

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE
PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS
FLORES, SANTA ROSA**

WALTER OLIVERIO YAT MORÁN

COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2 015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE
PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS
FLORES, SANTA ROSA**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR

**WALTER OLIVERIO YAT MORÁN
200740117**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2 015

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovani Macz Choc
SECRETARIA: Licda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DE DOCENTES: Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE EGRESADOS: Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián
PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. *M.Sc.* Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler
SECRETARIA: Inga. Geol. Silvia Friné Cortéz Bendfeldt
VOCAL: Ing. Geol. Osmín Jared Vásquez Hernández

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. *M.Sc.* Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geol. Osmín Jared Vásquez Hernández

ASESOR

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



02 de febrero de 2015.

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

E-mail: geologiausac@gmail.com

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEOL. WALTER OLIVERIO YAT MORÁN**, carné No. **200740117**, titulado: **“ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical
Docente Asesor
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
E-mail: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-167/2015
08 de mayo de 2015

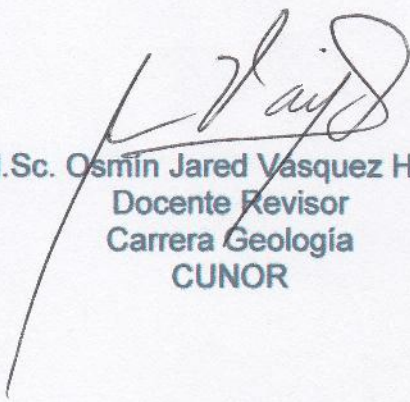
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEOL. WALTER OLIVERIO YAT MORÁN**, carné No. **200740117**, titulado: **“ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. M.Sc. Osmín Jared Vasquez Hernández
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

E-mail: geologiausac@gmail.com

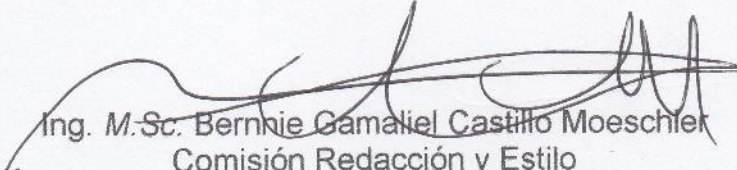
Ref. 15-CG-250/2015
10 de agosto de 2015.

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA”**, realizado por el (la) **T.U. GEOL. WALTER OLIVERIO YAT MORÁN**, carné No. **200740117**, el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

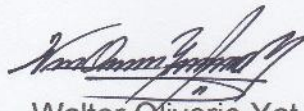

Ing. M.Sc. Bernkie Gamaliel Castillo Moeschler
Comisión Redacción y Estilo
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el Trabajo de graduación titulado, **ANÁLISIS DE LA UNIDAD DE CALIZAS EN NÚCLEOS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO ESCOBAL SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Geólogo.



Walter Oliverio Yat Morán
Carné No. 200740117

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

Dedicado a los mejores padres con lo que Dios me pudo dejar,...

Elvira Saquil
Abel Yat (+)

DIOS se tomó el tiempo para hacer un rompecabezas geológico llamado Guatemala, falta mucho por aprender, descubrir y de lo cual escribir,...

Walter Yat

AGRADECIMIENTOS

A la fuerza divina que siempre me ha guiado, protegido y brindado oportunidades durante este lapso de mi vida.

A Abel Yat (+) y Elvira Saquil por el amor, cariño, paciencia y sobre todo el apoyo que me han brindado.

A mis padres un agradecimiento profundo.

A mis hermanos en especial a: Byron, Jamil, Evelyn, Elvy y Raúl por todo el apoyo y por ser un ejemplo para mí.

A mis tíos en especial Irma, Víctor por brindarme su ayuda y alentarme siempre a seguir hacia delante.

A mis primos(as): a los que siempre han estado ahí Víctor, Julieta, Tania.

A mis amigos (as) por los momentos compartidos y la ayuda que me han brindado durante todo este tiempo.

Al departamento de Exploración de Minera San Rafael por las oportunidades brindadas tanto para la realización del EPS así como la presente tesis. A los ingenieros Francisco Díaz y Otto García por las ideas brindadas para la realización de la investigación.

A las personas que me ayudaron en la elaboración de las láminas delgadas durante la etapa de laboratorio, donde no puedo dejar de mencionar a Ricardo Milián y Sergio Macz.

Al Centro Universitario del Norte, por ser mi casa de estudio.

A los docentes de la Carrera de Geología por compartir sus conocimientos y observaciones durante estos años.

A mi asesor Sergio Morán por las observaciones, consejos y correcciones hechas al presente trabajo.

Y a todas las personas que de una u otra forma hicieron este trabajo posible.

A todos ellos, muchas gracias
Walter Oliverio Yat Morán

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | I |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| LISTADO DE ABREVIATURAS | IX |
| RESUMEN | XI |
| INTRODUCCIÓN | XIII |

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1.1 Planteamiento del Problema | 1 |
| 1.2 Justificación | 2 |
| 1.3 Hipótesis | 2 |
| 1.4 Objetivos | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General | 3 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.5 Localización del Área | 3 |
| 1.5.1 Ubicación y Extensión del Área | 3 |
| 1.5.2 Accesos | 5 |
| 1.6 Antecedentes | 5 |

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

| | |
|--|---|
| 2.1 Marco Metodológico | 7 |
| 2.1.1 Etapa de Recopilación y Análisis Bibliográfico | 7 |
| 2.1.2 Etapa de Campo | 7 |
| 2.1.3 Etapa de Laboratorio | 8 |
| 2.1.4 Etapa de Gabinete | 8 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 2.2 | Marco Estratigráfico Regional | 8 |
| 2.2.1 | Estratigrafía Regional | 10 |
| | a. Siliciclásticos Pre-Grupo Yojoa | 10 |
| | b. Grupo Yojoa | 11 |
| | c. Grupo Valle de Ángeles | 12 |
| | d. Formación Subinal | 13 |
| 2.3 | Geología Estructural Regional | 14 |

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| | | |
|--------|---|----|
| 3.1 | Secuencias Estratigráficas | 17 |
| 3.1.1 | Secuencia del Pozo E11-269 | 21 |
| 3.1.2 | Secuencia del Pozo E11-314 | 23 |
| 3.1.3 | Secuencia del Pozo E11-326 | 24 |
| 3.1.4 | Secuencia del Pozo E12-356 | 26 |
| 3.1.5 | Secuencia del Pozo E12-362 | 28 |
| 3.1.6 | Secuencia del Pozo E12-363 | 30 |
| 3.1.7 | Secuencia del Pozo E12-378 | 31 |
| 3.1.8 | Secuencia del Pozo E12-380a | 33 |
| 3.1.9 | Secuencia del Pozo E12-390 | 35 |
| 3.1.10 | Secuencia del Pozo E12-393 | 36 |
| 3.1.11 | Secuencia del Pozo E12-395 | 38 |
| 3.1.12 | Secuencia del Pozo E13-396a | 40 |
| 3.1.13 | Secuencia del Pozo E13-398 | 41 |
| 3.1.14 | Secuencia del Pozo E13-401 | 43 |
| 3.2 | Correlación de Secuencias Estratigráficas | 45 |
| 3.2.1 | Sección Geológica A – A´ | 46 |
| 3.2.2 | Sección Geológica B – B´ | 48 |
| 3.2.3 | Sección Geológica C – C´ | 50 |
| 3.2.4 | Sección Geológica D – D´ | 52 |
| 3.2.5 | Sección Geológica E – E´ | 53 |
| 3.2.6 | Sección Geológica F – F´ | 55 |
| 3.2.7 | Sección Geológica G – G´ | 57 |
| 3.2.8 | Sección Geológica H – H´ | 59 |
| 3.2.9 | Sección Geológica I – I´ | 61 |
| 3.3 | Estratigrafía del Nivel calcáreo | 63 |
| 3.3.1 | Microfacies Calcáreas | 63 |
| 3.3.2 | Análisis de Microfacies Calcáreas | 67 |
| | a) E11-269 | 67 |
| | b) E12-326 | 75 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| c) E12-395 | 78 |
| d) E13-396a | 85 |
| e) E13-398 | 94 |
| 3.4 Modelo Sedimentario Local | 97 |
| 3.5 Análisis de la Unidad de Caliza | 101 |
| 3.6 Edad Relativa | 104 |
| 3.7 Equivalencias Estratigráficas | 105 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|--------------------------|---------|
| Conclusión general | 109 |
| Conclusiones específicas | 109 |
| Recomendaciones | 111 |
| BIBLIOGRAFÍA | 113 |
| ANEXO | |
| I GLOSARIO | 117 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Muestra de mano de caliza pozo E11-269: A) caliza <i>mudstone</i> B) y C) caliza <i>wackestone</i> ; D) y E) <i>packstone</i> ; F) caliza <i>wackestone</i> G) caliza <i>mudstone</i> y H) caliza <i>packstone</i> | 68 |
| 2 | Caliza <i>mudstone-wackestone</i> MCE-2: A, B, C. Imágenes de la sección MCE-3 microbrecha calcárea: D, E, F | 70 |
| 3 | Imágenes de la sección MCE-4 A. La muestra MCE-5 B, C, D | 71 |
| 4 | imágenes de la sección MCE-7A: A, B. Imágenes de la sección MCE-8: C. imágenes de la sección MCE-9: D | 72 |
| 5 | Imágenes de la sección MCE-10 | 73 |
| 6 | Imágenes de la sección MCE-13 | 74 |
| 7 | Imágenes de la sección MCE-60 del pozo E11-326 | 77 |
| 8 | Muestras de mano de pozo E12-395: A) brecha calcárea; B); C) y D) caliza <i>mudstone</i> ; E) caliza <i>wackestone</i> ; F) caliza <i>packstone</i> G) caliza <i>mudstone</i> ; H) caliza <i>packstone</i> | 79 |
| 9 | Imágenes de la sección MCE-19 | 80 |
| 10 | Imágenes de la sección MCE-22 | 81 |
| 11 | Imágenes de la sección MCE-24 | 82 |
| 12 | A) Imágenes de las secciones MCE-26, B) Sección MCE-28. C) Muestra MEC-29 nódulos de arcilla | 83 |
| 13 | A) Imágenes de las MCE-30. C) Imágenes de la sección MCE-31 | 84 |
| 14 | Muestras de mano de E13-396a: a) caliza <i>mudstone</i> ; b) caliza <i>wackestone</i> ; c) caliza <i>mudstone</i> ; d) caliza <i>wackestone</i> ; e) caliza <i>mudstone</i> ; f) y g) caliza <i>wackestone</i> ; h) caliza <i>mudstone</i> | 86 |
| 15 | Sección MCE-33 muestra una matriz de lodo diseminado | 87 |
| 16 | A), B) Sección MCE-34. C) Imágenes de la muestra MEC-36.D) y E) Muestra MCE-38. F) MCE-39 | 88 |
| 17 | Imágenes de la sección de tipo caliza <i>mudstone</i> : A) muestra MCE-42. b) Muestra MCE-43 | 89 |
| 18 | Imágenes de las muestras: A), B) MCE-44. C) MCE-45. D) MCE-46. E) y F) MCE-47 | 90 |
| 19 | A), B), C) Imágenes de la sección MCE-50. D), E), F) Imágenes de la sección MCE-51 | 92 |
| 20 | Imágenes de la muestra MCE-53 | 93 |
| 21 | Muestras de mano del pozo E12-398: A) Caliza <i>wackestone</i> ; B) y C) Caliza <i>mudstone</i> | 94 |
| 22 | A), B) Imágenes de la sección MCE-55. C), D) Imágenes de MCE-56. E), F) Imágenes de MEC-58 | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | Coordenadas UTM del área del área de estudio | 5 |
| 2 | Datos de pozos estudiados | 19 |
| 3 | Facies para abanicos submarinos y sus principales características | 20 |
| 4 | Espesor de caliza | 63 |
| 5 | <i>Standard microfacies types (SMF)</i> de Wilson (1975) | 65 |
| 6 | Características las <i>Ramp Microfacies Types (RMF)</i> de Flügel (2004) | 66 |
| 7 | Listado de muestras de pozo E11-269 | 67 |
| 8 | Listado de muestras de pozo E11-326 | 76 |
| 9 | Listado de muestras de pozo E12-395 | 78 |
| 10 | Listado de muestras de pozo E11-396a | 85 |
| 11 | Listado de muestras de pozo E13-398 | 95 |
| 12 | Cuadro resumen de las zonas de facies <i>SMF</i> y facies <i>RMF</i> del pozo E11-269 | 102 |
| 13 | Cuadro resumen de las zonas de facies <i>SMF</i> y facies <i>RMF</i> del pozo E12-395 | 103 |
| 14 | Cuadro resumen de las zonas de facies <i>SMF</i> y facies <i>RMF</i> del pozo E13-396a | 104 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Ubicación del área de estudio en el contexto regional | 4 |
| 2 | Bloque Chortí en Guatemala y la configuración tectónica regional | 9 |
| 3 | Mapa de ubicación de los terrenos tectonoestratigráficos para Sur de México y América Central | 10 |
| 4 | Marco tectónico del territorio guatemalteco | 16 |
| 5 | Mapa geológico del Proyecto Escobal que muestra la distribución de los pozos en el área de estudio | 18 |
| 6 | Modelo de abanico de Mutti & Ricci Lucchi (1972) | 21 |
| 7 | Columna estratigráfica E11-269 a escala 1: 5 000 | 22 |
| 8 | Columna estratigráfica E11-314 a 1: 5 000 | 23 |
| 9 | Columna estratigráfica E11-326 a escala 1: 5 000 | 25 |
| 10 | Columna estratigráfica E12-356 a escala 1: 5 000 | 27 |
| 11 | Columna estratigráfica E12-362 a escala 1: 5 000 | 29 |
| 12 | Columna estratigráfica E12-363 a escala 1: 5 000 | 30 |
| 13 | Columna estratigráfica E12-378 a escala 1: 10 000 | 32 |

| | | |
|----|--|----|
| 14 | Columna estratigráfica E12-380a a escala 1: 5 000 | 34 |
| 15 | Columna estratigráfica E12-390 a 1: 10 000 | 35 |
| 16 | Columna estratigráfica E12-393 a escala 1: 5 000 | 37 |
| 17 | Columna estratigráfica E12-395 a escala 1: 10 000 | 39 |
| 18 | Columna estratigráfica E13-396a a escala 1: 10 000 | 41 |
| 19 | Columna estratigráfica E13-398 a escala 1: 10 000 | 42 |
| 20 | Columna estratigráfica E13-401 a escala 1: 5 000 | 44 |
| 21 | Mapa con la ubicación de los pozos y las secciones propuestas | 45 |
| 22 | Perfil geológico A – A' que muestra la distribución y variación de la secuencia conglomerática y calcárea | 47 |
| 23 | Perfil geológico B – B', muestra la distribución y variación de la secuencia conglomerática y calcárea | 49 |
| 24 | Perfil geológico C – C' que muestra la distribución y variación de la secuencia conglomerática y calcárea | 51 |
| 25 | Perfil geológico D – D' que muestra la distribución y variación de la secuencia conglomerática y calcárea | 53 |
| 26 | Perfil geológico E – E' que muestra la distribución y variación de la secuencia conglomerática y calcárea | 54 |
| 27 | Perfil geológico F – F' que muestra la longitud del depósito de canal de conglomerados calcáreos y la secuencia de caliza | 56 |
| 28 | Perfil geológico G – G' que muestra la longitud del depósito de canal de conglomerados calcáreos y la secuencia de caliza | 58 |
| 29 | Perfil geológico H – H' que muestra la longitud del depósito de canal de conglomerados calcáreos y la secuencia de caliza | 60 |
| 30 | Perfil geológico I – I' que muestra la forma del canal de conglomerados calcáreos y su variación lateral, así como la unidad de caliza | 62 |
| 31 | Ambientes de depositación generalizado | 64 |
| 32 | Ambientes para las <i>Ramp Microfacies Types (RMF)</i> de Flügel (2004) | 64 |
| 33 | Asociación de Microfacies de la caliza del pozo E11-269, en base a tipo de Microfacies estándar (<i>SMF</i>) y su ambiente de depositación | 75 |
| 34 | Asociación de Microfacies de la caliza del pozo E11-326, en base a tipo de Microfacies estándar (<i>SMF</i>) y su ambiente de depositación | 78 |
| 35 | Asociación de Microfacies de la caliza del pozo E12-395, en base a tipo de Microfacies estándar (<i>SMF</i>) y su ambiente de depositación | 84 |

| | | |
|----|---|-----|
| 36 | Asociación de Microfacies de la caliza del pozo E13-396a, en base a tipo de Microfacies estándar (<i>SMF</i>) y su ambiente de depositación | 93 |
| 37 | Asociación de Microfacies de la caliza del pozo E13-398, en base a tipo de Microfacies estándar (<i>SMF</i>) y su ambiente de depositación | 97 |
| 38 | Secciones geológicas norte sur: A) perfil A – A'; B) perfil B – B'; C) perfil C – C' y D) perfil | 98 |
| 39 | Secciones geológicas este - oeste: A) perfil G – G'; B) perfil F – F' | 99 |
| 40 | Bloque diagrama ilustrando el posible modelo sedimentario para el ambiente de las unidades estudiadas | 100 |

LISTADO DE ABREVIATURAS

| | |
|-------|--|
| ac: | Alga calcárea |
| AD: | Abanico distal |
| AM: | Abanico medio |
| AP: | Abanico proximal |
| Cp: | <i>Cuneolina pavonea parva</i> |
| ds: | <i>Dicyclina schlumbergeri</i> |
| DC: | Dinámica de cuenca |
| FGF | Facies de grano fino |
| FGMG | Facies de grano muy grueso |
| FV: | Facies volcánicas |
| frg: | fragmento de rudista o fragmento fósil |
| gas: | posible gasterópodo |
| gb : | Globigerínido |
| IGN: | Instituto Geográfico Nacional |
| Km: | Kilómetros |
| m: | Metro |
| mc: | <i>Merlingina cretácea</i> |
| mil: | miliolido |
| msnm: | Metros sobre el nivel del mar |
| MCE: | Muestra de Caliza Escobal |
| NC: | Nivel calcáreo |
| nh: | <i>Nummoloculina heimi</i> |
| ol: | oolito |
| ot: | Ostrácodo |
| pch: | <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> |

pe: Picos estilolíticos
pel: peloides
RMF: *Ramp microfacies types*
SCAS: Sedimentos de agua somera
SMF: *Standard microfacies types*
tx: *Textuláridos*
UTM: Universal transversal Mercator

RESUMEN

Con el presente el estudio titulado Análisis de la Unidad de Calizas en núcleos de perforación del Proyecto Escobal San Rafael Las Flores, Santa Rosa, que abarca un área de 1.5 km², se proporcionan datos de unidades litológicas que pueden ser correlacionadas con capas rojas y datos de microfósiles de una unidad de caliza reportada en 11 núcleos de perforación.

Se revisó 14 pozos: E11-269, E11-314, E11-326, E12-356, E12-362, E12-363, E12-378, E12-380a, E12-390, E12-393, E12-395, E12-396a, E13-398 y E13-401. En los que se logró identificar las siguientes unidades: Coluvión, Toba Lítica, Andesita Porfirítica, Arenisca, Conglomerados Calcáreos, Conglomerados Volcánicos, Limolitas y Caliza.

Posterior a la revisión e identificación de las principales unidades se procedió a la elaboración de las secuencias litológicas de los 14 pozos, para ello se utilizó la inclinación del pozo y su longitud de barrenación para determinar los espesores reales.

Se utilizó la clasificación de facies genéticas de abanicos submarinos propuestas por Mutti (1999), que considera facies de grano muy grueso (abanico superior), facies de grano grueso (abanico medio) y facies de grano fino (abanico distal).

La correlación de las secuencias estratigráficas se realizó a través de las 5 secciones con orientación norte-sur, se delimitó la forma del canal que son representados por los conglomerados calcáreos, de facies de grano grueso.

Con las 3 secciones este-oeste se vió la continuidad de las facies de las capas rojas y la caliza, logrando determinar su longitud, y sus posibles desplazamientos por fallas que afectan la zona. Con la sección N345 que abarca los pozos E12-378 y E13-396a, se observan varios eventos de facies de grano grueso relacionadas a abanico proximal.

También se cuenta con 39 láminas delgadas que sirvieron para la identificación de microfósiles para los pozos E11-269 (12), E11-326 (1), E12-395 (8), E13-396a (15), y E13-398 (3). Se determinó las microfacies a través de la propuesta de Wilson (1975) de las *standard microfacies types (SMF)* y las *Ramp Microfacies Types (RMF)* de Wilson (2004) y con la presencia de algunos microfósiles se determinó la edad posible de la caliza.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del Problema

La información de las unidades litológicas del Bloque Chortí y su correlación con descripciones de rocas en el subsuelo es muy escasa, únicamente se cuenta con publicaciones relacionadas a descripciones de formaciones en superficie; y las descripciones en el subsuelo corresponden a empresas que han realizado perforaciones y la información no se encuentra publicada.

En las actividades de exploración que se realizan en el sur de Guatemala se ha obtenido información geológica, la que puede ser utilizada con fines educativos y de conocimiento científico; a través del departamento de geología de exploración de la empresa Minera San Rafael, han identificado en la zona de estudio unidades informales, donde se describen: Aluvión, Coluvión, Ceniza Volcánica, Toba Lítica, Andesitas y Capas Rojas.

En la exploración del subsuelo han identificado una unidad litológica que corresponde a caliza, la que ha sido reportada en los pozos de perforación del Proyecto Escobal y esta no cuenta con una caracterización litológica detallada que describa sus características mineralógicas y así como de su contenido fósil.

¿Cuáles son las características litológicas y el contenido fósil de la Unidad de Calizas reportadas en los núcleos de perforación realizados en el proyecto Escobal, San Rafael Las Flores, Santa Rosa?

1.2 Justificación

El área de estudio predominantemente se encuentra cubierta por depósitos volcánicos. La presencia de la cubierta volcánica no permite que otras unidades sean vistas en afloramientos en la superficie. En la parte oeste del proyecto Escobal en catorce pozos se ha reportado una unidad calcárea la cual consiste de calizas y ocasional conglomerado de clastos de caliza.

En los alrededores del área no aflora dicha unidad por lo que para su descripción litológica e identificación de macrofósiles y microfósiles se hizo en base a los testigos obtenidos en la perforación de dichos pozos en la zona.

Utilizando la información obtenida a través de los pozos de exploración que realizó la empresa Minera San Rafael en el Proyecto Escobal, se contribuye con la caracterización de unidades sub-superficiales, especialmente la Unidad de Caliza, obteniéndose datos de su distribución, continuidad, características litológicas, mineralógicas y contenido fósil.

Se contribuyó además de la descripción litológica con la correlación de la unidad de caliza a través de 14 pozos que reportan el horizonte calcáreo, donde se pudo observar la extensión, el espesor y la profundidad a la cual se encuentran las calizas.

Además de ellos, se describió la relación que guarda con la Unidad de Capas Rojas reportadas en los mismos pozos y su posible correlación con formaciones aflorantes y descritas en superficie.

1.3 Hipótesis

La Unidad de Calizas descritas en los núcleos de perforación del Proyecto Escobal posee características litológicas y contenido fósil que definen un modelo sedimentario relacionado a la Formación Atima.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Analizar la Unidad de Calizas en una área de 1.5 km² a través de núcleos de perforación del Proyecto Escobal San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir de forma macroscópica y petrográficamente la Unidad de Caliza para identificar su mineralogía y contenido fósil.
 - Correlacionar la Unidad de Caliza a través de núcleos de 14 pozos de perforación al W del Proyecto Escobal, en pozos a profundidades que oscilan entre los 700 msnm a 1 300 msnm.
- Ñ Establecer el modelo de facies sedimentarias para la unidad de calizas.

1.5 Localización del Área

A continuación se describe la ubicación y extensión del área y vías de acceso.

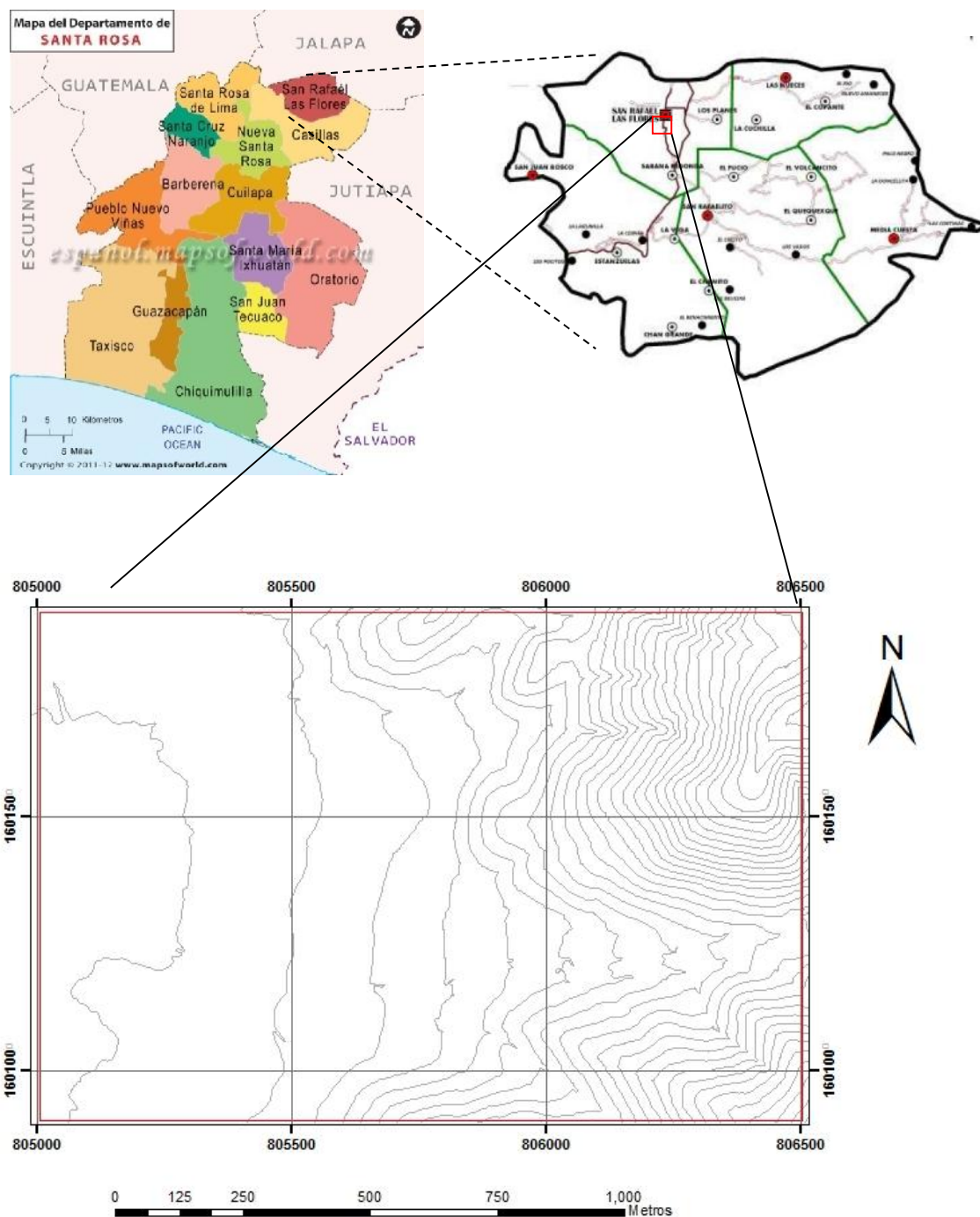
1.5.1 Ubicación y Extensión del Área

El área de estudio del presente trabajo tiene una extensión en superficie de 1.5 Km², se localiza en el municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa. A una distancia de 52 km de la cabecera departamental de Santa Rosa, y 105 km de la ciudad capital. Las coordenadas del área de estudio se presentan en la Tabla 1.

Geográficamente el municipio de San Rafael, colinda al norte y aloeste con el municipio de Mataquescuintla y al este con el municipio de San Carlos Alzatate, ambos municipios del departamento de Jalapa; al sur

con el municipio de Casillas, del departamento de Santa Rosa (ver figura 1).

FIGURA 1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL CONTEXTO REGIONAL



Fuente: Investigación de campo, 2014.

TABLA 1
COORDENADAS UTM DEL ÁREA DEL ÁREA DE ESTUDIO

| VÉRTICE | X | Y |
|---------|--------|---------|
| A | 805000 | 1602000 |
| B | 806500 | 1602000 |
| C | 806500 | 1601000 |
| D | 805000 | 1601000 |

Fuente: Investigación de campo, 2014.

1.5.2 Accesos

Tomando como referencia la ciudad Capital, el recorrido inicia saliendo por la carretera de Santa Catarina Pinula dirigiéndose hacia Barberena, posteriormente de Barberena a Nueva Santa Rosa, Luego hacia Casillas, después de Casillas se dirige a San Rafael las flores toda la carretera es asfaltada.

De igual forma se puede llegar de la capital hacia San Rafael por Sanarate, donde se tiene que dirigir hacia el municipio de Jalapa, hasta llegar al cruce de Jalapa hacia Mataquescuintla, pasando por el municipio de Mataquescuintla hasta llegar a San Rafael Las Flores.

1.6 Antecedentes

A nivel regional se han hecho reconocimientos litológicos con objetivo de describir y delimitar la distribución de las unidades litológicas cercanas.

Los primeros trabajos realizados corresponden a los geólogos de *Dartmouth College* que con ayuda del IGN realizaron mapeos en los cuadrángulos Nueva santa Rosa y San José Pinula que son contiguos al cuadrángulo laguna de Ayarza y Mataquescuintla.

