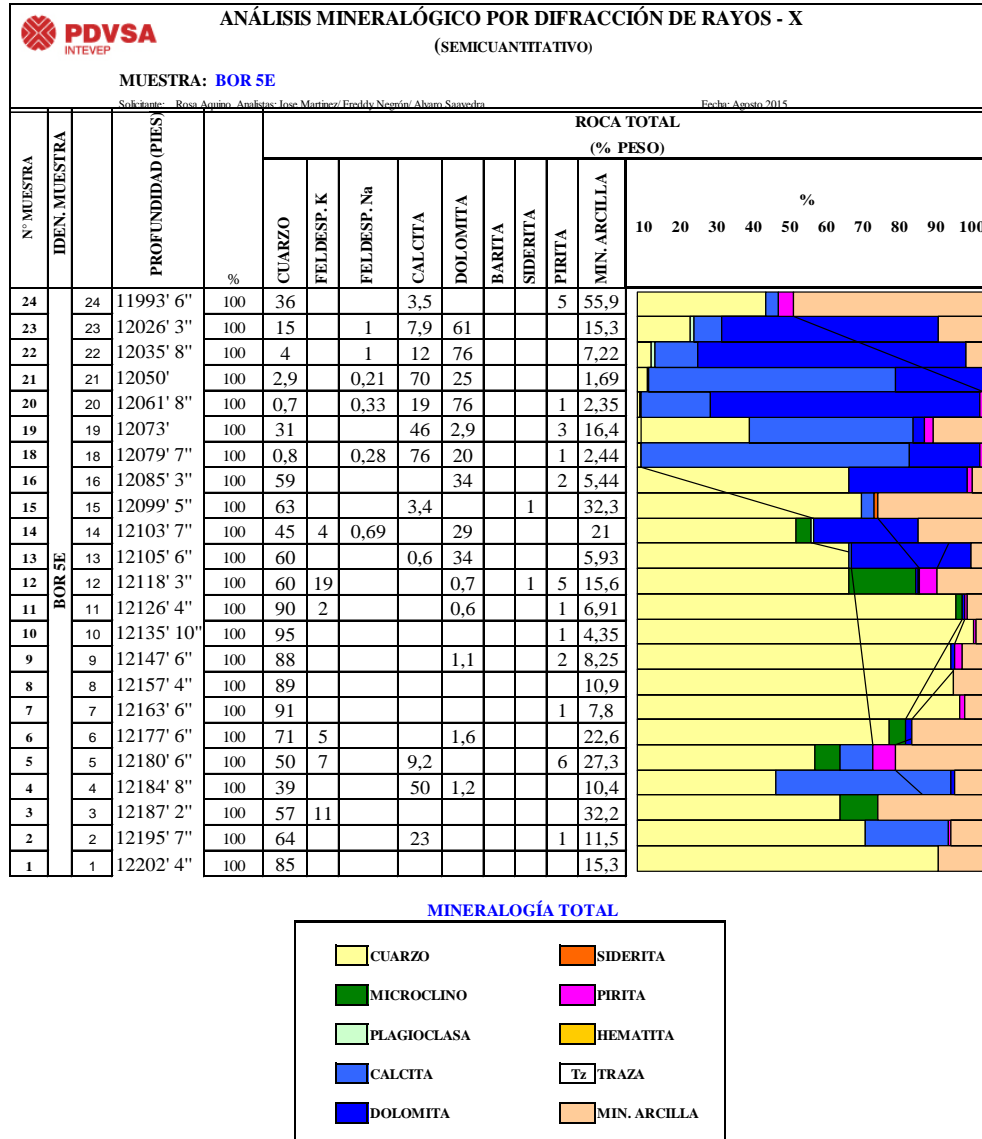


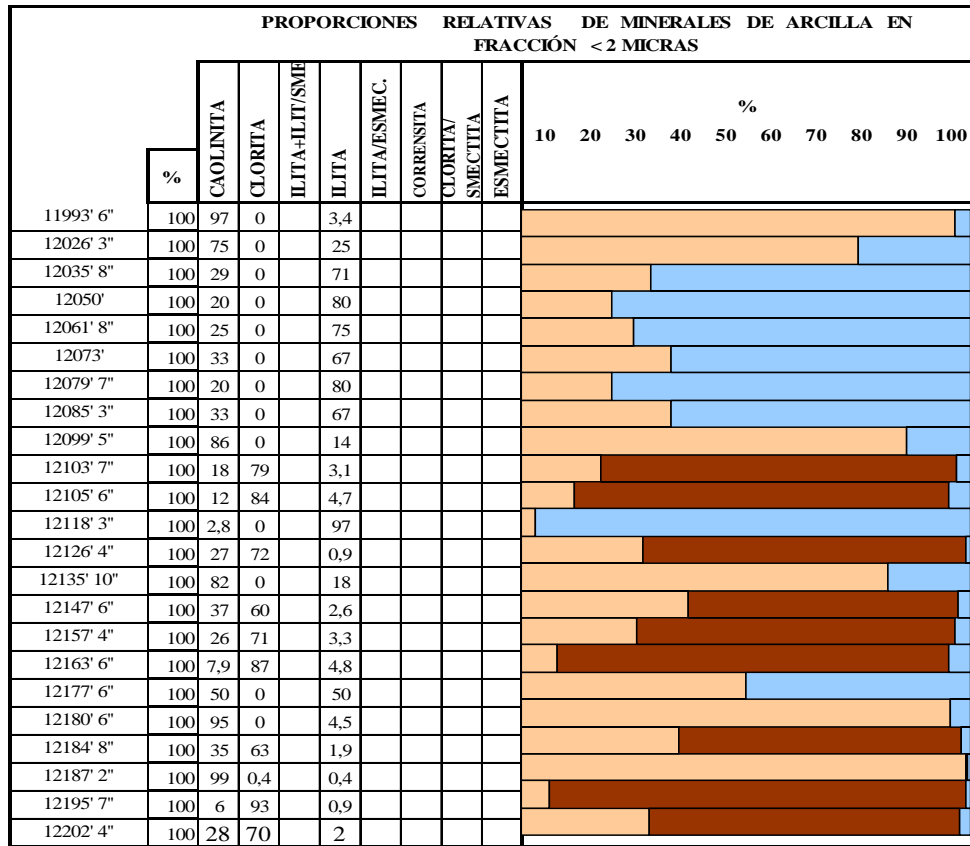
Figura 59 – Se denota como varían porcentualmente las cantidades de componentes siliciclásticos y carbonáticos a medida que se muestran los resultados de base a tope, esta va variando dependiendo en el miembro que fue analizado. Porcentajes de Sílice mayores en el intervalo de la Arena P, aumentando los minerales carbonáticos en la Caliza O y gran porcentaje de arcillas en la Lutita.

**4.4.2 Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X del Pozo BOR-5E**

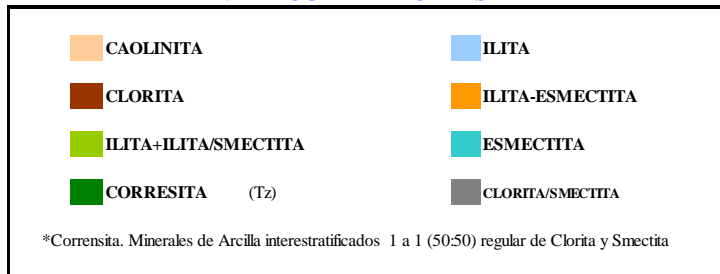
Resultado de Roca Total del pozo Bor-5E, fueron analizadas un total de 23 muestras de los diferentes intervalos o miembros que conforman las formaciones que se describen en el estudio realizado. Muestras de rocas siliciclásticas y carbonáticas fueron analizadas arrojando sus porcentajes de minerales mayoritarios.



**Figura 60** - Pueden observarse como varía porcentualmente la mineralogía de las muestras seleccionadas, esta va variando dependiendo en el miembro que fue analizado. Porcentajes de Sílice mayores en el intervalo de la Arena P, aumentando los minerales carbonáticos en la Caliza O y gran porcentaje de arcillas en la Lutita.



**MINERALOGÍA DE ARCILLAS**



**Figura 61** - Resultado de Proporción de minerales de arcillas < 2 micras, al igual que para el análisis de Roca Total, fueron analizadas las mismas 23 muestras, y arrojando los resultados de porcentajes de abundancia de minerales de arcillas menores a 2 micras de tamaño.

#### 4.5 Calibración Núcleo-Registro

En esta fase se hace una correlación del pozo entre los registros Gamma-Ray (realizado en el pozo) y el Coregamma (realizado en laboratorio de PDVSA), el fin es ir interpretando las curvas de ambos registros con el contenido litológico presente durante la descripción sedimentológica de los núcleos, con el fin de determinar los topes y bases de los miembros que constituyen los núcleos, además de poder analizar las secuencias y parasecuencias encontradas.

##### 4.5.1 Calibración Núcleo-Registro de los pozos Bor-5E y Bor-3E

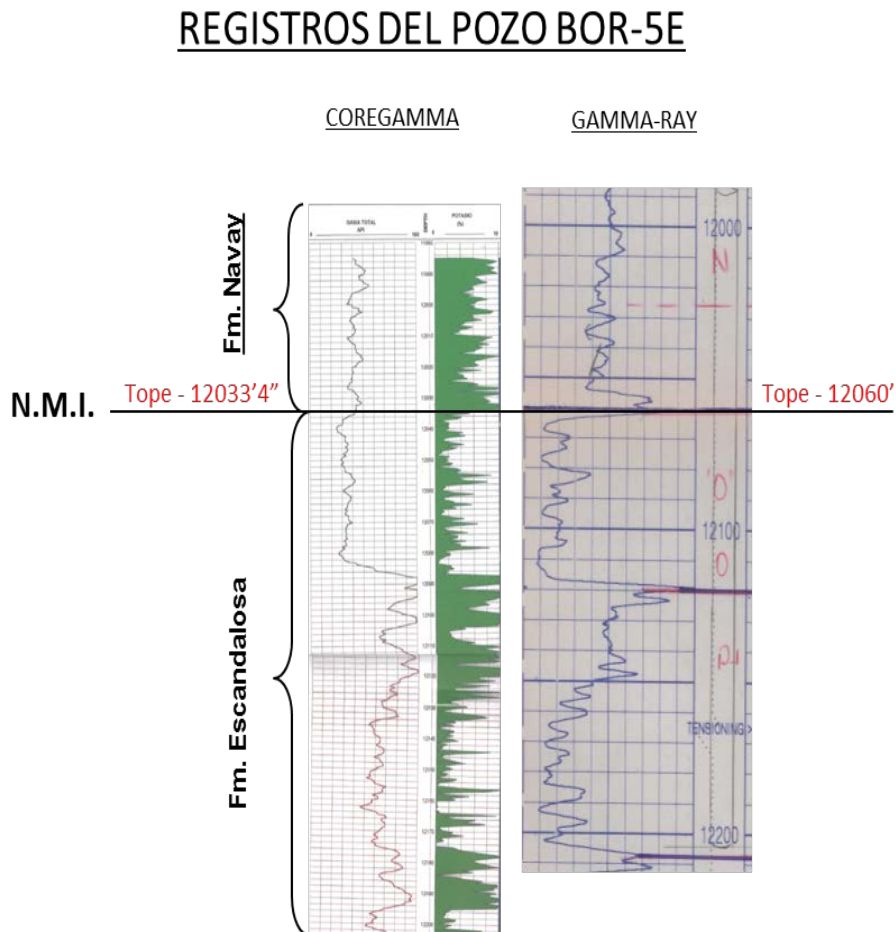
El registro base o de lectura de la litología es el **Coregamma**, debido a que este es realizado en laboratorio directamente por cada una de las cajas de los núcleos que contiene las rocas del subsuelo de la zona, el registro **Gamma-Ray** es el realizado en campo directamente en pozo, por este motivo este contiene las verdaderas profundidades con la intención de correlacionar ambos registros y poder acomodar los errores humanos del perforador (de existir), donde pueden haber errores de identificación de las profundidades de las rocas tomadas del pozo.

Al compararse un registro con el otro habrá un desfase en las profundidades, para corregir dicho desfase y poder hacer la calibración del pozo es necesario tomar una característica de referencia para ambos registros, ya sea un tope o base de alguna secuencia o intervalo interpretado. Para ubicar esta característica es necesario realizar la calibración de **Núcleo-Registro**, es decir, realizar la descripción sedimentológica del núcleo e ir comparando las profundidades y las curvas API del registro con las cajas de los núcleos. Al realizar esto se obtiene la lectura directa entre el registro y las cajas del núcleo.

Para los pozos Bor-5E y Bor-3E, se toma como referencia el tope de la Caliza O, que coincide con la base de las lutitas del Miembro La Morita de la Formación Navay, llamado en este caso por ser el **Nivel de Máxima Inundación**, debido a la presencia de la lutita la cual infiere una transgresión regional en el área de estudio, descrita en la geología regional de la zona.

#### 4.5.2 Desfase entre los registros Coregamma y Gamma-ray del Bor-5E

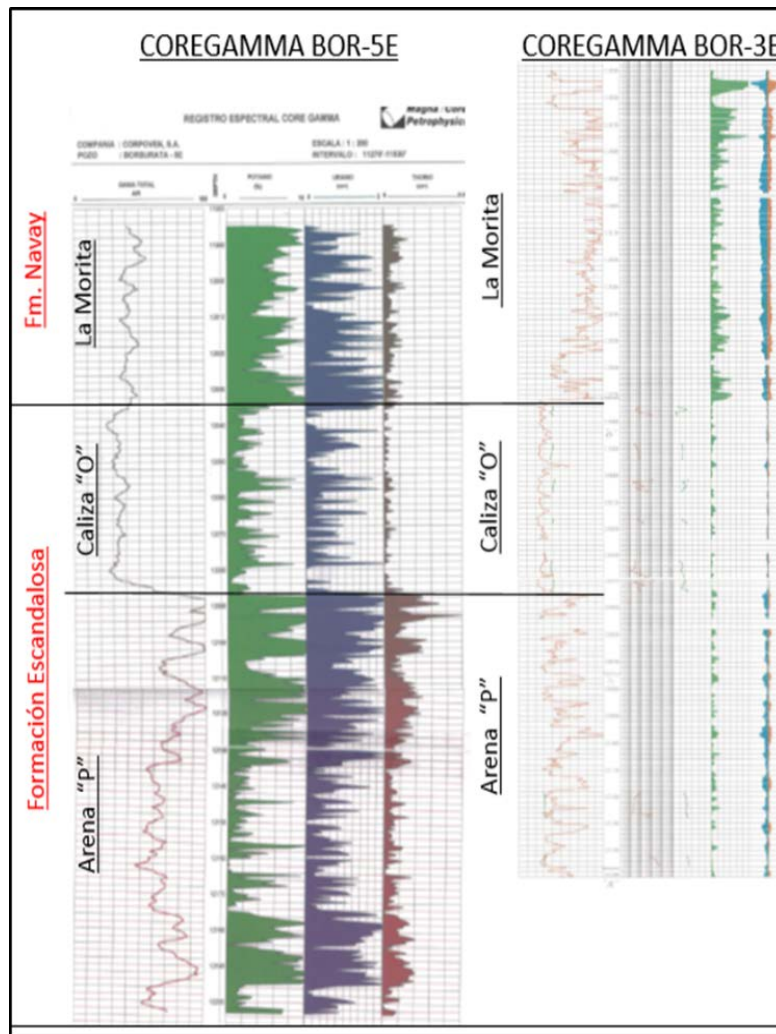
El tope de la Caliza O o base del Miembro La Morita o como es identificado como el **Nivel de Máxima Inundación** se encuentra ubicado a unos **12033'4"** pies de profundidad en el Coregamma, en cambio en el Gamma-Ray se encuentra ubicado a **12060'** pies, encontrándose una diferencia de **27'4"**, este desfase es el encontrado en la relación que se realiza entre ambos registros del mismo pozo, la finalidad es evitar confusiones de lectura de las curvas de los registros e identificar los intervalos pertenecientes al área estudiada para una buena interpretación geológica.



**Figura 62** – Correlación entre el registro Coregamma y Gamma-Ray, identificando el Nivel de Máxima Inundación en ambos, observando el desfase de profundidades.

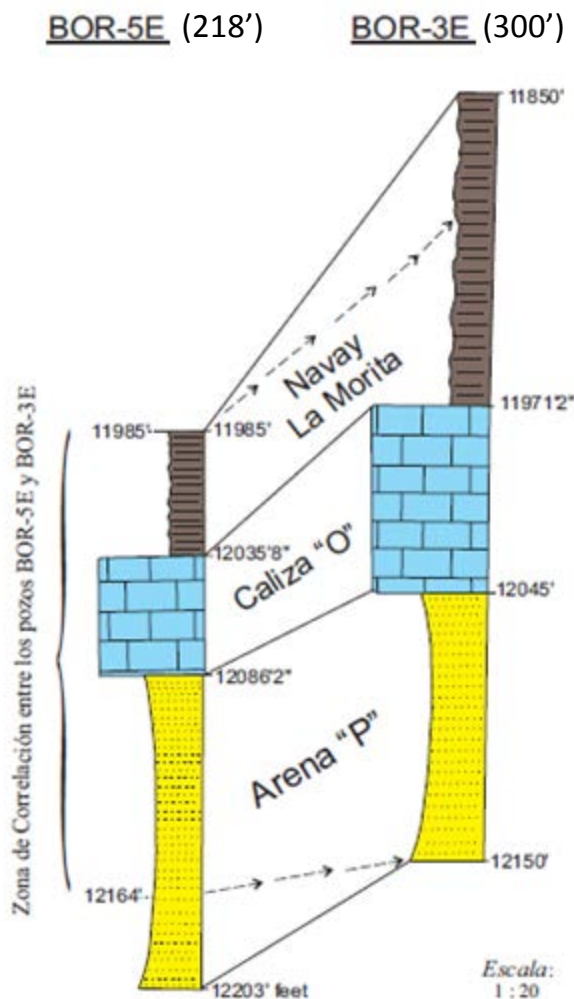
#### 4.6 Correlación entre los Pozos Bor-3E y Bor-5E

Para realizar la correlación de ambos pozos, fue necesario el estudio de las curvas de los registros Core-Gammas de ambos pozos estudiados, además de la ubicación del tope del Miembro Caliza O y base del Miembro La Morita, donde se establece el **Nivel de Máxima Inundación** determinado por la Lutitas de dicho miembro. La correlación se hace a partir de la profundidad de **12033'4"** para el Bor-5E y a **11971'2"** en el Bor-3E, siendo en ambos el punto del inicio de Nivel de Máxima Inundación.



**Figura 63** – Correlación de los pozos Bor-5E y Bor-3E a partir del tope de la Caliza O y base de La Morita, que indica el Nivel de Máxima Inundación identificado. Tomado de Informe Interno PDVSA, Intevep.

En la siguiente imagen se interpreta la ubicación en el subsuelo, las profundidades a las cuales se encuentran cada núcleo estudiado, la cual muestra los intervalos y las profundidades para cada uno de los miembros que forman parte del intervalo Cretácico, denotando lo **218 pies** estudiados del Bor-5E y los **300 pies** del Bor-3E, en donde cada uno está constituido por las formaciones Escandalosa y Navay, y los tres miembros Arena P, Caliza O y La Morita. Estos pozos se encuentran ubicados aproximadamente a **6km** en el campo Borburata en el subsuelo de Barinas con rumbo de **N15E**. Figura 64



Las litologías se encuentran representadas por su escala de dureza relativa, donde la Arena P, representada de color amarillo es la que está más hacia la base de la secuencia, la Caliza O con dureza relativa alta y de color azul se encuentra en el intervalo medio y La Morita al ser una roca lutita con una escala de dureza menor hacia el tope.

El tope de la Caliza O, fue la referencia clave para realizar la correlación de ambos pozos.

**Figura 64** – Representación de la ubicación relativa de los pozos Bor-5E y Bor-3E en el subsuelo. Escala vertical 1:20 diferente a escala horizontal.

## CAPITULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 Ambiente y Modelo Sedimentológico

Los pozos nucleados pertenecientes al Campo Borburata son el Bor-5E y el Bor-3E, separados aproximadamente por unos 6Km de distancia, litológicamente poseen una similitud en el subsuelo, en ambos se pudieron identificar los tres miembros que constituyen al intervalo Cretácico entre la Formación Escandalosa, con los miembros Arena P y Caliza O y la Formación Navay con el Miembro La Morita, constituida por las lutitas con gran contenido orgánico y fosfático.

Los estudios mineralógicos de análisis petrográficos y de difracción de rayos x (DRX), apoyado con la descripción y estudio sedimentológico puntual, dieron un gran aporte a la interpretación del modelo sedimentológico planteado para dicha zona de estudio.

Cada miembro identificado tendrá sus propias características sedimentológicas obtenidas en los análisis realizados previamente, será elaborada una sola interpretación sedimentológica para ambos pozos debido a sus similitudes litológicas presentes en cada uno de ellos.

##### 5.1.1 Formación Escandalosa

Constituida por los miembros Arena P y Caliza O ubicados al tope de esta formación, donde las características litológicas son diferentes entre ambos, una compuesta por sedimentos siliciclásticos en su mayoría con algunas variaciones carbonáticas y el otro de composiciones carbonáticas, las cuales conlleva a realizar interpretaciones de ambientes sedimentológicos diferentes.

### 5.1.1.1 Miembro Arena “P”

Caracterizada litológicamente por intervalos siliciclásticos tipo arena con variaciones entre sus tamaños de granos desde los muy gruesos hasta muy finos, secuencias heterolíticas y en ocasiones intervalos carbonáceos, compuestas con gran variedad de estructuras sedimentarias y presencia de trazas fósiles que son claves para la identificación aproximada de la depositación de los sedimentos en la plataforma.

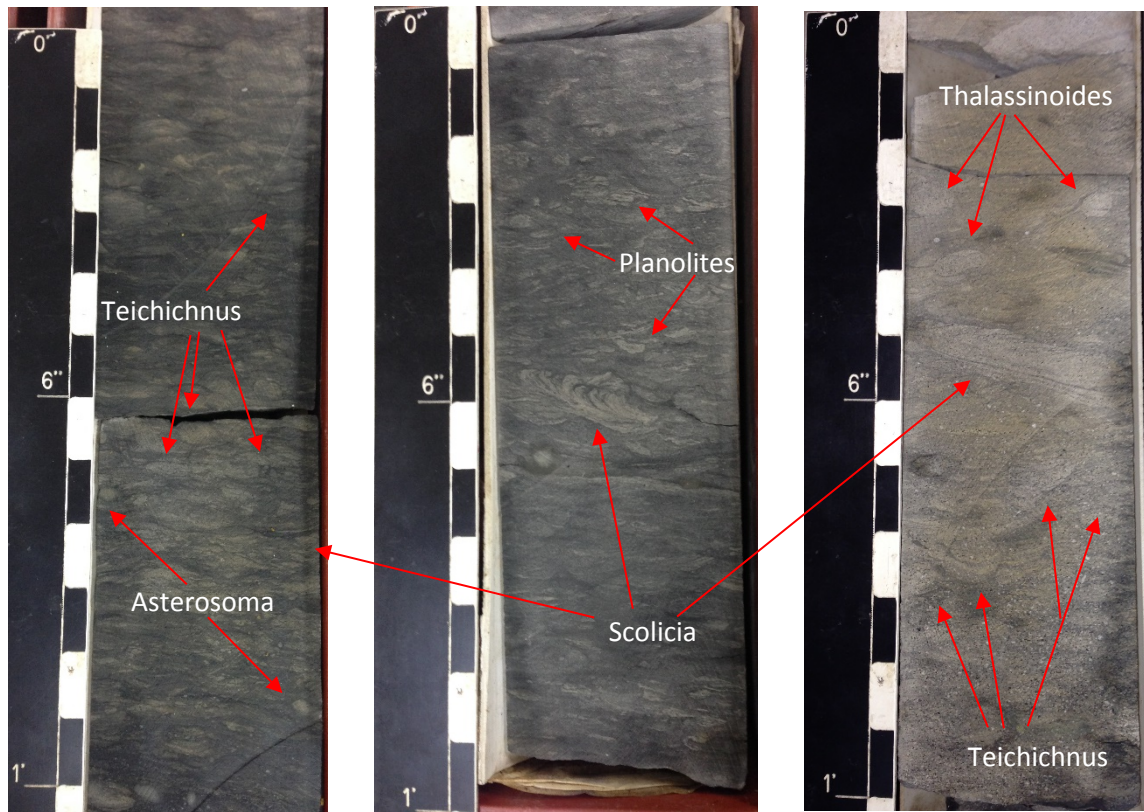
Las trazas fósiles identificadas en este intervalo se encuentran presente entre las facies de *Cruziana* y *Skolithos*, ubicadas entre la zona de plataforma interna (Shoreface) y zona de transición hacia la plataforma externa, donde pueden evidenciarse en las diferentes litologías la influencia marina y las fluctuaciones de las mareas que afectaron en la sedimentación de la roca. En términos generales las rocas ubicadas en este miembro se encuentra entre el área superior e inferior del Shoreface (upper and lower shoreface), zona de transición y el tope del Offshore (upper offshore), ubicado en el tope de la plataforma externa, identificadas por la presencia de las diversas estructuras sedimentarias como las diferentes laminaciones y estratificaciones presentes, rizaduras y bioturbaciones.

La presencia de estructuras sedimentarias como laminaciones y estratificaciones sugiere la depositación de los sedimentos en un ambiente costero de plataforma interna, caracterizado por ser una zona donde el oleaje o la fluctuaciones de mareas afectan la depositación de los sedimentos, donde los clastos de mayores tamaños son depositados en esta zona, observándose en la base de este miembro, donde justamente se encuentra parte del yacimiento más importante de toda la secuencia, con rocas de buen escogimiento y porosidades que permite a la roca estar impregnada por hidrocarburos generados por las rocas madres del área.

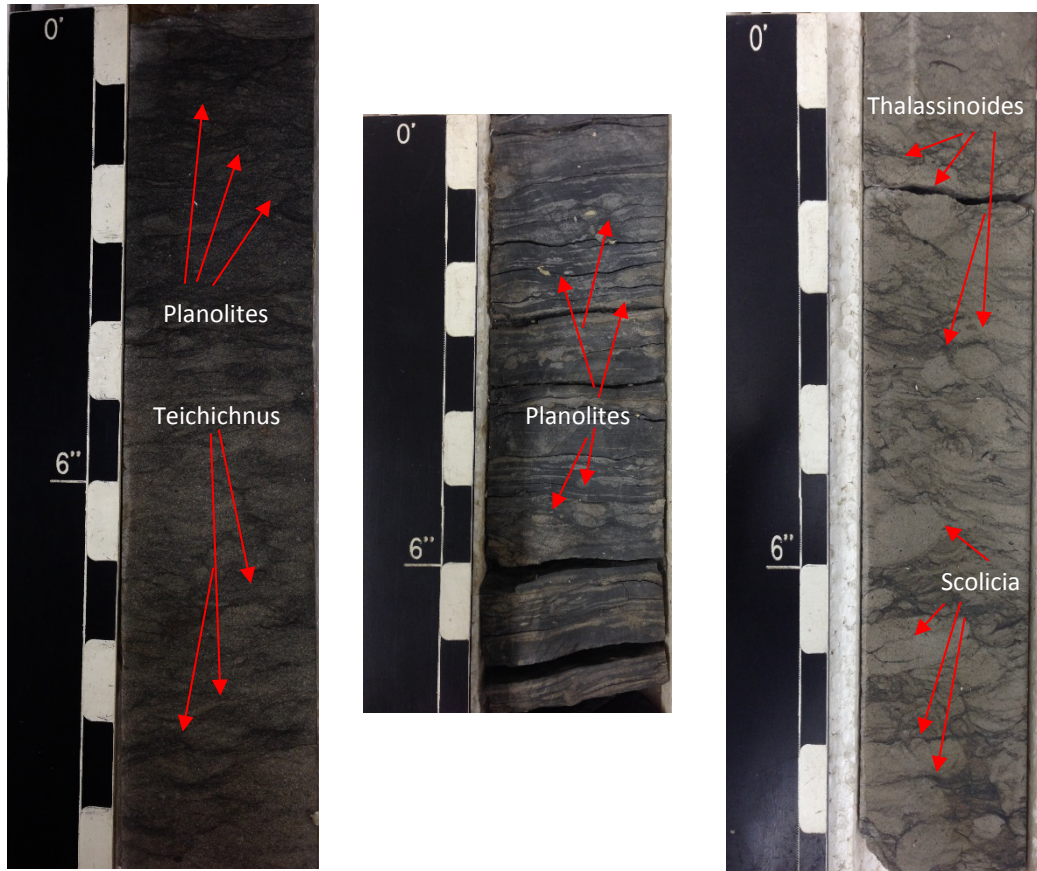
Rocas más al tope de este intervalo poseen la presencia de estructuras de rizaduras y bioturbaciones, indicando la profundización hacia las zonas más bajas de la plataforma interna, zona de transición y el nivel superior de la plataforma externa; posiblemente asociado a un ligero evento transgresivo. Las bioturbaciones evidencian en las rocas la presencia de biota en el sustrato, con características alimenticias sedimentívoras

identificando las trazas fósiles de las facies *Cruziana* y *Skolithos*. Para la facies *Skolithos*, ubicada prácticamente en el Shoreface (plataforma interna) pueden identificarse las trazas fósiles de *Skolithos* y *Palaeophycus* asociados a controles ecológicas de salinidad, variaciones de bajas y altas energías del agua y niveles de oxígenos específicos; para la facies de *Cruziana* pueden identificarse en ambos pozos trazas fósiles de *Asterosoma*, *Scolicia*, *Thalassinoides*, *Teichichnus*, *Rhynchocorallium*, *Helminthopsis*, *Chondrites* y *Planolites*, de condiciones ecológicas marinas, aguas salobres, baja energía, temperatura del agua específica y bajo nivel de oxígeno, ubicándose entre los límites del Shoreface (inferior) y el Offshore (superior), entre los límites de plataforma externa e interna, observándose algunas en las figuras 65 y 66.

#### Trazas Fósiles en el pozo Bor-5E



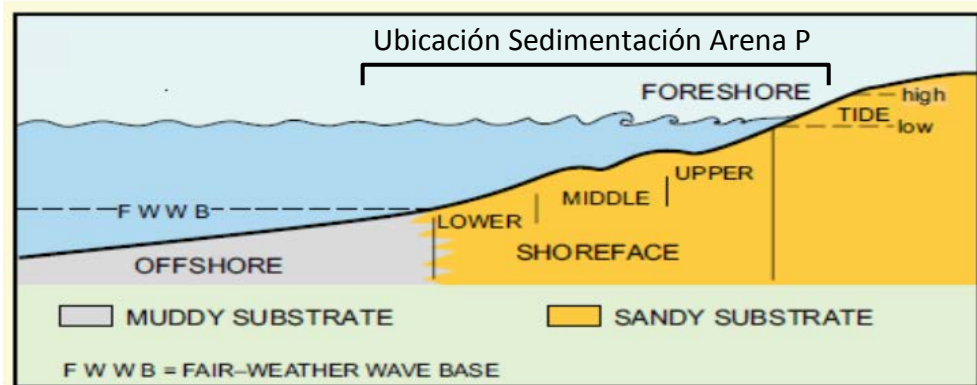
**Figura 65** – Trazas fósiles observadas en los núcleos del pozo Bor-5E, se describen de facies *Cruziana* las trazas de *Asterosoma*, *Planolites*, *Scolicia*, *Thalassinoides* y *Teichichnus*.

**Trazas Fósiles en el pozo Bor-3E**

**Figura 66** – Trazas fósiles observadas en los núcleos del pozo Bor-3E, se describen de facies *Cruziana* las trazas de *Planolites*, *Scolicia*, *Thalassinoides* y *Teichichnus*

La variación de la ubicación de los sedimentos en diferentes lugares de la plataforma, en una misma columna de sedimentos verticales, resulta de las fluctuaciones de los niveles de las mareas, de las posibles transgresiones y regresiones del nivel del mar en una misma área.

En la figura 67, se muestra la ubicación de la sedimentación del miembro siliciclástico ubicado en la base de ambos pozos, denominado Arena P.



**Figura 67** – Imagen que muestra la posible distribución de la sedimentación del Miembro Arena P, pasando entre los límites Foreshore – Shoreface y Offshore. Tomado de Posamentier, H. & Walker, R. (2006)

### 5.1.1.2 Miembro Caliza “O”

Caracterizada litológicamente como su nombre lo indica, por el miembro carbonático de la Formación Escandalosa, ubicada al tope de la misma infrayacente a la Formación Navay; este intervalo puede observarse en ambos pozos donde el pozo Bor-3E posee un mayor espesor de este miembro de 73’8” y en el pozo Bor-5E de 50’4” pies, el primero se encuentra ubicado más al noreste del otro, el cual tuvo una mayor generación y aporte de sedimentos carbonáticos, esto posiblemente debido a una mayor influencia repetida del agua del mar permitiendo un mayor desarrollo de rocas carbonáticas.

Para este intervalo fueron usadas las composiciones mineralógicas obtenidas de los estudios petrográficos y de la difracción de rayos X, presencia de algunas bioturbaciones u organismos, restos fósiles (bivalvos y gasterópodos), entre otros; para la identificación del ambiente y modelo sedimentológico que generaron este tipo de rocas.

En la base de éste pueden observarse ciertas estructuras sedimentarias y trazas fósiles de *Thalassinoides*, perteneciente a la facies *Cruziana*, obteniendo un ambiente de sedimentación entre la zona submareal (plataforma interna) e intermareal por la presencia de minerales de sílice, glauconita y restos de conchas de moluscos (bivalvos y gasterópodos). En toda la secuencia restante hacia el tope existirán fluctuaciones entre la zona supramareal e intermareal, debido al aumento hacia el tope de la presencia en las rocas con contenido de Dolomita, de aspectos caóticos-brechoides con bastante disolución y generación de porosidad secundaria no selectiva, y la presencia importante al tope de fósiles de conchas marinas de moluscos identificadas en la descripción sedimentológica pero totalmente sustituidas por dolomita al no ser vistas en el estudio petrográfico, como se observa en las figuras 51 y 58 de las muestras #10 a 11984' en el Bor-3E y en la #21 a 12050' del Bor-5E, donde los fósiles han sido dolomitizados, por el proceso de sustitución cambiando el carbonato de calcio por magnesio.

En general los ambientes para la generación de estas rocas carbonáticas están ubicados entre la plataforma interna por debajo de la zona intermareal (zona de marea baja y alta) y un ambiente costero entre las zonas intermareal y supramareal.

Los aspectos caóticos-brechoides encontrados al tope de la Formación Escandalosa en ambos pozos, infrayacente a la Formación Navay, es una evidencia entre la relación de la zona supramareal e intermareal, donde los espacios donde ocurren fracturas, brechas y porosidad fueron parcialmente rellenados del sedimento suprayacente, que forma parte del Miembro La Morita de la Formación Navay

## **5.1.2 Formación Navay**

### **5.1.2.1 Miembro La Morita**

Este miembro se encuentra caracterizado por ser lutítico y en ocasiones un tanto limoso, carbonático, fosfático, pirítico; de aspecto masivo y laminar y con alta presencia de material orgánico dándole un color característico de gris oscuro a negruzco; en el pozo Bor-3E hay presencia de fósiles de foraminíferos planctónicos y bentónicos que ayudan a la datación de la roca, generando una correlación bioestratigráfica con pozos

aledaños, además de asignarle un ambiente depositacional que va de plataforma externa a talud en el área marino abierto de la cuenca.

Este intervalo se deposita después de un evento transgresivo y profundización de la cuenca en el periodo Cretácico Tardío, haciendo que los depósitos infrayacentes de plataforma interna de carbonatos donde se deposita el Miembro Caliza “O” de la Formación Escandalosa, pasen a plataforma externa donde se depositan las lutitas con gran contenido de materia orgánica, característica de esta unidad, algunos análisis geoquímicos arrojan el posible potencial de roca madre, aunque a ciencia cierta no se ha comprobado esta información, por lo tanto la Fm. La Luna sigue siendo la roca madre generadora del hidrocarburo contenido en el subsuelo de los campos de la cuenca de Barinas.

### **5.1.3 Síntesis de los Ambientes de Sedimentación**

Las características individuales de las unidades de sedimentación de cada miembro que conforman ambos núcleos fueron claves para la interpretación de los ambientes. Para ello se tomó en cuenta: composición del sedimento, abundancia en sus litotipos, geometría (afinamiento y engrosamiento), estructuras sedimentarias, bioturbaciones, tipos de minerales, entre otros.

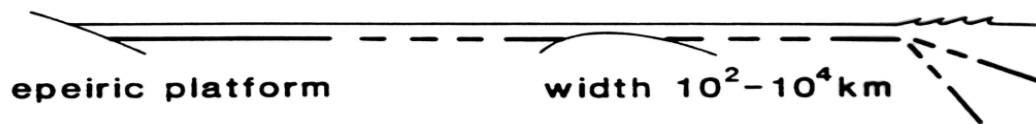
1) **Ambiente Transicional o Marino muy somero:** en este ambiente se depositaron las facies arenosas que constituyen el Miembro Arena P ubicado hacia la base de los pozos, con canales de mareas someros depositados en las zonas Backshore y Shoreface, caracterizados por estructuras de laminaciones y estratificaciones cruzadas, lentes de limos y lutitas, con tendencia de afinamiento estratigráfico hacia el tope, depositados durante un proceso transgresivo, haciendo que este intervalo hacia el tope se encuentren canales distributarios influenciado por mareas, evidenciados por las altas actividades de bioturbación y paquetes arenosos con alta presencia de glauconitas y en ocasiones pirritas.

2) **Ambientes transicionales marinos restringidos a marinos someros:** caracterizada por el intervalo carbonático Caliza O suprayacente a la Arena P,

sedimentos carbonáticos influenciados por mareas, caracterizados por lagunas hipersalinas de aguas restringidas que ayudaron a depositar calcita con alto contenido de Mg, la cual ayudó a la temprana formación de la dolomita, la disminución de siliciclásticos hacia el tope indica una profundización de la cuenca.

Para los ambientes 1 y 2, se interpreta que sus sedimentos fueron depositados en un mar somero denominado epicontinental, ver figura 4, ubicado detrás de la barrera, de condiciones marinas restringidos por las características que se obtienen en los análisis sedimentológicos y petrográficos para los miembros de la Formación Escandalosa, apoyado en los estudios de DABRIO en rocas siliciclásticas y de REECKMANN & FRIEDMAN para rocas carbonáticas, en donde los autores establecen características como las estructuras sedimentarias presentes, minerales autigénicos como la glauconita y la pirita, el grado de bioturbación, entre otros, además de tener en cuenta que para el periodo Cretácico el norte de Suramérica estaba dominado por una plataforma epeírica, descrito por los autores TUCKER & WRIGHT (1990), ver figura 68. Apoyado en estos datos es que se realiza la interpretación de los ambientes de sedimentación condicionados por el tipo de mar generador.

#### Plataforma Carbonática en el Cretácico Norte de Suramérica



**Figura 68** – Plataforma Epeírica que constituía la plataforma del norte de Suramérica en el Cretácico, Tomado de TUCKER & WRIGHT (1990)

3) **Ambiente Marino de plataforma interna a externa:** con profundidades de 10 a 50mts y más, dieron origen a la sedimentación de las lutitas negras suprayacente a la Formación Escandalosa, denominada Miembro La Morita de la Formación Navay, indicando una profundización de la cuenca debido al avance de la transgresión evidenciada en la zona con respecto a los intervalos infrayacentes ya descritos y

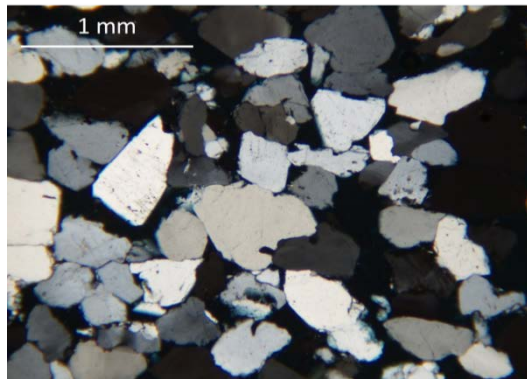
generada en ambientes de plataforma externa hacia el tope y generado en mares de tipo pericontinentales como el que se muestra en la figura 4.