En el reconocimiento realizado por Durgin, Dana; et al¹., “en el noroeste del Cuadrángulo San José Pinula, identifican y delimitan una unidad de caliza

¹Dana Durgin Et. Al. *Geology Of The Northwest Portion Of The San Jose Pinula Quadrangle*. Dartmouth College Hanover. United States of America: snt., 1970.P 9

bioclástica, de color gris marrón; moderadamente recristalizada, algo dolomitizada. El contenido fósil, la gran mayoría son fragmentos de conchas probablemente braquiópodos y pelecípodos; unos pocos parecen ser briozoos y foraminíferos”.

En los cuadrángulos de Mataquescuintla y Laguna de Ayarza se encuentra el trabajo de reconocimiento realizado por geólogos japoneses donde no se identifica ni delimita calizas en su mapa obtenido.

También se cuenta con información realizada por geólogos de exploración de Minera San Rafael, en sus actividades de prospección y exploración en las licencias otorgadas que abarcan la zona de estudio². Informalmente ellos definen las siguientes unidades: Capas Rojas, Calizas, Andesitas y Depósitos Cuaternarios. Delimitan conglomerados calcáreos al oeste del área de estudio, en la localidad de San Juan Bosco. Pero la situación social imposibilita el acceso para la descripción de dicha unidad.

A nivel local se cuenta con logeos y descripciones litológicas de núcleos de perforación del proyecto Escobal. Donde a profundidad a partir de 14 pozos ha descrito caliza. Únicamente se cuenta con un informe petrográfico³ de cinco muestras pertenecientes a los pozos E11-269 (2) Y E11-326 (3), caracterizando los siguientes fósiles: ostrácodos, posible *Colomiella* sp., Globigerínido, fragmentos de rudistas, *Nummoloculina heimi*, *Biloculina* sp., *Cuneolinapavonea parva*, textulárido, *Nummoloculina regularis*, *Dyclina schlumbergery*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*.

²Tahoe Resources. *Mapa geológico del Proyecto San Juan Bosco*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de Exploración 2 015.

³Tahoe Resources. *Informe de análisis petrográfico pozo E12-326*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de Exploración 2 011.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Marco Metodológico

Para realizar la investigación se dividió en las siguientes fases:

2.1.1 Etapa de Recopilación y Análisis Bibliográfico

Comprendió la obtención de información del área de estudio, mediante la consulta bibliográfica. Se revisó artículos relacionados a la geología regional; así como las descripciones de las formaciones geológicas del Bloque Chortí.

De igual forma se revisó los logeos litológicos del departamento de geología de exploración, para identificar los pozos en los que se han reportado caliza.

2.1.2 Etapa de Trabajo de Campo

Se revisó los distintos núcleos de perforación, para describir de forma macroscópica la unidad de calizas a una escala 1:1. En dicha descripción se utilizó la descripción de texturas de *Dunham*.

En base a la descripción de catorce pozos se elaboró, igual número de secuencias litológicas, donde se representaron los espesores de cada una de las litologías y sus principales características.

Posteriormente a la descripción de los testigos de perforación se procedió a la selección y muestreo de la unidad de caliza en cinco pozos. Obteniendo 62 muestras de cinco distintos pozos, de la cuales únicamente se elaboraron 39 láminas delgadas.

2.1.3 Etapa de Laboratorio

Se elaboró 41 láminas delgadas de la unidad de calizas como medio para identificar mineralogía y el contenido microfósiles de la Unidad.

2.1.4 Etapa de Gabinete

Con las 14 secuencias litológicas elaboradas se correlacionaron las principales Unidades Litológicas (caliza, conglomerado, depósitos volcánicos) a través de 9 nueve secciones geológicas (perfiles geológicos). En la que se muestra la distribución y su variabilidad del espesor.

Con las 39 láminas delgadas de los pozos: E11-269 (12), E11-326 (1), E12-395 (8), E13-396a (15) y E13-398 (3) se determinó las distintas microfacies carbonáticas de plataforma, utilizando la metodología de las *standard microfacies types* de Wilson (1 975) y las *ramp Microfacies types* de Flugel (2 004).

Posteriormente se elaboró el informe final, donde se presentan detalladamente los resultados obtenidos en la investigación llevada cabo.

2.2 Marco Estratigráfico Regional

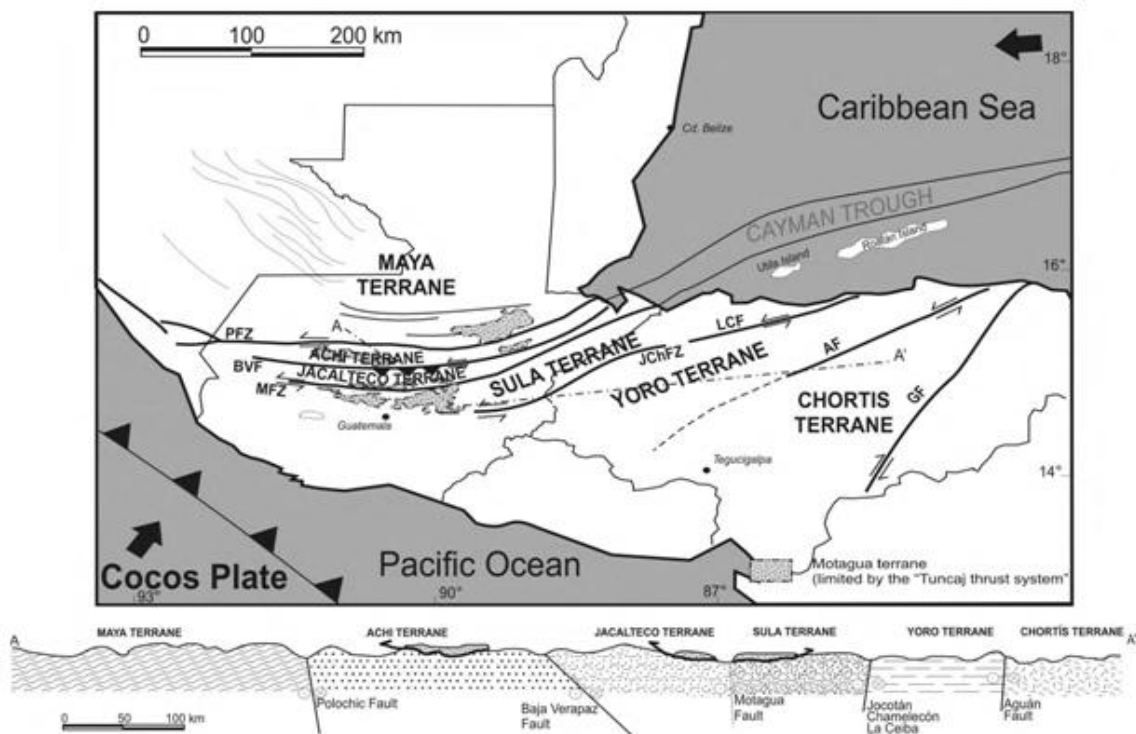
El territorio guatemalteco ha sido dividido en dos grandes bloques (figura 2). Las características para la distinción de dichos terrenos las indica Donnelly¹:

“La división entre los dos bloques es la zona de sutura Motagua, que sigue el río Motagua en el este y centro de Guatemala, pero cuya extensión oeste está cubierta por rocas volcánicas Terciarias del oeste. El bloque Maya incluye parte de Guatemala al Norte de la zona de sutura Motagua, Belice, la península de Yucatán, y México al Oeste del Istmo de Tehuantepec. El bloque Chortí consiste en la parte Sur de Guatemala, El Salvador, Honduras, una parte indeterminada del Norte de Nicaragua, y el Alto Nicaragüense cubierto por agua.”

¹ Donnelly, Thomas, Et. Al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*. United States of America: The Geological Society of America, 1 990. P 1

oceánica que fue obducida, aquí este terreno no se describe por considerarse que se encuentra como cuerpos en varios terrenos y como aquí lo que interesa es el bloque Chortí solo cabe indicar que dentro de este terreno se encuentran cuerpos ofiolíticos asociados al terreno Motagua.”

FIGURA 3
MAPA DE UBICACIÓN DE LOS TERRENOS
TECTONOESTRATIGRÁFICOS PARA SUR DE MÉXICO Y
AMÉRICA CENTRAL



Fuente: Ortega-Gutiérrez Et Al. *The Maya-Chortís Boundary: a tectonostratigraphic Approach*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.

2.2.1 Estratigrafía Regional

A continuación se hace una descripción de unidades que podrían correlacionarse a litologías que no afloran en superficie únicamente reportadas en el subsuelo del área de estudio.

a. Siliciclásticos Pre-Grupo Yojoa

De acuerdo con Pérez Bol esta formación ha sido descrita en dos partes: en el cuadrángulo San Juan Sacatepéquez que se

conforma de rocas clásticas de capas rojas no fosilíferas, son principalmente conglomerados, brecha y arenisca, los fragmentos más gruesos son rocas intrusivas, cuarzo y pequeños fragmentos de rocas metamórficas y *chert*.

En el cuadrángulo San Pedro Ayampuc es un conglomerado rojo, de espesor delgado. Acá presenta dos litofacies, la primera consiste en un conglomerado rojo masivo mal seleccionado, con clastos heterogéneos y angulares no presenta estratificación

b. Grupo Yojoa

Ha sido descrita y correlacionada desde la parte oriental, centro y sureste de Guatemala, extendiéndose hasta Honduras, El Salvador hasta el norte de Nicaragua.

El Grupo Yojoa consiste en: “rocas predominantemente marinas, caliza gris, masiva y de estratificación fina, lutitas calcáreas cafés, lutita negra, arenisca parda, chert estratificado negro a blanco, conglomerado café, cantidades menores de rocas volcánicas andesíticas y algunos sills³”

En la localidad tipo al Oeste de Honduras cerca del Lago Yojoa el grupo ha sido dividido en cuatro formaciones:

“ (1) la inferior Formación Cantarranas, una caliza limosa del Neocomiano - Aptiano; (2) la intermedia Formación Atima, una unidad de carbonato fosilífero masivo del Aptiano - Albiano; (3) la superior Formación Guare del Cenomaniano; y (4) la Formación Ilima, una unidad de conglomerados brechosos de caliza localmente presente arriba o abajo de la Formación Atima⁴.”

La formación Cantarramas originalmente fue interpretada como depósitos en un ambiente trasarrecifal restringido. Descrita

³ Édgar Pérez. *Léxico estratigráfico del Bloque Chortí en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: carrera de Geología, 2 000. P 38.

⁴ Thomas, Donnelly, Thomas, Et. Al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*. United States of America: The Geological Society of America, 1 990. P 31

por Carpenter (1954) en el centro de Honduras, cerca del área de San Juancito, dividiéndola en tres miembros:

La caliza Atima⁵ es descrita como de ambiente de banco carbonático somero con lentes arenosos fosilíferos y arrecifes de rudistas: “consiste en biomicrita masiva de color gris oscuro, y localmente con partes lutíticas y lentes de chert; capas de coquina orbitolínidas y biohermas rudístidas, como asociaciones comunes”.

Descripciones de la caliza Atima en el cuadrángulo San Juan Sacatepéquez⁶:

“Es una micrita no fosilífera, gris claro a medio, fracturada y parcialmente recristalizada, de grano fino. Dentro de la micrita hay delgadas capas de Chert fracturadas, negras de 5 cm a 2m de espesor, conteniendo abundantes calciesferas y raramente Globigerina sp y posiblemente radiolarios. Unas capas de limolita cementada con micrita y micrita limosa, con granos de cuarzo, están interestratificados con micrita.”

De igual forma la caliza correlacionada a la Atima ha sido reconocida en cuadrángulo Chiquimula⁷, la cual consiste:

“Principalmente de caliza gris claro a medio. Tiene cantidades menores de dolomita y localmente, está interestratificada con delgados lentes de lutita, lodolita y conglomerado de caliza,... Las bioesparitas comúnmente contienen foraminíferos, algas, fragmentos de pelecípedos, braquiópodos y briozoos.”

c. Grupo Valle de Ángeles

Aflora ampliamente en el territorio de Honduras hasta la frontera con Nicaragua. Muy poco descrita e identifica en el Oriente del País, donde exposiciones de capas rojas pudieran ser correlativas a los distintos miembros del grupo. La localidad tipo se

⁵ Ibíd

⁶ Ibíd. 39

⁷ Ibíd.

encuentra en el Valle de Ángeles en Honduras. Ha sido dividido en tres unidades:

Capas rojas Inferiores⁸: “las areniscas varían localmente de composición cuarzosa a feldespática a lítica con granos pelíticos; las estructuras sedimentarias primarias sugieren condiciones fluviales. Los conglomerados componen en cualquier lugar del 10 – 25 % de la sección. La mayor parte de los clastos comúnmente son de cuarzo de veta, pero guijarros volcánicos o metamórficos pueden ser abundantes localmente; la fabrica de los clastos y las estructuras internas sugieren deposición en arroyos entrelazados o abanicos aluviales.”

Como se indicó el grupo se caracteriza por tener un miembro calcáreo en la parte media que ha sido mapeada y reconocida por distintos nombre: formación Esquías, Guare y Jaitique.

Las rocas carbonáticas intermedias consiste⁹ “Típicamente consiste de un miembro inferior de biomicrita masiva y un miembro superior de caliza lutítica de estratificación delgada que ha sido llamada formación Guare, anteriormente incluida en el Grupo Yojoa.”

Las capas rojas superiores son de grano más fino¹⁰: “consiste de arenisca fina, limolita, lutita y arcillita de color rojo ladrillo, parduzco a marrón y localmente tiene capas de conglomerados de guijones-guijarros de caliza redondeada en una matriz arenosa cuarzosa roja.”

d. Formación Subinal

Es considerada como la formación Terciaria más extensa a lo largo del Valle del Río Motagua y al sur de la Falla Jocotán. Son remantes erosionales de antiguos rellenos continuos. La localidad tipo se encuentra a 7 Km al NW de Guastatoya, El Progreso, donde está constituida por limolitas, areniscas y conglomerados y en otras localidades se incluye toba y andesita.

⁸ Ibíd. 49

⁹ Ibíd. 50

¹⁰ Ibíd.

“Las areniscas usualmente son de grano grueso y pobremente seleccionadas. Los conglomerados forman conspicuos cuerpos en forma de lentes y estructuras de canal, tienen componentes del tamaño guijarro bien redondeados y son de naturaleza polimíctica. Las lutitas limolíticas son de color rojo oscuro a café, aunque algunas son verdes, están bien laminadas y lateralmente forman unidades más continuas que los conglomerados.¹¹”

Al sur de Chiquimula se describe en la base de la formación Subinal un Conglomerado de un espesor no mayor de 100 m, compuesto por¹²: “caliza angular y fragmentos de chert negro en una matriz muy arenosa, calcárea rojo-pálido.”

Al sur de Jocotán y al norte de la Ermita¹³, “un conglomerado similar consiste de clastos bien redondeados de caliza en una matriz roja de arena y lodo calcáreo. Los fragmentos de toba son abundantes al techo del conglomerado.”

2.3 Geología Estructural Regional

De acuerdo a la tectónica regional del bloque Chortí Pérez Bol indica:

“El bloque Chortí forma parte de la Placa del Caribe, una unidad litosférica independiente entre las grandes placas de Norteamérica y Sudamérica. En la configuración tectónica regional del bloque Chortí limita con el bloque Maya al NW, con el bloque Chorotega al SE y con la Placa de Cocos al sur. La interacción de las placas produce dos localidades de triple unión e intensa actividad tectónico, principalmente en las zonas de falla y la cadena volcánica asociada a la Fosa Mesoamericana.”

Los rasgos estructurales regionales generados por la interacción de dichas placas son: la zona de sutura del Motagua que es considerado el límite de bloques (Maya-Chortí). Caracterizado por la presencia de la falla Cuilco-

¹¹¹ Édgar Pérez. *Léxico estratigráfico del Bloque Chortí en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: carrera de Geología, 2 000. P 53, 54.

¹² *Ibíd.* P 55

¹³ *Ibíd.*

Chixoy-Polochic en el lado del bloque Maya y la falla Jocotán-Chamelecón en el bloque Chortí el movimiento de las fallas mencionadas es de tipo sinistral.

La fosa centroamericana que genera esa cadena volcánica que forma parte del cinturón de fuego del Pacífico. El cual ha tenido actividad a través del Terciario y actividad reciente. También se cuenta con calderas de colapso como Retana, Ayarza y Atitlán, entre otras. También ocurre la presencia de otra falla en dirección NW-SE conocida como la falla Jalpatagua con movimiento dextral. Los rasgos estructurales se muestran en la figura 4.

La falla de Jalpatagua en el estudio realizado por Michael Carr¹⁴ estableció que la falla de Jalpatagua se localiza cerca de los volcanes activos y las trazas es paralela a ellos esto lo determino en base al análisis de sismos de Guatemala y El Salvador, supuso una edad Neógeno.

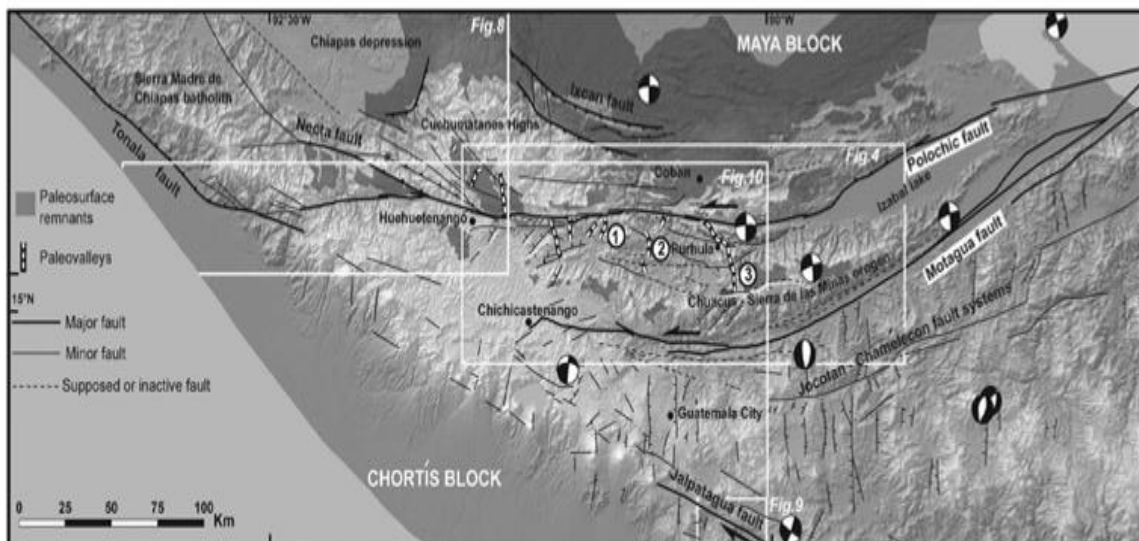
En un estudio más reciente Goff Et. Al (1991) en el domo de Moyuta, indican que la falla de Jalpatagua en esa zona tiene una cinemática dextral con una componente normal. Newhall también hizo un estudio de la falla de Jalpatagua en la zona del volcán de Atitlán logrando indicar que poseía un movimiento.

La geología estructural regional del área de estudio tiene como rasgos característicos la interacción de la zona de Sutura del Motagua, que es un fallamiento tipo sinistral y también cabe resaltar la falla de Jalpatagua que es de tipo dextral. Entre estas dos fallas regionales se puede observar un arreglo casi NS que origina estructuras tipos graben se pueden observar los más sobresalientes, Ipala, Guatemala, santa rosa de lima.

A continuación se presenta una imagen donde se observan los rasgos estructurales más sobresalientes del territorio guatemalteco.

¹⁴ Michael Carr. *Underthrusting and quaternary faulting in northern Central America*. http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/06upgrade/Seismicity-Rudiger/carr_undesthrusting_and_faulting_central_america.pdf (30 de septiembre de 2010).

FIGURA 4 MARCO TECTÓNICO DEL TERRITORIO GUATEMALTECO



Fuente: C. Authemayou. Et. Al. *The Caribbean-North America-Cocos Triple Junction and the dynamics of the Polochic-Motagua fault systems: pull up and zipper models*. United States of America, American Geophysical Union, 2011.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Secuencias Estratigráficas

Cuando se realizó la etapa de campo del presente trabajo de investigación, El Escobal era proyecto de exploración, contaba con alrededor de 401 pozos para el 2 013. Actualmente es mina El Escobal y la cantidad de pozos es mayor, esta información es valiosa para estudios posteriores que vengan a complementar el presente trabajo.

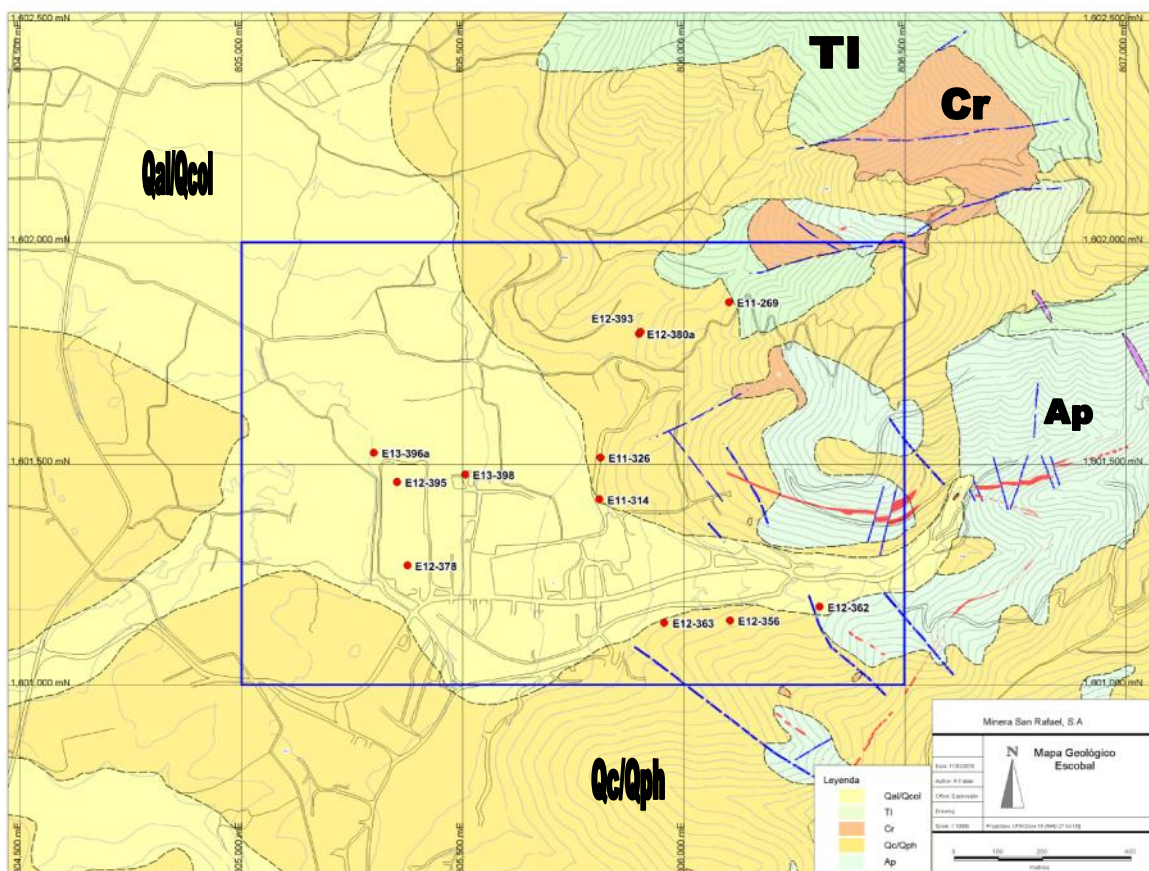
De los 401 pozos con lo que contaba el departamento de exploración únicamente 14 pozos que se encontraban al oeste del proyecto han reportado una unidad calcárea, los cuales sirvieron para la investigación del presente trabajo.

Para la descripción de las Unidades Litológicas se elaboró catorce columnas, utilizando igual número de pozos. Se definió de la recientes a las más antiguas las siguientes litologías: Coluvión, Toba Lítica, Andesita, Conglomerados, Calizas, Areniscas, y Limolitas.

Los pozos estudiados se distribuyen a lo largo de un área de 1.5 km², a continuación se presenta un mapa que ilustra la ubicación (Figura 5).

Para la elaboración de las distintas columnas se utilizó los datos de profundidad aparente (que es la longitud total obtenida en la perforación en base al ángulo dado), y el ángulo de perforación para obtener la profundidad real y con ello obtener el espesor real de los tramos descritos de forma vertical, como se muestra en las columnas.

FIGURA 5
 MAPA GEOLÓGICO DEL PROYECTO ESCOBAL QUE MUESTRA
 LA DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Depósitos aluviales y coluvionales (Qal/Qcol), Depósitos volcánicos de caída ceniza y tefras riolíticas (Qc/Qph), toba lítica (TI), andesita porfírica (Ap) y capas rojas (Cr).

Fuente: Tahoe Resources. *Mapa Geológico del Oeste del Proyecto Escobal*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de exploración 2 015.

A continuación se muestran los principales datos de los pozos estudiados (tabla 2), como lo son las coordenadas, longitud de perforación, ángulo, etc.

Después de haber revisado los núcleos y las descripciones de logueos, se hizo una clasificación de las secuencias litológicas, renombrando algunas litologías, estas se asociaron en base las facies de abanicos propuestas por Mutti (1999), principalmente los conglomerados calcáreos.

TABLA 2
DATOS DE POZOS ESTUDIADOS

| POZO | X | Y | ALTURA (m) | AZIMUT | INCLINACION | PROFUNDIDAD (m) |
|----------|-----------|------------|---------------|--------|-------------|--------------------|
| E11-269 | 806101.61 | 1601865.18 | 1404.21 | 180 | -58-0 | 693.42 |
| E11-314 | 805809.03 | 1601419.65 | 1354.62 | 0 | -60.5 | 672.00 |
| E11-326 | 805811.34 | 1601514.24 | 1352.66 | 0 | -70.0 | 995.17 |
| E12-356 | 806104.49 | 1601146.33 | 1392.42 | 0 | -50.5 | 823.57 |
| E12-362 | 806306.83 | 1601177.53 | 1405.51 | 0 | -60.5 | 884.83 |
| E12-363 | 805955.70 | 1601141.46 | 1375.63 | 0 | -46.0 | 826.00 |
| E12-378 | 805374.56 | 1601270.75 | 1330.73 | 354 | -55.0 | 1411.22 |
| E12-380a | 805898.28 | 1601794.14 | 1367.68 | 180 | -82.0 | 844.90 |
| E12-390 | 805377.22 | 1601271.05 | 1331.17 | 18 | -57.0 | 1405.73 |
| E12-393 | 805901.62 | 1601797.81 | 1367.70 | 110 | -84.0 | 743.00 |
| E12-395 | 805351.48 | 1601459.02 | 1329.45 | 4.5 | -69.0 | 1757.17 |
| E13-396a | 805299.00 | 1601525.00 | 1331.00 | 165 | -85.0 | 1204.56 |
| E13-398 | 805505.00 | 1601476.00 | 1339.00 | 4 | -69.0 | 1776.06 |
| E13-401 | 805505.00 | 1601476.00 | 1339.00 | 0 | -90.0 | 767.80 |

Fuente: Tahoe Resources. *Datos de pozos/base de exploración*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala: Departamento de Exploración 2 014.

Aunque existen varias clasificaciones de sedimentos de profundidad marina. La más representativa es la secuencia de Bouma (1962), estudios posteriores han venido a complementar el análisis de los abanicos submarinos, se puede mencionar Mutti y Ricci Lucchi (1972), Mutti (1979), Walker (1978), Lowe (1982).

Se consideró clasificar únicamente en las facies genéticas, de la propuesta por Mutti (1999) las que son facies de grano muy grueso, grano grueso y grano fino. Se detallan las principales características en la tabla 3.

Como se mencionó anteriormente se hizo una clasificación de manera general de texturas sedimentarias para cada uno de los pozos, mostrando variación que puede asociarse al modelo de abanico submarino. De acuerdo a la asociación de facies de Mutti, estas no indican en que parte del abanico no encontramos. La distribución de las facies definidas por Mutti se muestra en la figura 6.

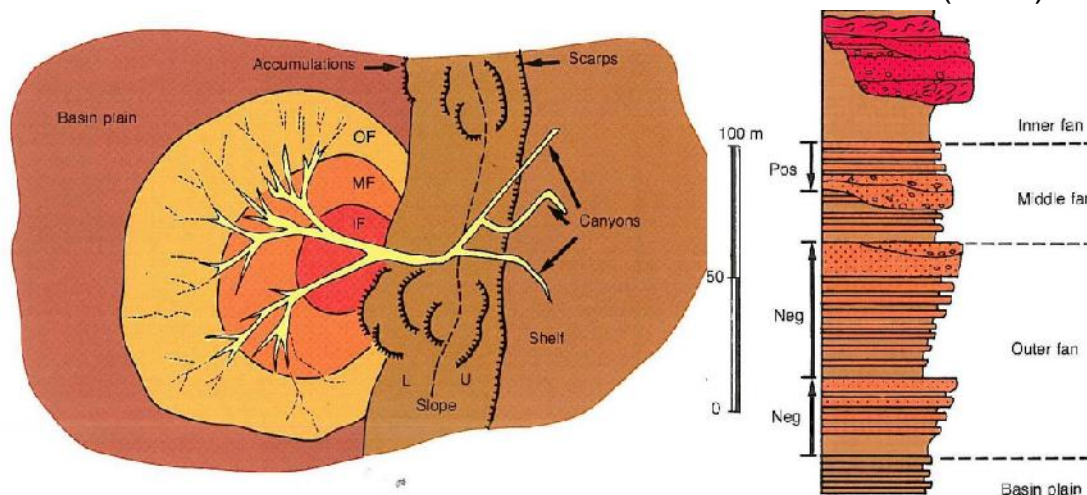
TABLA 3
FACIES PARA ABANICOS SUBMARINOS Y SUS PRINCIPALES
CARACTERÍSTICAS

| FACIES | MUTTI FACIES | | PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS |
|-----------------------------------|--------------|--|--|
| Facies de grano muy grueso (VCGF) | F1 | Depositado por flujo de detritos cohesivo (fluido no Newtoniano) | <ul style="list-style-type: none"> • Base no erosiva • Matriz soportada: clastos a menudo en la parte superior. Matriz de lodo • Generalmente falta organización interna. |
| | F2 | Depositado por flujos hipoconcentrados (Newtoniano) Puede evolucionar de la facie F1 | <ul style="list-style-type: none"> • Erosivo, comúnmente en una gran escala del mapa • Pobre sorteada matriz granular a lodosa. • Dominado por clastos intraformacionales • Incipiente a gran escala, gradación normal |
| | F3 | Depósitos residuales de la región granular basal | <ul style="list-style-type: none"> • Alta erosión, visible a escala de afloramiento • Capas parecen muy irregular con amalgama común de capas • Clasto soportado con alta proporción de clastos extraformacionales • Diagnostico de ajuste de canal durante las fases activas |
| Facies de grano grueso (CGF) | F5 | Depositado de flujos de alta densidad por congelación de fricción o agregación de capas | <ul style="list-style-type: none"> • Mal sorteada grava a arenisca grueso • Típicamente constituye capas sin estructura aunque las características de escape de agua pueden estar presentes • Muy comúnmente ocurre dentro del splay frontal de lóbulo de canal en zonas de transición |
| | F6 | Depositados por el retrabajamiento de la facie F5 por secuelas de flujos de baja tasa de caída | <ul style="list-style-type: none"> • Estratificación entrecruzada arenas de grano grueso a medio • Puede formar ripples, megaripples o dunas • Diagnostico de zonas de transición de lóbulos de canal y diques proximales o depósitos de desbordamiento |
| Facies de grano fino (FGF) | F7 | Depositado por retrabajamiento de turbulentos remolinos con alta suspensión de caída | <ul style="list-style-type: none"> • Arenisca de grano fino a medio • Gradación inversa, laminación de espesor milimétrico • Diagnostico de zonas de transición de parte distal de lóbulo de canal y depositación del lóbulo interior |
| | F8 | Depositado por directa suspensión de sedimentación de un flujo turbulento | <ul style="list-style-type: none"> • Gradación normal arenisca muy fina a medio • Equivalente estricto a división de Bouma Ta • Diagnostico de similar a una lamina de lobulos deposicionales |
| | F9 | Laminación de arena y limolitas serie de Bouma Tb a Te | <ul style="list-style-type: none"> • Arena fina a arcillas material gradado • Equivalente a las divisiones de Bouma Tb a Te • Tb= laminación paralela • Tc= ripples actuales • Td= alternancia de laminas de Silt y Mud • Te= gradación de Mud • Domina la parte distal de hojas similares a lóbulos deposicionales |

Fuente: *Turbidite facies and facies tracts*. <http://www.colorado.edu/geolsci/course/GEOL6330/web%203-processes/Mutti-facies.pdf> (25 de agosto de 2 014).

En la nueva propuesta hecha por Mutti (1 999), considera referirse a abanico proximal en vez de abanico interior; y abanico distal por abanico exterior.

FIGURA 6
 MODELO DE ABANICO DE MUTTI & RICCI LUCCHI (1972)



IF (abanico interior); MF: (abanico medio); OF (abanico exterior); U (arriba); L (bajo); *basin plain*: cuenca llana; *scarps*: escarpes; *slope*: pendiente; *canyons*: cañones

Fuente: *Turbidite facies and facies tracts*. <http://www.colorado.edu/geolsci/GEOL6330/week%203-processes/Mutti-facies.pdf> (25 de Agosto de 2 014).

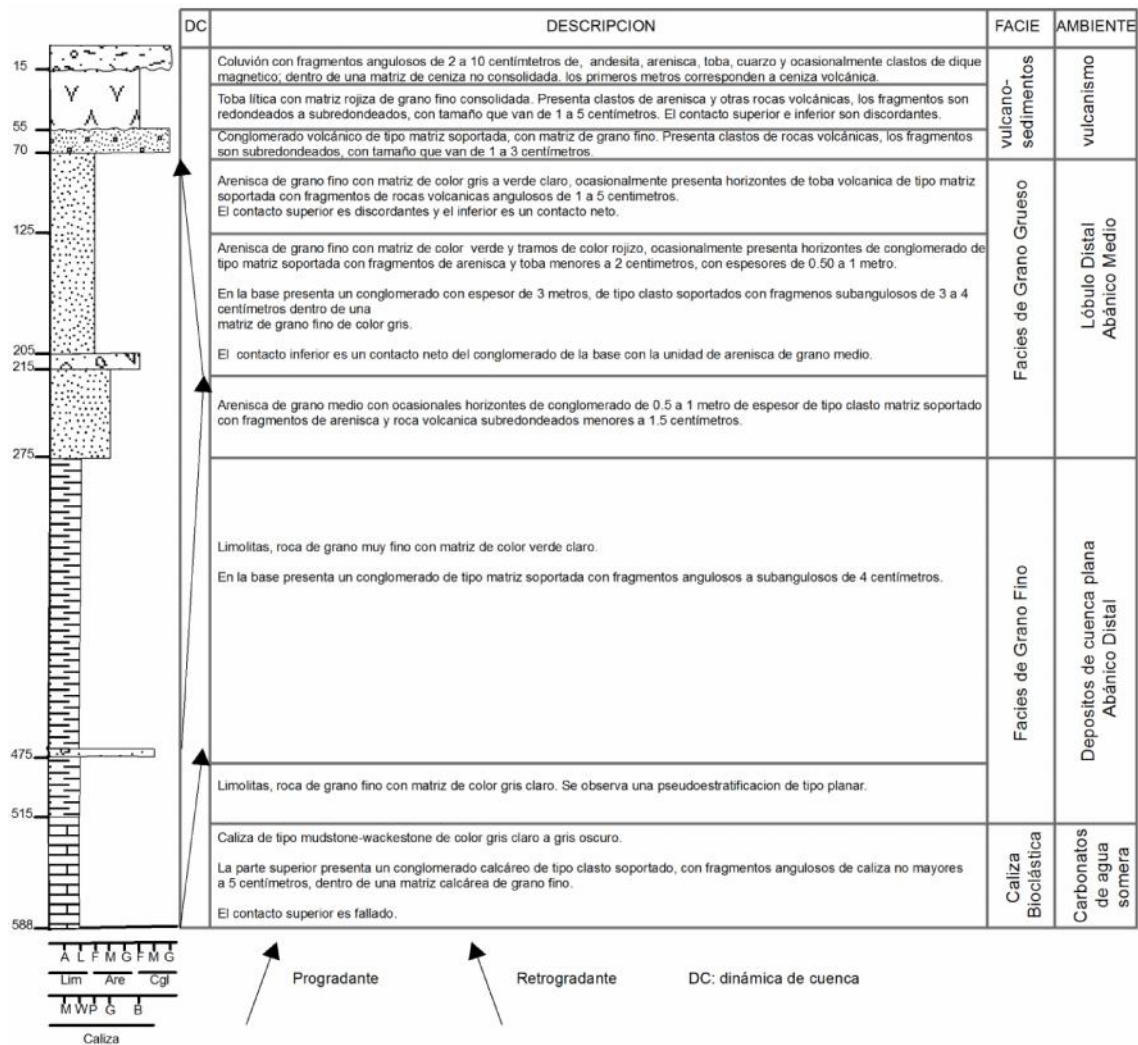
A continuación se presentan las distintas columnas obtenidas, donde se hace una descripción general de las características litológicas, y se hace una aproximación al ambiente al cual se relacionan, en base a la asociación litológica. La propuesta de facies se realiza de manera general, considerando los aspectos propuestos por Mutti et al. (1999) (tabla 3).

3.1.1 Secuencia del Pozo E11-269

Esta secuencia se elaboró a una escala 1: 5 000 (figura 7), corresponde al pozo E11-269 donde se describen aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

La dinámica de cuenca para E11-269 (figura 7) muestra dos eventos. El primero una progradación que inicia en la base con una caliza bioclástica, sobre la que se desarrolla 240 m de rocas de grano fino definidas como limolitas, que corresponde a depósitos de abanico distal.

FIGURA 7
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E11-269 A ESCALA 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Sobre esas facies de grano fino hay 60 m de areniscas de grano grueso con ocasionales horizontes de conglomerado, que marcan el inicio de las facies de grano grueso que corresponden a depósitos de lóbulo de abanico medio y evidencian el tope de la progradación.

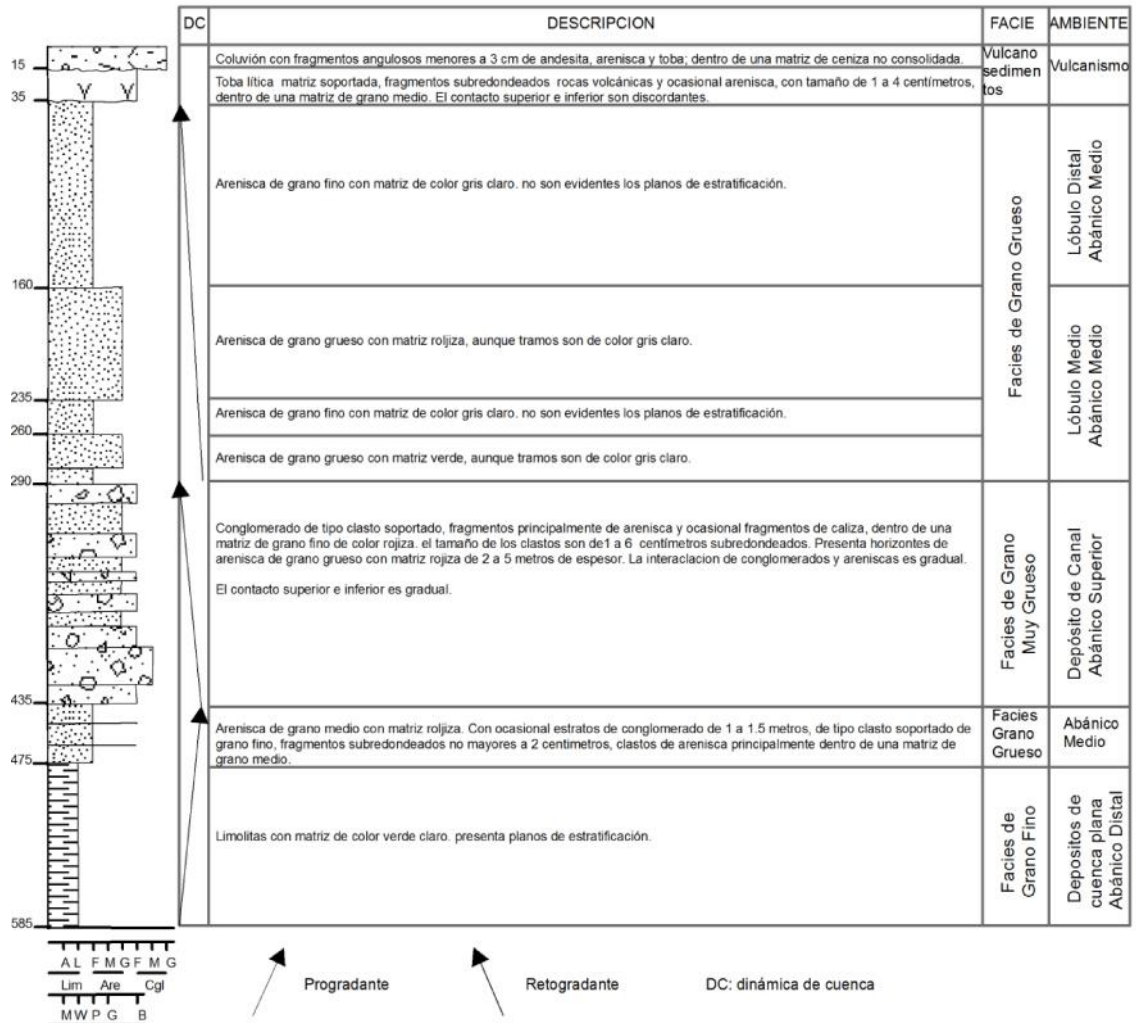
Los depósitos de abanico medio continúan con un espesor de 145 m de areniscas de grano medio, evidencia el evento de retrogradante de la cuenca.

Los 70 m sobrantes de la secuencia corresponden a: un conglomerado volcánico probablemente sea un *debris flow* ocurrido en la parte oeste de la cuenca, una secuencia de tobas líticas y el evento reciente el coluvión.

3.1.2 Secuencia del Pozo E11-314

Esta secuencia tiene una longitud de 585 m, fue elaborada a escala 1: 5 000, en la figura 8 se describen aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

FIGURA 8
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E11-314 A 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

La dinámica de la cuenca en base a esta secuencia E11-314 (figura 8), muestra un evento bien marcado de retrogradación y otro no muy representado de progradación.

La progradación inicia en la base de la secuencia con un espesor de 110 m de limolitas, que corresponden a depósitos de abanico distal. Sobreyacidas por 40 m de areniscas de grano medio con ocasionales horizontes de conglomerados que son depósitos de abanico medio en facies de grano grueso, y marcan el límite de la progradación.

El evento de retrogradación de la cuenca inicia con conglomerados de tipo matriz soportada con abundantes fragmentos de arenisca dentro de una matriz de grano fino que tienen un espesor de 145 m. Estos conglomerados al igual a los descritos en la parte superior del E11-269 pudieran corresponder a un debris flow que afecto a la zona, ya que no presenta muchos fragmentos de caliza.

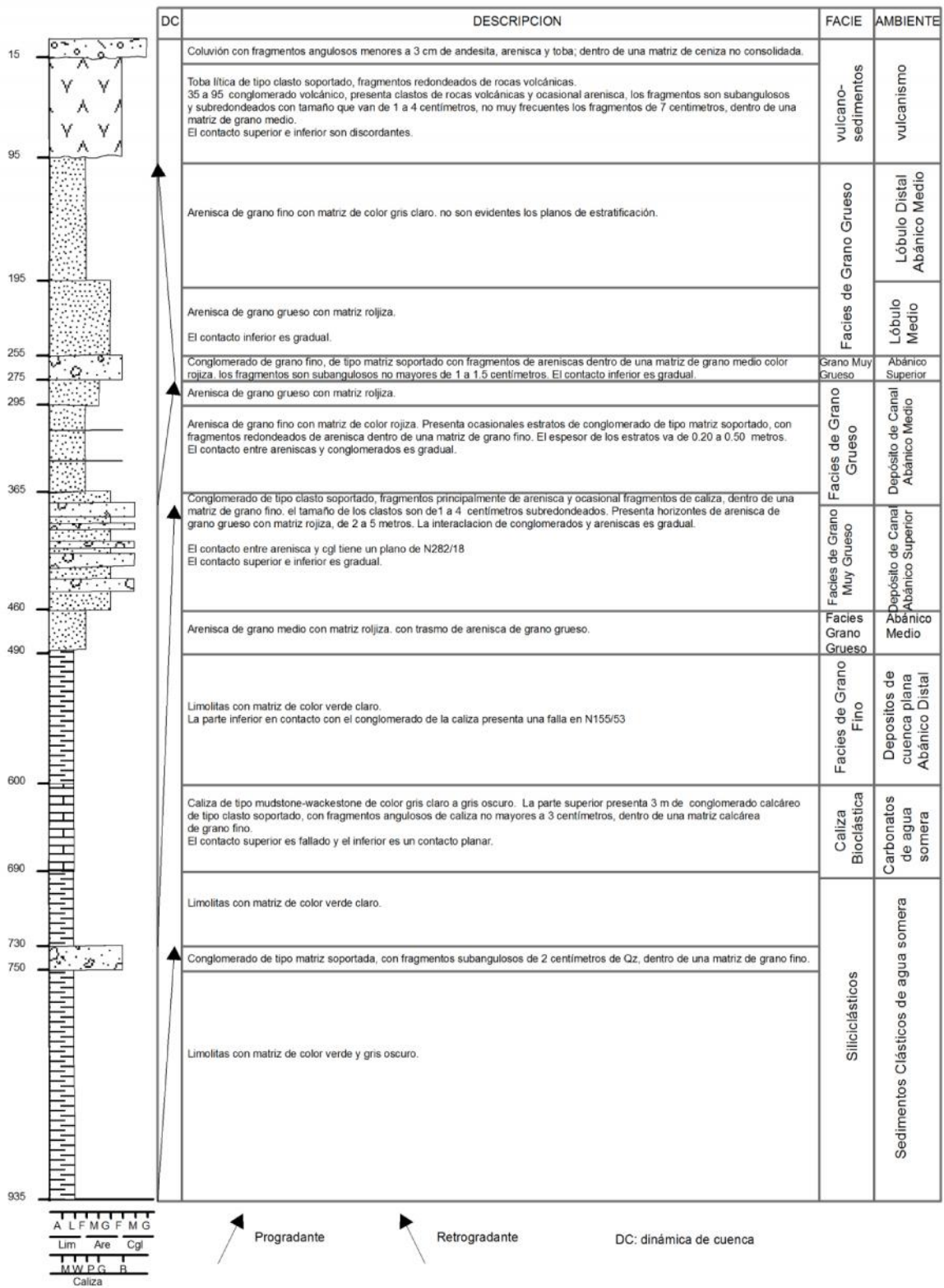
Estas facies de grano muy grueso retrogradan a una secuencia de 255 m de facies de grano grueso representadas por areniscas de grano fino-medio que corresponden a depósitos de abanico medio.

3.1.3 Secuencia del Pozo E11-326

La columna estratigráfica para el pozo E11-326 (figura 9) tiene un espesor de 935 m, se presenta a escala 1: 5 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

A través de este pozo E11-326 se evidencia que la cuenca ha sufrido un primer evento de progradación y otro más reciente retrogradante. La progradación inicia con una secuencia de 245 m de rocas de grano fino, principalmente limolitas cuya facie es descrita como plataforma siliciclástica. Sobre la que se desarrolla 90 m de caliza bioclástica.

FIGURA 9
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E11-326 A ESCALA 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Sobre la caliza bioclástica están 110 m de depósitos de abanico distal, que corresponden a facies de grano fino, las cuales están Sobreyacidas por 30 m de areniscas de grano fino.

La progradación continúa con conglomerados rojizos con abundantes fragmentos de areniscas, la secuencia presenta un espesor de 95 m y corresponden a facies de grano grueso cuyos depósitos son abanico proximal. Estos conglomerados rojizos son los que se muestran también en columna del E11-314 y E11-269

Sobreyaciendo a los depósitos de abanico proximal se encuentra 90 m de arenisca de grano fino con ocasionales estratos de conglomerado con espesor de 0.30 m a 0.50 m. Esta secuencia corresponde a depósitos de abanico medio.

La retrogradación inicia posterior a los depósitos anteriormente descritos. Se marca en la base con un conglomerado de 20 m de espesor que retrograda a depósitos de grano grueso, areniscas de grano medio-grueso, que son depósitos de lóbulo en el abanico medio.

3.1.4 Secuencia del Pozo E12-356

Esta secuencia tiene una longitud de 635 m, fue elaborada a escala 1: 5 000 (figura 10), se describen aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

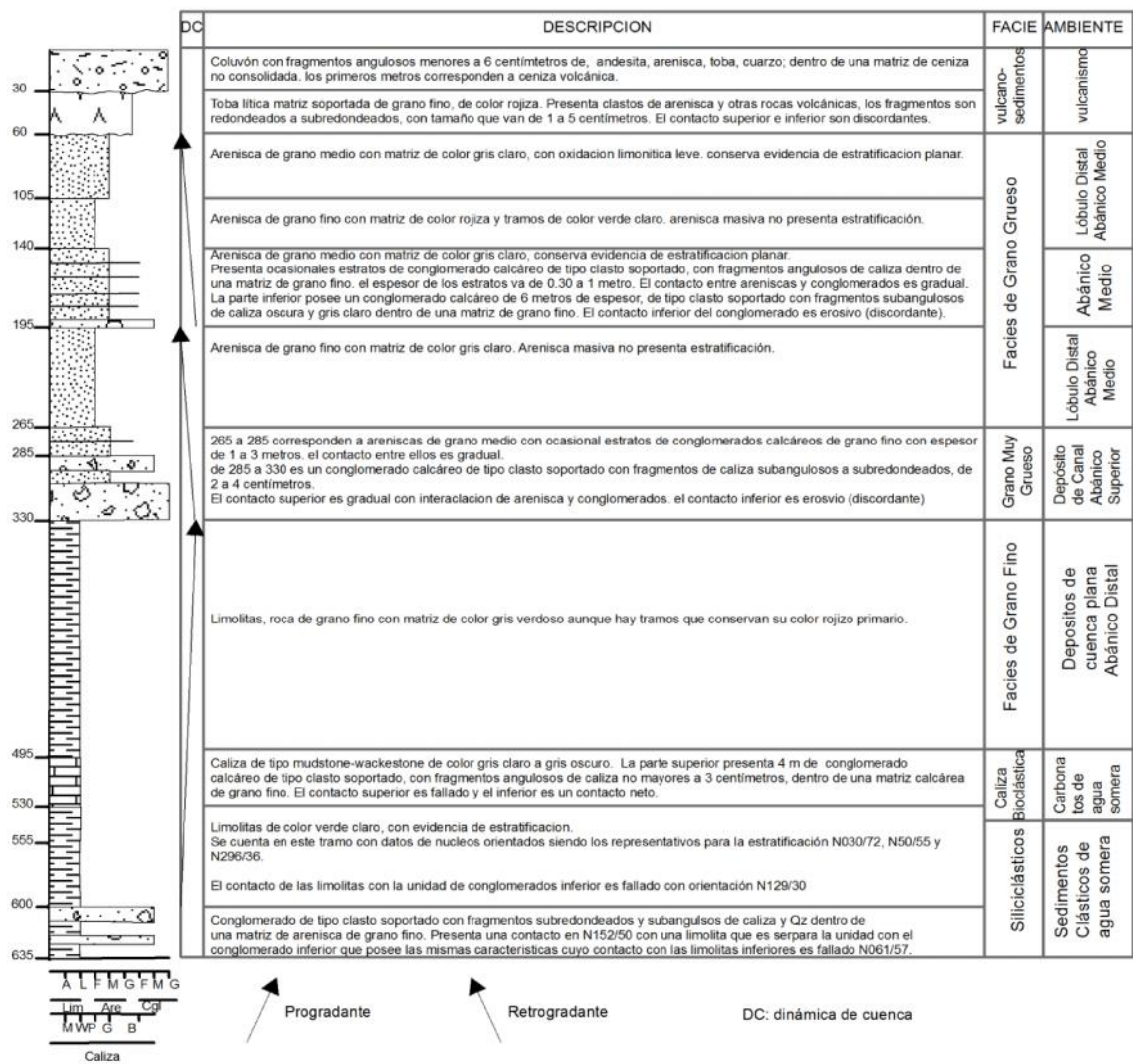
Evidencia dos eventos de la dinámica de la cuenca, una progradación y una retrogradación.

La progradación inicia con conglomerados en la base, tienen un espesor de 35 m, se definen como depósitos de plataforma siliciclástica. Sobreyaciendo esta secuencia están las facies de grano fino que corresponden a limolitas.

Este evento continúa representado por 25 m de caliza bioclástica, sobre las que se encuentran 165 m de rocas de grano fino clasificadas como limolitas y se asocian a facies de depósito de abanico distal.

La retrogradación inicia posterior a las facies de grano fino descritas anteriormente; muestran en la base 45 metros de conglomerado calcáreo, delimitado como depósito de canal de abanico distal. Sobre estos conglomerados se describen 70 m de una secuencia de areniscas de grano fino que corresponde a facies de abanico medio.

FIGURA 10
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-356 A ESCALA 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Después continua 55 m de una secuencia de facies de grano grueso, que se caracterizan por ser areniscas de grano medio con ocasionales horizontes de conglomerados calcáreos de 0.30 m a 1. El evento finaliza con una secuencia de 80 m de areniscas de grano fino a medio.

3.1.5 Secuencia del Pozo E12-362

La columna estratigráfica para el pozo E12-362 (figura 11) tiene un espesor de 770 m, se presenta a escala 1: 5 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

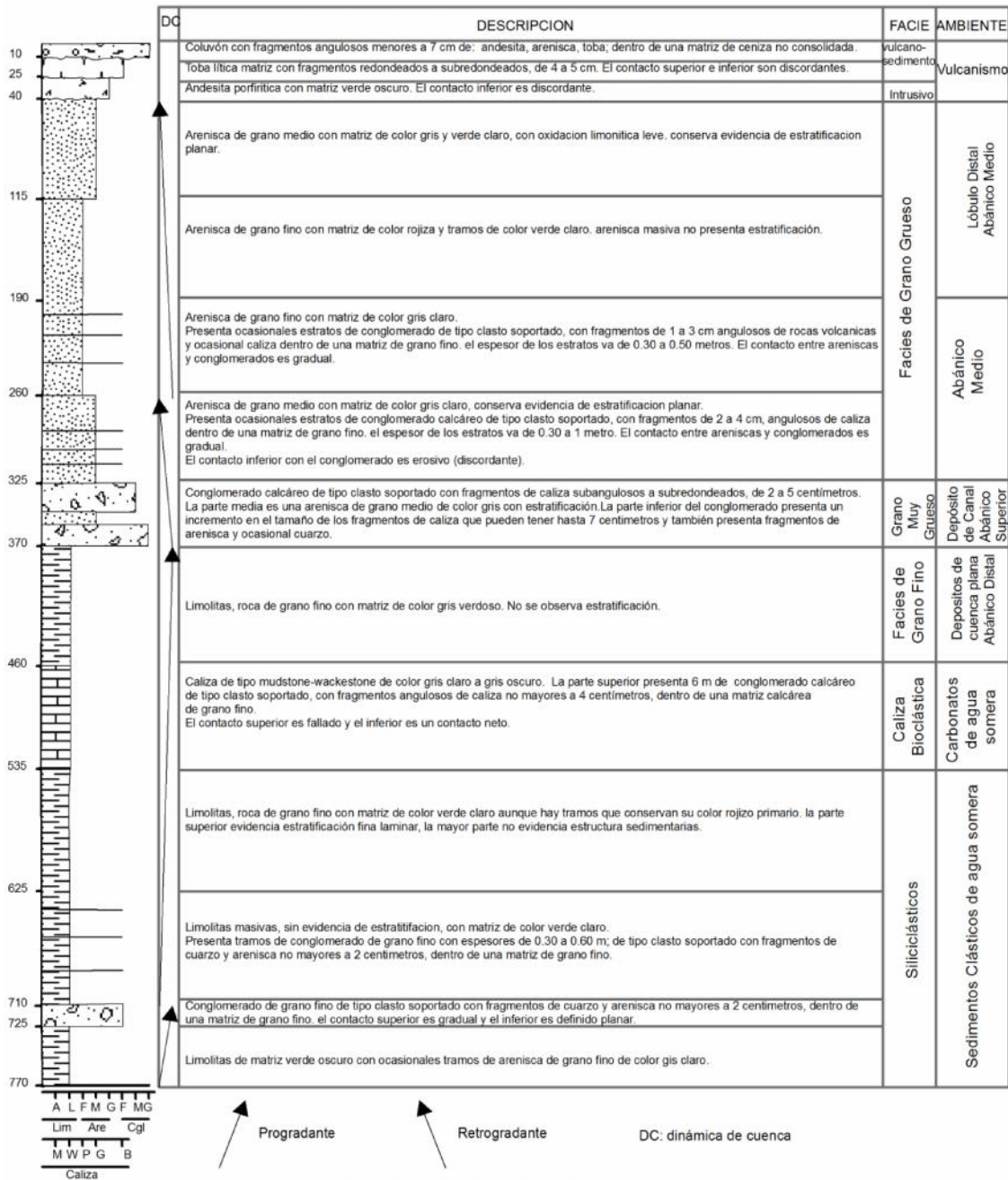
Los primeros 370 m (de la parte superior a la inferior de la columna) evidencia una retrogradación y los restantes 400 m corresponden a una progradación.

La progradación está representada por una secuencia de rocas de grano fino que gradan hacia facies de grano grueso. La primer secuencia son 145 m de facies son rocas de grano fino limolitas que presentan ocasionales horizontes de conglomerados con abundantes guijarro de cuarzo que se definieron como facies de plataforma siliciclástica.

Sobreyaciendo a esta secuencia se describen 90 m de limolitas que corresponden a depósitos de canal distal. El evento continúa con 75 m de caliza bioclástica de plataforma carbonatada. La progradación está delimitada al tope de la secuencia de 90 m de limolitas.

La retrogradación inicia con una secuencia de 45 m de facies grano muy grueso, que corresponden a conglomerados calcáreos. Sobre estos depósitos se describen 135 m de areniscas con ocasionales horizonte de conglomerados que se asocian a facies de abanico medio. La última secuencia asociada a la retrogradación son areniscas de grano fino-medio que son depósitos de lóbulo.