## 5.2 Interpretación y Análisis del Modelo Diagenético

Para los pozos nucleados es necesario presentar un análisis diagenético de acuerdo a sus intervalos o facies estudiadas, en donde se exponen dos zonas diagenéticas claramente identificables por sus composiciones litológicas, una zona siliciclástica y otra carbonática, variando las estabildades minerales de cada miembro de acuerdo a las diferentes etapas diagenéticas a las cuales fueron sometidos.

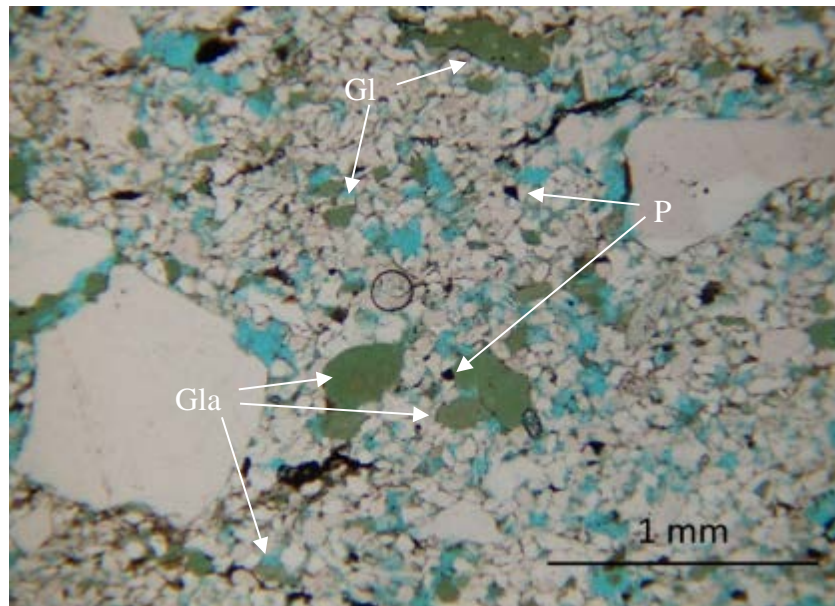
### 5.2.1 Diagénesis de siliciclásticos

La Arena P, caracterizada en ambos pozos, está definida por efectos diagenéticos, como variaciones en la compactación, la cementación, tipos de contactos y disolución de sus componentes. Los tipos de contactos y la compactación van de la mano, donde los contactos longitudinales, cóncavos – convexos y suturados describen compactaciones entre bajas y medias, ver figura 69, aumentando al tope definiendo etapas diagenéticas intermedias, como pueden verse en los Anexos 3 y 4.

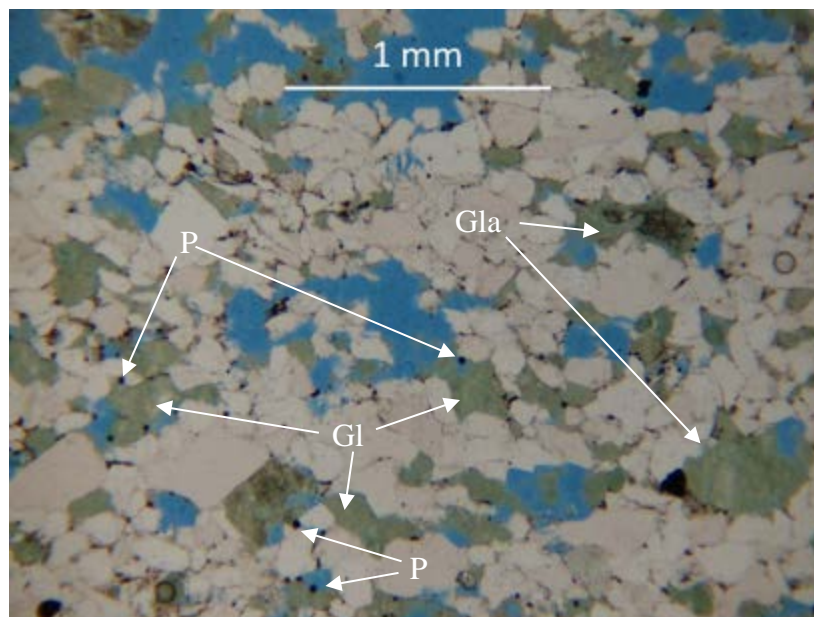


**Figura 69** – Tipos de contactos observados en muestra 12163'6" pozo Bor-5E, objetivo de (4X).

También se definen etapas diagenéticas tempranas por la presencia de minerales como la glauconita y la pirita (menos abundante), indicando un ambiente reductor (Figuras 70 y 71). En esta etapa diagenética es necesario que la materia orgánica sea capaz de absorber hierro y sílice coloidal (elemento constituyente de la glauconita), el cual precipitará por reducción de la materia orgánica en una etapa diagenética temprana (ZAPATA, 1983)



**Figura 70** - Arenisca Arcósica, obsérvese el contenido de minerales de glauconita producto de una diagénesis temprana. Pozo BOR-5E profundidad 12177'6"

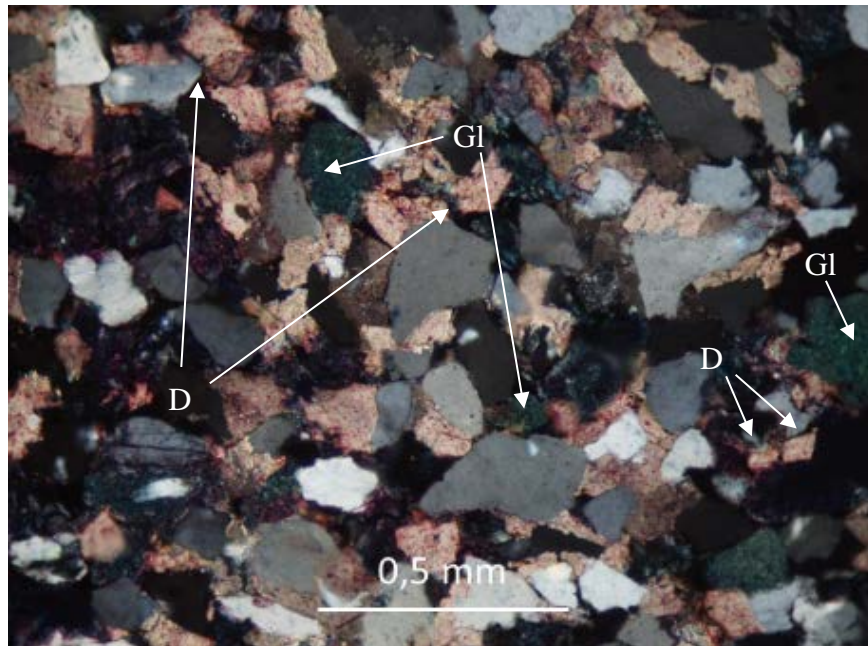


**Figura 71** – Subarcosa, gran contenido de glauconita (Gla) con algunos minerales opacos de pirita (P). Pozo Bor-3E profundidad 12063'9"

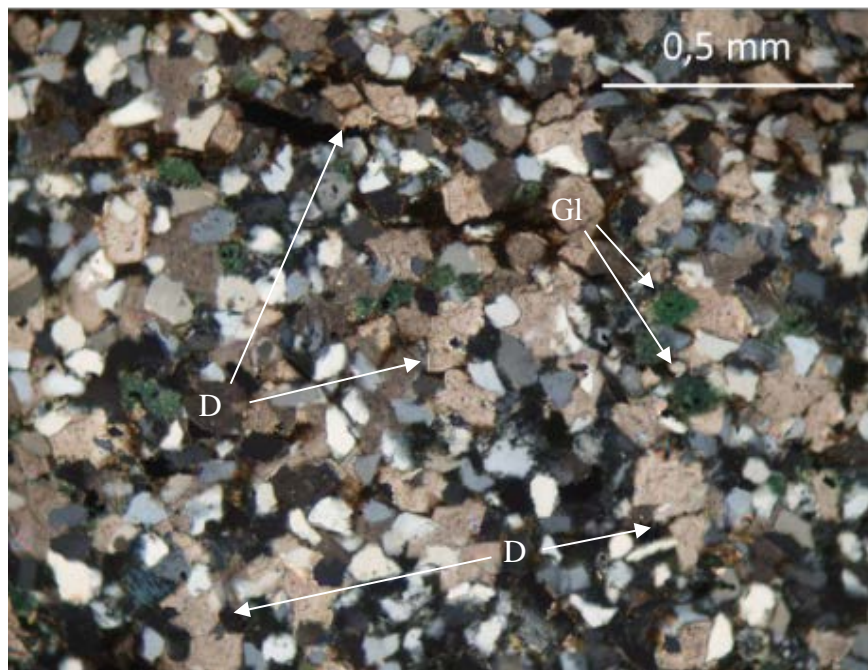
### 5.2.2 Diagénesis de carbonatos

La diagénesis en rocas carbonáticas es muy compleja y complicada, para hacer una buena interpretación es necesario cumplir parámetros o procesos que deben ser discriminados para poder identificar la diferencia entre las etapas diagenéticas Temprana, Intermedia y Tardía. En ambos pozos el intervalo de Caliza O se caracteriza por estar compuesta por rocas con gran contenido de material carbonático, en donde poder obtener un buen resultado de los procesos y ambientes diagenéticos es necesario un buen análisis de los estudios sedimentológicos y petrográficos.

Los pozos estudiados en este trabajo de investigación, poseen respectivamente 11 muestras, en el pozo Bor-5E, y 6 muestras en el pozo Bor-3E de la sección carbonática, en los cuales pueden observarse que las muestras encontradas hacia la base poseen una variación entre las etapas diagenéticas temprana e intermedia, evidenciadas por la presencia de pequeños rombos de una dolomitización primaria como los observados en las muestras #13, #14 y #16 (12105'9", 12103'7" y 12085'3") del Bor-5E, ver figura 73, y en las #2 y #6 (12135'1" y 12073'5") del Bor-3E, ver figura 72, dolomitas de tipo singenéticas de pequeños tamaños (< 0,25 mm) en su mayoría contenidas en rocas con bajas porosidades, para poder haber generado esta presencia de una dolomita primaria se interpretó que los sedimentos originales se conforman de un lodo micrítico calcáreo con alto contenido de magnesio (Mg) haciendo que se generara una posible porosidad secundaria en las rocas. Otros procesos importantes que destacan este tipo de diagénesis son la glauconitización y piritización indicando condiciones reductoras en un ambiente marino, siendo la primera la más común.

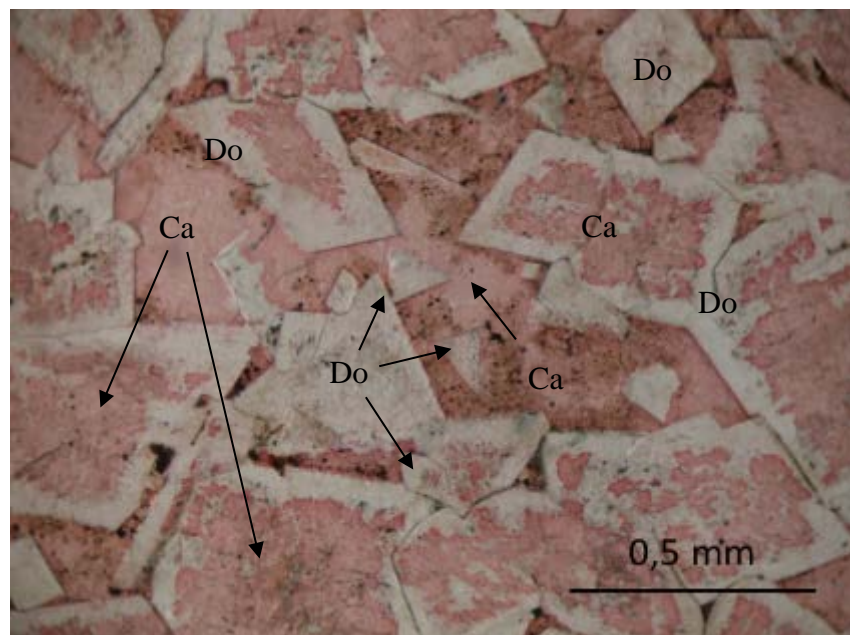


**Figura 72** – Arenisca Calcidolomítica – Obsérvese de los pequeños tamaños de dolomitas (Do) con glauconitas (Gla) generados en una diagénesis temprana. Pozo BOR-3E profundidad 12135'1".

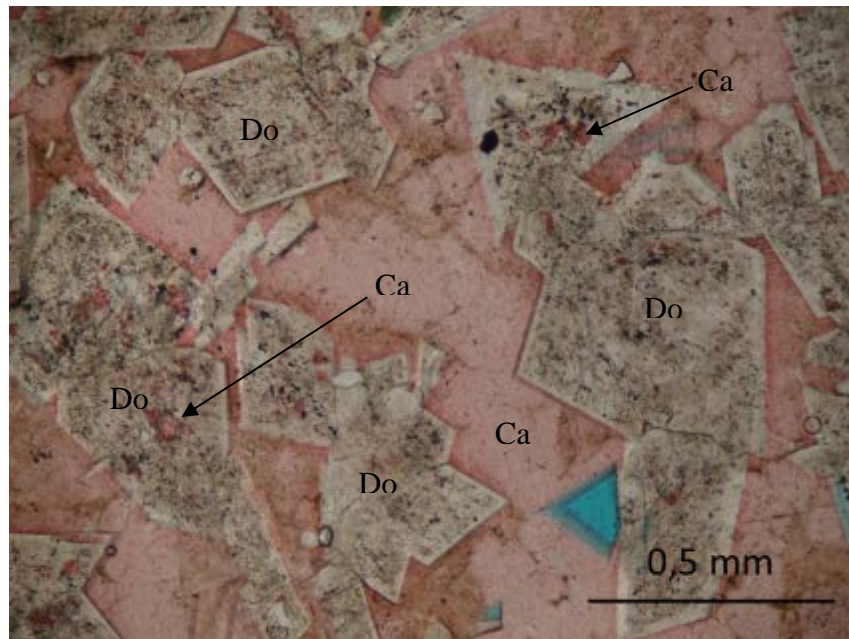


**Figura 73** – Dolomía Arenosa, véase los cristales de dolomita (Do) formando sus caras rómbicas, y glauconita (Gla) presente, interpretativo de diagénesis temprana. Pozo BOR-5E profundidad 12103'7".

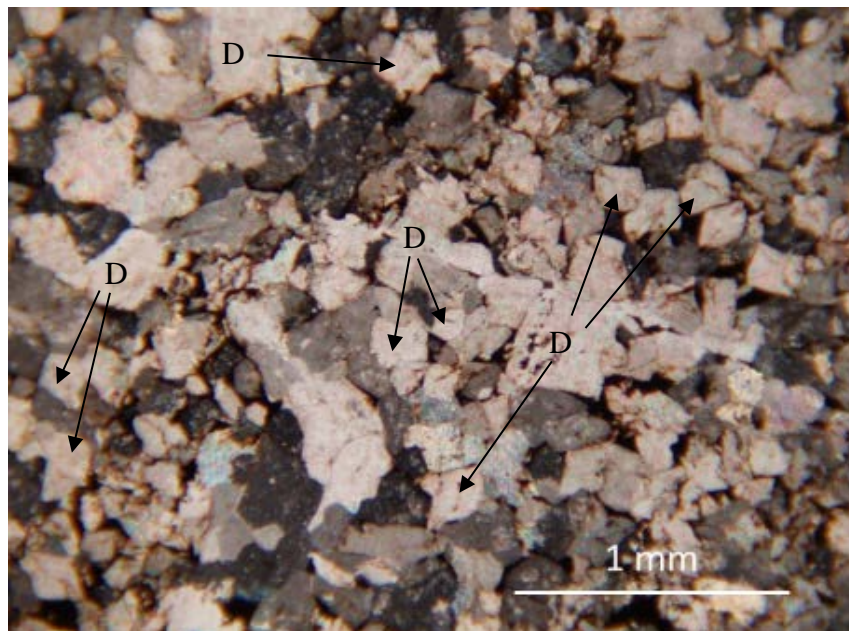
Muestras al tope en ambos pozos, como las #17, #18, #20, #21, #22 y #23 (12083'-81', 12079'7'', 12061'8'', 12050', 12035'8'' y 12026'3'') para el Bor-5E, ver figuras 74 y 75, y en las #10 y #11 (11984' y 11972') en el Bor-3E, ver figura 76, identifican una etapa de diagénesis tardía, donde pueden encontrarse cristales de dolomita de tipo diagenética, con grandes tamaños ( $> 0,25$  mm) produciendo en las rocas porosidades secundarias, la dolomita diagenética invade toda la roca haciendo que esta adopte el nombre de dolomía, otros procesos como los de recristalización y dedolomitización también están presentes, en donde los rombos de los cristales de dolomita son lixiviados dejando un espacio poral que es rellenado por cristales de calcita como se encuentran las muestras #18 y #20 en el pozo Bor-5E; adicional a esto durante la descripción sedimentológica pudieron observarse vetas cementadas de aproximadamente 10 pulgadas y estructuras estilolíticas de grandes amplitudes de algunas unidades de centímetros, ayudando a descartar diferentes etapas de diagénesis.



**Figura 74** – Dolomía Calcítica, véase rombos de cristales de dolomita (Do) diagenética, escasa dedolomitización presente, calcita (Ca) rellenando espacios. Pozo BOR-5E profundidad 12061'8''



**Figura 75** – Caliza Dolomítica, obsérvese dedolomitización en los cristales de dolomita (Do), producto de la diagénesis tardía. Calcita (Ca) relleno espacios y sustituyendo. Pozo BOR-5E profundidad 12079'7"



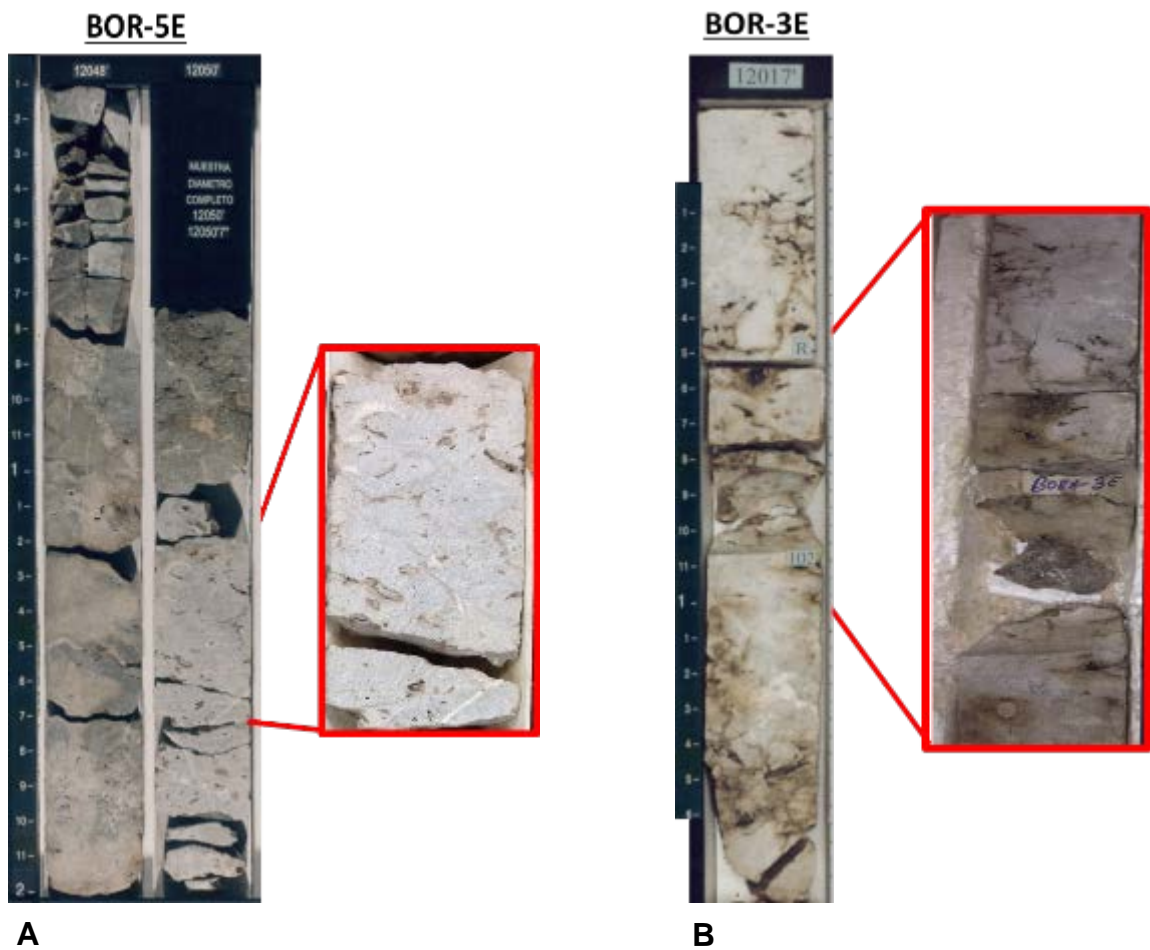
**Figura 76** – Caliza Dolomítica, véase como cristales de dolomita sustituyen y desarrollan sus caras a partir de la sustitución de la calcita. Pozo BOR-3E profundidad 11972'

Es importante destacar que la porosidad en rocas carbonáticas juega un papel importante dentro del análisis diagenético, la identificación de los procesos depositacionales o postdepositacionales deben tomarse en cuenta de acuerdo a los tipos de porosidades encontrados en el estudio sedimentológico y petrográfico en ambos pozos estudiados.