FIGURA 11
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-362 A ESCALA 1: 5 000

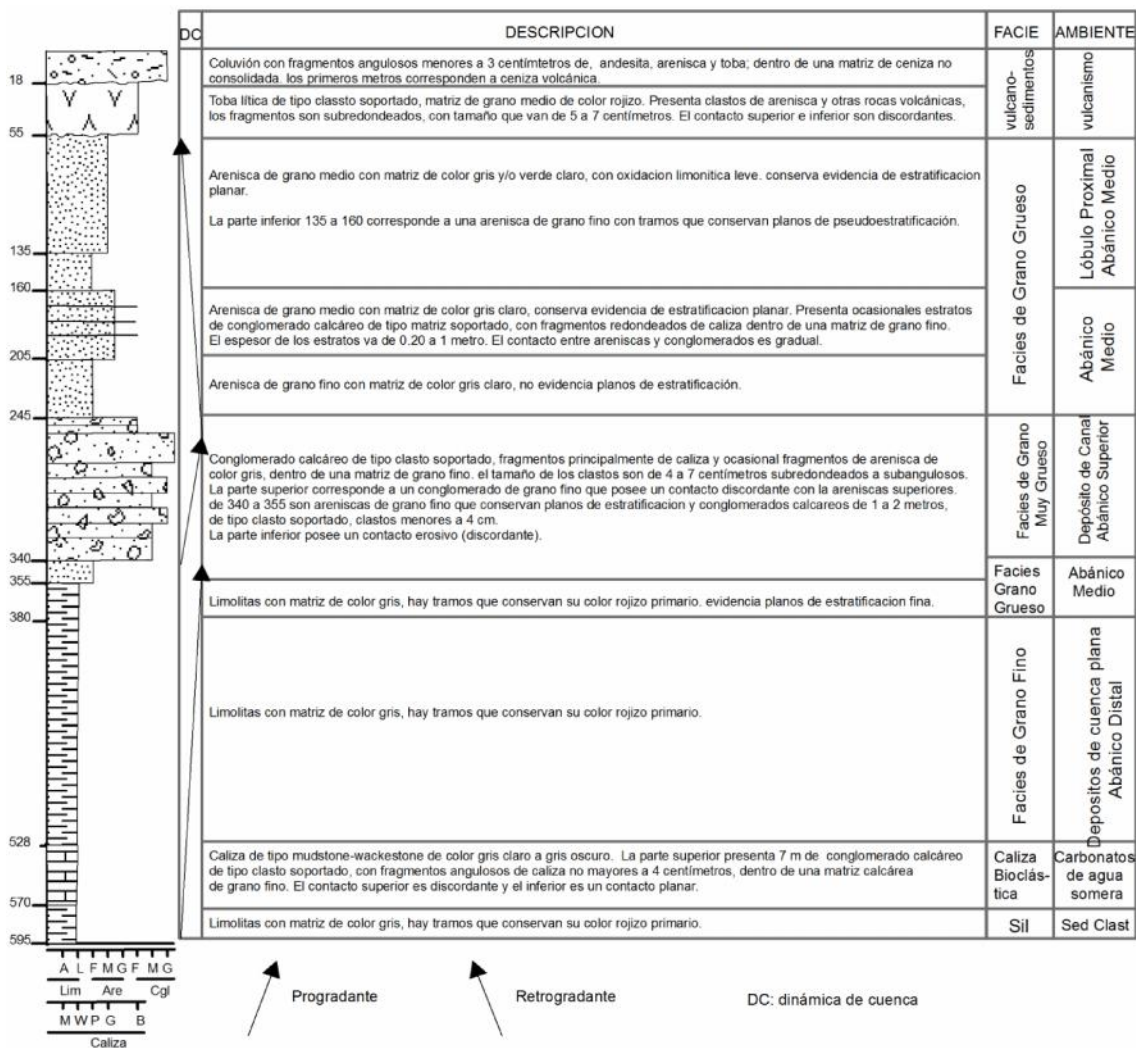


Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.1.6 Secuencia del Pozo E12-363

Esta secuencia tiene un espesor de 595 m, fue elaborada a escala 1: 5 000 (figura 12), se describe aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

FIGURA 12
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-363 A ESCALA 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Al igual que los pozos anteriores descritos la parte inferior (255 m de la base) evidencian una progradación y la parte superior (300 m) muestran una retrogradación.

El evento de progradación está definido por las facies de plataforma siliciclástica, 25 m de rocas de grano fino descritas como limolitas, sobre las que se encuentran 42 m de caliza bioclástica. Sobreyaciendo a estas secuencias hay 140 m de limolitas asociadas a depósitos de abanico distal.

El límite de la progradación se encuentra en la secuencia de conglomerados calcáreos que corresponden a depósitos de canal de abanico proximal. Esta secuencia de 105 m de facies de grano grueso también sirve como el inicio de la retrogradación.

El evento retrogradante continúa con la secuencia de 85 m de areniscas con ocasionales horizontes de conglomerado que corresponden a depósitos de canal de abanico medio. Sobre estas facies de grano grueso se encuentran otra secuencia de areniscas de grano fino-medio.

3.1.7 Secuencia del Pozo E12-378

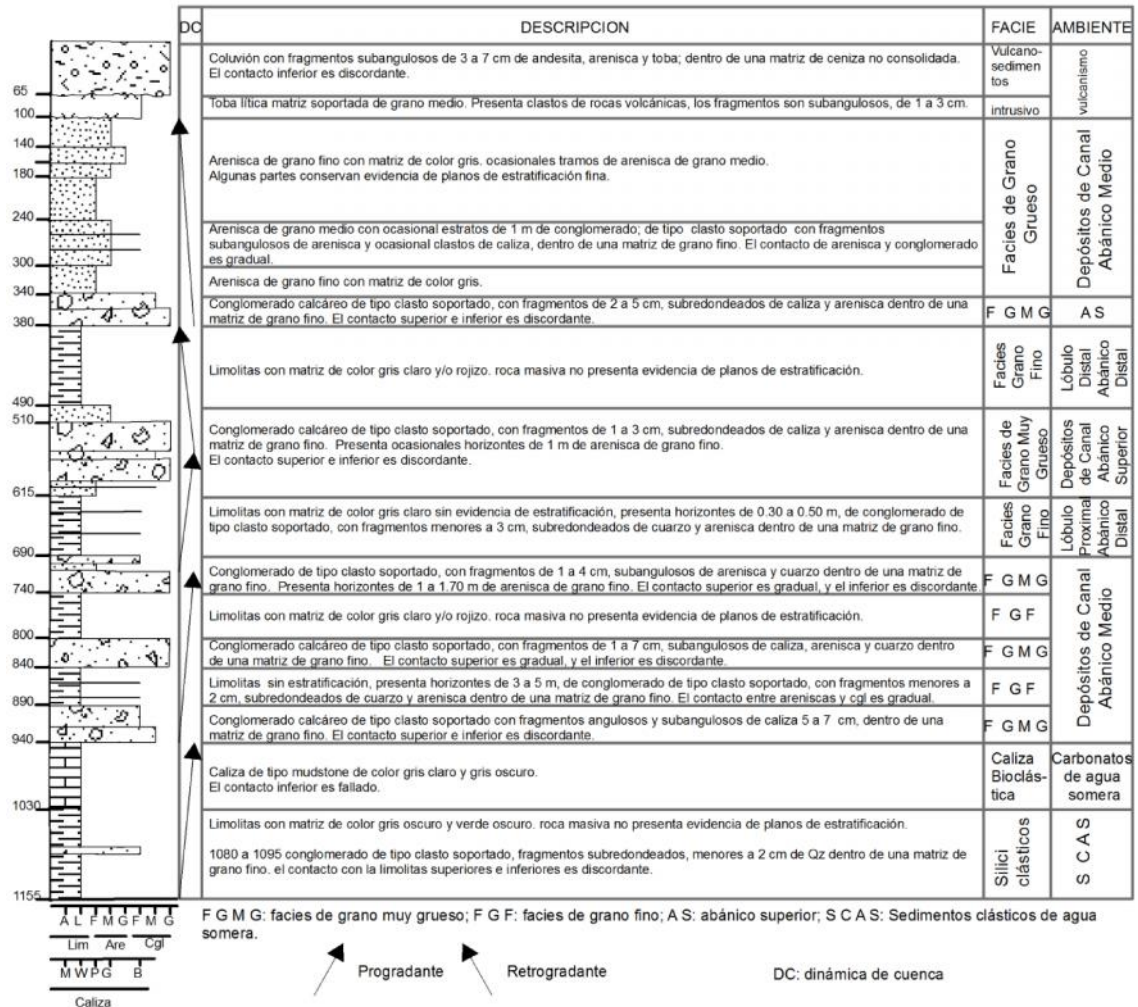
La columna estratigráfica para el pozo E12-378 (figura 13) tiene un espesor de 1 155 m, se presenta a escala 1: 10 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

Por la asociación de facies se evidencia un primer evento de progradación de gran espesor y la parte superior de la secuencia muestra una retrogradación.

La progradación inicia en la base de la columna con una secuencia de siliciclásticos de plataforma descritos como limolitas, que presentan ocasionales horizontes de conglomerado con abundantes guijarros de cuarzo dentro de una matriz de grano fino. Sobreyaciendo esta unidad se encuentra 90 m de caliza bioclástica.

Este evento progradante se evidencia bien 430 m de intercalación de facies de grano fino con facies de grano muy grueso; vemos que hay depósitos de abanico proximal y facies de abanico distal.

FIGURA 13
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-378 A ESCALA 1: 10 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Las facies de grano muy grueso son conglomerados calcáreos presentan un espesor de 40 m a 60 m, son de tipo clasto soportado dentro de una matriz de grano fino. Las facies de limolitas tienen espesores de 60 m a 75 m.

La retrogradación inicia a los 490 m (ver figura 13), con una secuencia de limolitas definidas como depósitos de lóbulo en el abanico

distal. Sobre estas se encuentran 40 metros de conglomerados asociados a facies de abanico proximal. Este evento termina con areniscas de grano fino-medio que tienen un espesor de 240 m.

3.1.8 Secuencia del Pozo E12-380a

Esta secuencia tiene una longitud de 850 m, fue elaborada a escala 1: 5 000 (figura 14), se describen aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

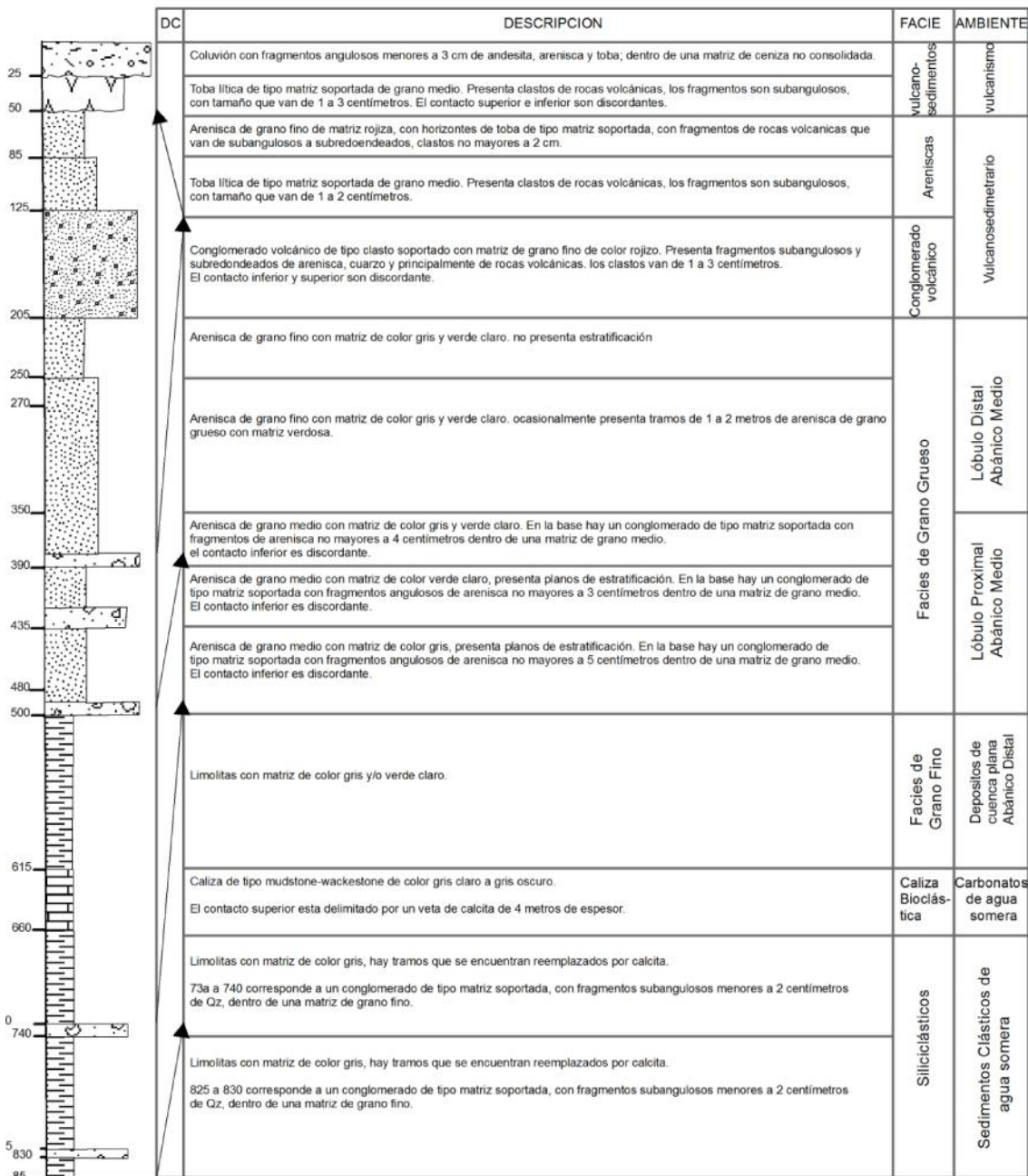
La dinámica de la cuenca evidenciada por el arreglo de las facies muestra un evento bien marcado de progradación 725 m (inicia de 125 m a 850 m), únicamente la parte superior de 50 m a 125 m corresponden a una retrogradación.

Las secuencia de la base, son 190 m de limolitas que se caracteriza como depósitos de plataforma siliciclástica. Sobreyaciendo esta unidad se encuentra el horizonte calcáreo que está representado por una caliza bioclástica de facies de plataforma carbonatada.

Sobre el nivel carbonático se encuentran limolitas, definidas como facies de depósitos de lóbulo de abanico distal. La progradación continua con una secuencia de 295 m de arenisca de grano fino-medio que ocasionalmente presenta horizontes de conglomerado. Esta secuencia es asociada a las facies de grano grueso de abanico medio.

El límite de la progradación está definido en la parte superior de una secuencia de conglomerados rojos, con abundantes fragmentos de areniscas y rocas volcánicas. Son facies de grano grueso de abanico proximal, al igual que los conglomerados de este tipo descritos en los pozos E11-269, E11-314 y E11-326, pudieran delimitar un tipo de conglomerado distinto a los descritos en otros pozos; correlacionando el nivel en los pozos pudieran definir un debris ocurrido en un borde de la cuenca.

FIGURA 14
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-380A A ESCALA 1: 5 000



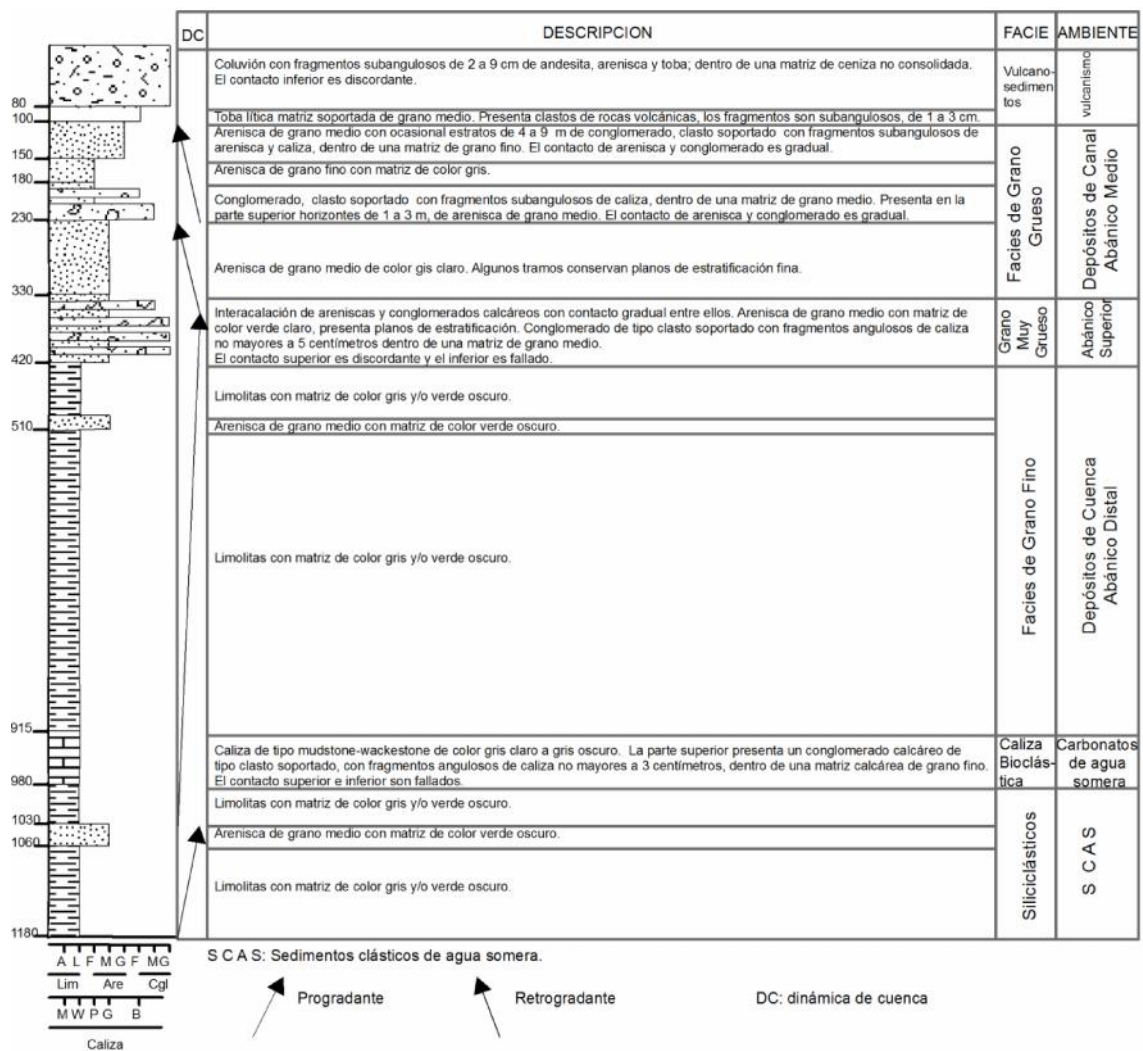
Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Como anteriormente se había mencionado la parte superior se puede definir como una retrogradación (50 m a 125 m), corresponden a areniscas de grano medio, que termina con areniscas de grano fino.

3.1.9 Secuencia del Pozo E12-390

La columna estratigráfica para el pozo E12-390 (figura 15) tiene un espesor de 1 180 m, se presenta a escala 1: 10 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

FIGURA 15
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-390 A 1: 10 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

La dinámica de la cuenca a través de esta columna estratigráfica, define en la base una progradación (330 m a 1180 m) y en la parte superior una retrogradación (100 m a 330 m).

En la base de la columna (figura 15) se encuentran secuencia de grano fino (420 m a 1180 m) que progradan a rocas de grano grueso (100 m a 420 m). En la base de 1030 a 1180 m son limolitas que progradan a areniscas de grano fino definidas como depósitos siliciclásticos de plataforma. Sobre los que se encuentra 75 m de caliza bioclástica.

Posteriormente hay 495 m de limolitas (420 m a 915 m) descritas como facies de grano fino definidas como depósitos de lóbulo.

El límite de la progradación está definido por una secuencia de 90 m de conglomerados calcáreos, que corresponden a depósitos de lóbulo de abanico distal. Las secuencias sobreyacentes a las facies de grano muy grueso muestran una retrogradación, se desarrollan areniscas de grano medio (230 a 330 m, ver figura 15).

De 100 m a 230 m en la columna estratigráfica (figura 15), continua la retrogradación de conglomerados en la base que pasan a areniscas de grano fino-medio.

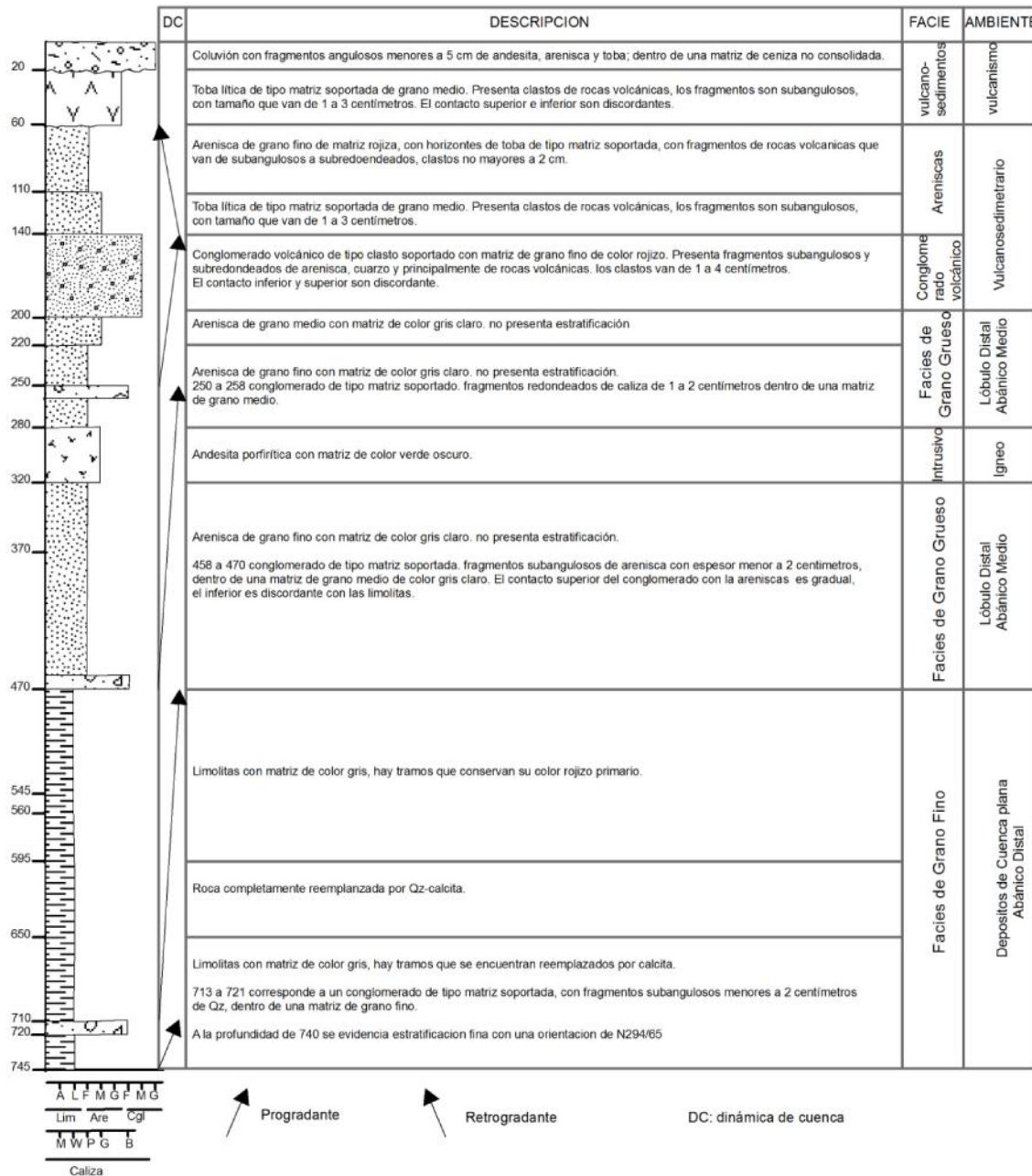
3.1.10 Secuencia del Pozo E12-393

Esta secuencia tiene una longitud de 745 m, fue elaborada a escala 1: 5 000 (figura 16), se describen aspectos litológicos y se propone un ambiente para cada secuencia litológica separada.

Este pozo E12-393 tiene similitud con el E12-380a, evidencian la misma dinámica de la cuenca, un evento progradante principalmente y también una secuencia de conglomerados rojos.

La columna litológica tiene un espesor de 745 m, en la base se describió facies de grano fino, limolitas de 275 m de espesor que son asociadas a depósitos de lóbulo, abanico distal. Estas rocas se encuentran Sobreyacidas por areniscas de grano fino medio que son de abanico medio.

FIGURA 16
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-393 A ESCALA 1: 5 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

En la columna de 140 m a 200 m, son conglomerados de grano fino con matriz rojiza, esta litología en otros pozos es definida como *debris* ocurrido en la cuenca, ya que litológicamente son distintos a los

conglomerados calcáreos que principalmente corresponden a depósitos de canal en una secuencia de turbiditas.

En la parte superior, después de los conglomerados hay areniscas que definidas como facies de abanico medio.

3.1.11 Secuencia del Pozo E12-395

La columna estratigráfica para el pozo E12-395 (figura 17) tiene un espesor de 1 640 m, se presenta a escala 1: 10 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

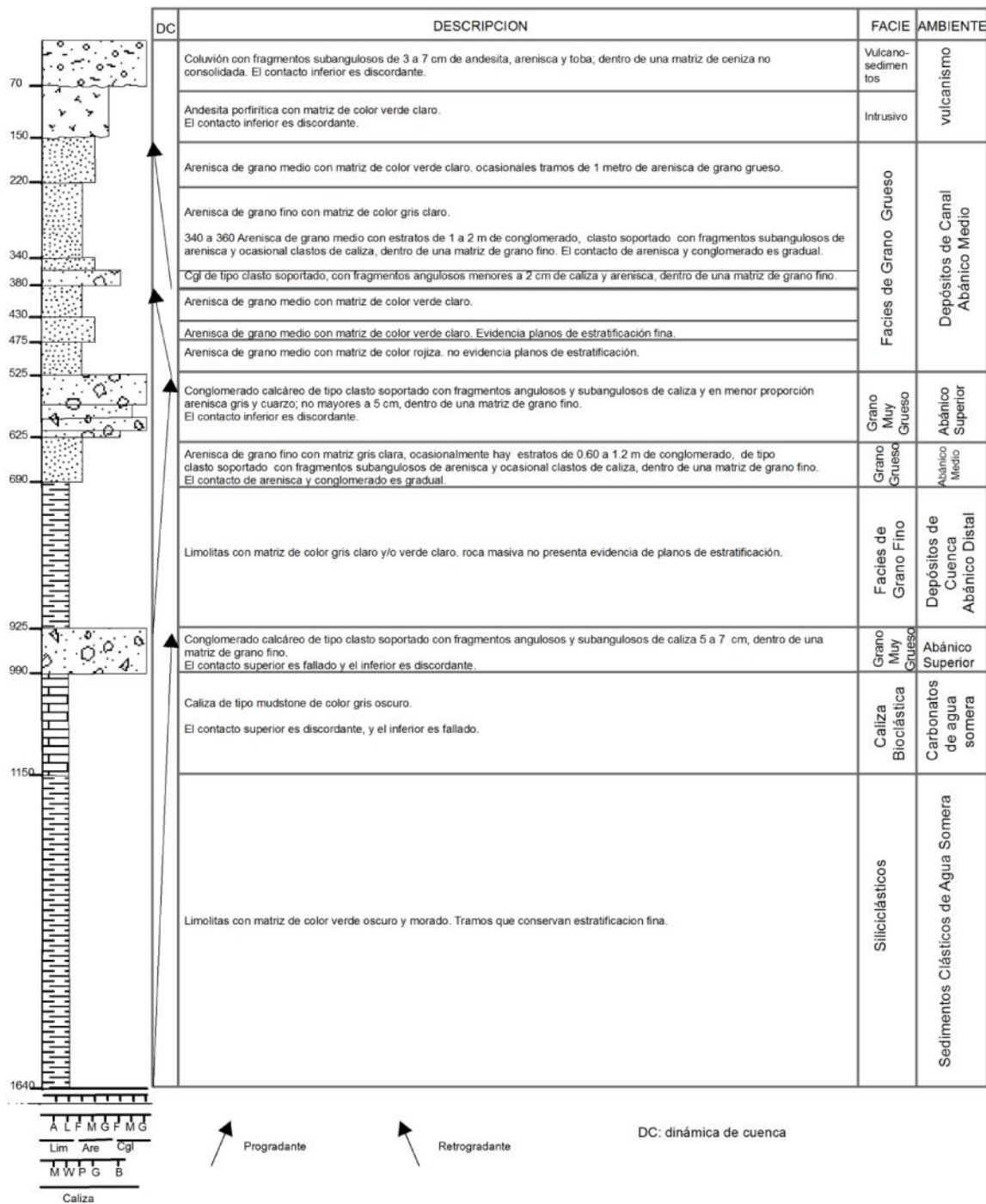
La dinámica de la cuenca a través de este pozo esta defina por una progradación y posterior un retrogradación.

La base 1150 m a 1640 m, (ver figura 17) son rocas de grano fino descritas como facies de plataforma siliciclástica, sobre las que se encuentran 160 m de caliza bioclástica. Estas facies progradan a la secuencia de 65 m, de conglomerados calcáreos que son definidos como depósitos de canal de abanico proximal.

Otro evento de progradación pero de menor espesor está definido de 525 m a 925 m. Hay una secuencia de 235 m de espesor de limolitas que son facies de grano fino características de depósitos de lóbulo en el abanico distal. Continúa con 65 m de areniscas de grano fino, que son facies de abanico medio. Estas progradan facies de depósito de canal, conglomerados calcáreos, que tienen un espesor de 100 m.

Posterior al conglomerado calcáreos, se encuentran areniscas de grano fino-medio y que ocasionalmente pueden presentar horizontes de 1 m de conglomerado. Estas facies de 150 m a 525 m (figura 17), fueron delimitas como características de depósitos en abanico proximal.

FIGURA 17
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E12-395 A ESCALA 1: 10 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.1.12 Secuencia del Pozo E13-396a

La columna estratigráfica para el pozo E12-396a (figura 18) tiene un espesor de 1 207 m, se presenta a escala 1: 10 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

En base a la asociación de facies, evidencia que la dinámica de la cuenca a través de este pozo evidencia dos eventos importantes. El primero corresponde a una progradación, posteriormente se detiene dando lugar al evento de retrogradación.

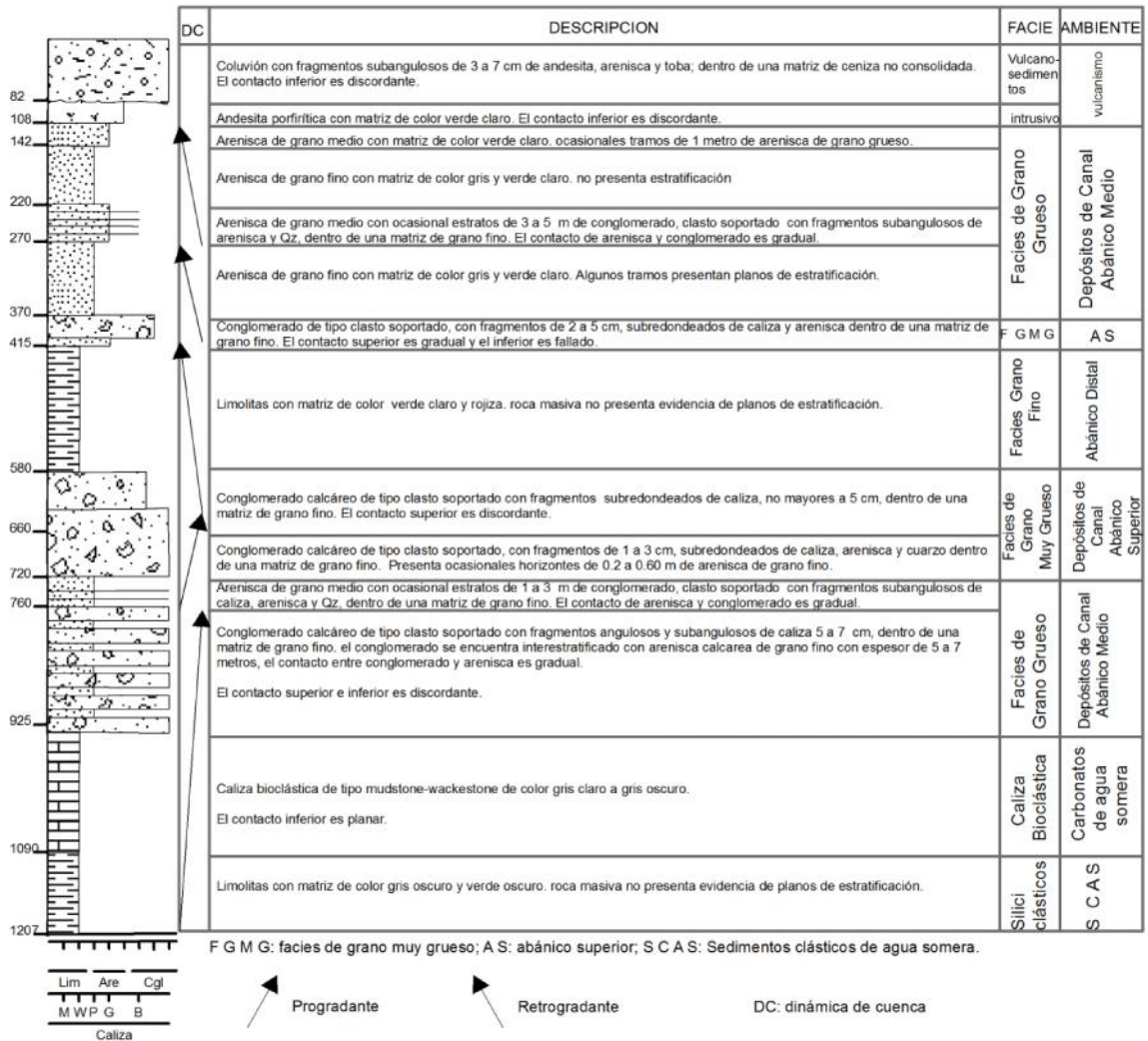
El evento de progradación se marca en la columna de 760 m a 1207 m (figura 18). Inicia en la base de la columna con, limolitas definidas como facies de plataforma siliciclástica que continúan con 165 m, de caliza bioclástica de facies de plataforma carbonatada.

Las caliza descrita en este pozo son consideradas como facies de grano fino, las cuales progradan a una secuencia de conglomerados calcáreos, rocas de grano grueso que se asociación a facies de depósito de canal de abanico proximal.

La retrogradación está delimitada de 142 m a 760 m (figura 18), las facies de grano grueso de abanico proximal, los conglomerados tienen un espesor de 180 m, pasa a una secuencia de facies de grano fino principalmente limolitas de 165 m de espesor, y otra de facies de grano grueso de 305 m, que son descritas como areniscas.

En la columna se puede observar que fueron definidos varios horizontes de areniscas que en conjunto evidencia la retrogradación de los conglomerados a areniscas.

FIGURA 18
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E13-396A A ESCALA 1: 10 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

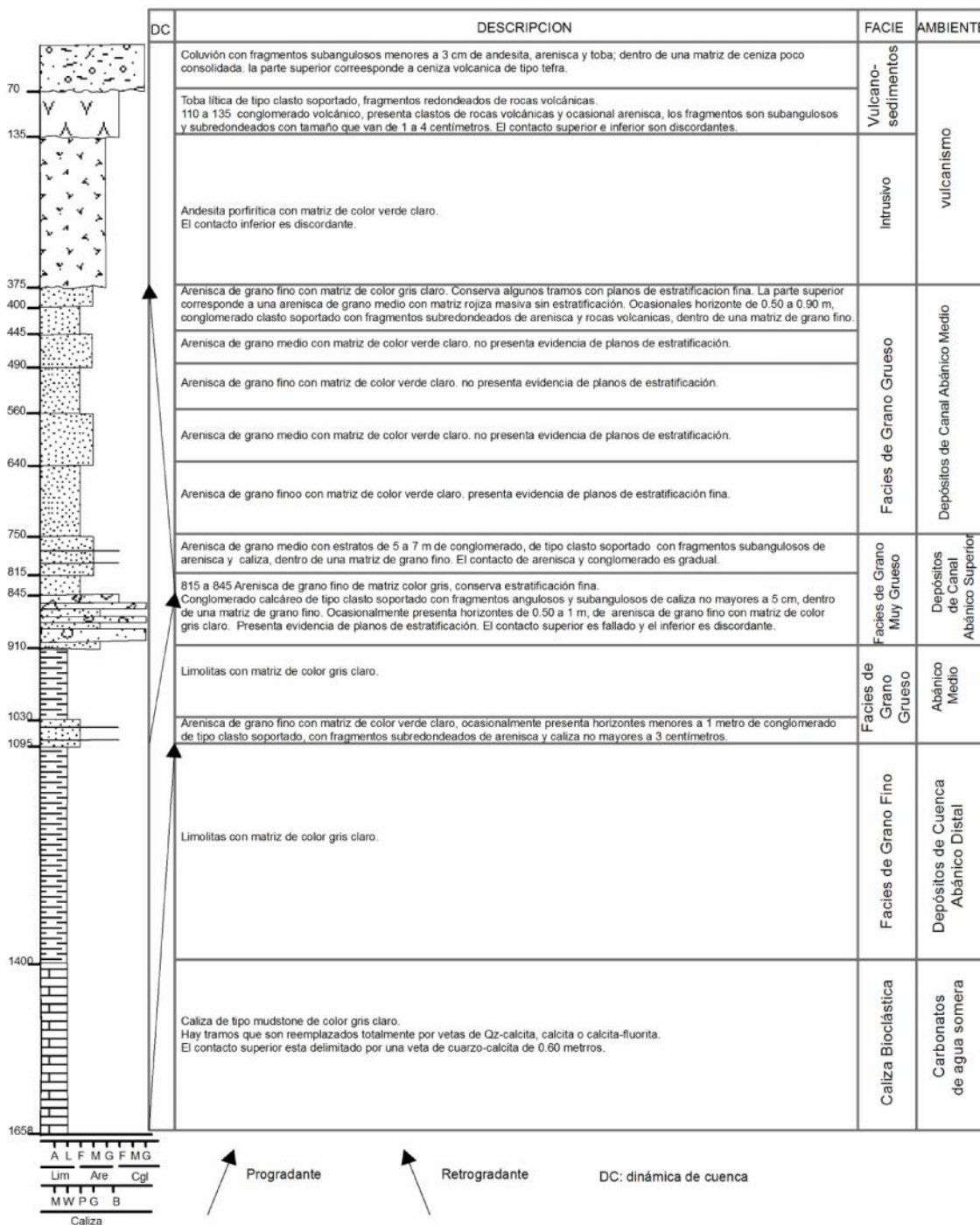
3.1.13 Secuencia del Pozo E13-398

La columna estratigráfica para el pozo E13-398 (figura 19) tiene un espesor de 1 658 m, se presenta a escala 1: 10 000 y se describen los principales aspectos litológicos, y en base a la secuencia se asocian las facies y el ambiente correspondiente.

La dinámica de la cuenca muestra un evento progradante de 845 a 1658 m, inicia en la base con un espesor de 258 m de caliza bioclástica,

de plataforma carbonata. Sobre las calizas hay 490 m de rocas de facies de grano fino, principalmente limolitas.

FIGURA 19
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E13-398 A ESCALA 1: 10 000



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

La progradación está delimitada por 65 m de conglomerado calcáreo, asignados a facies de depósito de canal. Estos conglomerados están ubicados en la columna a 845 m (figura 19).

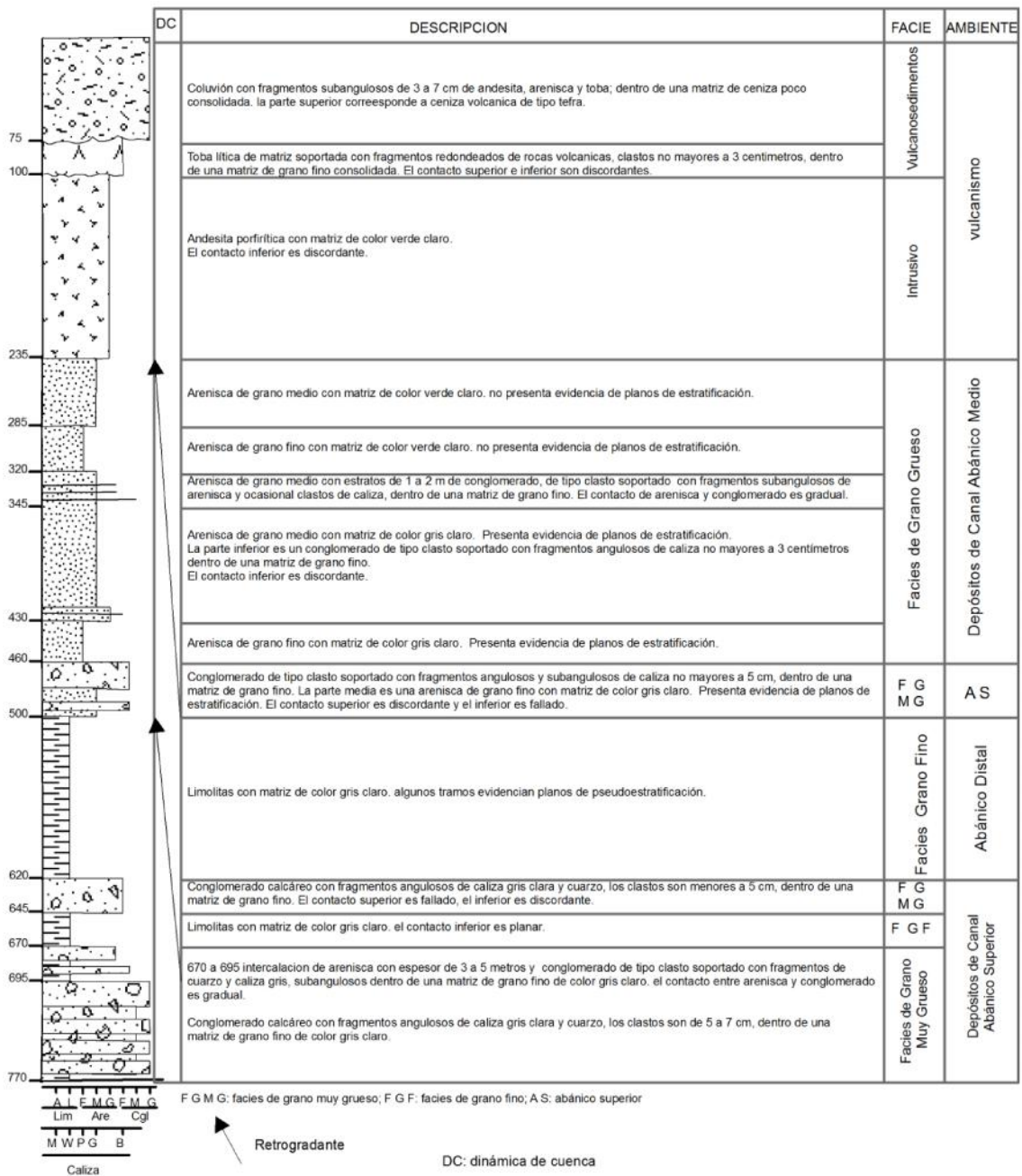
De 375 m a 845 m (figura 19) se define como el evento de retrogradación, está definido como facies de grano grueso, que incluye secuencias de arenisca de grano fino y areniscas de grano medio.

3.1.14 Secuencia del Pozo E13-401

La secuencia E13-401 (figura 20), tiene una longitud de 775 m elaborada a escala 1: 5 000. A través de esta secuencia de facies del pozo únicamente se evidencia una retrogradación.

En la base hay 150 m de conglomerado calcáreo, de tipo clasto soportado que son asignados como facies de depósito de canal, de abanico proximal. Esta progradan a facies de grano fino que corresponde a 120 m de limolitas. Posteriormente hay 40 m de conglomerados, que definen depósitos de abanico proximal. Estos son la base de una secuencia de 195 m de areniscas de grano fino-medio.

FIGURA 20
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA E13-401 A ESCALA 1: 5 000



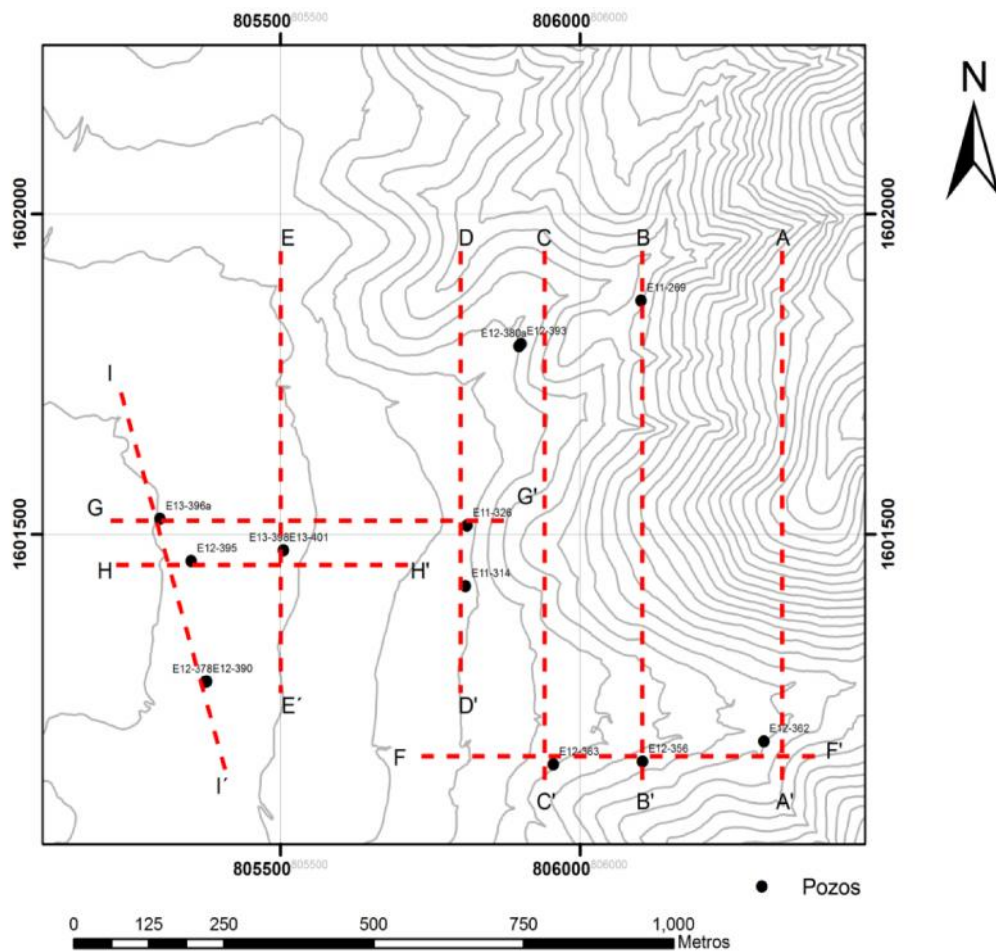
Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.2 Correlación de Secuencias Estratigráficas

La correlación de las 14 secuencias estratigráficas propuestas para cada uno de los pozos estudiados, se hizo a través de 9 perfiles o secciones geológicas; en estos perfiles se consideró el rumbo de barrenación, así como el ángulo de inclinación. La profundidad de cada sección se hace en base a los metros sobre el nivel del mar (msnm).

Se realizó 5 secciones con orientación norte-sur (figura 21) siendo estos: A-A', B-B', C-C', D-D' y E-E'. También se presentan 3 secciones este-oeste, F-F', G-G', H-H'. Por último se elaboró un perfil N345 (figura 21 como I-I').

FIGURA 21
MAPA CON LA UBICACIÓN DE LOS POZOS Y LAS SECCIONES PROPUESTAS



Fuente: Investigación de campo 2 014. Datum NAD27, 15N.

3.2.1 Sección Geológica A – A´

La sección A – A´ (figura 22), muestra los pozos E10-232, E11-296, E11-308 y E12-362, a este último se le elaboró su secuencia litológica donde se delimitaron las unidades más representativas. Los otros tres pozos que se presentan en la sección, únicamente sirvieron para darle continuidad a las unidades descritas en 362.

La unidad de caliza (NC) se encuentra debajo de los 1 000 msnm, y únicamente se encuentran en los testigos del E12-362, no se evidencia su continuidad en el pozo más cercano E11-296. Sobreyaciendo este nivel carbonático (NC) se desarrolla una secuencia de limolitas de color rojizo, asociadas a facies de abanico distal.

Sobre la cota 1 000 msnm en el pozo 362 se desarrolla un intervalo conglomerático, por su geometría puede ser interpretado como un canal el cual no presenta continuidad en los pozos 232 y 296 por lo que se asume que son facies de borde de canal, de facies de abanico proximal (Figura 22 AP).

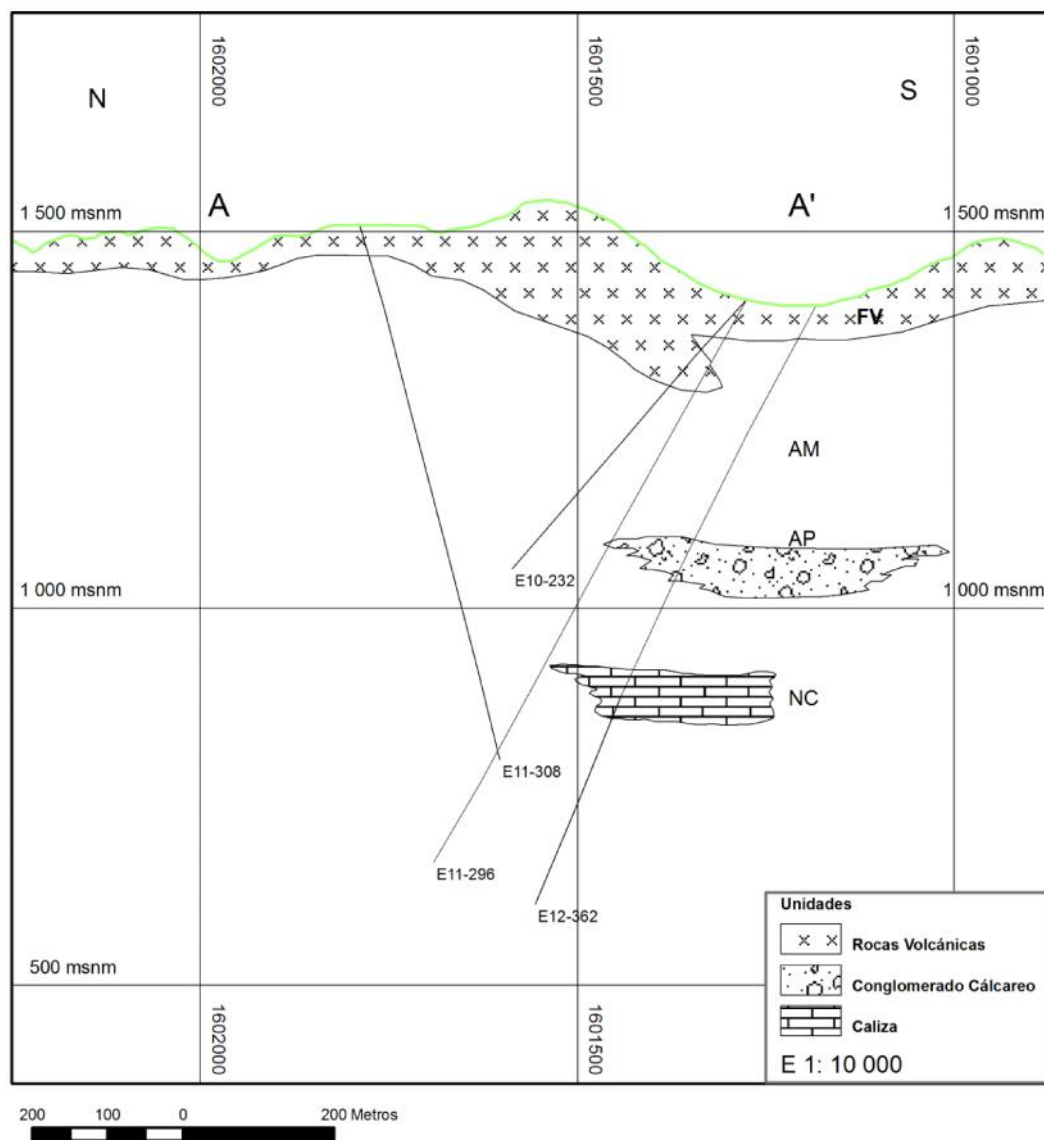
Las características del conglomerado calcáreo es de tipo clasto soportado con fragmentos de caliza subangulosos a subredondeados, de 2 a 5 centímetros dentro de una matriz de arena fina. La parte inferior del conglomerado presenta un incremento en el tamaño de los fragmentos de caliza que pueden tener hasta 7 centímetros (cm) y también presenta fragmentos de arenisca y ocasional cuarzo.

Sobre las facies de abanico proximal (AP), se describen facies de grano grueso, desarrolladas en el abanico medio (AM) que principalmente se caracteriza por presentar areniscas de grano medio-grueso.

Arenisca de grano medio con matriz de color gris claro, conserva evidencia de estratificación. Presenta ocasionales estratos de

conglomerado calcáreo de tipo clasto soportado, con fragmentos de 2 cm a 4 cm, angulosos de caliza dentro de una matriz de grano fino. El espesor de los estratos va de 0.30 m a 1 m. El contacto entre areniscas y conglomerados es gradual.

FIGURA 22
PERFIL GEOLÓGICO A – A' QUE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN DE LA SECUENCIA CONGLOMERÁTICA Y CALCÁREA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Las unidades más superficiales se definen en la figura 22 como rocas volcánicas (FV) que hace referencia a la andesita porfírica, toba lítica y coluvión, las cuales no se delimitaron individualmente en el perfil sino que se englobaron como rocas asociadas a la fase de vulcanismo reciente en la zona.

3.2.1 Sección Geológica B – B´

Esta sección presenta una orientación norte-sur. Incluye las secuencias estudiadas de los pozos E11-269 y E12-356. Esta información se vio complementada con la revisión rápida de los pozos E11-266 y 305; E12-381 y 391 (figura 23).

El nivel calcáreo (NC) solamente fue reportado en los pozos E11-269 y E12-356 y se encuentra debajo de los 1 000 msnm. En el apartado de estratigrafía del nivel calcáreo se describirán las microfacies.

Sobre los 1 000 msnm, se describió una secuencia de conglomerados calcáreos, descritos en los pozos E11-305, E12-356 y E12-381. Como lo evidencia la figura 23, geométricamente corresponde a la forma de una canal, asociadas a facies de abanico proximal (AP) según la caracterización de Mutti.

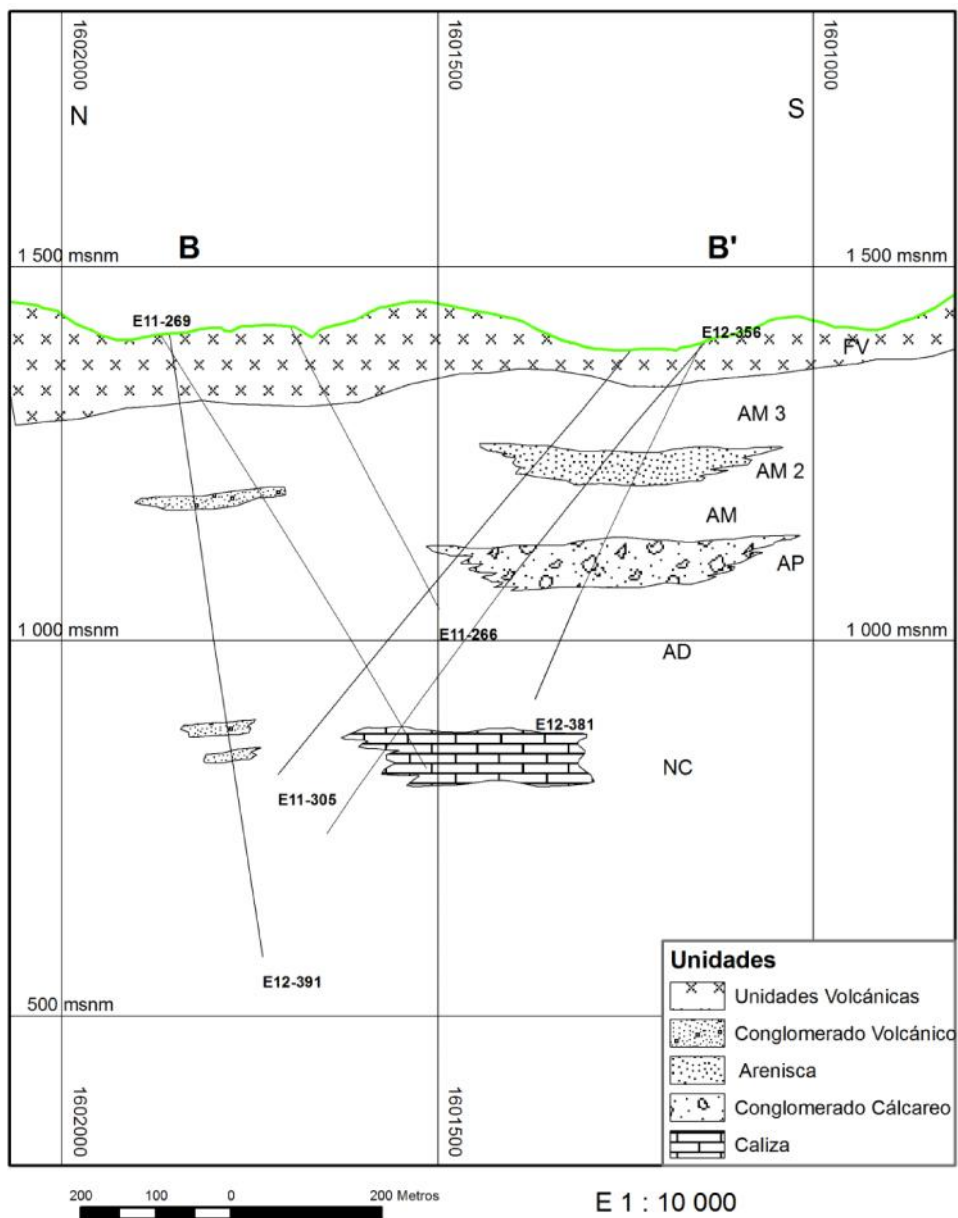
Otra unidad delimita que corresponde a depósitos de abanico, en la parte del abanico medio (AM 2), son las areniscas con horizontes de conglomerados que corresponden a las facies de grano grueso, se definen como depósitos de canal en el abanico medio.