Las porosidades que destacan al yacimiento carbonático del campo Borburata son clasificadas como de tipo secundarias, denominadas móldica y tipo vug (vugular u oquedad), de condiciones de fábrica selectiva y no selectiva, producida en los sedimentos que constituyen la roca por disolución de sus componentes, atado a los procesos diagenéticos dependiendo de los ambientes donde se producen.

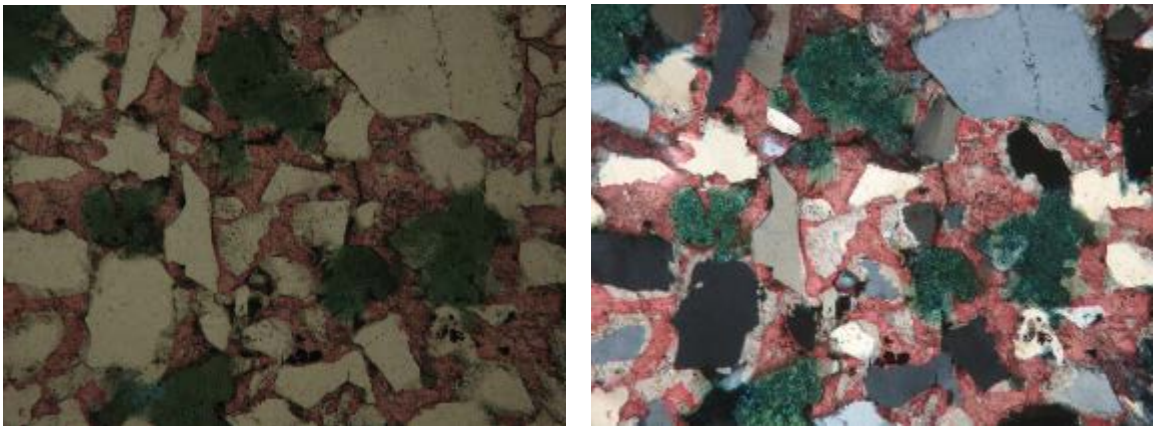
Este miembro carbonático de la Formación Escandalosa puede llegar a poseer porcentajes de espacios porosos entre los 5% y 20%, intervalos como los del pozo Bor-5E en profundidades entre los 12086' y 12078', también 12070' y 12057', en 12052' y 12042', el pozo Bor-3E presenta también en profundidades como 12044' y 12037', en 12022' y 12018', 12013' 12009', entre otra, ver figura 77. La importancia de estos espacios puede llegar a ser un posible potencial de reservorios de hidrocarburos. Este tipo de porosidades se generan en ambientes de tipo vadosos y freáticos que poseen constantemente oscilaciones de las aguas e interacción de aguas meteóricas, que permiten la disolución de los elementos en las rocas.

La dolomitización y la porosidad coinciden en los intervalos de las profundidades antes nombradas, esto es debido a que un proceso no se desliga del otro, en la rocas por procesos de diagénesis tardía ocurre la dolomitización, donde es sustituida la calcita por dolomita, siendo ésta más densa que la primera haciendo que este aumento de densidad resulte en un aumento considerable del porcentaje de la porosidad en la roca, como se observa en la figura 77.



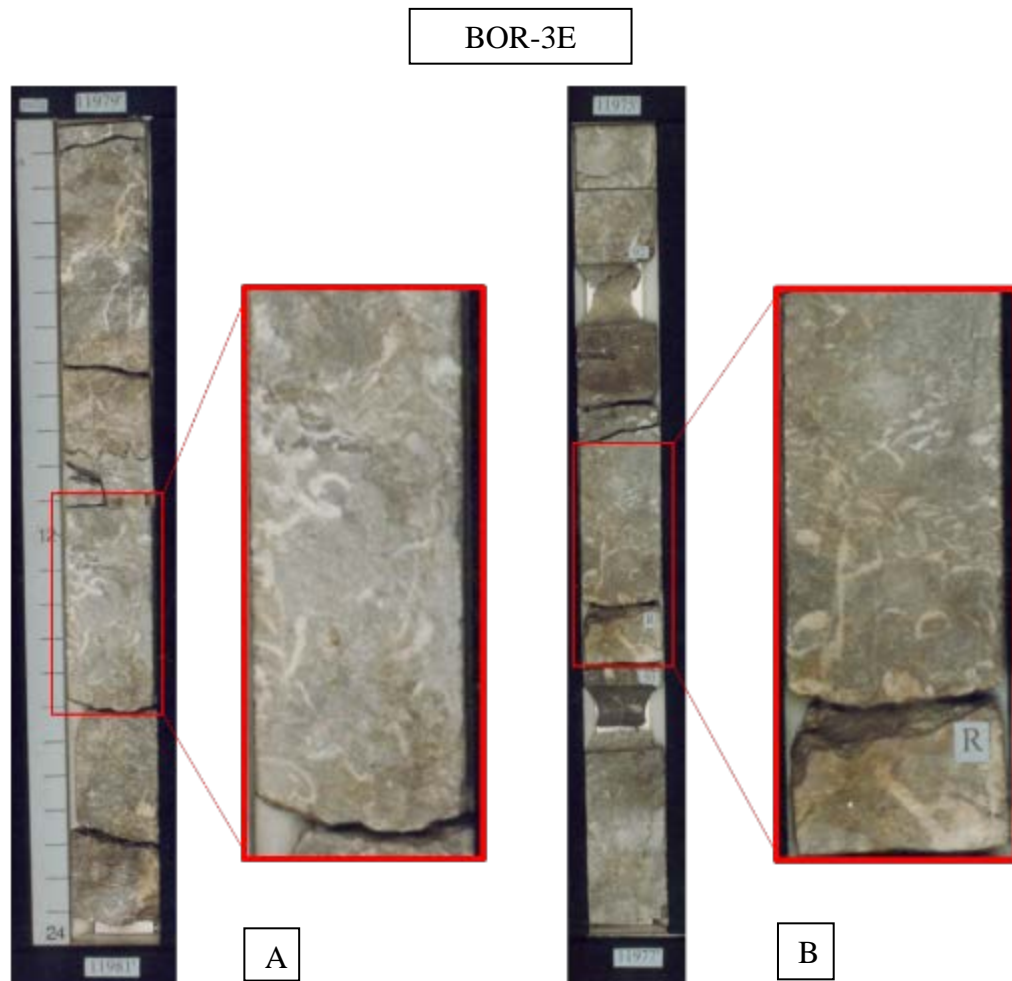
**Figura 77** - Porosidad tipo móldica y vug, en ambos núcleos, descritos anteriormente

Otro aspecto que vale la pena mencionar es la escasa o nula presencia de componentes aloquímicos o fósiles en los estudios petrográficos, se ha interpretado que éstos por los procesos reductores, como la glauconitización y piritización, han sido sustituidos, en ocasiones ciertos granos de glauconita poseen formas muy similares a foraminíferos y restos fosilíferos, deduciendo la posible sustitución de éstos durante dicho proceso mientras ocurren y son sometidas las rocas a etapas diagenéticas. (Figura 78)



**Figura 78** – Sección petrográfica en las cuales se basan las interpretaciones de sustituciones de glauconita por restos de componentes aloquímicos encontrados en las rocas, posiblemente sustituyendo foraminíferos, ooides o pellets.

En el caso de restos de conchas marinas de moluscos, de bivalvos y gasterópodos, pudieron ser observados en la descripción sedimentológica, ver figura 79, pero a su vez los intervalos dolomitizados sustituyeron su estructura haciéndolos poco visibles en las secciones petrográficas, determinándose al igual que la interpretación anterior como la roca han sido afectadas por la diagénesis.



**Figura 79** - Intervalos del Miembro Caliza O en el pozo BOR-3E, que muestran gran contenido de fosilífero, descritos como moluscos, bivalvos y gasterópodos. Intervalo (A) encontrado entre los 11981' y 11979'; intervalo (B) encontrado en las profundidades entre los 11977' y 11975'

### 5.3 Síntesis de la diagénesis a partir de los análisis petrográficos

Mediante los análisis petrográficos pudieron hacerse varias interpretaciones, en los cuales se identifican distintos ciclos o etapas diagenéticas, identificadas a partir de los procesos de efectos diagenéticos que afectan a las rocas sedimentarias, caracterizados en las muestras estudiadas por los tipos de compactación, cementación, disolución de sus componentes, reemplazamiento, tipos de contactos (presión-solución) y entre otros.

Para el pozo Bor-5E en el anexo 4, se señalan 4 ciclos diagenéticos interpretados y descritos de base a tope, definidos como:

- 1) Se relaciona los tipos de compactación entre los granos que varían entre bajo y medio aumentando a alto hacia el tope de este ciclo, caracterizado por efectos de presión-solución encontrando diferentes tipos de contactos como longitudinales, cóncavo-convexo y suturados respectivamente.
- 2) Un segundo ciclo caracterizado por la presencia de un cemento carbonático, reemplazamiento por glauconitización y aparición de las primeras micro-estilolitas generadas por diagénesis.
- 3) El tercer ciclo o fase diagenética con cemento de tipo equigranular, posiblemente producto de etapas de sometimiento de la roca en ambientes de tipo vadoso, también se hace presente la piritización como reemplazamiento.
- 4) Un cuarto ciclo similar al anterior, pero donde se sustituye el reemplazamiento por efectos de presión-solución apareciendo de nuevo micro-estilolitas.

Para el pozo Bor-3E en el anexo 3, se definen 2 ciclos o fases en el desarrollo de la diagénesis igual descritas de base a tope, donde se presentan:

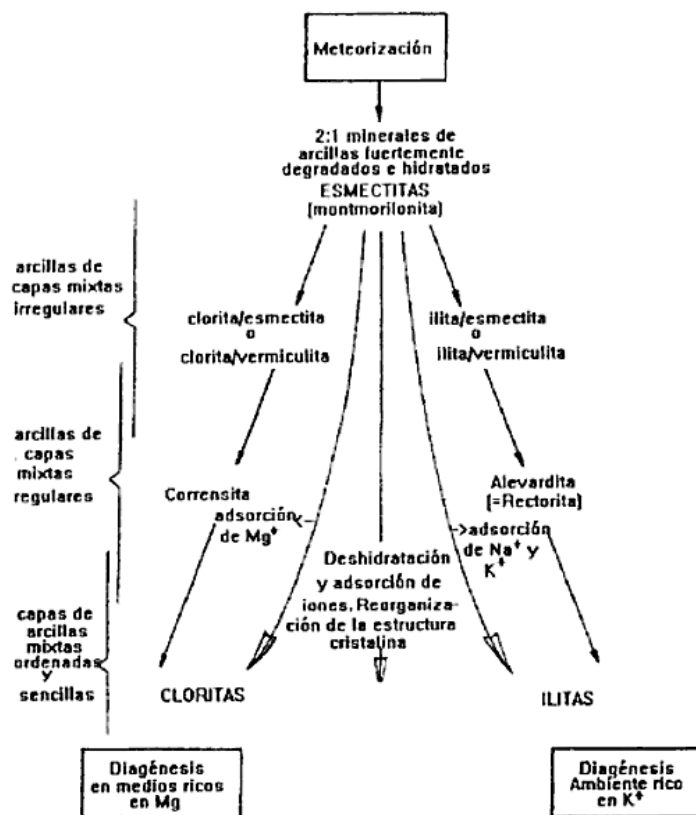
- 1) Definida por un cemento cuarzoso, con compactación que varía de baja a media con contactos entre sus granos desde puntuales, longitudinales hasta suturados.
- 2) Este segundo ciclo se caracteriza por poseer un cemento carbonático de tipo equigranular y presencia de micro-estilolitas.

En general mediante estos análisis realizados para cada pozo, se interpreta una diagénesis de tipo *intermedia*, según los procesos descritos a partir de los estudios petrográficos obtenidos.

### 5.4 Reconocimiento e interpretación diagenética a través de minerales de arcilla

El uso y aplicaciones que poseen los resultados por DRX en proporciones relativas de minerales de arcilla, fundamentalmente es usado para generar ciertas interpretaciones adicionales sobre las etapas diagenéticas que pueden afectar una roca o a un conjunto de ellas, de tal forma de obtener un resultado más confiable.

Apoyado en estudios realizados por SENGOZAC (1970), ver figura 80, donde este autor toma en cuenta la relación de minerales de arcilla hidratados con el medio donde se encuentran, determinando el desarrollo de minerales como la clorita y la illita a partir de la relación con los componentes  $Mg$  y  $K^+$  contenidos en dicho medio.

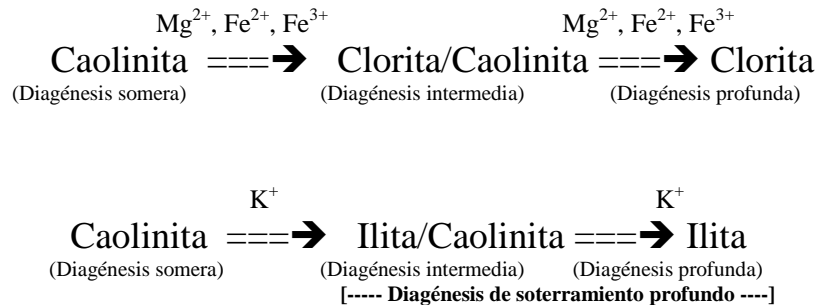


**Figura 80** – Transformación de los minerales de arcillas durante la diagénesis. SENGOZAC (1970), tomado de SANDOVAL (2000).

En la figura anterior puede observarse como un medio enriquecido con Mg genera minerales de clorita, mientras un medio rico en  $K^+$  puede generar ilita.

Los resultados de DRX de arcillas, mostrados en la figura 61 del capítulo anterior, muestra minerales de arcilla como la caolinita, clorita e ilita, los cuales ayudarán a realizar una definición particular de la diagénesis de acuerdo a sus relaciones porcentuales. La transformación de caolinita en ilita y/o clorita es producto de un proceso denominado “paleohidratación profunda” expuesto por SENGOZAC (1970).

Para los resultados de DRX de arcillas del pozo Bor-5E, se muestra una relación de dos ciclos diagenéticos, definiéndose un ciclo ubicado hacia la base de caolinita/clorita hasta la muestra 12103'7”, y un segundo ciclo definido por caolinita/ilita a partir de la muestra 12099'5”. Interpretándose que el desarrollo de la clorita se efectúa primero porque el medio donde se encontraban los componentes estaba más enriquecido en Mg hasta agotarse para luego estar enriquecido de  $K^+$  y generar ilita, como se muestra en la relación siguiente:



Tomado de SANDOVAL (2000)

La relación caolinita/clorita y caolinita/ilita genera una interpretación diagenética de tipo *intermedia* en general en todas las muestras estudiadas, coincidiendo relativamente con los resultados expuestos anteriormente por análisis diagenético a partir de las petrografías. Al igual que los ciclos definidos en esta etapa tienden a coincidir relativamente con los ciclos descritos en el análisis petrográfico.

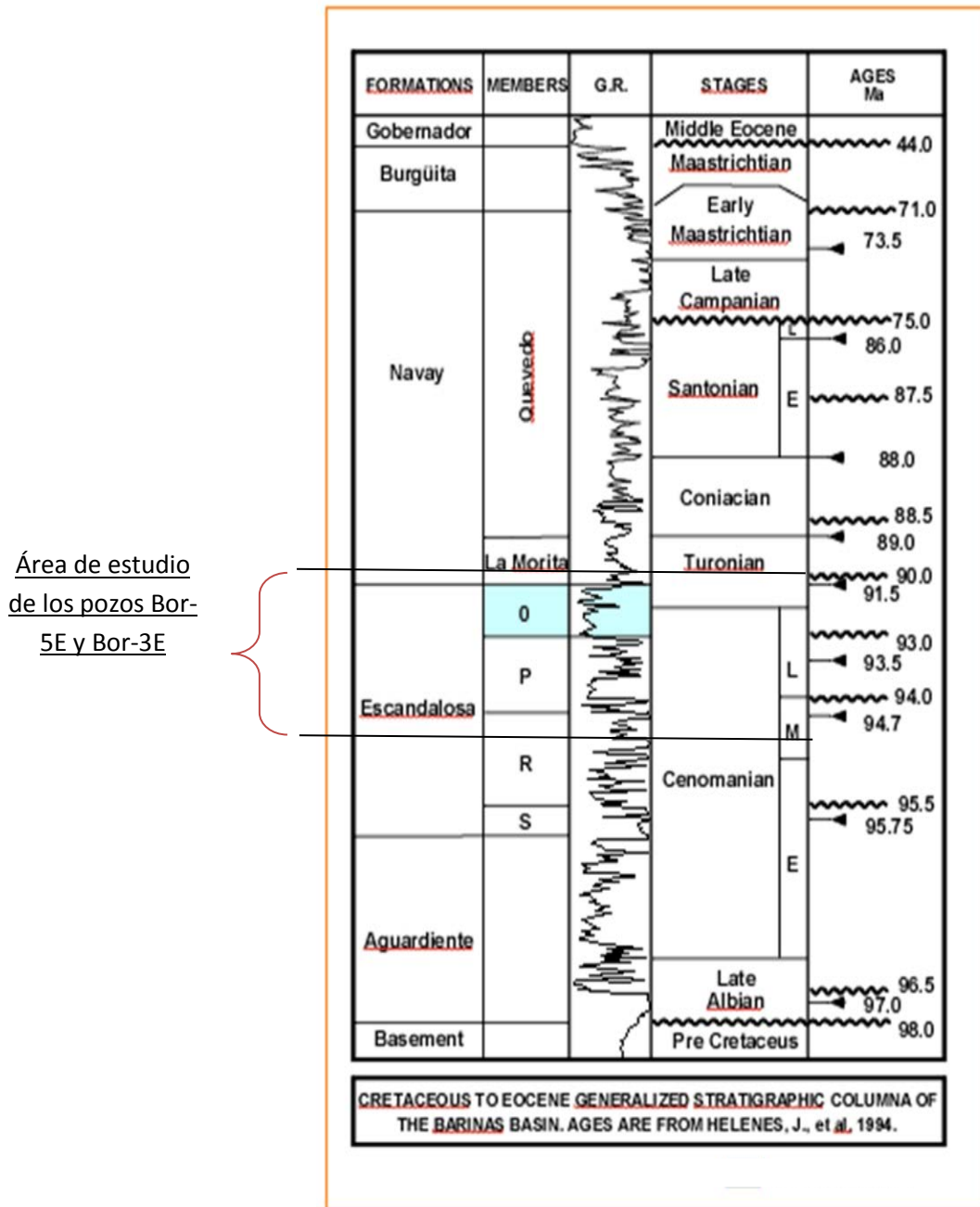
### 5.5 Data bioestratigráfica del pozo Tor-1X correlacionada con los miembros de los Pozos Bor-3E y Bor-5E

Los datos bioestratigráficos estudiada en el pozo Tor-1X será correlacionada estratigráficamente con los dos pozos del campo Borburata analizados en este trabajo, ubicado a aproximadamente 10km del Bor-3E y 16km del Bor-5E, pueden identificarse por la curva del registro Gamma-Ray los tres miembros que componen las dos formaciones, Escandalosa y Navay, donde pueden observarse los límites con sus respectivas edades regionales de la cuenca.

La Formación Escandalosa constituida por la Arena P y Caliza O hacia el tope, se correlacionan con edades desde el Cenomaniense Tardío, de unos 94 M.a., hasta el Turoniense Temprano, con unos 90 M.a. aproximadamente, siendo este último el límite infrayacente con la Formación Navay con el Miembro La Morita en la base, de edad de 90 M.a. hasta el límite del Turoniense principio del Coniaciense con unos 89 M.a. relativamente, ver figura 80.

Las edades asignadas al pozo Tor-1X, se basaron en el análisis de los estudios de cambios en la composición y abundancias relativas de los conjuntos de palinomorfos marinos, terrestres y dinoflagelados y en los conjuntos de foraminíferos planctónicos. (Tomado de Informe interno CORPOVEN, 1994)

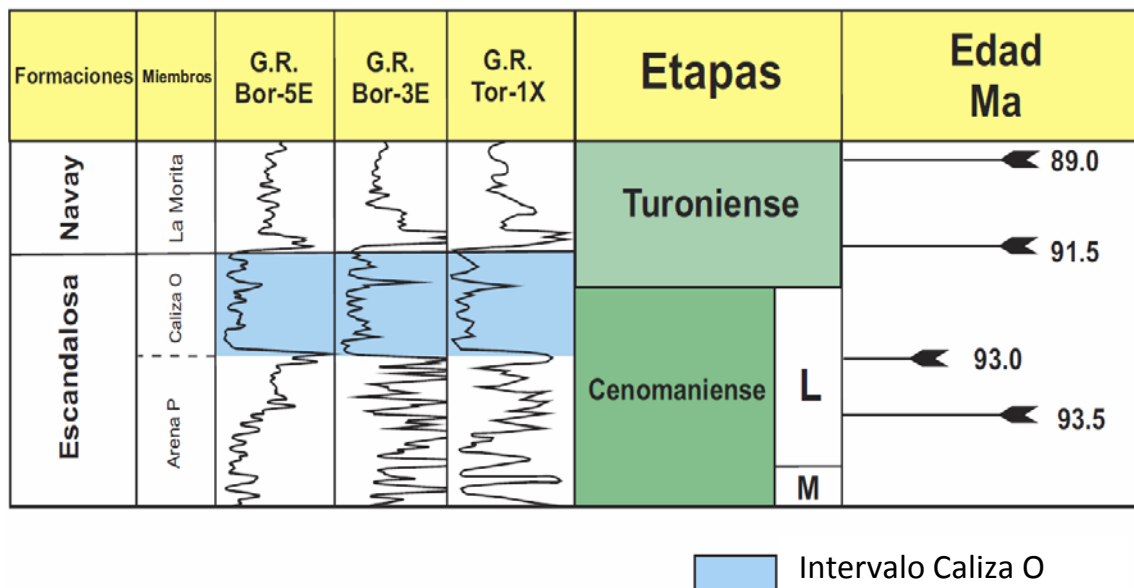
Los dinoflagelados y palinomorfos dieron el mayor aporte en los resultados para los análisis de edades relativas del pozo Tor-1X; el dinoflagelado *Dinogymnium sp.*, con rango estratigráfico desde el Cenomaniense - Turoniense Tardío. Palinomorfos como los *Ceanningia senonica* (Cenomaniense – Santoniense), *Ephedripites sp.* (Aptiense – Cenomaniense) y el *Microdinium reticulatum* (Cenomaniense – Turoniense), el dinoflagelado *Pervosphaeridium cenomaniense* de Cenomaniense a Turoniense Temprano. (Tomado de CORPOVEN, 1994)



**Figura 81** – Columna Estratigrafica generalizada del pozo Tor-1X, que muestra la relación de edades de las formaciones Escandalosa y Navay en el Cretácico de Venezuela. (HELENES, 1994)

Tomando en cuenta los datos de la imagen anterior, es posible realizar una correlación de los pozos ubicados aledaños regionalmente, con la finalidad de identificar edades relativas para las formaciones y miembros que han sido analizados en este estudio.

En la figura 82, se muestra la relación estratigráfica entre los pozos Bor-5E, Bor-3E y Tor-1X, basándose en el tope del Miembro Caliza O, ubicados en los 3 pozos, como marcador regional, se puede analizar edades relativas comprendidas entre el Cenomaniense Medio hasta el Turoniense, de edades comprendidas aproximadamente entre los 94 Ma y 89 Ma para las formaciones Escandalosa y Navay.



### 5.5.1 Data Bioestratigráfica de muestras del Miembro La Morita en el pozo Bor-3E.

Las muestras 11879'6" y 11854'6" pertenecientes al intervalo del Miembro La Morita de la Formación Navay, en un Informe Interno de PDVSA Intevp, realizado por Soto G. (2015), clasifica los fósiles presentes en dichos intervalos con la finalidad de arrojar una datación relativa del pozo, para este estudio se utilizó el Manual de PREMOLI SILVA Y VERGA (2004).

Se identificaron foraminíferos planctónicos, bentónicos, fragmentos de bivalvos y restos de peces fosfatizados, en las tablas 9 y 10 se describen detalladamente los fósiles presentes para cada muestra seleccionada.

**Tabla 8** – Foraminíferos planctónicos y bentónicos con fragmentos de conchas datadas para saber edades relativas cretácias, desde el Albiense hasta el Campaniense, además de ubicar la posición de sedimentación en la plataforma marina.

<b>Muestra #12 en 11879'6'' del pozo BOR-3E</b>	
<b>Fósiles</b>	<b>Edad Asignada</b>
<b>Foraminíferos Planctónicos</b>	
<i>Heterohelix reussi</i>	(Cenomaniense tard – Camp. temp)
<i>Heterohelix moremani</i>	(Albiense tardío – Santoniense)
<i>Hedbergella delrioensis</i>	(Albiense – Coniaciense)
<i>Hedbergella planispira</i>	(Albiense – Camp. temp)
<i>Hastigerinoides sp.</i> (fragmento)	(Turoniense tardío – Santo.)
<i>Globigerinelloides ultramicrus</i>	-----
? <i>Whiteinella baltica</i>	(Cenomaniense tard – Santo.)
<b>Foraminíferos Bentónicos</b>	
<i>Gavelinella sp.</i> (plataforma externa – talud)	
<i>Bulimina sp.</i> (plataforma – talud)	
<b>Otros</b>	
Fragmentos de bivalvos y ?restos de peces fosfatizados	
<b>Paleoambiente: plataforma externa – talud</b>	

**Tabla 9** - Foraminíferos planctónicos y bentónicos con fragmentos de conchas datadas para saber edades relativas cretácias, desde el Albiense hasta e Maastrichtiense, ubicando la posición de la sedimentación en la plataforma marina.

<b>Muestra #12 en 11854'6'' del pozo BOR-3E</b>	
<b>Fósiles</b>	<b>Edad Asignada</b>
<b>Foraminíferos Planctónicos</b>	
<i>Heterohelix globulosa</i>	(Turoniense - Maast)
<i>Hedbergella planispira</i>	(Albiense – Camp temp)
<i>Hedbergella delrioensis</i>	(Albiense – Coniaciense)
<i>Globigerinelloides bolli</i>	(Turoniense tard – Camp.)
<i>Globigerinelloides cf. subcarinatus</i>	(Santoniense – Maast.)
? <i>Archaeoglobigena blowi</i>	(Coniaciense – Maast.)
<b>Foraminíferos Bentónicos</b>	
<i>Gavelinella sp.</i> (plataforma externa – talud)	
<i>Bulimínidos</i> (plataforma – talud)	
<b>Otros</b>	
Fragmentos de bivalvos y ?restos de peces fosfatizados	
<b>Paleoambiente: plataforma externa – talud</b>	

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

Para el desarrollo de este estudio fueron descritos y analizados los intervalos cretácicos de los pozos Bor-3E y Bor-5E, pertenecientes al campo Borburata de la cuenca Barinas, en los cuales se obtienen las siguientes conclusiones:

Ambos pozos están constituidos por dos formaciones denominadas Escandalosa y Navay, en la cual la primera está constituida por dos miembros, un miembro arenoso llamado Arena P, un miembro carbonático llamado Caliza O, la segunda se encuentra constituida por un miembro lutítico denominado La Morita, pertenecientes al intervalo Cretácico del área de estudio.

La identificación de los tres miembros fue realizada por el estudio sedimentológico a detalle en comparación con las curvas de los registros Coregamma y Gamma Ray respectivamente, observando la variaciones de los grados API de acuerdo al tipo litológico en el cual se estaba haciendo la descripción.

La calibración núcleo-registro ayudó a realizar las comparaciones de los registros con respecto a las litologías descritas durante el estudio sedimentológico, atando profundidades y haciendo las correlaciones de las mismas.

Los Miembros Arena P y Caliza O constituyen el yacimiento de hidrocarburo de la zona, donde en ambos pozos pueden identificarse intervalos con impregnación de crudo, esto generado por las porosidades presentes, intercristalinas, intracristalinas, móldicas y vugular, variando con respecto a la composición de la roca en donde se desarrolla.

En la Arena P, para el Bor-3E pueden verse sectores de impregnación entre las profundidades de 12146' - 12142', 12128' - 12126' y 12112' - 12106', en el Bor-5E los

sectores impregnados contienen mayores espesores 12201' – 12195', 12175' – 12134' y 12129' – 12127'.

El Miembro Caliza O también forma parte del yacimiento de hidrocarburos, conteniendo sectores impregnados con porosidades de tipo móldica y vugular, en el pozo Bor-3E en profundidades 12043' – 12037' y 12017'-12017', para el pozo Bor-5E en las profundidades 12084' – 12081', es importante que estas porosidades e impregnaciones posean continuidades laterales, con la finalidad de poder generar entrapamiento de hidrocarburo, para el desarrollo de las actividades de la industria petrolera.

Los pozos Bor-5E y Bor-3E se encuentran separados aproximadamente a unos 6Km de distancia, en donde el segundo se ubica hacia el noreste, interpretándose una influencia más marina caracterizada por mayor espesor en su intervalo carbonático Caliza O, siendo de 73'8" en el Bor-3E comparado con 50'4" en el Bor-5E, deduciendo una mayor generación de sedimentos carbonáticos por adentrarse más en la cuenca.

En la descripción sedimentológica, mayormente en el Miembro Arena P pudieron ser identificados grandes cantidades de variaciones de trazas fósiles o bioturbaciones, generados por la gran actividad biótica de tipo sedimentívora, definidas por lo general en las facies *Skolithos* y *Cruziana*, dando un aporte importante en la clasificación de los ambientes sedimentológicos.

La presencia de las trazas fósiles se describe por lo general en rocas arenosas con grandes afectaciones y fluctuaciones de las mareas, canales de mareas, entre otros, por lo general ubicados en ambientes de baja energía donde el tamaño de grano disminuye y características reductoras por la presencia de glauconita y pirita.

La caracterización mineralógica fue realizada por los estudios petrográficos y de difracción de rayos X, donde el intervalo arenoso se caracteriza por ser bastantes cuarzosos, clasificados por los triángulos de PETTJOHN *et al.* (1973), estratodecreciente hacia el tope aumentando su contenido de matriz, en el intervalo carbonático se describen sectores con mayor contenido de calcita hacia la base pero un aumento

considerable de la sustitución por dolomita hacia el tope, clasificadas por la teoría de MOUNT (1985) modificada por AQUINO (2015), generados por etapas diagenéticas.

En la clasificación de microfacies de las rocas carbonáticas es muy escaso observar constituyentes o componentes de origen aloquímicos, se deduce que han sido sustituidos por los procesos de glauconitización y piritización, es por ello que en la clasificación de las microfacies de estas rocas se define en ocasiones el nombre “aloquímico”, asumiendo la sustitución antes explicada.

En la difracción de rayos X pueden observarse como la presencia de minerales de dolomita va aumentando hacia el tope sustituyendo a la calcita. Siendo esto de suma importancia para la clasificación e interpretación de la diagénesis en ambos pozos.

Para ambos pozos se describen las secuencias carbonáticas y lutíticas, en donde cada una se encuentra constituidas por parasecuencias definidas por los intervalos de generación y depositación de los sedimentos.

De acuerdo a los miembros descrito en este estudio, se define una variación de ambiente sedimentológico para cada tipo litológico encontrado, generando diferentes posiciones de depositación de los sedimentos en las plataforma interna y externa.

Para el Miembro Arena P se describe un ambiente de tipo transicional y marino muy somero descritos por las estructuras sedimentarias de estratificación, laminación y rizaduras hacia la base, y hacia el tope de este miembro aumento de la influencia de mareas y bajas energías permitiendo el desarrollo de la actividad biótica generadoras de las bioturbaciones presentes.

Para el Miembro Caliza O fue generado en ambientes marinos transicionales restringidos y marinos someros, caracterizada por la temprana dolomitización, generación de porosidades secundarias, relleno de estructuras fenestrales y nodulares y cementación de grietas.

El Miembro La Morita describe una profundización definitiva de la cuenca, pasando de un ambiente marino de plataforma interna a externa, permitiendo la depositación de

sedimentos finos aunado a condiciones de baja energía sin fluctuaciones de mareas y bajas corrientes internas.

Se interpreta mediante las características obtenidas en los miembros Arena P y Caliza O, que ambos fueron generados bajo un mar de tipo epicontinental de condiciones restringidas.

Los tres ambientes que dieron origen a la depositación de cada miembro, caracteriza una profundización de la cuenca de base a tope, debido a la transgresión en la etapas del Cretácico Tardío.

La diagénesis y sus etapas varían durante la descripción de las rocas de los núcleos, en los intervalos siliciclásticos la diagénesis es definida en una etapa *intermedia*, donde los contactos entre los componentes varían dependiendo del grado de compactación en la rocas, contactos suturados y cóncavos-convexos definen compactaciones medias a altas, mientras que contactos puntuales y longitudinales definen contactos bajos y medios.

En el intervalo carbonático, también se pudo definir una diagénesis general de etapa *intermedia*, interpretándose a partir de los resultados de la Caliza O con la presencia de los procesos de dolomitización, dedolomitización y etapa inicial del desarrollo de estilolitas.

Para el pozo Bor-5E fueron definidos 4 fases en las etapas diagenéticas, analizado mediante la clasificación de diagénesis durante la caracterización petrográfica. Para el pozo Bor-3E se definen solamente 2 de estas fases diagenéticas.

La interpretación de los resultados de DRX de arcillas, ayudaron a anexar una mejor interpretación de la etapa diagenética encontrada, donde la relación caolinita/clorita y caolinita/ilita generaron un resultado de etapa diagenética *intermedia* en todas las muestras analizadas.

Es importante destacar que los datos bioestratigráficos ayudaron a una correlación entre los pozos Bor-3E, Bor-5E y Tor-1X (con data bioestratigráfica), con la finalidad de

obtener edades relativas de acuerdo a los análisis de fósiles encontrados en dicho pozo para tener un marcador regional, comprendiendo edades desde el Cenomaniense Medio a Turoniense, entre 94.0 Ma hasta 89.0 Ma aproximadamente.

En este estudio mediante un análisis de datación bioestratigráfica a las muestras del tope en el Miembro La Morita del pozo Bor-3E, 11879'6" y 11854'6", se identificaron foraminíferos. Los foraminíferos planctónicos ayudaron a una clasificación de edades relativas cretácicas entre el Cenomaniense y el Turoniense, coincidiendo con los datos del pozo Tor-1X. Los foraminíferos bentónicos dieron la clasificación de ambientes de plataforma externa a talud.

## **7.2 Recomendaciones**

La integración de más estudios (Catodoluminiscencia, Microscopía electrónica, geoquímica, etc.) ayudará a obtener más resultados e interpretaciones con la finalidad de poseer un estudio completo con buenas bases fundamentadas.

Es recomendable realizar investigaciones de los pozos aledaños a los ya estudiados, y poder generar una interpretación de las características geológicas regionales del área.

## CAPITULO VII

### BIBLIOGRAFÍA

- AAPG, (1962), “*Clasification of Carbonate Rocks, Memoir 1*”, Tulsa, USA.
- AAPG, (1978), “*Carbonate Rock Constituents, Texturas, Cements and Porosities, Memoir 27*”, Tulsa, USA.
- Aquino, R, *et al.* (1994), “*Estudio Sedimentológico, Bioestratigráfico y Geoquímico del Núcleo Torunos-IX, Campo Torunos, Estado Barinas*”. Corpoven, S.A. Reporte Interno.
- Aquino, R., De Guerra, C. y Boujana, M., (1995), “*Facies Costera de una Plataforma Carbonática Cretácica: El Miembro O de la Formación Escandalosa, Sedimentología, Diagénesis, Bioestratigrafía y Análisis Secuencial en Núcleos de la Cuenca de Barinas*”. IX Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas.
- Aquino, R. *et al.* (1996, marzo), “*Carbonatic Shelf: The O Member of Escandalosa Formation, Western Venezuela, South America*”, Publicado en 17TH Regional African European Meeting of Sedimentology, Sfax, Túnez.
- Aquino, R., & Boujana, M., (1996, septiembre) “*The Dolomitized O Limestone in the Barinas Basin: A Hydrocarbon Reservoir in Carbonates Rocks*”, Publicado en la II AAPG/SVG International Congress and Exhibition, Caracas.
- Aquino, R., Kupecz, J., *et al.* (1997, Abril). “*Sedimentological Study of Cores and Correlation with Well Logs, O, Limestone, Barinas, Basin*”, Venezuela, publicado en Dallas, EEUU, AAPG.
- Aquino, R., Kupecz, J. y otros (1997, septiembre) “*Influencia de los Procesos Sedimentarios y Diagenéticos en la Calidad como Roca Reservorio del Intervalo O, Formación Escandalosa, Área de Barinas, Subcuenca de Venezuela*”,

publicado en Cartagena de Indias, Colombia en el VI Simposio Bolivariano de Cuencas Subandinas.

- Aquino, R. y otros, (1998), “*Caracterización Sedimentológica y Petrofísica de la Caliza O, Formación Escandalosa- Cuenca Barinas*”. Informe Interno de CORPOVEN, S.A.
- Bathurst, R. (1975), “*Carbonate Sediments and Their Diagenesis*”, 2da Edición, New York, Elsevier, 658 p.
- Bebout y Loucks (1984), “*Manual para la Descripción de Núcleos*”, LAGOVEN
- Chacín, E. (2007, octubre 21-25), “*Evolución del Control Geológico Operacional en Pozos de la Cuenca Barinas-Apure, Venezuela*”, PDVSA, IX Congreso Geológico Venezolano, Caracas.
- Choquette, P., Pray, L. (1970), “*Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates*”, A.A.P.G. Memoir N° 54, USA. 207-250 p.
- Cussey, R. and Rulet, J. (1977), “*Essai de Caractérisation Sédimentologique des Dépôts Carbonatés. An attempt at sedimentological characterisation of Carbonates deposits*” Elf.-Aquitaine, Centres de Recherches de Boussens et Pau, p. 20-50.
- Dabrio, C. (s.f.), “*Plataformas Silicilásticas*”, Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas, Salamanca, España.
- Dunoyer de Segonzac, G. (1970), “*The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: a review*”. *Sedimentology*. Vol. 15, p 281—346.
- Escalona, N. (1988), “*Petrología Sedimentaria del Miembro O, Formación Escandalosa Pozos SMW-14 y SMW-21, Campos Maporal y Silván, Estado Barinas*”, CORPOVEN S.A. Reporte Interno.