Este paquete de arenisca de grano medio conserva evidencia de estratificación y presenta ocasionales estratos de conglomerado calcáreo de tipo clasto soportado, con fragmentos angulosos de caliza dentro de una matriz de grano fino. Con espesores de estratos de 0.30 m a 1 m.

En la sección también se hace la distinción de lo que podría definirse como abanico distal (AD) que se encuentra sobreyaciendo al

nivel Calcáreo. Los depósitos como andesita, toba lítica y coluvión se delimitaron como evento volcánico (FV).

FIGURA 23
PERFIL GEOLÓGICO B – B', MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN DE LA SECUENCIA CONGLOMERÁTICA Y CALCÁREA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.2.3 Sección Geológica C – C'

En esta sección se incluyen los pozos E12-363 y E12-380a, a los cuales se le realizó su secuencia litológica, también se revisó del E11-323, para darle continuidad a las facies de conglomerados calcáreos reportados en el E12-363 o a los conglomerados volcánicos del E12-380a.

Al igual que en las secciones anteriores, acá el nivel calcáreo (NC) está por debajo de los 1 000 msnm, y están reportados en los núcleos de E12-363 y E12-380a, su continuidad no se reporta en los últimos metros de E11-323. Por la asociación de facies se ha definido que sobre la caliza corresponde a rocas de grano fino, definidas como depósitos de abanico distal (AD).

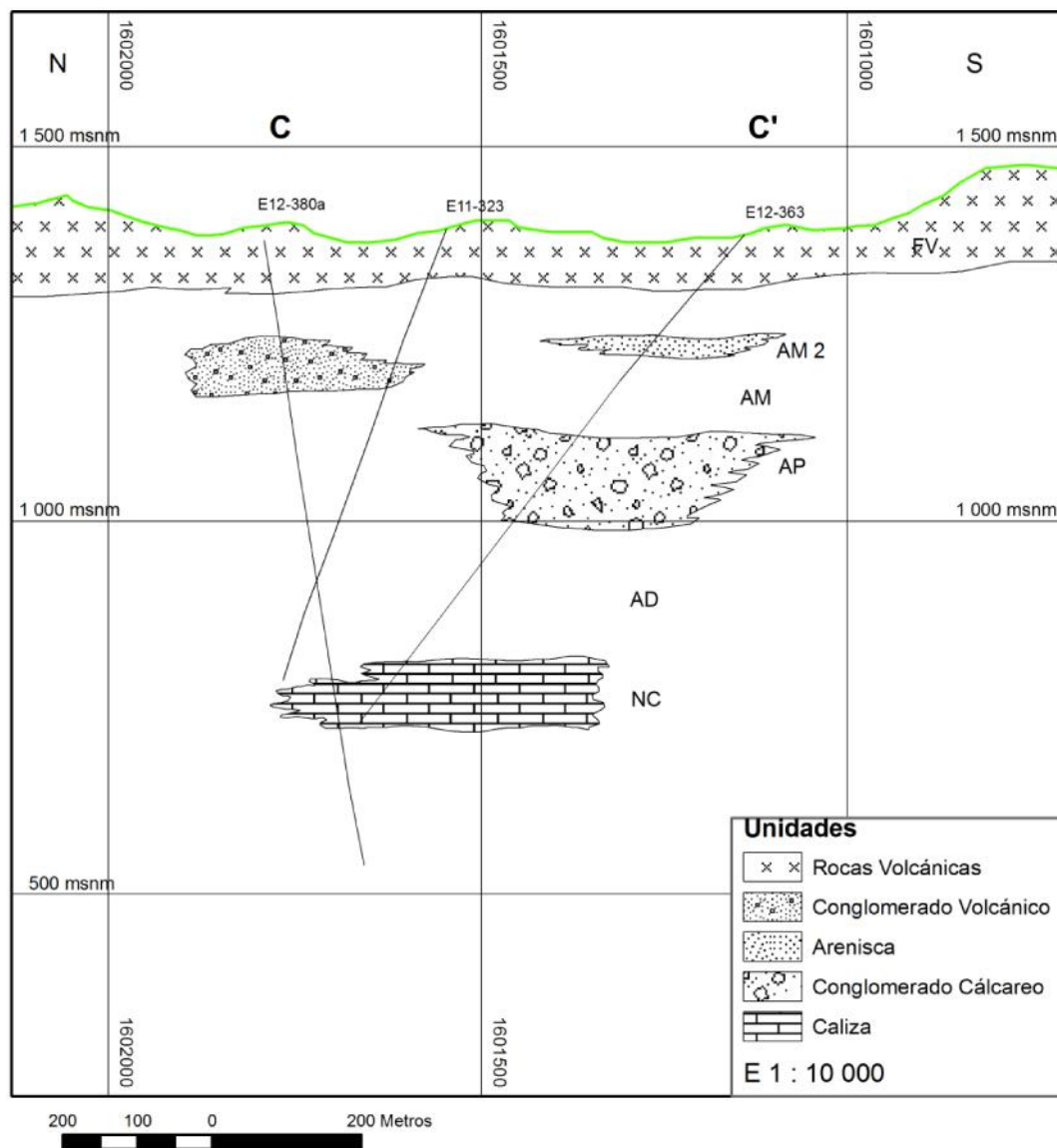
En esta sección se evidencian los dos tipos de conglomerados, el primero definido como conglomerado volcánico por su contenido de fragmentos de rocas volcánicas y presenta una coloración rojiza. El segundo es conglomerado calcáreo.

El conglomerado volcánico descrito en los pozos E12-380a y E11-323, se interpreta como un depósito de flujo de detritos cuya fuente se encuentra al norte de la sección y los pozos evidencia la parte distal del flujo. Este paquete de conglomerados volcánicos también se pueden ver en la parte sur de la sección B-B' en el pozo E12-391 (ver figura 23).

El conglomerado calcáreo definida como facie de grano grueso, asociada a depósitos de canal de proximal (Figura 24 AP). Esta facie no se encuentra correlacionada en los otros pozos de la sección C-C'. Lo que se puede observar es que en la parte sur de la sección se desarrolla un conglomerado volcánico que se puede asociar a la parte distal de un *debris flow* (figura 24).

Sobre las facies de abanico proximal (AP), se observan areniscas de grano medio-grueso de abanico medio, asociada a depósitos de lóbulo (AM). También se ha delimitado una facies de areniscas de grano medio con ocasionales horizontes de conglomerado calcáreo. Se definen como depósitos de lóbulo de abanico medio en una parte proximal. (AM2).

FIGURA 24
PERFIL GEOLÓGICO C – C' QUE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y VARIACIÓN DE LA SECUENCIA CONGLOMERÁTICA Y CALCÁREA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Las unidades más cercanas a la superficie fueron definidas como FV, que hacen referencia a las rocas del evento de vulcanismo que afecta a la zona. El paquete incluye andesita porfirítica, toba lítica y la unidad de coluvión.

3.2.4 Sección Geológica D – D´

En esta sección solo se incluyen los pozos E11-314 y E11-326 (figura 25), la información de estos se encuentra cercano a los 500 msnm.

Cercano a los 500 msnm, se encuentra el nivel calcáreo (figura 25 NC), corresponde a la caliza que únicamente es reportada en el pozo E11-326, tiene un espesor de 90 metros. Sobreyaciendo a esta unidad se ha descrito rocas de grano fino, clasificadas como limolitas asociadas a facies de grano fino que se ubican en un abanico distal (AD).

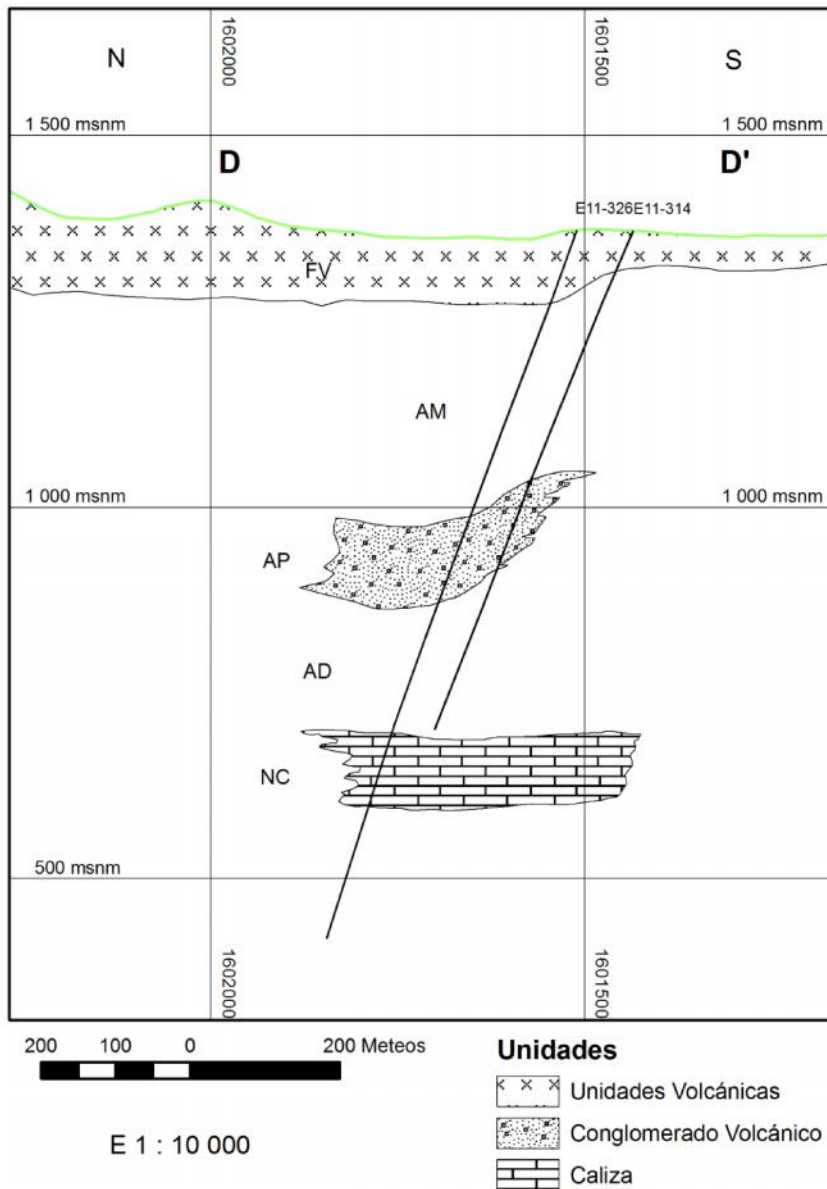
Es delimitado un paquete de conglomerado volcánicos en la cota 1 000 msnm. Presenta horizontes de arenisca de grano grueso con matriz rojiza, de 2 m a 5 m. La intercalación de conglomerados y areniscas es gradual. La matriz es de color rojiza.

Está definido como un flujo de detritos (*debris flow*), característico en las secciones B-B´ y C-C´, en los pozos E12-380a, E11-323, E11-269 (en la parte superior) y E12-391.

Se desarrollan en la parte norte de las secciones, revisando la coordenada norte es evidente en las secciones mencionadas que esta no pasa la coordenada 1601500 (figuras 23, 24 y 25). En tanto que los conglomerados calcáreos se desarrollan posterior a la coordenada norte dicha anteriormente.

Las unidades de rocas más recientes relativamente, se ilustran como FV en la figura 25, esta asocia a: andesita porfirítica, toba lítica y coluvión. Las primeras son evidencia de la actividad volcánica que afecta a la zona.

FIGURA 25
 PERFIL GEOLÓGICO D – D' QUE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y
 VARIACIÓN DE LA SECUENCIA CONGLOMERÁTICA Y
 CALCÁREA

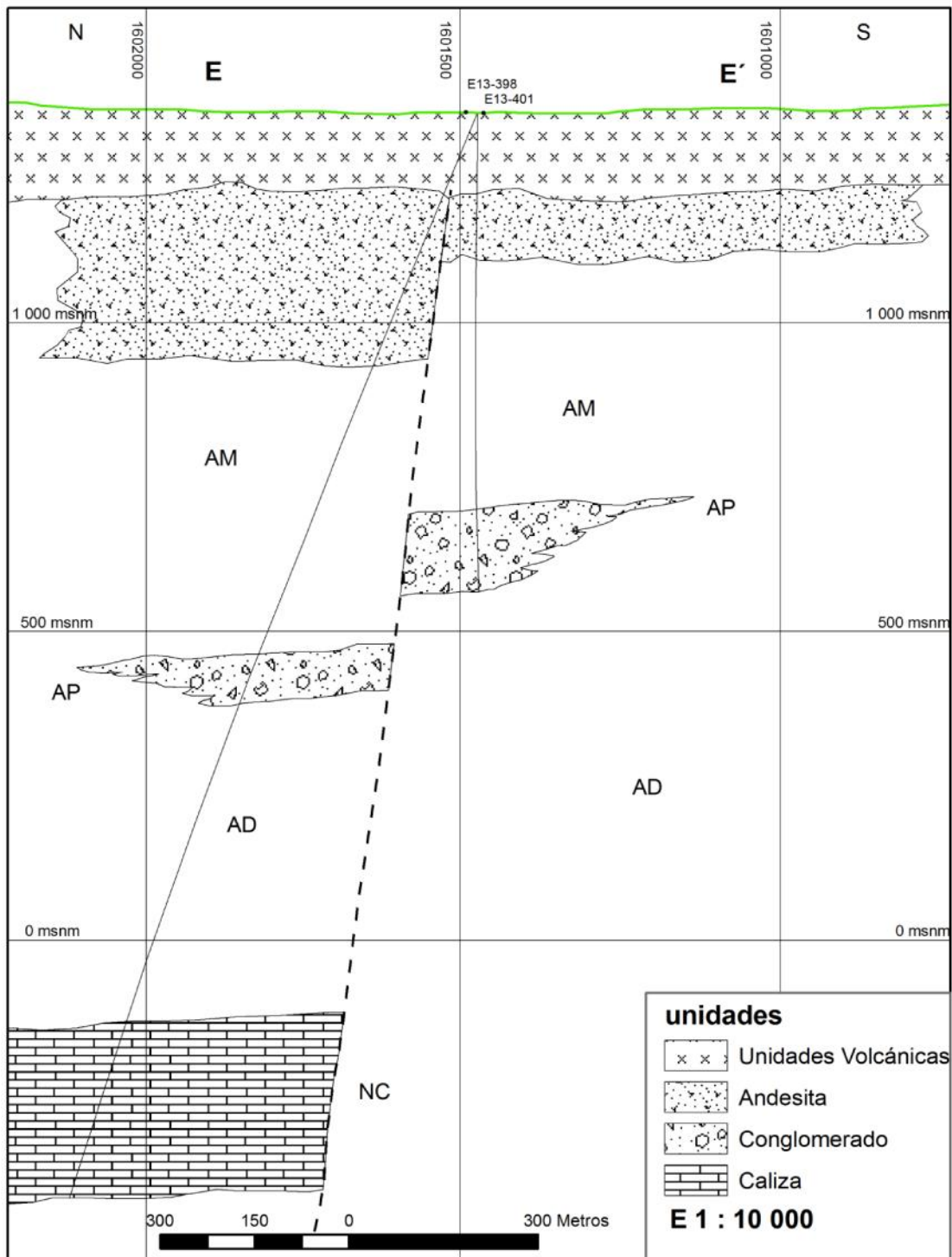


Fuente: Investigación de campo 2 014.

3.2.5 Sección Geológica E – E'

En esta sección se incluyen los pozos E13-398 y E13-401, la profundidad de información obtenida con estos barrenos es de – 400 m debajo del nivel del mar.

FIGURA 26
 PERFIL GEOLÓGICO E – E' QUE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN Y
 VARIACIÓN DE LA SECUENCIA CONGLOMERÁTICA Y
 CALCÁREA



Fuente: Investigación de campo 2 014.

Debajo del nivel del mar se reportó a través de los testigos de perforación un espesor de caliza de 258 m (figura 26 NC). Hay tramos que son reemplazados totalmente por vetas de Qz-calcita, calcita o calcita-fluorita.

Se asume que la que este bloque de caliza es desplazado por una falla normal como lo muestra la figura 26, aunque no es reportado por el pozo E13-401

Se describe un paquete de conglomerados (AP) asociados a depósitos de canal de abanico proximal. Es un conglomerado calcáreo de tipo clasto soportado con fragmentos angulosos y subangulosos de caliza no mayores a 5 cm, dentro de una matriz de grano fino. Ocasionalmente presenta horizontes de 0.50 a 1 m, de arenisca de grano fino con matriz de color gris claro.

Como lo evidencia la figura 26, la falla que afecta a la caliza, de igual manera desplaza el horizonte de conglomerado calcáreo (AP). Por eso en el pozo E13-398 se observa AP debajo de los 500 msnm y en el E13-401 se muestran conglomerados sobre la cota 500 msnm.

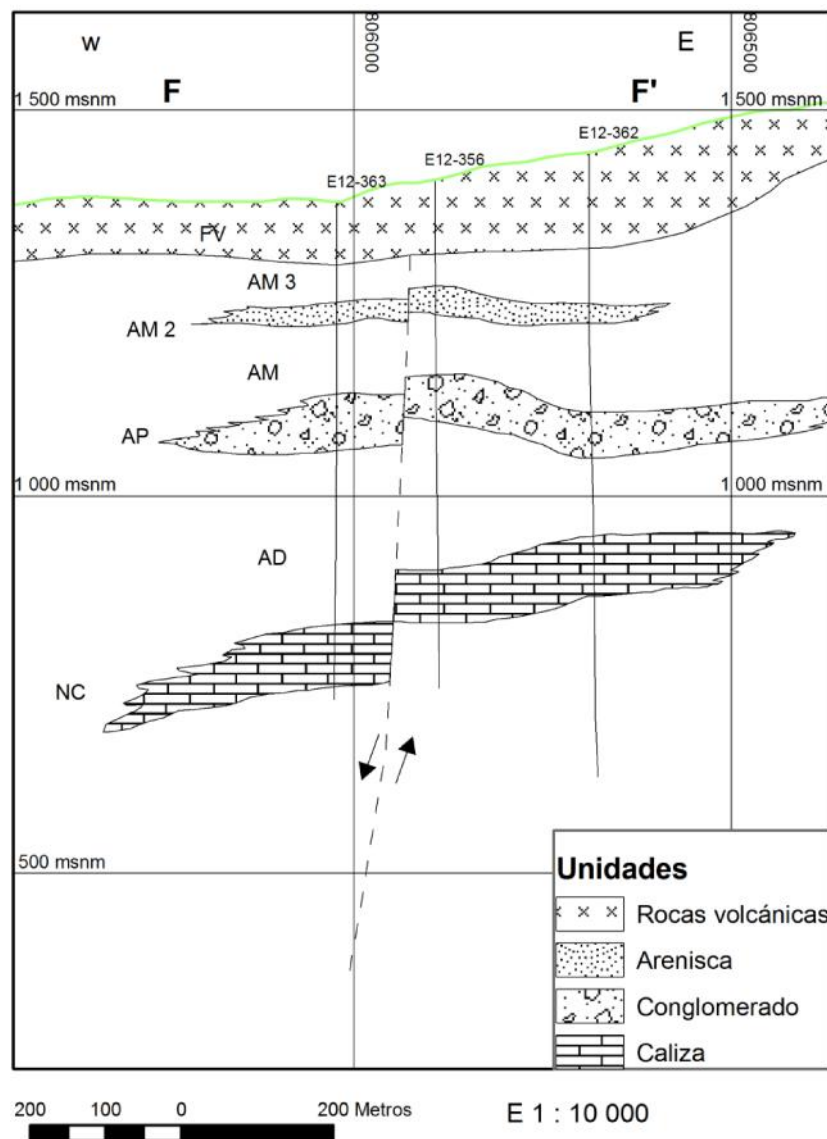
Acá se delimitó bien la unidad de andesita porfírica que presenta un espesor considerable 240 m en el 398 y en el 401 son 135 metros de andesita. Sobre la unidad de andesita se encuentran las unidades más recientes que corresponden a toba lítica y coluvión cuyo espesor oscila entre los 90 m y 100 m para esta sección (FV).

3.2.6 Sección Geológica F – F´

Corresponde a una sección este-oeste que incluye a los pozos E12-356, E12-362 y E12-363. Elaborada para mostrar la continuidad de las principales facies y de la Unidad de Caliza (figura 27).

La caliza (NC) se correlaciona a través de los tres pozos, mostrando una longitud aproximada de 500 m. Con un espesor que va de 42 m a 75 m.

FIGURA 27
PERFIL GEOLÓGICO F – F' QUE MUESTRA LA LONGITUD DEL DEPÓSITO DE CANAL DE CONGLOMERADOS CALCÁREOS Y LA SECUENCIA DE CALIZA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Sobre los 1 000 msnm (figura 27) se da continuidad a los conglomerados asociados a facies de depósito de canal del abanico

proximal (AP). En las secciones norte sur que se realizaron se delimitaron la forma que tenía el canal que contiene a los conglomerados (Figura 22 A – A': figura 23 B – B' y figura 24 C – C').

También se hace la correlación de las areniscas con horizontes de conglomerado, que se asume como depósitos de lóbulo medio, del abanico medio (AM2), ver la figura 27.

Entre los pozos E12-363 y E12-356 es evidente una falla que desplaza a las unidades, se asume que es de tipo normal.

3.2.7 Sección Geológica G – G´

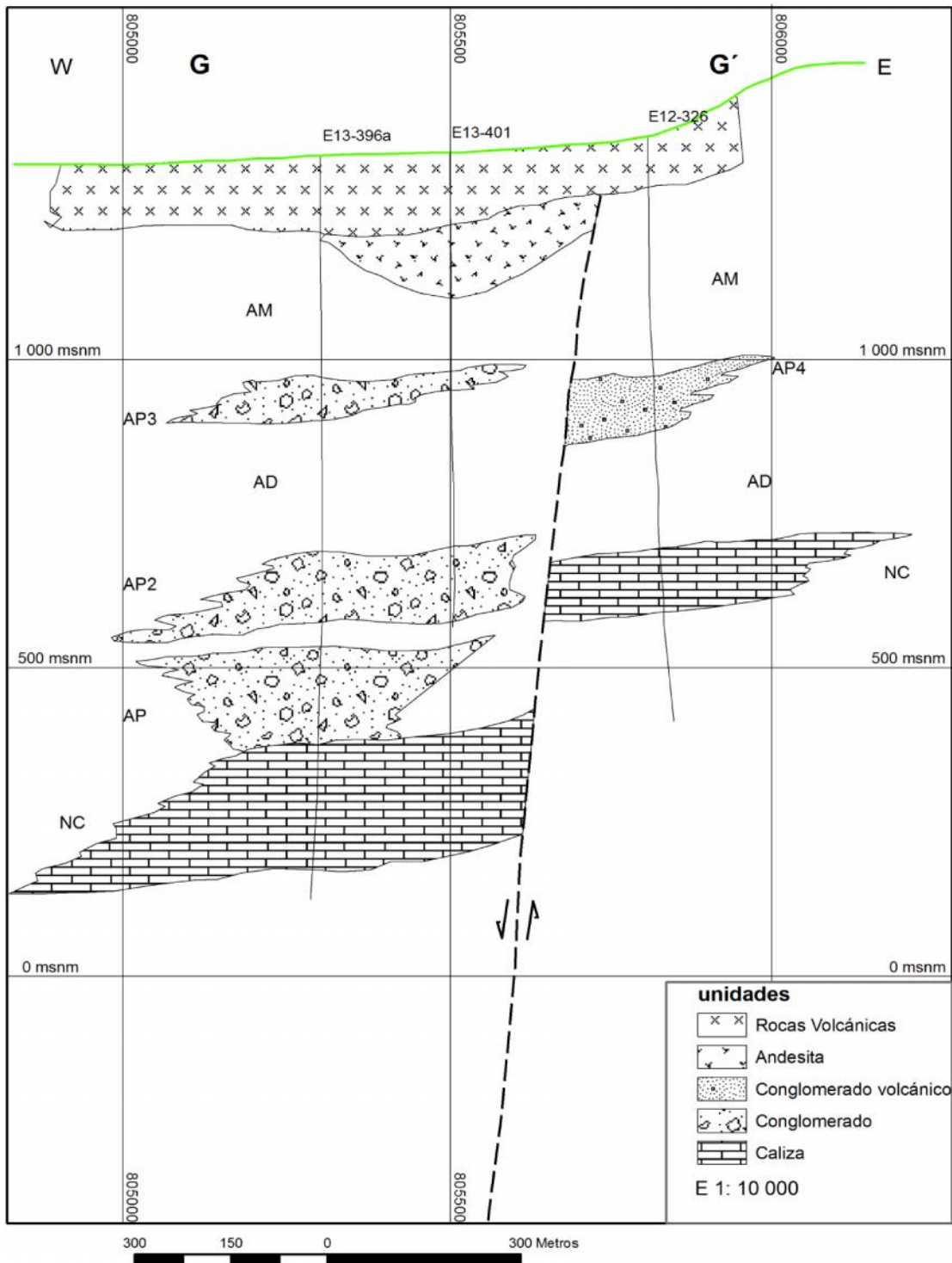
Corresponde a una sección este–oeste, incluye los pozos E11-326, E13-396a y E13 – 401 (figura 38). Esta sección con el pozo 396a, se cerca a los 0 msnm.

El nivel calcáreo (NC), se correlaciona a través de estos tres pozos con una longitud aproximada de 1 000 m, con espesor en el 326 es de 90 m, hacia el 396a, se reporta un espesor de 165 m. Del pozo 326 hacia los otros dos pozos 401 y 396a, se evidencia un salto realizado a través de una falla normal, esta afecta a la caliza y así como a los conglomerados.

Del pozo 396a, hacia el pozo 401 se evidencia una secuencia de turbiditas, se describió varios depósitos de canal de abanico proximal y eventos de abanico distal. El depósito de canal (figura 28 AP 4) del pozo 326 no se asocia al mismo evento que genero a los conglomerados calcáreos, como se mencionó, en la sección D – D', este se asocia a un flujo de detritos en la parte norte del área.

Sobreyaciendo la caliza se desarrolla los eventos de depósito de canal de facies de abanico superior, la AP y AP2, podrían estar asociados al mismo evento de canal, aunque en medio de ellos se desarrolla un horizonte delgado de facies de grano fino.

FIGURA 28
 PERFIL GEOLÓGICO G – G' QUE MUESTRA LA LONGITUD DEL
 DEPÓSITO DE CANAL DE CONGLOMERADOS CALCÁREOS Y LA
 SECUENCIA DE CALIZA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.2.8 Sección Geológica H – H´

La figura 29 muestra el perfil este-oeste que incluye los pozos: E12-395 y E12- 398, estos han reportado unidades a través de testigos a mayor profundidad, estos llegan hasta niveles debajo del mar.

La caliza en estos pozos reporta su mayor espesor en el 398 ha sido reportado 258 m, como se ha mencionado la mayor parte de esta se encuentra reemplazada, mientras que en el 395 se ha descrito 160 m. Se evidencia un desplazamiento de la caliza por una falla que también afecta a las demás unidades.

Evidencia de eso es que en el pozo 395 se reporte caliza sobre los 0 msnm, en tanto que el 398 la caliza se encuentra a 100 m debajo del nivel del mar.

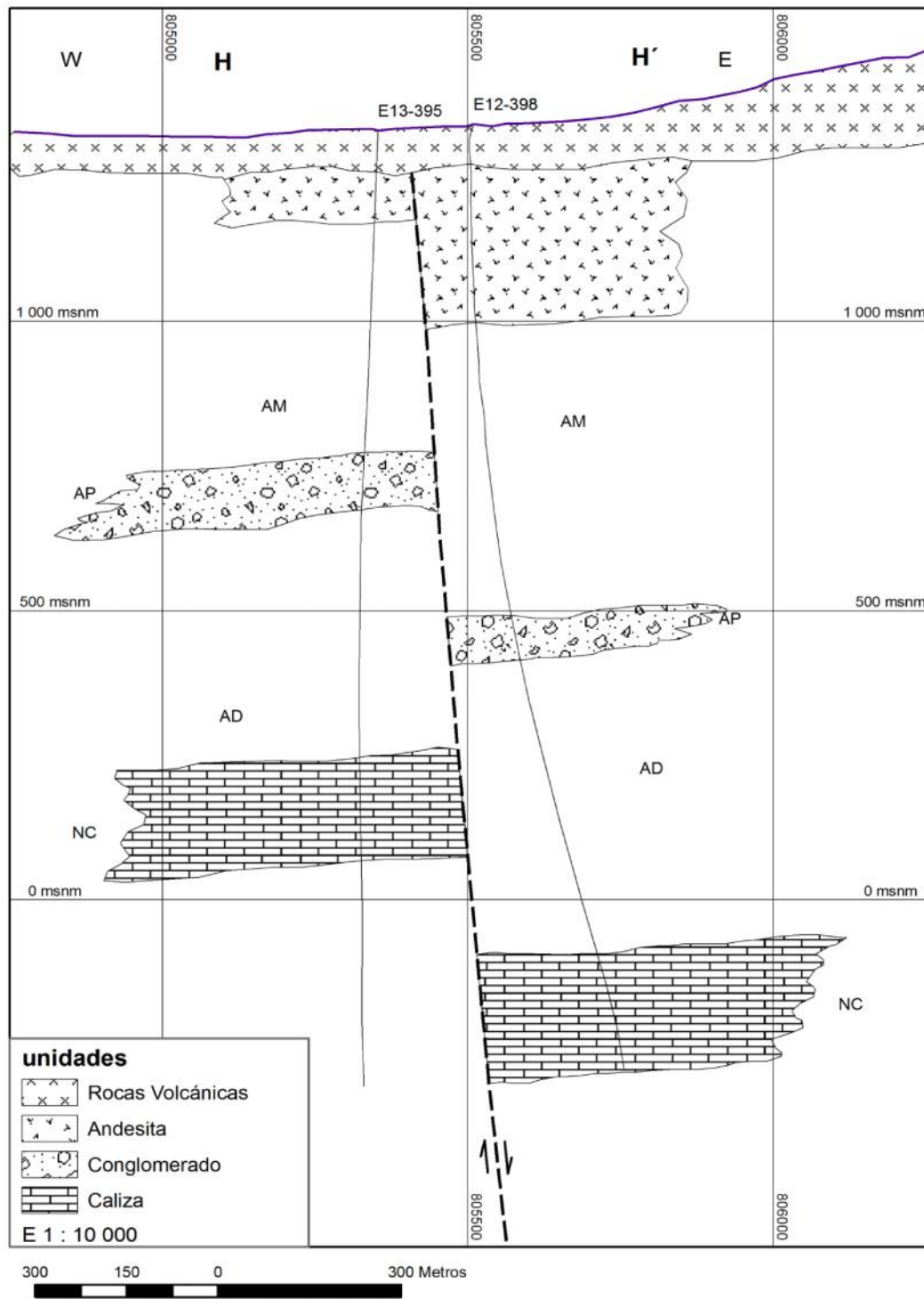
Se ha delimita una secuencia de facies de abanico distal que corresponde a rocas de grano fino.