- Friedman G., Reeckmann, A. (1982), “*Exploration for Carbonate Petroleum Reservoirs*”, Elf-Aquitaine, Centres de Recherches de Boussens et de Pau.
- Füchtbauer, H. (1974), “*Sediments and Sedimentary Rocks 1*”, New York, USA, 464 p.
- Ginsburg, R. (1957), “*Early diagenesis and lithification of Shallow-Water carbonate sediments in South Florida*”. En: Le Blanc R.J. and Breeding J.G. (eds), “*Regional aspects of carbonate deposition*” S.E.P.M. Spec publ. 5: 80-99 p
- González de Juana, C., Iturralde, C., & Picard, X., (1980). “*Geología de Venezuela y De Sus Cuencas Petrolíferas*”. Edic. Foninvés, Caracas. 2 Vols., 1031 p.
- Heckel, P. (1972), “*Recognition of ancient shallow marine environments*”. En Rigby J.K. y Hamblin W.K., “*Recognition of ancient sedimentary environments*” S.E.P.M. Spec. Pub., N° 18, 90-154.
- Kisch, H. (1983), “*Mineralogy and petrology of burial diagenesis (burial metamorphism) and incipient metamorphism in clastic rocks*”. En: Larsen, G. y Chilingar, G. (1983), “*Diagenesis in sediments and sedimentary rocks, 2*”. Elsevier, 572 p.
- LAGOVEN (1984), *Curso De Facies Carbonáticas Manual para la Descripción de Núcleos*, Bebout y Loucks.
- Longman, M.W. (1980), “*Carbonate diagenetic texture from Nearsurface diagenetic environments*”. A.A.P.G. Memoir N° 64: p 461-481.
- Le Blanc R.J., Breeding J.G. (1957) “*Regional aspects of Carbonate Deposition*”, S.E.P.M. Spec. Publ. 5: 1 – 178.

- Méndez Baamonde, J. (1994), “*Aspectos Generales Relacionados con la Porosidad y las Unidades de Flujo del campo Borburata*”, PDVSA, Distrito Sur, Barinas.
- Méndez Baamonde, J. (2006), “*Petrología*”, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Méndez Baamonde, J. (2007), “*Carbonatos, Origen y Sedimentación*”, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 270 p.
- Méndez Baamonde, J. (2007, octubre 21-25), “*Porosidades y Fracturas en Carbonatos*”, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, UCV, IX Congreso Geológico Venezolano, Caracas.
- Méndez Baamonde J. (2007, octubre 21-25), “*Sabkhas, dolomitas y fracturas en el Miembro O de la Formación Escandalosa, Barinas*”. IX Congreso Geológico Venezolano, Caracas.
- Oropeza, G. (2015), “*Caracterización Geológica de las Formaciones Escandalosa y Navay, Campos Borburata y Las Lomas, Cuenca de Barinas*”. Trabajo Especial de Grado, UCV.
- PDVSA – Intevep (1997). “*III Léxico Estratigráfico de Venezuela (LEV III)*” disponible en [www.pdv.com/lexico](http://www.pdv.com/lexico), actualizado en abril de 2005.
- Pemberton, G. MacEachern, J. (desconocido) “*Applied Ichnology Short Course, The Use of Trace Fossils in Sequence Stratigraphy, Exploration and Production Geology*”, Department of Earth & Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton y Department of Earth Sciences, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia.
- Pemberton, G. MacEachern, J. *et al.* (desconocido) “*Trace Fossils Atlas, The Recognition Of Common Trace Fossils In Cores*”, Department of Earth & Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton y Department of Earth Sciences, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia.

- Posamentier, H. & Walker, R. (2006), “*Facies Models Revisited*”, SEPM (Society for Sedimentary Geology, SEPM Special Publication 84, 532 p, Tulsa, Oklahoma, USA.
- Ruiz, R. (2011), “*Caracterización Litológica Mediante la Inversión Elástica de Datos Sísmicos de los Miembros “O” y “P” de la Formación Escandalosa. Campo Borburata, Cuenca Barinas-Apure*”, Trabajo Especial de Grado, UCV.
- Sandoval, M. (2000), “*Diagénesis de Areniscas*”, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, UCV, Caracas, Venezuela.
- Wilson, J. (1969), “*Microfacies and sedimentary structures in Deep Water Lime Mudstone, Carbonate Rocks*” S.E.P.M Espec. Publi. 14: p 4-19”
- Wilson, J. (1975), “*Carbonate Facies in Geologic History*”, New York, Springer-Verlag, 471 p.
- Yoris, F. y M. Ostos (1997). “*WEC: Evaluación de Pozos, Capítulo 1: Geología de Venezuela*”. Schlumberger, pp 44.
- Zapata, E. (1983). “*Manual de Petrografía y Diagénesis de Rocas Carbonáticas, GEOS N° 28*”, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Caracas Venezuela.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1.** Columna estratigráfica del pozo Bor-3E

**Anexo 2.** Columna Estratigráfica del pozo Bor-5E









Anexo 5. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12145'5"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
Muestra: 12145'5"		Fecha: 23/09/15	
Petrografía por: José F. Martínez			
Características Texturales			
Tam. Grano: (0,5 - 0,125)mm, Med-Fino		Orientación: Anisotrópica (x) Isotrópica	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno X	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio	Sub-redond. X	Media	Puntual X
Pobre	Sub-angular X	Media-baja x	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Laminaciones de granos, con cierta orientación, intercalación de granos medio y finos.			
presencia de minerales accesorios de anhidrita y glauconita			
Componentes Principales (%)			
Granos: 70%	Matriz: 5%	Cemento: 5%	Porosidad: 20%
Granos 70 %			
Cuarzo (%): 63	Feldespatos (%): 2	Fr. de Roca (%):	Accesorios (%): 5
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X
Mc metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Anhidrita X
			Epidoto
Matriz (%): 5	Cemento (%): 5		
Minerales de arcilla X	Cuarzo X	Porosidad (%): 20	
Oxidos de Fe X	Oxidos de Fe X	Interpartícula X	
Cuarzo X	Caolinita	Intrapartícula X	
Caolinita	Mineral calcáreo X	Disolución X	
Material carbonático	Minerales de arcilla	Fractura X	
Otros	Otros	Móldica	
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos X	Contacto long y conc-conv X	Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi.		Recálculo	Total sin Matriz = 65
Cuarzo	63	96,92	<b>Clasificación según:</b> <b>Pettijohn (1973)</b> Nombre de Roca: <b>Arenisca Cuarzosa</b>
Feld	2	3,08	
FR	0	0,00	
Matriz	5	5,00	

**Anexo 6. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3, 12135'1"**

<b>Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis</b>				
N° Muestra: 12135'1"		Fecha: 29/09/2015		
Petrografía por: José F. Martínez				
<b>Componentes Principales (%)</b>				
Extraclásticos: 45%	Aloquímicos: %	Ortoquímicos: 35%	Porosidad: 20%	
<b>Extraclastos 45%</b>				
Cuarzo 20%	Feldspatos 13%	Fr. de Roca 2%	Accesorios 10%	
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert X	Biotita	
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita X	
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X	
Mc Metamórfico X		Volcánica	Apatito	
Pc Metamórfico		Plutónica	Anhidrita X	
Tamaño de grano:	(1 - 0,125 mm) Grueso -Fino		Pirita	
			Glaucionita X	
<b>Aloquímicos (%)</b>		<b>Porosidad (20%)</b>		
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	X	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula		
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X	
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica		
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %:</b>	<b>5</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %:</b>	<b>30</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%)</b>	Espato	10	
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%)</b>	Microespato	5	
Otros		Pseudoespato	15	
<b>Efectos Diagenéticos</b>				
<b>Procesos Orgánicos</b>				
Micritización de partículas esqueléticas		Bioturbaciones		
Formación de envoltorios micríticos		Otros		
<b>Cementación</b>				
Cemento predominante: Pseudoespato				
<b>Forma en que se presenta</b>		<b>Textura</b>		
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial	
	X	Isópaco X	Equigranular X	
		Menisco X	Otros	
<b>Noemorfismo</b>		<b>Reemplazamiento</b>		
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glaucionitización X		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación		
Neomorfismo agradante		Fosfatización		
		Otros:		
<b>Zonación de minerales</b>				
		<b>Nombre de la Roca:</b> <b>Mount (1985):</b> Arenisca Calcidolomítica		
<b>Disolución</b>	<b>Presión / Solución</b>			
Granos X	Estilolitas			
Matriz X	otros:			
Cemento X	<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: Purpura: x	No tiñe:	
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita rica en Fe		
<b>Observaciones</b>				
gran presencia de glauconita en toda la muestra, bastante minerales accesorios, de anhidrita, moscovita, circon y escasa pirita				

Anexo 7. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12121'3"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
<b>Muestra: 12121'3"</b>		<b>Fecha: 23/09/15</b>	
<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
Características Texturales			
<b>Tam. Grano: (0,20)mm, Fino</b>		<b>Orientación: Anisotrópica (x) Isotrópica</b>	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno X	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio	Sub-redond. X	Media X	Puntual X
Pobre	Sub-angular	Media-baja	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Clastos orientados, laminaciones en la roca, escasos minerales glauconíticos autigenicos			
porosidad por planos de microfacturas o por disolución, impregnadas en la roca			
Componentes Principales (%)			
<b>Granos: 80%</b>	<b>Matriz: 2%</b>	<b>Cemento: 3%</b>	<b>Porosidad: 15%</b>
Granos 80 %			
<b>Cuarzo (%): 75</b>	<b>Feldespatos (%): 2</b>	<b>Fr. de Roca (%):</b>	<b>Accesorios (%): 3</b>
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X
Mc metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Anhidrita X
			Epidoto
Matriz (%): 2	Cemento (%): 3		Porosidad (%): 15
Minerales de arcilla	Cuarzo X		Interpartícula X
Oxidos de Fe	Oxidos de Fe		Intrapartícula X
Cuarzo X	Caolinita		Disolución X
Caolinita	Mineral calcáreo		Fractura X
Material carbonático	Minerales de arcilla		Móldica
Otros	Otros		
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos	Contacto long y conc-conv X	Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi.		Recálculo	Total sin Matriz = 77
Cuarzo	75	97,40	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Arenisca Cuarzosa</b>
Feld	2	2,60	
FR	0	0,00	
Matriz	2	2,00	

Anexo 8. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12095'5"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
<b>Muestra: 12095'5"</b>		<b>Fecha: 23/09/15</b>	
<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
Características Texturales			
Tam. Grano: (0,5-0,20)mm, Medio-Fino		Orientación: Anisotrópica (x) Isotópica	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno X	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio X	Sub-redond. X	Media	Puntual
Pobre	Sub-angular X	Media-baja X	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Laminaciones lodosas, compuestas por minerales micaseos, alta presencia de minerales de glauconita autigenicos ocupando hasta un 5%, Roca heterolítica			
Componentes Principales (%)			
<b>Granos: 79%</b>	<b>Matriz: 10%</b>	<b>Cemento: 10%</b>	<b>Porosidad: 1%</b>
Granos 79 %			
<b>Cuarzo (%): 55</b>	<b>Feldespatos (%): 12</b>	<b>Fr. de Roca (%): 2</b>	<b>Accesorios (%): 10</b>
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert X	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Meta mórfico	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón
Mc metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Anhidrita X
			Glauconita X
Matriz (%): 10	Cemento (%): 10		
Minerales de arcilla X	Cuarzo X	<b>Porosidad (%): 1</b>	
Oxidos de Fe	Oxidos de Fe	Interparticula X	
Cuarzo X	Caolinita	Intraparticula	
Caolinita	Mineral calcáreo	Disolución X	
Material carbonático	Minerales de arcilla	Fractura	
Otros	Otros	Móldica	
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles X	Rellenando poros X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos	Contacto long y conc-conv X	Feldespatos X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita X	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
	<b>Porcentajes origi.</b>	<b>Recálculo</b>	<b>Total sin Matriz = 69</b>
Cuarzo	55	79,71	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>
Feld	12	17,39	
FR	2	2,90	
Matriz	10	10,00	

## Anexo 9. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12089'5"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
<b>Muestra: 12089'5"</b>		<b>Fecha: 23/09/15</b>	
<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
Características Texturales			
Tam. Grano: (0,75-0,20)mm, Grueso-Fino		Orientación: Anisotrópica (x) Isotrópica	
Escogimiento	Redondez	Esféricidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio	Sub-redond. X	Media	Puntual
Pobre X	Sub-angular X	Media-baja X	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv
Suturado			
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Roca con trazas fosiles, diferencias de tamaños desde gruesos a finos, glauconita presente autigenica menor a 5%. Roca bastante porosa hasta 30%			
Componentes Principales (%)			
<b>Granos: 40</b>	<b>Matriz: 20%</b>	<b>Cemento: 10%</b>	<b>Porosidad: 30%</b>
Granos 40 %			
<b>Cuarzo (%): 34</b>	<b>Feldespatos (%): 2</b>	<b>Fr. de Roca (%): 2</b>	<b>Accesorios (%): 2</b>
Mc plutónico X	Plagioclasa	Chert X	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Meta mórfo	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X
Mc metamórfico X		Volcánica	Yeso X
Pc metamórfico		Plutónica	Anhidrita
			Glauconita X
Matriz (%): 20	Cemento (%): 10		Porosidad (%): 30
Minerales de arcilla X	Cuarzo X		Interparticula X
Oxidos de Fe X	Oxidos de Fe X		Intraparticula
Cuarzo X	Caolinita		Disolución X
Caolinita	Mineral calcáreo		Fractura X
Material carbonático	Minerales de arcilla X		Móldica
Otros	Otros		
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X	
Baja X	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos	Contacto long y conc-conv X	Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita X	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi.		Recálculo	Total sin Matriz = 38
Cuarzo	34	89,47	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Waca Arcósica</b>
Feld	2	5,26	
FR	2	5,26	
Matriz	20	20	

## Anexo 10. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12073'5"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12073'5"	Fecha: 29/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 15%	Aloquímicos: 10%	Ortoquímicos: 70%	Porosidad: 5%
Extraclastos 15%			
Cuarzo 7%	Feldspatos 5%	Fr. de Roca %	Accesorios 3%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Anhidrita
Tamaño de grano: (0,125 - 0,0625 mm)	Fino - Muy Fino		Pirita
			Glauconita X
Aloquímicos (10%)		Porosidad (5%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos X	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas X	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 10</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 60</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>	Espato	40
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	15
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X	Bioturbaciones		
Formación de envoltorios micríticos	Otros		
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	Glauconitización X		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros:		
Zonación de minerales			
		Nombre de la Roca:	
		<b>Mount (1985):</b>	
		Dolomia Calcítica Aloquímica	
		Arenosa	
Disolución	Presión / Solución		
Granos	Estilolitas. De baja amplitud		
Matriz X	otros:		
Cemento	<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: x	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones			
restos fosiles recristalizados y sustituidos por glauconita, componentes aloquimicos glauconitizados, estilolitas de baja a mediana amplitud			

Anexo 11. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12063'9"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis				
<b>Muestra: 12063'9"</b>		<b>Fecha: 23/09/15</b>		<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>
<b>Características Texturales</b>				
Tam. Grano: (0,75-0)mm, Grueso-Fino			Orientación: Anisotrópica (x) Isotrópica	
<b>Escogimiento</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>	<b>Contactos</b>	
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X	
Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X	
Medio	Sub-redond.	Media	Puntual	
Pobre X	Sub-angular X	Media-baja X	Longitudinal X	
Muy pobre	Angular	Baja X	Conc-Conv	
Suturado				
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles				
Roca con abundante glauconita autigenica, algunas trazas fosiles no identificadas en la S.F.				
<b>Componentes Principales (%)</b>				
<b>Granos: 75%</b>	<b>Matriz: 5%</b>	<b>Cemento: 5%</b>	<b>Porosidad: 15%</b>	
<b>Granos 75 %</b>				
<b>Cuarzo (%): 55</b>	<b>Feldespatos (%): 3</b>	<b>Fr. de Roca (%): 2</b>	<b>Accesorios (%): 15</b>	
Mc plutónico X	Plagioclasa	Chert X	Biotita	
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita X	
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón	
Mc metamórfico X		Volcánica	Yeso X	
Pc metamórfico		Plutónica	Anhidrita	
			Glauconita X	
<b>Matriz (%): 5</b>		<b>Cemento (%): 5</b>		<b>Porosidad (%): 15</b>
Minerales de arcilla X		Cuarzo X	Interparticula X	
Oxidos de Fe X		Oxidos de Fe	Intraparticula	
Cuarzo X		Caolinita	Disolución X	
Caolinita		Mineral calcáreo	Fractura	
Material carbonático		Minerales de arcilla	Móldica	
Otros		Otros		
<b>Efectos Diagenéticos</b>				
<b>Compactación</b>			<b>Cementación</b>	
Alta	Deformación de granos dúctiles		Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles		Rellenando poros	
Baja X	Trituramiento de granos dúctiles		Sobrecrecimiento de granos	
	Deformación de granos		Aros/Forros/Envoltorios de granos	
<b>Disolución</b>		<b>Presión / Solución</b>		<b>Alteración</b>
Granos	Contacto long y conc-conv X		Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados		Moscovita	
Cemento X	Estilolitas		Biotita	
			FR	
			Otros	
	<b>Porcentajes origi.</b>	<b>Recálculo</b>	<b>Total sin Matriz = 60</b>	
Cuarzo	55	91,67	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>	
Feld	3	5,00		
FR	2	3,33		
Matriz	5	5,00		

Anexo 12. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 12047'8"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis											
Muestra: 12047'8"		Fecha: 23/09/15		Petrografía por: José F. Martínez							
<b>Características Texturales</b>											
Tam. Grano: (0,25)mm, Fino				Orientación: Anisotrópica (x) Isotropica							
<b>Escogimiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>Esfericidad</b>		<b>Contactos</b>					
Muy Bueno	X	Bien Redond.		Alta		Grano-matriz	X				
Bueno	X	Redondeado	X	Media-alta	X	Grano-cemento	X				
Medio		Sub-redond.	X	Media		Puntual					
Pobre		Sub-angular		Media-baja		Longitudinal	X				
Muy pobre		Angular		Baja		Conc-Conv	X				
						Suturado	X				
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles											
Laminaciones delgadas, granos orientados y disolución de laminaciones, siendo porosidad											
<b>Componentes Principales (%)</b>											
Granos: 80%		Matriz: 2,5%		Cemento: 7,5%		Porosidad: 10%					
<b>Granos 80 %</b>											
<b>Cuarzo (%): 70</b>		<b>Feldspatos (%): 5</b>		<b>Fr. de Roca (%): 2</b>		<b>Accesorios (%): 3</b>					
Mc plutónico	X	Plagioclasa	X	Chert	X	Biotita					
Pc plutónico		Ortosa	X	Metamórfico		Moscovita	X				
Volcánico		Microclino	X	Sediment.		Circón					
Mc metamórfico	X			Volcánica		Yeso					
Pc metamórfico				Plutónica		Anhidrita					
						Glauconita	X				
<b>Matriz (%): 2,5</b>		<b>Cemento (%): 7,5</b>				<b>Porosidad (%): 10</b>					
Minerales de arcilla	X	Cuarzo	X			Interpartícula	X				
Oxidos de Fe		Oxidos de Fe				Intrapartícula					
Cuarzo	X	Caolinita				Disolución	X				
Caolinita		Mineral calcáreo				Fractura					
Material carbonático		Minerales de arcilla				Módica					
Otros		Otros									
<b>Efectos Diagenéticos</b>											
<b>Compactación</b>					<b>Cementación</b>						
Alta	X	Deformación de granos dúctiles			X	Tipo de Cemento predominante					
Media	X	Fracturamiento de granos dúctiles				Rellenando poros					X
Baja		Trituramiento de granos dúctiles				Sobrecrecimiento de granos					
					Deformación de granos					Aros/Forros/Envoltorios de granos	
<b>Disolución</b>		<b>Presión / Solución</b>			<b>Alteración</b>						
Granos		Contacto long y conc-conv			X	Feldespato					X
Matriz	X	Contactos suturados				Moscovita					
Cemento	X	Estilolitas				Biotita					
						FR					
						Otros					
		<b>Porcentajes origi.</b>		<b>Recálculo</b>		<b>Total sin Matriz =</b>				<b>77</b>	
Cuarzo		70		90,91	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>						
Feld		5		6,49							
FR		2		2,60							
Matriz		2,5		2,50							