En el 398 se muestra el depósito de canal (AP) debajo de los 500 msnm, y en el 395 se encuentra sobre los 500 msnm, la causa como se ha mencionado es una falla (de tipo normal) que desplaza las unidades.

Sobre los conglomerados se encuentran las areniscas de grano medio-grueso que son descritas como facies de grano grueso asociadas a depósitos de abanico medio.

Se delimita la Unidad de Andesita y también los depósitos Cuaternarios tienen un espesor que oscila entre los 75 m y 100 m. Estos depósitos corresponden a coluvión y toba lítica definidos en la columna como FV.

FIGURA 29
 PERFIL GEOLÓGICO H – H' QUE MUESTRA LA LONGITUD DEL
 DEPÓSITO DE CANAL DE CONGLOMERADOS CALCÁREOS Y LA
 SECUENCIA DE CALIZA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.2.9 Sección Geológica I – I´

En la figura 30 se muestra una sección NW-SE (ubicación en la figura 23 perfil I – I´). Como se había mencionado en el perfil G – G´ (figura 28), el pozo 396a, evidencia una secuencia turbidítica cuyas facies están representadas por tres eventos de grano muy grueso que son depósitos de canal, se muestran en la figura 32 como AP, AP 2 y AP 3, y también se han descrito facies de grano fino AM y facies de grano grueso AM.

Las facies grano grueso del depósito de canal más profundo (AP 1), evidencian en el pozo 378 que corta una secuencia de borde de canal y el pozo 396a, corta conglomerados que se encuentran en el eje del canal.

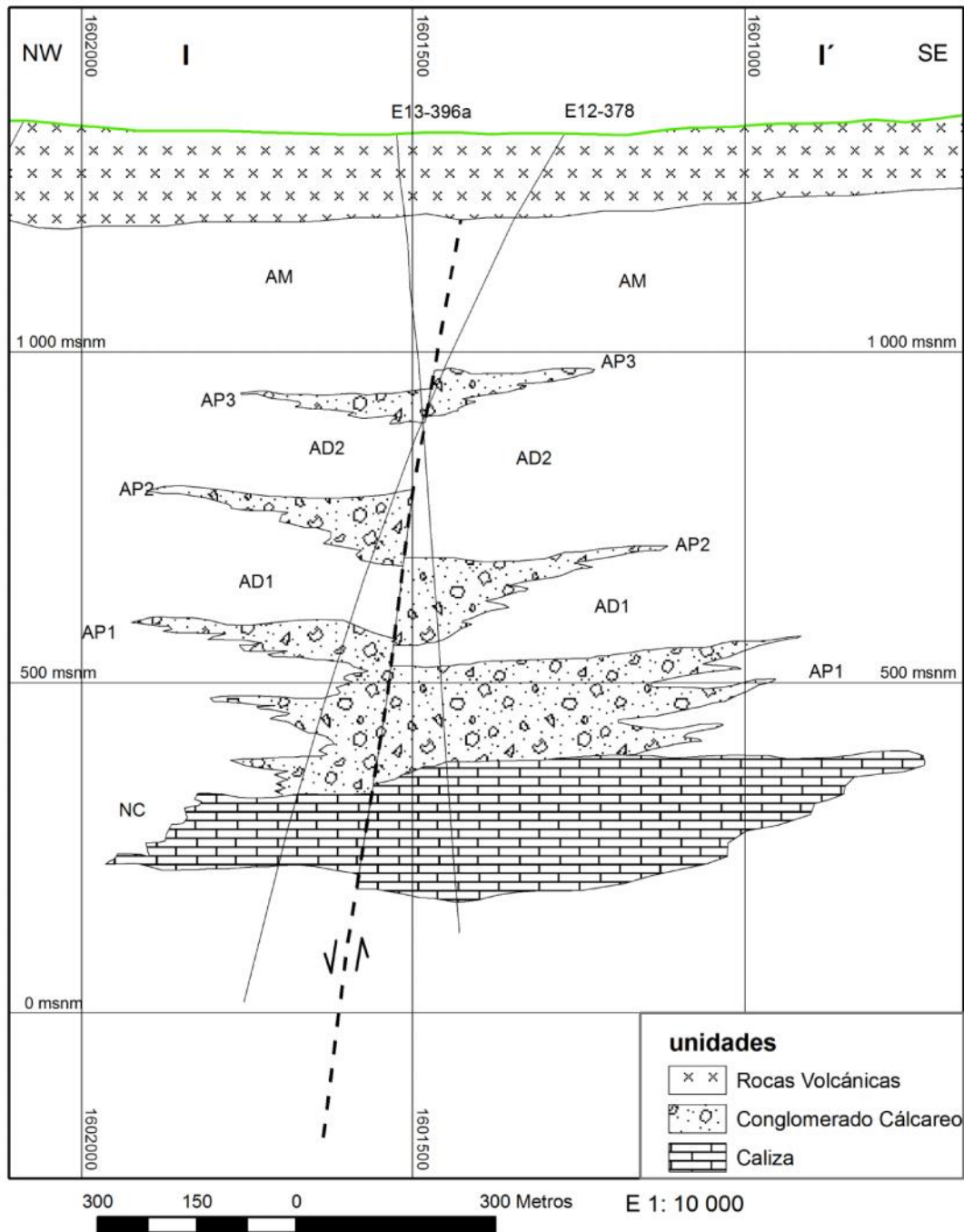
Arriba de los 500 msnm se encuentran la secuencias de grano fino que son facies de abanico distal (AD), sobre estas se desarrolla otro depósito de canal (AP 2) que es un conglomerado con esta sección se representa un corte transversal a canal.

Sobre el abanico proximal (AP 2), se encuentran otra secuencia de abanico distal (AD 2), representada por rocas de grano fino. Cerca de los 1 000 msnm se encuentra otro depósito de canal de menor espesor en relación a los anteriores descritos.

Sobre este abanico proximal (AP 3), se encuentran areniscas de grano medio-grueso que se asocian a facies de grano grueso de depósito de lóbulo de abanico medio.

También son definidos como facies volcánicas (FV), la toba lítica y coluvión, unidades más recientes y cercanas a la superficie.

FIGURA 30
 PERFIL GEOLÓGICO I – I' QUE MUESTRA LA FORMA DEL
 CANAL DE CONGLOMERADOS CALCÁREOS Y SU VARIACIÓN
 LATERAL, ASÍ COMO LA UNIDAD DE CALIZA



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.3 Estratigrafía del Nivel calcáreo

Se ha descrito caliza en 11 de los 14 pozos estudiados. Presenta un color dominante gris claro aunque también presenta niveles con caliza oscura, asociado al alto aporte de materia orgánica. A continuación se presentan en la tabla 4 los espesores de la caliza en los distintos pozos.

TABLA 4
ESPESOR DE CALIZA

| Pozo | Espesor (m) | Límite estratigráfico |
|----------|-------------|---|
| E11-269 | 73 | En la parte superior se encuentra en contacto con limolitas. Posee un contacto neto. |
| E11-326 | 90 | En la parte superior presenta un conglomerado calcáreo en contacto con limolitas. La parte superior también es con limolitas. |
| E12-356 | 35 | En la parte superior presenta un contacto fallado con limolitas y en la parte inferior el contacto es neto con limolitas. |
| E12-362 | 75 | La parte superior es un contacto fallado con limolitas y en la parte inferior el contacto es neto con limolitas. |
| E12-363 | 42 | Posee un contacto erosivo con conglomerados calcáreos en la parte superior. El contacto inferior es neto con limolitas. |
| E12-378 | 90 | Posee un contacto erosivo con conglomerados calcáreos en la parte superior. El contacto inferior es neto con limolitas. |
| E12-380a | 45 | El contacto superior con limolitas está delimitado por una veta de calcita de 4 m. presenta un contacto neto con limolitas en la parte inferior |
| E12-390 | 65 | El contacto superior e inferior con limolitas es fallado. |
| E12-395 | 160 | Posee un contacto erosivo con conglomerados calcáreos en la parte superior. El contacto inferior con limolitas es fallado. |
| E13-396a | 165 | Posee un contacto erosivo con conglomerados calcáreos en la parte superior. El contacto inferior con limolitas es planar. |
| E13-398 | 258 | El contacto superior con limolitas está delimitado por una veta de calcita de 0.60 m. (se encuentra la mayor parte reemplazado por calcita-fluorita y cuarzo) |

Fuente: Investigación de campo, 2014.

3.3.1 Microfacies Calcáreas

Para el análisis de microfacies se consideró dos propuestas de análisis de microfacies en rocas carbonáticas, siendo estas: *Standard microfacies types (SMF)* de Wilson (1975) y la *Ramp Microfacies Types (RMF)* de Flügel (2004).

Las microfacies *SMF* de Wilson considera un tipo restringido de microfacies las que son independiente las edades de las rocas; estas

sirven para construir un modelo general de deposición de las rocas (figura 31). Las características de las microfacies *SMF* se detallan en la tabla 5.

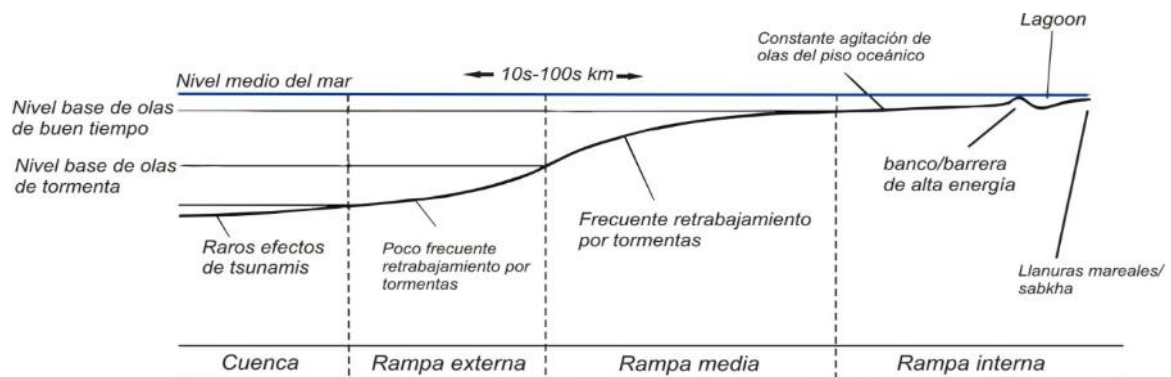
FIGURA 31
AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN GENERALIZADO

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Zona de Facies |
|--------|---------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------|
| Cuenca | Plataforma de mar abierto | Margen de plataforma profunda | Foreslope | Margen de plataforma de arrecifes | Plataforma retrabajada | Plataforma abierta (lagoon) | Plataforma restringida | Plataforma evaporítica (sabkha) | Ambiente |
| | | | | | | | | | |
| 1,2,3 | 2,8,9,10 | 2,3,4 | 4,5,6 | 7,11,12 | 11,12,13,14,15 | 8,9,10 16,17,18 | 16,17,18,19, 21,22,23,24 | 20,23 | Tipos de SMF |

Fuente: Valentina Espinel; Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. http://www.anh.gov.co/Información-Geololca-y-Geofisica/bibliotecaTesiDeGrado/Petrografia_y:análisis_facial_de_las_rocas_calcareas_en_la_sección_Tunja_Villa_de_Leiva.pdf (15 de agosto de 2 013).

Las microfacies *RMF* de Flügel (2004), permite la distinción de cinturones de facies y permite de igual manera el reconocimiento de ambiente general de deposición o formación de las rocas. Considera de forma general 4 ambientes generales: Rampa interna, rampa media, rampa externa y cuenca.

FIGURA 32
AMBIENTES PARA LAS RAMP MICROFACIES TYPES DE FLÜGEL (2004)



Fuente: Valentina Espinel; Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. http://www.anh.gov.co/Información-Geololca-y-Geofisica/bibliotecaTesiDeGrado/Petrografia_y:análisis_facial_de_las_rocas_calcareas_en_la_sección_Tunja_Villa_de_Leiva.pdf (15 de agosto de 2 013).

TABLA 5
STANDARD MICROFACIES TYPES (SMF) DE WILSON (1975)

| SMF | Nombre | Características |
|-----|--|---|
| 1 | espiculita | Oscura, rica en organismos, mudstone o wackestone arcilloso, conteniendo espículas de tamaño limo, las espículas están comúnmente orientadas y reemplazadas por calcita |
| 2 | calcsiltita microbioclástica | Pequeños bioclastos y peloides con una textura grainstone o packstone, ondulitas en escala milimétrica, comúnmente laminados |
| 3 | mudstone o wackestone pelágico | Matriz de micrita, con granos de arena fina o limo dispersos constituidos por microfósiles pelágicos (ej: radiolarios o globigerinido) o megafauna (ej: graptolites o bivalvos de concha delgada) |
| 4 | microbrecha o packstone bioclásticolitoclástico | Granos desgastados de carácter robusto originalmente, puede consistir en bioclastos derivados localmente y/o litoclastos previamente cementados; también puede incluir cuarzo, chert, u otros tipos de fragmentos de carbonato; comúnmente gradados. |
| 5 | packstone floatstone o grainstone bioclástico | Constituido principalmente de bioclastos derivados de organismos que habitan los flancos y la parte superior de los arrecifes; rellenos geopetales o infiltrados por sedimento fino en cavidades encubiertas comúnmente |
| 6 | rudstone arrecifal | Grandes bioclastos y organismos de la parte superior y flancos del arrecife; sin material en forma de matriz |
| 7 | boundstone | Constituidos por organismos sésiles (<i>in situ</i>). Pueden ser llamados framestone si se constituyen por agregados masivos y de formas robustas, bindstone si están constituidos por incrustaciones lamelares enmarañadas construyendo cavidades y capas incrustadas de micrita, y bafflestone si su composición es de complejos y delicadas masas de micrita, vagamente peleteados con formas frondosas. |
| 8 | wackestone <i>whole</i> fósil | Organismos sésiles inmersos en micrita, el cual contiene algunos bioclastos dispersos, infauna y epifauna bien preservada |
| 9 | wackestone bioclástico o micrita bioclástica | Sedimentos micríticos que contiene fragmentos de diversos organismos mezclados y homogenizados por bioturbación; los bioclastos pueden estar micritizados . |
| 10 | packstone-wackestone con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita | Los sedimentos exhiben inversión textural, los granos muestran evidencia de formación en ambientes de alta energía pero contiene matriz lodosa |
| 11 | grainstone con bioclastos cubiertos por cemento de esparita | Bioclastos cementados con cemento esparítico; los bioclastos pueden estar micritizados |
| 12 | coquina, grainstone o rudstone bioclástico | Constituido por un depósito de conchas de ciertos tipos de organismos dominantes (ej: algas, conchas o crinoideos); carece de matriz lodosa |
| 13 | grainstone bioesparítico con oncooides | Constituido principalmente por oncooides en un cemento esparítico |
| 14 | lags | Partículas cubiertas y desgastadas; puede incluir ooides y peloides que son ennegrecidos y manchados de hierro; con fosfatos; también puede incluir litoclastos alóctonos |
| 15 | oolita, grainstone de ooides | Bien seleccionada, bien formada, ooides recubiertos múltiples veces que van de 0.5 a 1.5mm de diámetro; fábrica comúnmente muy empaquetada; cruza los estratos invariablemente. |
| 16 | pelsparita o grainstone peloidal | Probablemente pellets fecales; pueden ser mezclados con ostrácodos o foraminíferos; puede contener láminas gruesas gradadas y una fábrica fenestral. |
| 17 | grainstone o grapestone pelsparítico | Mezclas de facies de peloides aislados, peloides aglutinados y granos agregados (grapestones y lumps); puede incluir algunos granos recubiertos. |
| 18 | grainstone de foraminíferos o algas | Consiste en concentraciones comúnmente mezcladas con peloides |
| 19 | loferita | laminada a bioturbada, mudstone o wackestone peleteado; puede gradar a pelsparita con fábrica fenestral; la asociación de ostrácodos y peloides es común en mudstone; también puede incluir micrita con foraminíferos dispersos, gasterópodos y algas |
| 20 | mudstone de estromatolitos de algas | Estromatolitos |
| 21 | espongiostroma | Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo |
| 22 | micrita con oncooides grandes | wackestone o floatstone que contienen oncooides |
| 23 | micrita pura homogénea sin fósiles y sin laminación | Micrita; puede contener cristales de minerales evaporíticos. |
| 24 | rudstone o floatstone con litoclastos y/o bioclásticos | Clastos comúnmente constituidos de micrita o calcsiltita sin fósiles, y puede tener un arreglo de lado o imbricado; puede estar cruzando los estratos; matriz esparcida. |
| 25 | mudstone evaporítico-carbonatado laminado | Alternancia de carbonato cristalino fino (caliza, dolomita) la cual puede ser inducida microbially y estratos diagenéticamente deformados con cristales de evaporita (yeso) |
| 26 | cementstone, rudstone y packstone con pisoides | Acumulaciones de pisoides, con variedad de formas, tamaños de milímetros a centímetros, pisoides densamente empaquetados, comúnmente cementados por cementos meteóricos. Los núcleos de los pisoides son usualmente pisoides rotos o cortezas de cemento. |

Fuente: Valentina Espinel; Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. http://www.anh.gov.co/Información-Geololca-y-Geofisica/bibliotecaTesiDeGrado/Petrografia_y_analisis_facial_de_las_rocas_calcareas_en_la_sección_Tunja_Villa_de_Leiva.pdf (15 de agosto de 2013).

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS LAS RAMP MICROFACIES TYPES (RMF) DE
FLÜGEL (2004)

| RMF | Nombre | Tipo de Rampa | características |
|-----|--|---------------|--|
| 1 | Calcsilita y Mudstone con peloides | Externa | Fragmentos esqueléticos muy finos, espículas de esponjas y algunas veces finamente laminado. |
| 2 | Mudstone y Wackestone arcilloso con bioturbación | Externa | Pocos foraminíferos aglutinados, ostrácodos y equinodermos. |
| 3 | Wackestone y Packstone bioclástico con bioturbación | Externa | Diversos y abundantes fósiles (bivalvos, braquiópodos y equinodermos) y peloides; granos esqueléticos no desgastados, es común la preservación de fósiles enteros. |
| 4 | Wackestone y Packstone peloidal | Externa | Consiste de pequeños peloides, pequeños litoclastos y bioclastos. |
| 5 | Mudstone pelágico | Externa | Contiene microfósiles planctónicos y fósiles neotónicos de mar abierto |
| 6 | Grainstone peloidal y bioclástico | Externa | Gradado, laminado y con estratificación cruzada fina (tempestitas). |
| 7 | Packstone bioclástico | Media | Abundantes equinodermos, bivalvos y foraminíferos; granos esqueléticos desgastados. |
| 8 | Packstone y Wackestone con bioturbación | Media | Contiene varios granos esqueléticos, intraclastos, oncoides y peloides. |
| 9 | Wackestone, Packstone y Floatstone con bioclastos e intraclastos | Media | Con intraclastos micríticos y bioclastos derivados de rampa, puede contener algunas microbrechas. |
| 10 | Conglomerados de Caliza | Media | Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>) |
| 11 | Margas con intraclastos y guijarros de caliza | Media | Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>) |
| 12 | Boundstone con corales | Media | Framestones de corales, cortezas de corales; también de algas rojas. |
| 13 | Wackestone y Packstone bioclástico con foraminíferos | Interna | Con abundantes foraminíferos largos (ej: orbitolínidos) |
| 14 | Wackestone y Packstone bioclástico con granos esqueléticos | Interna | Con granos esqueléticos, varios intraclastos y algunos ooides (<i>near-shoal</i>) |
| 15 | Floatstone bioclástico | Interna | Con diversos materiales derivados de arrecifes, (cerca de arrecifes, corales, algas o fragmentos de bivalvos) |
| 16 | Mudstone, Wackestone o Packstone con foraminíferos | Interna | Con abundantes foraminíferos miliolidos |
| 17 | Wackestone bioclástico con algas | Interna | Con algas verdes dasycladáceas |
| 18 | Wackestone bioclástico con ostrácodos | Interna | |
| 19 | Caliza o Mudstone no bioturbado | Interna | |
| 20 | Wackestone y Packstone bioclástico con algas calcáreas | Interna | Con foraminíferos bentónicos. |
| 21 | Packstone y Floatstone con oncoides | Interna | Oncoides aglutinados, con granos esqueléticos, sedimentarios y cuarzo terrígeno. |
| 22 | Caliza o Mudstone dolomítico | Interna | Micrita finamente laminada; con escasos fósiles de ostrácodos y foraminíferos. |
| 23 | Bindstone Fenestral | Interna | Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo. |
| 24 | Mudstone y Packstone intraclástico | Interna | |
| 25 | Bindstone con láminas de evaporitas y carbonatos | Interna | Contiene cristales evaporíticos (yeso). |
| 26 | Grainstone y Packstone bioclástico de grano medio a grueso | Interna | Contiene varios granos esqueléticos bentónicos. |
| 27 | Grainstone y Packstone bioclástico | Interna | Compuesto de pocos granos esqueléticos dominantes (ej: pred. equinodermos o predominantemente foraminíferos). |
| 28 | Floatstone y Rudstone Bioclástico | Interna | Exhibe una fábrica altamente desordenada. |
| 29 | Grainstone con ooides | Interna | Presenta ooides concéntricos densamente empaquetados. |
| 30 | Grainstone y Packstone con ooides y conchas | Interna | Presenta abundantes fragmentos de conchas. |

Fuente: Valentina Espinel; Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. http://www.anh.gov.co/Información-Geológica-y-Geofísica/bibliotecaTesiDeGrado/Petrografia_y_analisis_facial_de_las_rocas_calcareas_en_la_sección_Tunja_Villa_de_Leiva.pdf (15 de agosto de 2013).

Las características de las microfacies *RMF* se presentan en la tabla 6.

3.3.2 Análisis de Microfacies Calcáreas

Por el registro de los pozos, únicamente se realizó 39 secciones a los pozos E11-269 (12), E12-326 (1), E12-395 (8), E13-396a (15), y E12-398 (3).

En la fotografías de las muestras de mano se presenta la profundidad en relación al ángulo de perforación del pozo, en cada una de la tablas se presenta la profundidad de la muestra en base al espesor real de la caliza.

a) E11-269

El espesor de la unidad en este pozo es de 73 m, se realizaron 12 secciones delgadas (tabla 7), a continuación se presentan los datos de número de muestra, profundidad, textura y la facie SMF a la que se relaciona.

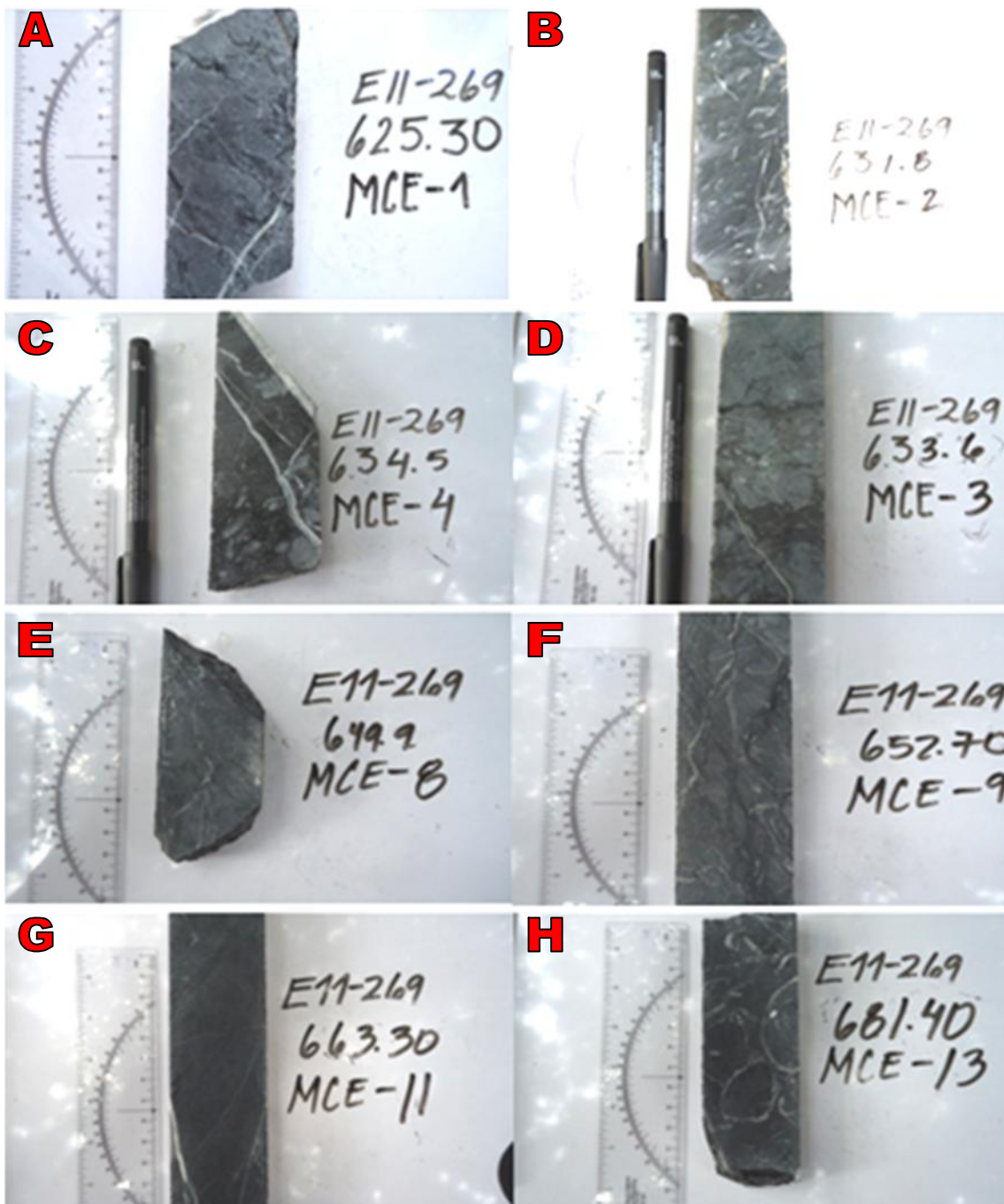
TABLA 7
LISTADO DE MUESTRAS DE POZO E11-269

| No. Muestra | Profundidad (metros) | Textura | SMF |
|-------------|----------------------|-----------------------------|-----|
| MCE-1 | 530.00 | <i>Grainstone</i> | 17 |
| MCE-2 | 535.00 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 2 |
| MCE-3 | 537.00 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 4 |
| MCE-4 | 538.08 | <i>Grainstone</i> | 10 |
| MCE-5 | 539.01 | <i>Grainstone</i> | 10 |
| MCE-7a | 548.43 | <i>Wackestone-packstone</i> | 5 |
| MCE-8 | 551.15 | <i>Wackestone-packstone</i> | 5 |
| MCE-9 | 553.52 | <i>Wackestone-packstone</i> | 5 |
| MCE-10 | 556.91 | <i>Wackestone</i> | 12 |
| MCE-11 | 562.51 | <i>Wackestone</i> | 12 |
| MCE-12 | 568.50 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 4 |
| MCE-13 | 577.85 | <i>Wackestone-packstone</i> | 3 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

En la fotografía 1 se muestran las principales texturas de la microfacies descritas para el E11-269.