Anexo 13. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11995'6"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 11995'6"	Fecha: 29/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 40%	Aloquímicos: %	Ortoquímicos: 55%	Porosidad: 5%
Extraclastos 40%			
Cuarzo 20%	Feldspatos 10%	Fr. de Roca %	Accesorios 10%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Anhidrita
Tamaño de grano:	(0,25 - 0,125 mm) Fino		Pirita X
			Glauconita X
Aloquímicos (%)			Porosidad (5%)
Intraclastos %	Fósiles %		Interpartícula X
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos		Intrapartícula
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos		Disolución X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites		Fractura
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina		Móldica
Fragmentos de Algas	Ostracodos		<b>Matriz (micrita) %: 5</b>
Fragmentos de Corales	Otros		<b>Cemento %: 50</b>
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>		Espato 35
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>		Microespato 5
Otros			Pseudoespato 10
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glauconitización X	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros:	
Zonación de minerales			
		<b>Nombre de la Roca:</b> <b>Mount (1985):</b> Caliza Arenosa	
Disolución		Presión / Solución	
Granos		Estilolitas	
Matriz X		otros:	
Cemento X		<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: x Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles		Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe
Observaciones			

## Anexo 14. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11984'

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 11984'		Fecha: 29/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 15%	Aloquímicos: 15%	Ortoquímicos: 59%	Porosidad: 1%
Extraclastos 15%			
Cuarzo 8%	Feldespatos 3%	Fr. de Roca %	Accesorios 2%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Anhidrita
Tamaño de grano:	(0,125 - 0,0625 mm) Muy Fino		Pirita X
			Glauconita X
Aloquímicos (15%)		Porosidad (1%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos X	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %:	9
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %:	50
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	40
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato	3
Otros		Pseudoespato	7
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X	Bioturbaciones		
Formación de envoltorios micríticos	Otros		
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta	Textura		
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo	Reemplazamiento		
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos X	Glauconitización X		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros:		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas		
Matriz X	otros:		
Cemento	Color de Teñido:	Rojo: Malva: x	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro:	Oscuro:	Calcita pobre en Fe
Observaciones	re cristalización de fósiles de moluscos, muy difusos, cemento equi - granular		

**Anexo 15. Planilla Petrográfica del pozo Bor-3E, 11972'**

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 11972'		Fecha: 29/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: %	Aloquímicos: 30%	Ortoquímicos: 70%	Porosidad: %
Extraclastos %			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Anhidrita
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucionita
Aloquímicos (30%)		Porosidad (%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos béticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos X	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %: 15	
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %: 55	
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	40
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	10
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glaucionitización	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros:	
Zonación de minerales			
		Nombre de la Roca: <b>Mount (1985):</b> Caliza Aloquímica Lodosa	
Disolución	Presión / Solución		
Granos	Estilolitas: de baja amplitud		
Matriz	otros:		
Cemento	Color de Teñido:	Rojo: Malva: x	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones	calcitización de fragmentos fósiles de moluscos, cemento de textura equigranular con caras bien desarrolladas		

Anexo 16. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12202'4"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis									
<b>Muestra: 12202'4"</b>			<b>Fecha: 02/09/15</b>			<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
<b>Características Texturales</b>									
<b>Tam. Grano: ( 0,25 ) mm , Fino</b>					<b>Orientación: Anisotrópica Isotrópica</b>				
<b>Escogimiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>Esfericidad</b>		<b>Contactos</b>			
Muy Bueno		Bien Redond.		Alta		Grano-matriz X			
Bueno X		Redondeado		Media-alta		Grano-cemento			
Medio		Sub-redond. X		Media		Puntual X			
Pobre		Sub-angular X		Media-baja		Longitudinal X			
Muy pobre		Angular		Baja X		Conc-Conv			
Suturado									
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles en ocasiones se presentan granos orientados (posiblemete por los efectos diagenéticos), granos de glauconita en toda la muestra (aprox. 3%)									
<b>Componentes Principales (%)</b>									
<b>Granos: 87%</b>		<b>Matriz: 5%</b>		<b>Cemento: 5%</b>		<b>Porosidad: 3%</b>			
<b>Granos 87 %</b>									
<b>Cuarzo (%): 79</b>			<b>Feldespatos (%): 3</b>		<b>Fr. de Roca (%):</b>		<b>Accesorios (%): 5</b>		
Mc plutónico 45			Plagioclasa 0,5		Chert		Biotita		
Pc plutónico			Ortosa 0,5		Metamórfico		Moscovita 3		
Volcánico			Microclino 2		Sediment.		Circón 1		
Mc metamórfico 10					Volcánica		Apatito		
Pc metamórfico					Plutónica		Glauconita 1		
Epidoto									
<b>Matriz (%): 5</b>			<b>Cemento (%): 5</b>				<b>Porosidad (%): 3</b>		
Minerales de arcilla 1			Cuarzo 3				Interparticula 1,5		
Oxidos de Fe 1			Oxidos de Fe 1				Intraparticula		
Cuarzo 2			Caolinita				Disolución 0,5		
Caolinita			Mineral calcáreo 1				Fractura 1		
Material carbonático			Minerales de arcilla				Móldica		
Otros			Otros						
<b>Efectos Diagenéticos</b>									
<b>Compactación</b>					<b>Cementación</b>				
Alta		Deformación de granos dúctiles X			Tipo de Cemento predominante				
Media X		Fracturamiento de granos dúctiles X			Rellenando poros X				
Baja		Trituramiento de granos dúctiles			Sobrecrecimiento de granos X				
Deformación de granos					Aros/Forros/Envoltorios de granos				
<b>Disolución</b>			<b>Presión / Solución</b>			<b>Alteración</b>			
Granos			Contacto long y conc-conv X			Feldespato X			
Matriz X			Contactos suturados X			Moscovita			
Cemento			Estilolitas			Biotita			
FR									
Otros									
<b>Porcentajes origi.</b>			<b>Recálculo</b>			<b>Total sin Matriz = 82</b>			
Cuarzo 79			96,34			<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Arenisca Cuarzosa</b>			
Feld 3			3,66						
FR 0			0,00						
Matriz 5			5,00						

## Anexo 17. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12195'7"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
N° Muestra: 12195'7"		Fecha: 02/09/15	Petrografía por: José F. Martínez
Características Texturales			
Tam. Grano: ( 1 - 0,25 ) mm		Orientación: Anisotrópica Isotrópica	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio X	Sub-redond. X	Media X	Puntual
Pobre	Sub-angular X	Media-baja X	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv X
			Suturado X
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles estructura de laminación cruzada presente en la muestra, presencia de glauconit			
Componentes Principales (%)			
Granos: 65%	Matriz: 5%	Cemento: 10%	Porosidad: 20%
Granos 65%			
Cuarzo (%): 60	Feldespatos (%): 1	Fr. de Roca (%): 1	Accesorios (%): 3
Mc plutónico 46	Plagioclasa	Chert 0,5	Biotita
Pc plutónico 5	Ortosa	Metamórfico	Moscovita 1
Volcánico	Microclino 1	Sediment. 0,5	Circón 1
Mc metamórfico 5		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico 2		Plutónica	Caolinita 1
			Epidoto
Matriz (%): 5	Cemento (%): 10		Porosidad (%): 20
Minerales de arcilla 2	Cuarzo 7		Interpartícula 7
Oxidos de Fe 1	Oxidos de Fe 2		Intrapartícula 2
Cuarzo 2	Caolinita		Disolución 5
Caolinita	Mineral calcáreo		Fractura 3
Material carbonático	Minerales de arcilla 1		Móldica 3
Otros	Otros		
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X	
Baja X	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos X	Contacto long y conc-conv X	Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi.		Recálculo	Total sin Matriz = 62
Cuarzo	60	96,77	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Arenisca Cuarzosa</b>
Feld	1	1,61	
FR	1	1,61	
Matriz	5	5,00	



Anexo 19. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12184'8"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12184'8		Fecha: 04/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 47%	Aloquímicos: 0%	Ortoquímicos: 50%	Porosidad: 3%
Extraclastos 48%			
Cuarzo 25%	Feldspatos 10%	Fr. de Roca %	Accesorios 12%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X
Mc Metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
Tam. Grano: máx: 2 mm, prom: 0.58 mm y 0.19 mm			Epidoto X
			Glauconita X
Aloquímicos (0%)		Porosidad (3%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	X
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos béticos	Intrapartícula	X
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %:	10
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %:	40
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	10
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	25
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Pseudoespato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial X
	X	Isópaco X	Equigranular
		Menisco	Bladed X
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos X	Glauconitización X	Piritización	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos X	Silicificación X	Siderita X	
Neomorfismo agradante X	Fosfatización	Anhidrita X	
	Otros		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos X	Estilolitas		
Matriz X	otros:		
Cemento X	Color de Teñido:	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones			
Glauconita contada como aloquímico ya que parece sustituir a formas fósiles, dentro de estos se identificó un foraminífero (foto), las formas parecen corresponder a foraminíferos y gasterópodos. Feldespato sustituido por glauconita y chamosita, pirita y siderita sustituyen glauconita y fosfatos, dolomita y anhidrita, sílice como bordes de sobrecrecimiento y sustituyendo otros minerales.			

**Anexo 20. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12180'6"**

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis					
<b>Muestra: 12180'6"</b>		<b>Fecha: 02/09/15</b>		<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>	
<b>Características Texturales</b>					
<b>Tam. Grano: (0,05 ) mm; Muy Fina</b>			<b>Orientación: Anisotrópica Isotrópica</b>		
<b>Escogimiento</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>	<b>Contactos</b>		
Muy Bueno X	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X		
Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X		
Medio	Sub-redond. X	Media	Puntual		
Pobre	Sub-angular X	Media-baja X	Longitudinal X		
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv		
Suturado					
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles laminaciones lutíticas, trazas fosiles presentes en la sección, poca porosidad presente, minerales carbonaticos (aragonito y calcita), abundante presencia de glauconita					
<b>Componentes Principales (%)</b>					
<b>Granos: 59%</b>	<b>Matriz: 25%</b>	<b>Cemento: 15%</b>	<b>Porosidad: 1%</b>		
<b>Granos 59 %</b>					
<b>Cuarzo (%): 39</b>	<b>Feldespatos (%): 15</b>	<b>Fr. de Roca (%): 0</b>	<b>Accesorios (%): 5</b>		
Mc plutónico 35	Plagioclasa 3	Chert	Biotita		
Pc plutónico	Ortosa 10	Metamórfico	Moscovita 5		
Volcánico	Microclino 2	Sediment.	Circón		
Mc metamórfico 4		Volcánica	Apatito		
Pc metamórfico		Plutónica	Turmalina		
			Epidoto		
<b>Matriz (%): 25</b>		<b>Cemento (%): 15</b>		<b>Porosidad (%): 1</b>	
Minerales de arcilla 1		Cuarzo 2	Interparticula 0,25		
Oxidos de Fe 2		Oxidos de Fe 1	Intraparticula		
Cuarzo 3		Caolinita	Disolución		
Caolinita		Mineral calcáreo 10	Fractura 0,75		
Material carbonático		Minerales de arcilla 2	Móldica		
Otros		Otros			
<b>Efectos Diagenéticos</b>					
<b>Compactación</b>			<b>Cementación</b>		
Alta	Deformación de granos dúctiles X		Tipo de Cemento predominante		
Media	Fracturamiento de granos dúctiles		Rellenando poros X		
Baja X	Trituramiento de granos dúctiles		Sobrecrecimiento de granos		
	Deformación de granos		Aros/Forros/Envoltorios de granos		
<b>Disolución</b>	<b>Presión / Solución</b>		<b>Alteración</b>		
Granos	Contacto long y conc-conv		Feldespato		
Matriz X	Contactos suturados		Moscovita		
Cemento	Estilolitas		Biotita		
			FR		
			Otros		
	<b>Porcentajes origi.</b>	<b>Recálculo</b>	<b>Total sin Matriz =</b>		<b>54</b>
Cuarzo	39	72,22	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Waca Arcósica</b>		
Feld	15	27,78			
FR	0	0,00			
Matriz	25	25,00			



Anexo 22. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12163'6"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
<b>Muestra: 12163'6"</b>		<b>Fecha: 03/09/15</b>	
<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
Características Texturales			
<b>Tam. Grano: (0,66 - 0,33) mm, Grueso-Medio</b>		<b>Orientación:</b> Anisotrópica    Isotrópica	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz    X
Bueno            X	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento    X
Medio	Sub-redond.    X	Media            X	Puntual            X
Pobre	Sub-angular	Media-baja	Longitudinal    X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv        X
			Suturado            X
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles			
Intercalación de laminaciones paralelas entre granos mas finos y granos gruesos, escasa presencia de glauconita y escasa matriz carbonática			
Componentes Principales (%)			
<b>Granos: 55 %</b>	<b>Matriz: 7%</b>	<b>Cemento: 13%</b>	<b>Porosidad: 25%</b>
<b>Granos 55 %</b>			
<b>Cuarzo (%): 45</b>	<b>Feldespatos (%): 5</b>	<b>Fr. de Roca (%): 2</b>	<b>Accesorios (%): 3</b>
Mc plutónico 30	Plagioclasa 3	Chert 2	Biotita
Pc plutónico 5	Ortosa 5	Metamórfico	Moscovita 1
Volcánico	Microclino 2	Sediment. 1	Circón 1
Mc metamórfico 5		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico 5		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
<b>Matriz (%): 7</b>		<b>Cemento (%): 13</b>	
Minerales de arcilla 3		Cuarzo 8	<b>Porosidad (%): 25</b>
Oxidos de Fe 0,5		Oxidos de Fe 1	Interparticula 15
Cuarzo 1		Caolinita	Intraparticula 5
Caolinita		Mineral calcáreo 1	Disolución 2
Material carbonat. 2,5		Miner. de arcilla 3	Fractura 1
Otros		Otros	Móldica 1
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles    X	Tipo de Cemento predominante	
Media    X	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros    X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos    X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos	Contacto long y conc-conv    X	Feldespato    X	
Matriz    X	Contactos suturados            X	Moscovita    X	
Cemento    X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
<b>Porcentajes origi.</b>		<b>Recálculo</b>	
		<b>Total sin Matriz = 52</b>	
Cuarzo	45	86,54	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>
Feld	5	9,62	
FR	2	3,85	
Matriz	7	7,00	

## Anexo 23. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12157'4''

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
Muestra: 12157'4"		Fecha: 03/09/15	
Petrografía por: José F. Martínez			
Características Texturales			
Tam. Grano: ( 1 - 0,25 ) mm, Grueso - Medio		Orientación: Anisotrópica Isotrópica	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio X	Sub-redond.	Media	Puntual
Pobre	Sub-angular X	Media-baja	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja X	Conc-Conv X
Suturado			
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles laminación paralela presente, muestra con porosidad alta			
Componentes Principales (%)			
Granos: 55 %	Matriz: 5%	Cemento: 10%	Porosidad: 30%
Granos 55 %			
Cuarzo (%): 50	Feldespatos (%): 3	Fr. de Roca (%): 1	Accesorios (%): 1
Mc plutónico 35	Plagioclasa	Chert 1	Biotita
Pc plutónico 5	Ortosa 1	Metamórfico	Moscovita 0,5
Volcánico	Microclino 2	Sediment.	Circón 0,5
Mc metamórfico 10		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
Matriz (%): 5	Cemento (%): 10		Porosidad (%): 30
Minerales de arcilla 1	Cuarzo 7		Interpartícula 16
Oxidos de Fe 1	Oxidos de Fe 2		Intrapartícula 2
Cuarzo 3	Caolinita		Disolución 7
Caolinita	Mineral calcáreo		Fractura 2
Material carbonat.	Miner. de arcilla 1		Móldica 3
Otros	Otros		
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos X	Contacto long y conc-conv X	Feldespato X	
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita	
Cemento X	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
Porcentajes origi.		Recálculo	Total sin Matriz = 54
Cuarzo	50	92,59	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>
Feld	3	5,56	
FR	1	1,85	
Matriz	5	5,00	



Anexo 25. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12135'10"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis									
<b>Muestra: 12135'10"</b>		<b>Fecha: 03/09/15</b>		<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>					
<b>Características Texturales</b>									
<b>Tam. Grano: ( 1 - 0,25 ) mm; Grueso - Medio</b>				<b>Orientación: Anisotrópica Isotrópica</b>					
<b>Escogimiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>Esfericidad</b>		<b>Contactos</b>			
Muy Bueno		Bien Redond.		Alta		Grano-matriz			
Bueno X		Redondeado		Media-alta		Grano-cemento X			
Medio X		Sub-redond. X		Media		Puntual			
Pobre		Sub-angular		Media-baja X		Longitudinal X			
Muy pobre		Angular		Baja		Conc-Conv X			
Suturado									
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles laminaciones hacia la base de granos mas gruesos, matriz carbonática hacia la base, con escogimiento bueno hacia el tope y medio hacia la base, algunos cristales de glauconita									
<b>Componentes Principales (%)</b>									
<b>Granos: 65 %</b>		<b>Matriz: 10%</b>		<b>Cemento: 10%</b>		<b>Porosidad: 15%</b>			
<b>Granos 65 %</b>									
<b>Cuarzo (%): 54</b>		<b>Feldespatos (%): 5</b>		<b>Fr. de Roca (%): 3</b>		<b>Accesorios (%): 3</b>			
Mc plutónico 49		Plagioclasa 1		Chert 1		Biotita			
Pc plutónico		Ortosa 2		Metamórfico		Moscovita 2			
Volcánico		Microclino 2		Sediment. 2		Circón 1			
Mc metamórfico 5				Volcánica		Apatito			
Pc metamórfico				Plutónica		Turmalina			
Epidoto									
<b>Matriz (%): 10</b>			<b>Cemento (%): 10</b>				<b>Porosidad (%): 15</b>		
Minerales de arc. 1			Cuarzo 7				Interpartícula 10		
Oxidos de Fe 1			Oxidos de Fe 1				Intrapartícula 1		
Cuarzo 5			Caolinita				Disolución 2		
Caolinita			Mineral calcáreo 2				Fractura 2		
Material carbonat. 3			Miner. de arcilla				Móldica		
Otros			Otros						
<b>Efectos Diagenéticos</b>									
<b>Compactación</b>					<b>Cementación</b>				
Alta		Deformación de granos dúctiles X			Tipo de Cemento predominante				
Media		Fracturamiento de granos dúctiles			Rellenando poros X				
Baja X		Trituramiento de granos dúctiles			Sobrecrecimiento de granos				
Deformación de granos Aros/Forros/Envoltorios de granos									
<b>Disolución</b>		<b>Presión / Solución</b>			<b>Alteración</b>				
Granos		Contacto long y conc-conv X			Feldespato				
Matriz X		Contactos suturados			Moscovita				
Cemento X		Estilolitas			Biotita				
FR									
Otros									
		<b>Porcentajes origi.</b>		<b>Recálculo</b>		<b>Total sin Matriz =</b>		<b>62</b>	
Cuarzo		54		87,10		<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>			
Feld		5		8,06					
FR		3		4,84					
Matriz		10		10,00					

## Anexo 26. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12126'4"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis			
<b>Muestra: 12126'4"</b>		<b>Fecha: 03/09/15</b>	
<b>Petrografía por: José F. Martínez</b>			
Características Texturales			
<b>Tam. Grano: (0,5 - 0,125) mm; Medio - Fino</b>		<b>Orientación: Anisotrópica Isotrópica</b>	
Escogimiento	Redondez	Esfericidad	Contactos
Muy Bueno	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno X	Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio	Sub-redond. X	Media	Puntual
Pobre	Sub-angular	Media-baja X	Longitudinal X
Muy pobre	Angular	Baja	Conc-Conv X
			Suturado X
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles escasa presencia de minerales de glauconita, ciertas laminaciones lodosas tipo flazer			
Componentes Principales (%)			
<b>Granos: 75%</b>	<b>Matriz: 5%</b>	<b>Cemento: 15%</b>	<b>Porosidad: 5%</b>
Granos 75 %			
<b>Cuarzo (%): 65</b>	<b>Feldespatos (%): 5</b>	<b>Fr. de Roca (%): 2</b>	<b>Accesorios (%): 3</b>
Mc plutónico 45	Plagioclasa 2	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa 12	Metamórfico 1	Moscovita 2
Volcánico	Microclino 3	Sediment. 1	Circón 1
Mc metamórfico 5		Volcánica	Apatito
Pc metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
Matriz (%): 5	Cemento (%): 15		Porosidad (%): 5
Minerales de arc. 1	Cuarzo 12		Interpartícula 2,5
Oxidos de Fe 1	Oxidos de Fe 2		Intrapartícula 0,5
Cuarzo 3	Caolinita		Disolución
Caolinita	Mineral calcáreo		Fractura 2
Material carbonat.	Miner. de arcilla 1		Móldica
Otros	Otros		
Efectos Diagenéticos			
Compactación		Cementación	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante	
Media X	Fracturamiento de granos dúctiles X	Rellenando poros X	
Baja	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X	
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos	
Disolución	Presión / Solución	Alteración	
Granos	Contacto long y conc-conv X	Feldespato	
Matriz X	Contactos suturados X	Moscovita X	
Cemento	Estilolitas	Biotita	
		FR	
		Otros	
	<b>Porcentajes origi.</b>	<b>Recálculo</b>	<b>Total sin Matriz = 72</b>
Cuarzo	65	90,28	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Subarcosa</b>
Feld	5	6,94	
FR	2	2,78	
Matriz	5	5,00	

## Anexo 27. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12118'3"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis				
Muestra: 12118'3"		Fecha: 03/09/15		Petrografía por: José F. Martínez
<b>Características Texturales</b>				
Tam. Grano: (0,25 - 0,0625 )mm; Fino - M. Fino			Orientación: Anisotrópica Isotrópica	
<b>Escogimiento</b>		<b>Redondez</b>		<b>Esfericidad</b>
Muy Bueno	X	Bien Redond.	Alta	Grano-matriz X
Bueno		Redondeado	Media-alta	Grano-cemento X
Medio		Sub-redond. X	Media X	Puntual
Pobre		Sub-angular	Media-baja	Longitudinal X
Muy pobre		Angular	Baja	Conc-Conv X
Suturado				
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles laminaciones lutíticas (lodosas) irregulares o tipo flaser en la sección, minerales de micas se alinean en las estructuras laminares				
<b>Componentes Principales (%)</b>				
Granos: 70%		Matriz: 15%		Cemento: 10%
Porosidad: 5%				
<b>Granos 70 %</b>				
<b>Cuarzo (%): 45</b>		<b>Feldespatos (%): 19</b>		<b>Fr. de Roca (%): 1</b>
<b>Accesorios (%): 5</b>				
Mc plutónico 35	Plagioclasa 3	Chert	Biotita	
Pc plutónico 5	Ortosa 11	Metamórfico	Moscovita 5	
Volcánico	Microclino 5	Sediment. 1	Circón	
Mc metamórfico 5		Volcánica	Apatito	
Pc metamórfico		Plutónica	Turmalina	
			Epidoto	
<b>Matriz (%): 15</b>		<b>Cemento (%): 10</b>		<b>Porosidad (%): 5</b>
Minerales de arc. 12		Cuarzo 7	Interpartícula 1,75	
Oxidos de Fe 1		Oxidos de Fe 2	Intrapartícula 0,2	
Cuarzo 2		Caolinita	Disolución	
Caolinita		Mineral calcáreo	Fractura 3	
Material carbonat.		Miner. de arcilla 1	Móldica	
Otros		Otros		
<b>Efectos Diagenéticos</b>				
<b>Compactación</b>			<b>Cementación</b>	
Alta	Deformación de granos dúctiles X	Tipo de Cemento predominante		
Media	Fracturamiento de granos dúctiles	Rellenando poros X		
Baja X	Trituramiento de granos dúctiles	Sobrecrecimiento de granos X		
	Deformación de granos	Aros/Forros/Envoltorios de granos		
<b>Disolución</b>		<b>Presión / Solución</b>		<b>Alteración</b>
Granos	Contacto long y conc-conv X	Feldespatos		
Matriz X	Contactos suturados	Moscovita X		
Cemento	Estilolitas	Biotita		
		FR		
		Otros		
<b>Porcentajes origi.</b>		<b>Recálculo</b>		<b>Total sin Matriz = 65</b>
Cuarzo	45	69,23	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Waca Arcósica</b>	
Feld	19	29,23		
FR	1	1,54		
Matriz	15	15,00		

Anexo 28. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12105'8"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: <b>12105'8</b>	Fecha: 04/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
<b>Extraclásticos: 35%</b>	<b>Aloquímicos: 0%</b>	<b>Ortoquímicos: 60%</b>	<b>Porosidad: 5%</b>
Extraclastos 35%			
<b>Cuarzo 20%</b>	<b>Feldespatos 7%</b>	<b>Fr. de Roca %</b>	<b>Accesorios 8%</b>
Mc plutónico x	Plagioclasa x	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa x	Metamórfico	Moscovita x
Volcánico	Microclino x	Sediment.	Circón x
Mc Metamórfico x		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
			Glauconita x
Aloquímicos (0%) No Visibles, sustituidos		Porosidad (5%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	3
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	1
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	1
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 10</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 50 (Sustituyendo)</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>	Espato	30
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	15
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco X	Equigranular
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glauconitización	X
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros	
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos		Estilolitas	
Matriz	X		
Cemento		Otros	
Fr. Fósiles			
Observaciones	Matriz y cemento carbonático, roca con abundante presencia de glauconita autigenica, presencia de componentes aloquimicos sustituidos por cementación de dolomita y calcita, posible dedolomitización		

Nombre de la Roca:  
**Mount (1985):**  
 Dolomía Calcítica Arenosa

Anexo 29. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12103'7"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12103'7"		Fecha: 07/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 40%		Aloquímicos: 0%	
Ortoquímicos: 59%		Porosidad: 1%	
Extraclastos 35%			
Cuarzo 25%		Feldspatos 7%	
Fr. de Roca %		Accesorios 7%	
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita X
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón X
Mc Metamórfico X		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalina
			Epidoto
			Glaucónita X
Aloquímicos (0%)		Porosidad (1%)	
Intraclastos %		Fósiles %	
Fragmentos de Braquiopodos		Foraminíferos bénticos	
Fragmentos de Equinodermos		Miliólidos	
Fragmentos de Ostracodos		Nummulites	
Fragmentos de Moluscos		Amphistegina	
Fragmentos de Algas		Ostrácodos	
Fragmentos de Corales		Otros	
Fragmentos de Calizas		Pelets (%):	
Agregados o Grappes		Ooides (%)	
Otros			
		Interpartícula X	
		Intrapartícula X	
		Disolución X	
		Fractura	
		Móldica	
		Matriz (micrita) %: 10	
		Cemento %: 49	
		Espato 29	
		Microespato 5	
		Pseudoespato 15	
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco X	Equigranular
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glaucónitización X	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros	
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos		Estilolitas	
Matriz X			
Cemento		Otros	
Fr. Fósiles			
Observaciones			
Matriz y cemento carbonático, glauconita autigenica y cemento carbonatico que sustituyen componentes aloquimicos, laminaciones lodosas			

Nombre de la Roca:  
**Mount (1985):**  
 Dolomía Aloquímica Arenosa

## Anexo 30. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12099'5"

Planilla para petrografía de ARENISCA - Tesis							
Muestra: 12099'5"		Fecha: 03/09/15		Petrografía por: José F. Martínez			
Características Texturales							
Tam. Grano: (0,05) mm; muy fino				Orientación: Anisotrópica Isotrópica			
Escogimiento		Redondez		Esfericidad		Contactos	
Muy Bueno	X	Bien Redond.		Alta		Grano-matriz	X
Bueno		Redondeado		Media-alta		Grano-cemento	X
Medio	X	Sub-redond.		Media		Puntual	
Pobre		Sub-angular	X	Media-baja	X	Longitudinal	X
Muy pobre		Angular		Baja		Conc-Conv	X
						Suturado	X
<b>Descripción textural, estructuras biogénicas:</b> gradaciones, laminaciones, lenticularizaciones, arreglo de los componentes detríticos, trazas fósiles traza fósil de glosifungites, variación del tamaño y escogimiento debido a esa estructura. roca con alto contenido de glauconita							
Componentes Principales (%)							
Granos: 65%		Matriz: 15%		Cemento: 5%		Porosidad: 15%	
Granos 65 %							
Cuarzo (%): 53		Feldespatos (%): 5		Fr. de Roca (%): 2		Accesorios (%): 5	
Mc plutónico	48	Plagioclasa	4	Chert		Biotita	
Pc plutónico		Ortosa	10	Metamórfico		Moscovita	5
Volcánico		Microclino	6	Sediment.	2	Circón	
Mc metamórfico	5			Volcánica		Apatito	
Pc metamórfico				Plutónica		Turmalina	
						Epidoto	
Matriz (%): 15		Cemento (%): 5				Porosidad (%): 15	
Minerales de arc.	13	Cuarzo	2	Interparticula	12	Intraparticula	0,5
Oxidos de Fe	1	Oxidos de Fe	1	Disolución	2	Fractura	0,5
Cuarzo	1	Caolinita		Móldica			
Caolinita		Mineral calcáreo					
Material carbonat.		Miner. de arcilla	2				
Otros		Otros					
Efectos Diagenéticos							
Compactación				Cementación			
Alta	X	Deformación de granos dúctiles	X	Tipo de Cemento predominante			
Media		Fracturamiento de granos dúctiles	X	Rellenando poros			
Baja		Trituramiento de granos dúctiles		Sobrecrecimiento de granos			
		Deformación de granos		Aros/Forros/Envoltorios de granos			
Disolución		Presión / Solución			Alteración		
Granos	X	Contacto long y conc-conv	X	Feldespatos			
Matriz	X	Contactos suturados	X	Moscovita			
Cemento	X	Estilolitas		Biotita			
				FR			
				Otros			
Porcentajes origi.		Recálculo		Total sin Matriz =		60	
Cuarzo	53		88,33	<b>Clasificación según: Pettijohn (1973) Nombre de Roca: Waca Arcósica</b>			
Feld	5		8,33				
FR	2		3,33				
Matriz	15		15,00				

Anexo 31. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12085'3"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12085'3	Fecha: 28/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 30%	Aloquímicos: 0%	Ortoquímicos: 50%	Porosidad: 20%
Extraclastos 30%			
Cuarzo 15%	Feldespatos 11%	Fr. de Roca %	Accesorios 4%
Mc plutónico x	Plagioclasa x	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa x	Metamórfico	Moscovita x
Volcánico	Microclino x	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico x		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita x
			Glauconita x
Aloquímicos (0%) No Visibles, sustituidos		Porosidad (20%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	X
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	X
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostracodos	Matriz (micrita) %:	5
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %:	45 (Sustituyendo)
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	30
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	10
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glauconitización	X
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros: Piritización	X
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos		Estilolitas	
Matriz	X	otros:	
Cemento	X	Color de Teñido:	Rojo: Malva: Púrpura: No tñe: X
Fr. Fósiles		Azul ---> Claro: Oscuro:	Dolomita exenta de Fe
Observaciones			
Cemento carbonatico equigranular, sustituyendo componentes aloqui - micos, glauconitizacion y piritizacion, con abundante porosidad por diso - lucion			

Anexo 32. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12083'-81'

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra:12083'-81'		Fecha: 28/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 2%	Aloquímicos: 0%	Ortoquímicos: 93%	Porosidad: 5%
Extraclastos 2%			
Cuarzo 1,5%	Feldespatos 0,5%	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico x	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa x	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico x		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucionita
Aloquímicos (0%) No Visibles, sustituidos		Porosidad (5%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	X
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %:	15
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %:	78 (Sustituyendo)
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	60
Agregados o Grappes	Ooides (%)	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	13
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	Glaucionización		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros:		
Zonación de minerales			
		Nombre de la Roca:	
		Mount (1985):	
		Dolomia Aloquímica Lodosa	
Disolución	Presión / Solución		
Granos	Estilolitas		
Matriz X	otros:		
Cemento X	Color de Teñido:	Rojo:	Malva:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro:	Oscuro:	Purpura:
Observaciones		No tiñe:	X
Roca dolomitizada, sin teñido, componentes aloquimicos sustituidos			

## Anexo 33. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12079'7"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12079'7	Fecha: 28/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 0%	Aloquímicos: 0%	Ortoquímicos: 97%	Porosidad: 3%
Extraclastos %			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucionita
Aloquímicos (0%) No Visibles, sustituidos		Porosidad (3%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos béticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 10</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 87 (Sustituyendo)</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%)</b> :	Espato	70
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%)</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	12
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	Glaucionitización		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros: Piritización X		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas: De grandes amplitudes		
Matriz X	otros:		
Cemento	<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones			
Roca con teñido malva, de calcita pobre en hierro, dolomitizada en oca - siones perdiendo el teñido, piritizada, y estilolita de gran amplitud			

## Anexo 34. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12073'

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12073'		Fecha: 28/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 35%	Aloquímicos: 5%	Ortoquímicos: 59%	Porosidad: 1%
Extraclastos 35%			
Cuarzo 15%	Feldespatos 12%	Fr. de Roca %	Accesorios 8%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino X	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico x		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita X
			Glauconita X
Aloquímicos (5%)		Porosidad (1%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos X	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución X	
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos X	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %: 5	
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %: 54 (Sustituyendo)	
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato 35	
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato 5	
Otros		Pseudoespato 14	
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco X	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos X	Glauconitización		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos X	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros: Piritización X		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas: De grandes amplitudes		
Matriz X	otros:		
Cemento	Color de Teñido:	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones			
Roca con teñido malva, de calcita pobre en hierro también dolomitizada perdiendo el teñido, piritizada, recristalización en calcita y dolomita de de partes fosiles			

## Anexo 35. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12061'8"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12061'8	Fecha: 28/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 1%	Aloquímicos: 12%	Ortoquímicos: 83%	Porosidad: 4%
Extraclastos 1%			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico X	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Meta mórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Meta mórfico		Volcánica	Apatito
Pc Meta mórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:	0,19 mm max, 0,038 mm prom., limo grueso		Pirita X
			Glaucionita X
Aloquímicos (12%)		Porosidad (4%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	X
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	X
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X
Fragmentos de Moluscos X	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas X	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 15</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 68</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>	Espato	48
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	15
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial X	Radial
	X	Isópaco	Equigranular
		Menisco	Nodular X
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	X	Glaucionización X	Dedolomitización X
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	X	Piritización X	Anhidrita X
Neomorfismo agradante	X	Dolomitización X	
		Otros:	
Zonación de minerales			
Dolomita - Calcita / Calcita - Dolomita / Dolomita barroca			
Disolución		Presión / Solución	
Granos X	Estilolitas: rellenas de mat. Organico	<b>Nombre de la Roca:</b> <b>Mount (1985):</b> Dolomia Calcítica Micrítica Aloquímica	
Matriz X	otros:		
Cemento X	<b>Color de Teñido:</b>		
Fr. Fósiles X	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones			
Dolomía completamente recristalizada, los fragmentos esqueléticos fueron disueltos y sustituidos, Los otros fósiles no se pudieron identificar, se infiere que son pelecípodos y gasterópodos, por la forma que presentan en las muestras de núcleos. La pirita sustituye a la calcita, dolomita, fosfatos y glauconita.			

Anexo 36. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12050'

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12050'	Fecha: 28/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 10%	Aloquímicos: 5%	Ortoquímicos: 75%	Porosidad: 10%
Extraclastos 10%			
Cuarzo 5%	Feldspatos 3%	Fr. de Roca %	Accesorios 2%
Mc plutónico X	Plagioclasa X	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa X	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:	0,25 y 0,125 mm, Fino		Pirita X
			Glauconita X
Aloquímicos (5%)		Porosidad (10%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X
Fragmentos de Moluscos x	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	Matriz (micrita) %:	5
Fragmentos de Corales	Otros	Cemento %:	70
Fragmentos de Calizas	Pelets (%):	Espato	55
Agregados o Grappes	Ooides (%):	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	10
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas	X	Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco X	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	Glauconitización X		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros: Piritizacion X		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas: de mediana amplitud		
Matriz X	otros:		
Cemento	Color de Teñido:	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles X	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita pobre en Fe	
Observaciones	teñido color malva muy pobre, calcita dolomitizada, disolucion de algunos fragmentos fosiles		
Nombre de la Roca: <b>Mount (1985):</b> Caliza Dolomitica Arenosa			

**Anexo 37. Planilla Petrográfica del pozo Bor-5E, 12035'8"**

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12035'8"		Fecha: 28/09/2015	
Petrografía por: José F. Martínez			
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 5%	Aloquímicos: 5%	Ortoquímicos: 85%	Porosidad: 5%
Extraclastos 5%			
Cuarzo 1%	Feldespatos %	Fr. de Roca 4%	Accesorios %
Mc plutónico X	Plagioclasa	Chert X	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucionita
Aloquímicos (5%)		Porosidad (5%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos x	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	X
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	X
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 5</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 80</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>	Espato	60
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	15
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas X	Bioturbaciones		
Formación de envoltorios micríticos	Otros		
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos	Glaucionitización		
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos	Silicificación		
Neomorfismo agradante	Fosfatización		
	Otros:		
Zonación de minerales			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas		
Matriz X	otros:		
Cemento	<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Calcita y dolomita pobre en Fe	
Observaciones	leve teñido color malva, calcita dolomitizada, mas dolomita que calcita		

Anexo 38. Planilla petrográfica del pozo Bor-5E, 12026'3"

Planilla para petrografía de CARBONATOS - Tesis			
N° Muestra: 12026'3"	Fecha: 28/09/2015	Petrografía por: José F. Martínez	
Componentes Principales (%)			
Extraclásticos: 0%	Aloquímicos: 1%	Ortoquímicos: 99%	Porosidad: %
Extraclastos %			
Cuarzo %	Feldespatos %	Fr. de Roca %	Accesorios %
Mc plutónico	Plagioclasa	Chert	Biotita
Pc plutónico	Ortosa	Metamórfico	Moscovita
Volcánico	Microclino	Sediment.	Circón
Mc Metamórfico		Volcánica	Apatito
Pc Metamórfico		Plutónica	Turmalin
Tamaño de grano:			Pirita
			Glaucionita
Aloquímicos (1%)		Porosidad (%)	
Intraclastos %	Fósiles %	Interpartícula	
Fragmentos de Braquiopodos	Foraminíferos bénticos	Intrapartícula	
Fragmentos de Equinodermos	Miliólidos	Disolución	
Fragmentos de Ostracodos	Nummulites	Fractura	
Fragmentos de Moluscos	Amphistegina	Móldica	
Fragmentos de Algas X	Ostrácodos	<b>Matriz (micrita) %: 19</b>	
Fragmentos de Corales	Otros	<b>Cemento %: 80</b>	
Fragmentos de Calizas	<b>Pelets (%):</b>	Espato	60
Agregados o Grappes	<b>Ooides (%):</b>	Microespato	5
Otros		Pseudoespato	15
Efectos Diagenéticos			
Procesos Orgánicos			
Micritización de partículas esqueléticas		Bioturbaciones	
Formación de envoltorios micríticos		Otros	
Cementación			
Cemento predominante: Espato			
Forma en que se presenta		Textura	
Precipitado	Recristalizado	Sintaxial	Radial
	X	Isópaco	Equigranular X
		Menisco	Otros
Noemorfismo		Reemplazamiento	
N. Inversión Homoaxil de Fr. De Moluscos		Glaucionitización	
N. Inversión Heteroaxil de Fr. De Moluscos		Silicificación	
Neomorfismo agradante		Fosfatización	
		Otros: Dedolomitizacion X	
Zonación de minerales			
Dolomita barroca			
Disolución		Presión / Solución	
Granos	Estilolitas	<b>Nombre de la Roca:</b> <b>Mount (1985):</b> Dolomia Lodosa	
Matriz	otros:		
Cemento	<b>Color de Teñido:</b>	Rojo: Malva: X	Purpura: No tiñe:
Fr. Fósiles	Azul ---> Claro: Oscuro:	Dolomita pobre en Fe	
Observaciones			
Dolomita con granos bien desarrollados en matriz lodosa o mat. Orgánico, dolomita sucia, en ocasiones dolomita barroca			