FOTOGRAFÍA 1
MUESTRA DE MANO DE CALIZA POZO E11-269: A) CALIZA
MUDSTONE B) Y C) CALIZA WACKESTONE; D) Y E)
PACKSTONE; F) CALIZA WACKESTONE G) CALIZA MUDSTONE
Y H) CALIZA PACKSTONE



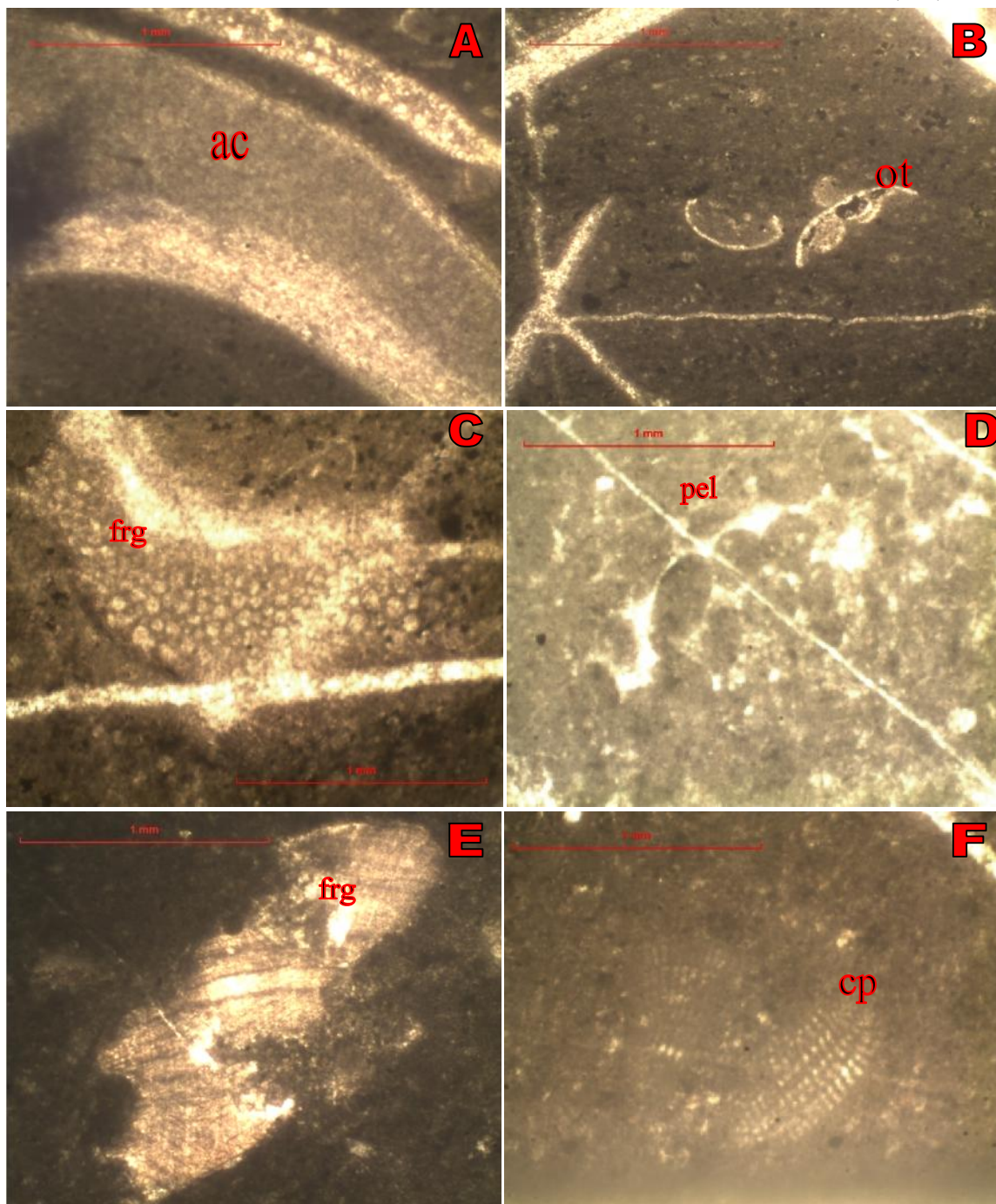
Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La muestra MCE-1 corresponde a caliza *grainstone* con sustitución de microfósiles por dolomía, presenta picos estilolíticos debido a la diagénesis. Contiene grietas rellenas por epidota. Corresponde a las microfacies *SMF 17* denominado *grainstone* pelsparítico ubicado en la zona de facie 7 plataforma abierta de *lagoon*. Se clasifica como *RMF 22* caliza o *mudstone* dolomítico se encuentra en la rampa interna.

La caliza *mudstone-wackestone* de la muestra MCE-2 (fotografía 2 A, B, C), presenta fragmentos de globigerínidos, algas calcáreas, ostrácodos, se observan laminaciones bioclásticas (*debris* de equinodermos). Clasificada como *SMF 2* calcisiltita microblástica que corresponde a la zona de facies 2, plataforma de mar abierto. Se asocia con las *RMF 3 wackestone packstone* con bioturbación de la rampa externa.

Hay una microbrecha calcárea descrita en la MCE-3 (fotografía 2 D, E, F), presenta distintos fragmentos bioclásticos con facies *mudstone-wackestone*. Se observan fragmentos de *Dicyclina schlumbergeri*, *Merlingina cretácea*. También hay peloides, algas calcáreas, *mudstone* con abundantes espículas de esponjas equinodermos con ocasionales nódulos de arcilla. Corresponde a *SMF 4* que es microbrecha o *packstone* bioclástico-litoclástico ubicado en la zona de facie 3 que es margen de plataforma profunda. Con las *RMF 8 packstone-wackestone* con bioturbación que corresponde a la rampa media.

FOTOGRAFÍA 2
 CALIZA MUDSTONE-WACKESTONE MCE-2: A, B, C. IMÁGENES
 DE LA SECCIÓN MCE-3 MICROBRECHA CALCÁREA: D, E, F

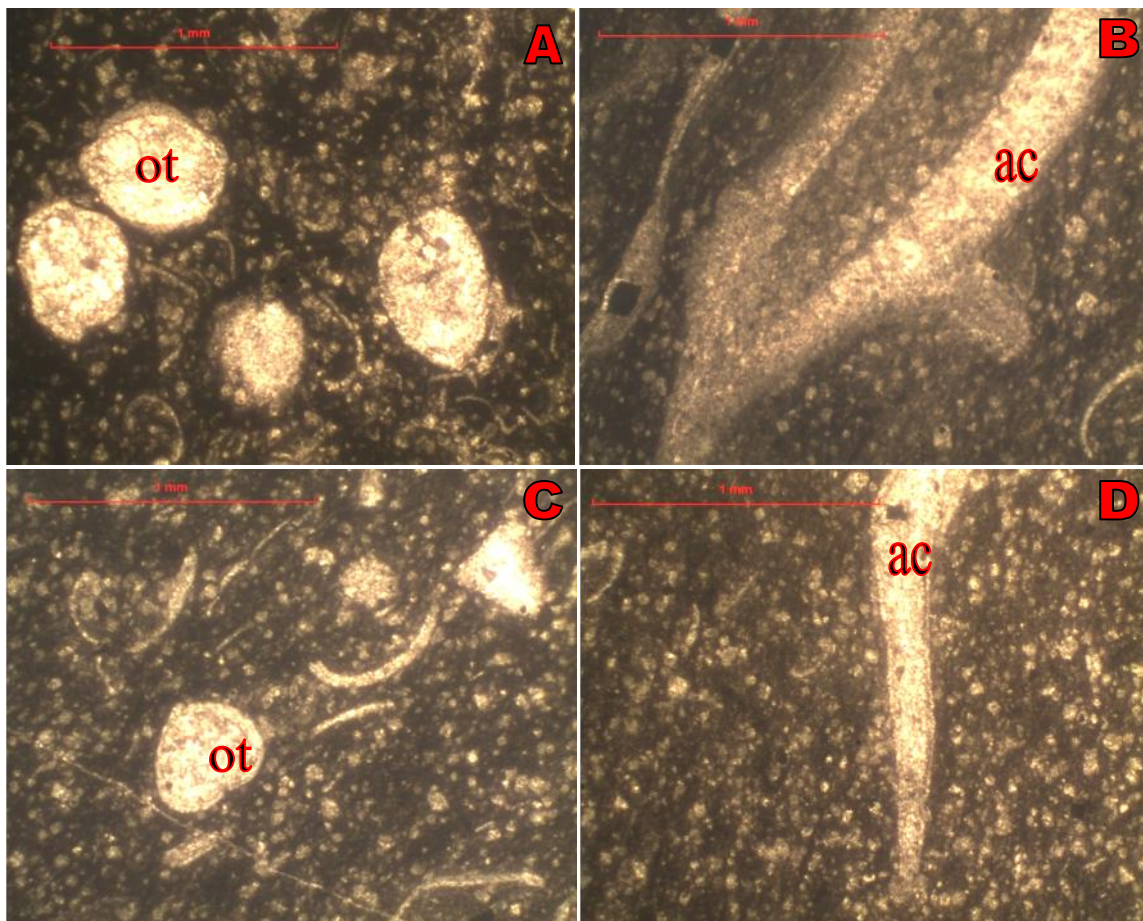


Alga calcárea (ac), ostrácodo (?), fragmento fósil (frg) *Cuneolina pavonea parva* (Cp), peloide (pel).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La muestra MCE-4 es una caliza *grainstone* (fotografía 3 A) con abundantes ostrácodos, principalmente sustituidos por calcita. Presenta fragmentos de lodos calcáreos y arcilla dispersa. La caliza de la MCE-5 (fotografía 3 B, C, D) corresponde a caliza *grainstone*, diferenciándose ambas muestras porque esta última se presenta laminación de flujo. Corresponde a la microfacie *SMF 10 wackestone-packstone* con bioclásticos desgastados, ubicadas en la plataforma de mar abierto. La facie *RMF* para esta muestra es *mudstone-wackestone* arcilloso con bioturbación que corresponde a la plataforma abierta.

FOTOGRAFÍA 3
IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-4 (A). LA MUESTRA MCE-5 B, C, D

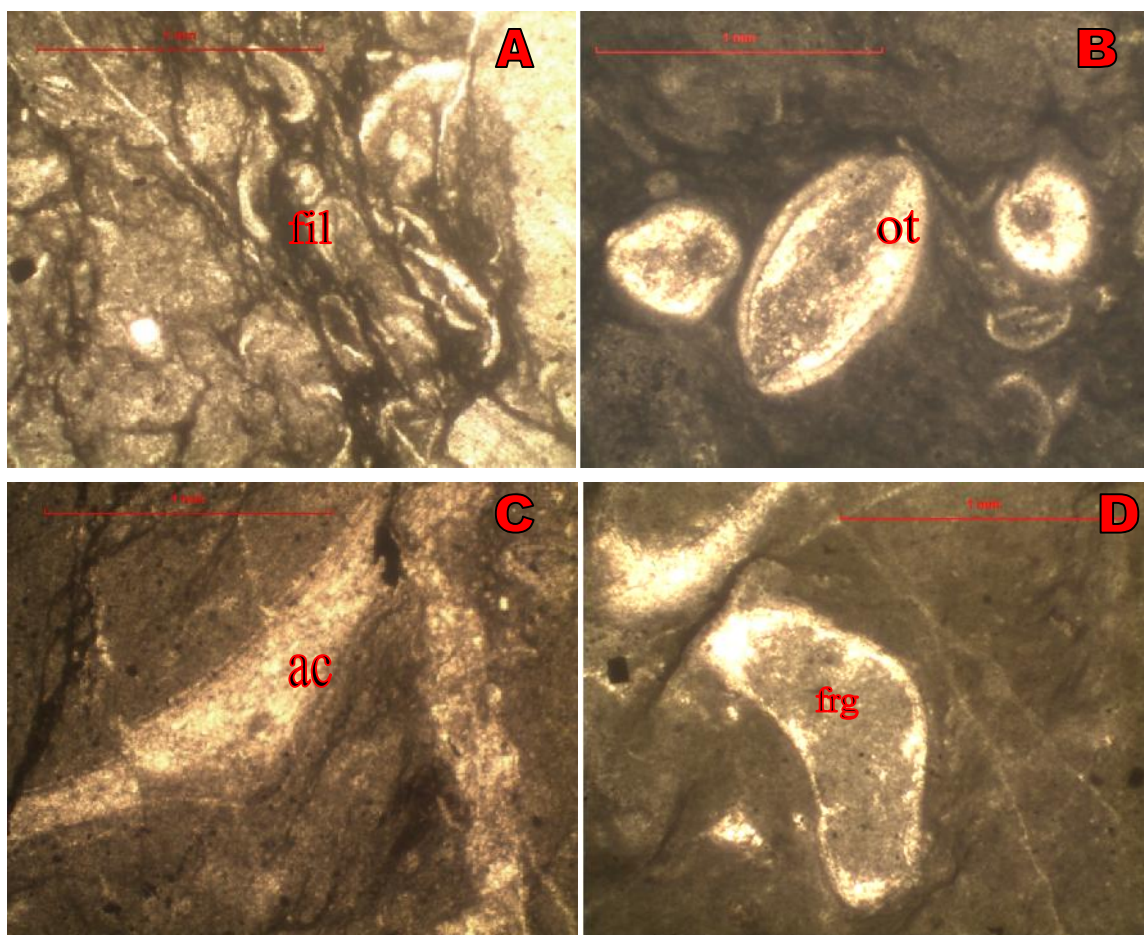


Posibles ostrácodos (ot), alga calcárea (ac).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La microfacia wackestone-packstone se describen las muestras MCE-7a, MCE8 y MCE-9 (fotografía 4). Se observan filamentos ricos de materia orgánica. Nódulos de arcilla los que se encuentran delimitados por picos estilolíticos. Fragmentos de algas calcáreas y menor cantidad de ostrácodos, fragmentos de coral. Es descrito como facie *SMF 5 packstone o grainstone* bioclástico ubicado en la zona de facie *foreslope*. Utilizando la clasificación de las *RMF* esta se ubica como *floatstone* bioclástico de rampa interna.

FOTOGRAFÍA 4
IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-7A: A, B. IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-8: C. IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-9: D

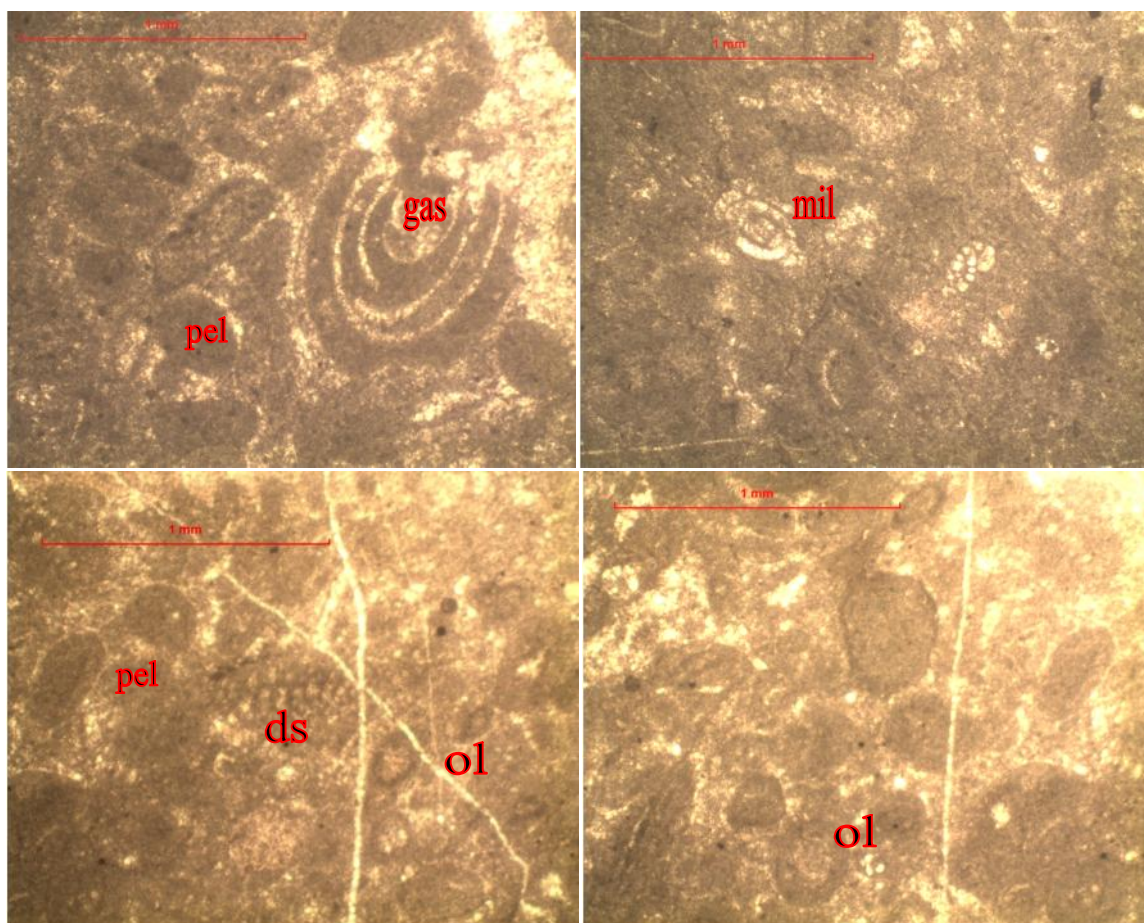


Alfombras de fragmentos fósiles, filamentos enriquecidos de ostrácodos (fil); ostrácodos (ot); alga calcárea (ac); posible fragmento de coral (frg)

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

Hay una facie de caliza *wackestone* en la muestra MCE-10 (fotografía 5) con fragmentos de gasterópodos, peloides, oolitos y ocasionales gasterópodos y fragmentos de foraminíferos miliolidos, *Dicyclina schlumbergeri*, *Cuneolina pavonea parva*, *Merlingina cretácea*. En la MCE-11 se observan ocasionales fragmentos de ostrácodos. También se pueden observar algunos bordes de fragmentos delimitados por picos estilolíticos. Es clasificada como facies *SMF12 grainstone* bioclástico de la zona de facie de margen de plataforma de arrecifes. Clasificada como *RMF 15 floatstone* bioclástico de rampa interna.

FOTOGRAFÍA 5 IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-10



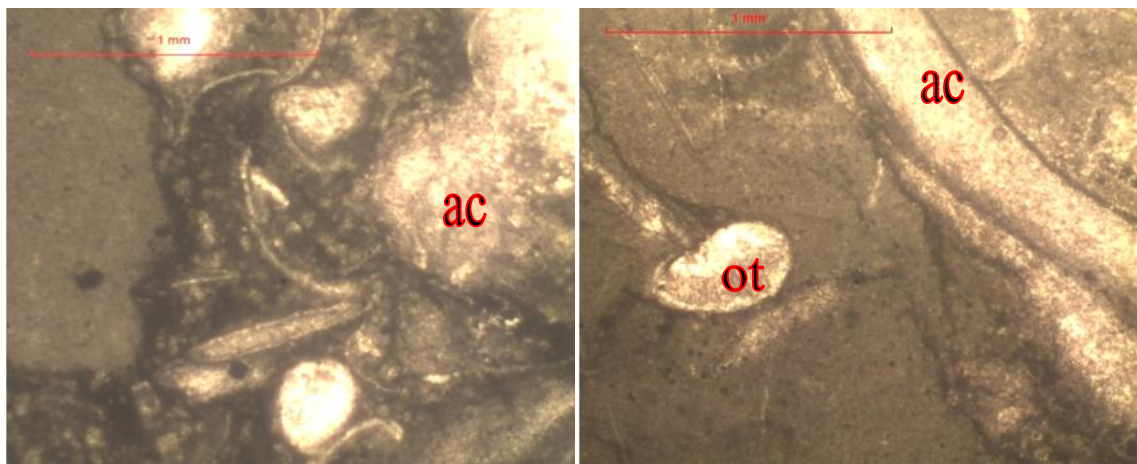
Peloides (pel), posible fragmento de gasterópodo (gas), miliolido (mil), *Dicyclina schlumbergeri* (ds), oolito (ol).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La muestra MCE-12 muestra una microbrecha calcárea, *mudstone-wackestone* contiene fragmentos bioclásticos de diferentes tipos de facies. Presenta peloides, también hay fragmentos de *mudstone* de algas calcáreas, *mudstone* con abundantes espículas de esponjas equinodermos con fragmentos de algas calcárea. Corresponde a SMF 4 que es microbrecha o *packstone* bioclástico-litoclástico que se ubica en el margen de plataforma profunda. Clasificado con las RMF 8 *packstone-wackestone* con bioturbación que corresponde a la rampa media.

La facies Caliza *wackestone-packstone* con fragmentos de algas calcáreas con bordes suturados por picos estilolíticos. Presenta nódulos de lodos de la muestra MCE-13 (fotografía 6). Se delimita como SMF3 que corresponde a *mudstone-wackestone* pelágico, que es zona de facie de cuenca. Descrito como RMF 2 *mudstone-wackestone* con bioturbación de rampa externa.

FOTOGRAFÍA 6 IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-13

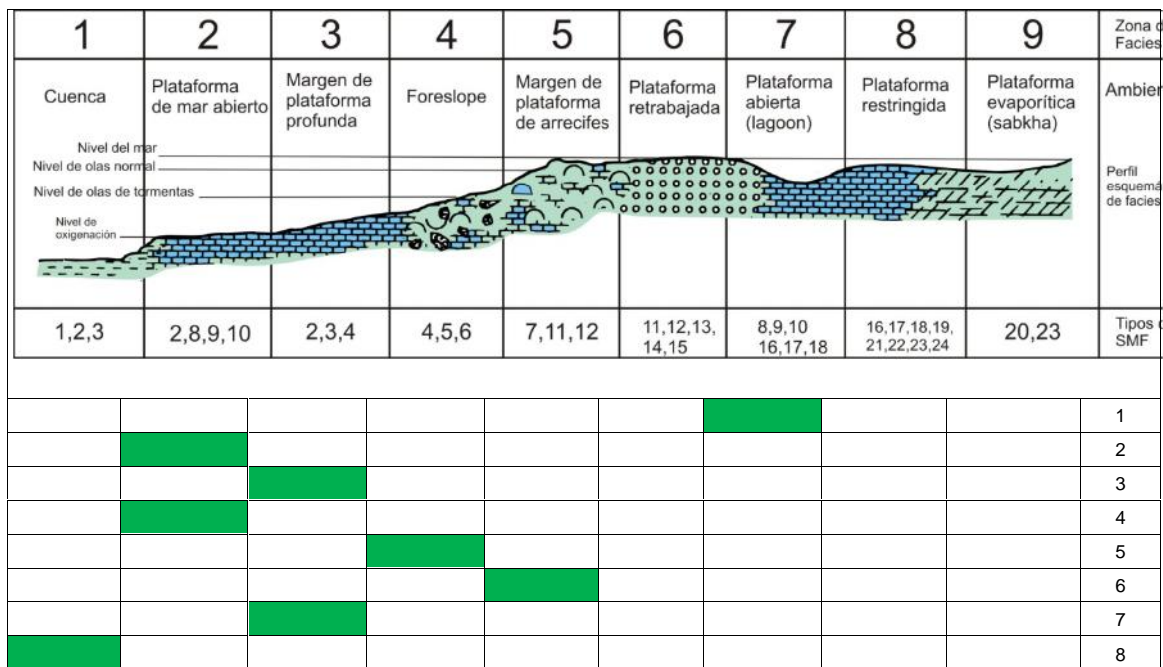


Alga calcárea (ac), ostrácodo (ot), fósiles dentro de una matriz de limo.

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

Las ocho microfacies descritas anteriormente son ubicadas de acuerdo al modelo de asociación de facies (figura 33) de *Standrd Microfacies Types* de Wilson (1975).

FIGURA 33
ASOCIACIÓN DE MICROFACIES DE LA CALIZA DEL POZO E11-269, EN BASE A TIPO DE MICROFACIES ESTÁNDAR (SMF) Y SU AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

b) E12-326

El espesor de la unidad es de 90 m, Se tomó 1 muestra, pero cuenta con un registro de tres secciones en la base de Geología de Exploración, las cuales se consideraron para dicho análisis. La ubicación de la muestras a profundidad se observan en el siguiente Tabla 8.

De acuerdo a la muestra elaborada y el registro de tres secciones se distinguen dos microfacies para la caliza en el E11-326:

La Microfacie de caliza *grainstone* con abundantes fragmentos de algas calcáreas y rudistas. Es descrito como facie *SMF 5 packstone o grainstone* bioclástico ubicado en la zona de

facie *foreslope*. Utilizando la clasificación de las *RMF* esta se ubica como *floatstone* bioclástico de rampa interna.

TABLA 8
LISTADO DE MUESTRAS DE POZO E11-326

| No. Muestra | Profundidad (metros) | Textura | Fósiles |
|-------------|----------------------|-------------------|--|
| MCE-60 | 622.35 | <i>Packestone</i> | Globigerínido, <i>Nummoloculina heimi</i> , textularido, <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> , Globigerínido, <i>Merlingina cretácea</i> , trazas de ostrácodos |
| 1 | 609.53 | <i>Grainstone</i> | Fragmentos de rudistas y algas calcáreas. |
| 2 | 618.22 | <i>Wackestone</i> | Calciesferas, ostrácodos y foraminíferos: <i>Nummoloculina heimi</i> , <i>Biloculina sp.</i> , <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> , <i>Merlingina cretácea</i> , <i>Cuneolina pavonea parva</i> . |
| 3 | 623.90 | <i>Packestone</i> | Ostrácodos, calciesferas, foraminíferos: Textularidos, <i>Merlingina cretácea</i> , <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , <i>Nummoloculina heimi</i> , <i>Nummoloculina regularis</i> , <i>Biloculina sp.</i> |

Fuente: Los datos de fósiles de las muestras 1,2 y 3 se tomaron Tahoe Resources. *Informe de análisis petrográfico pozo E12-326*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de exploración 2 011.

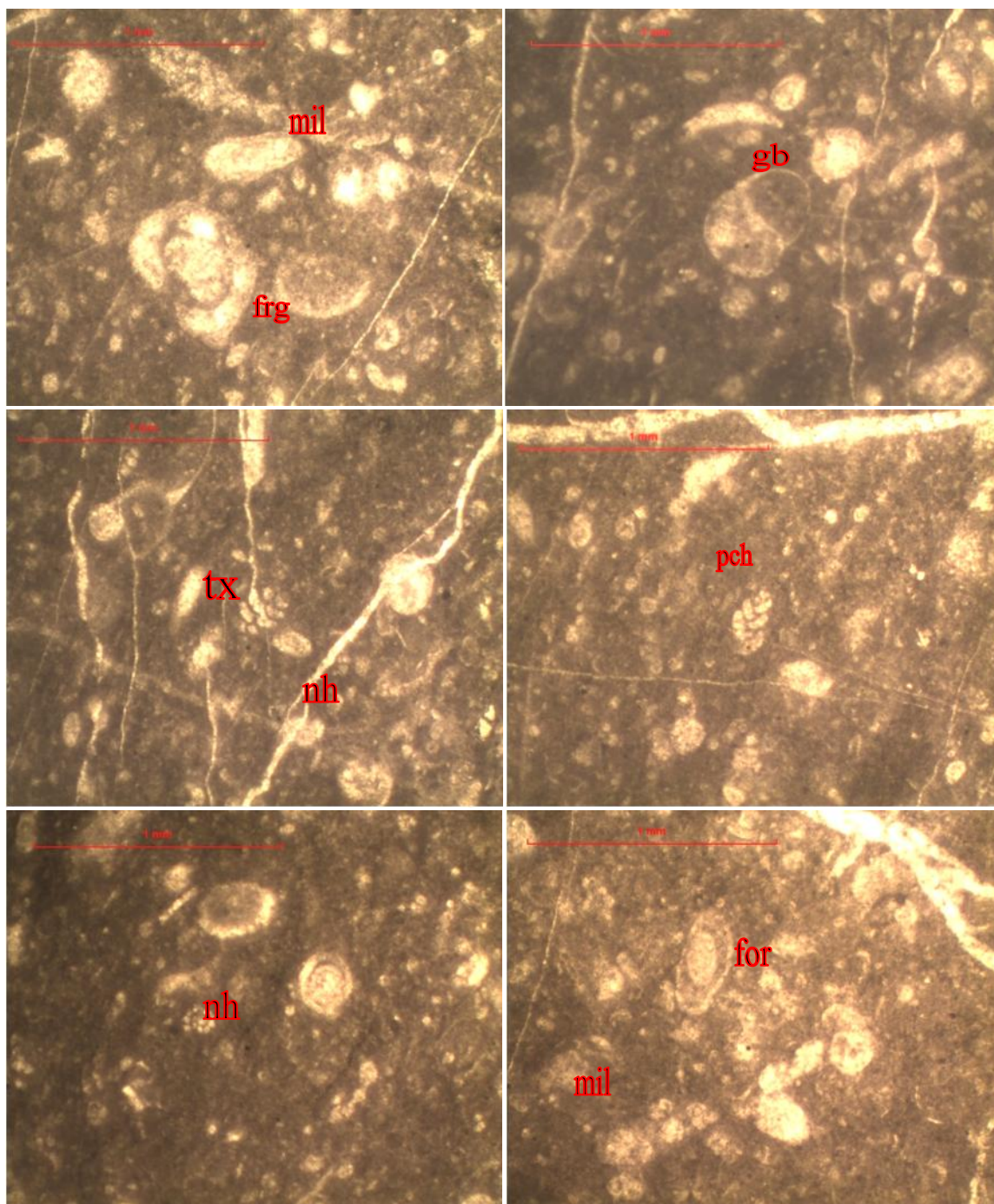
También hay una caliza que presenta texturas *wackestone-packstone* con Calciesferas, ostrácodos y foraminíferos: *Nummoloculina heimi*, *Nummoloculina regularis*, *Biloculina sp.*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*, *Merlingina cretácea*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*, Globigerínido (fotografía 7), es clasificada como facies *SMF12 grainstone* bioclástico de la zona de facie de margen de plataforma de arrecifes. Clasificada como *RMF 15 floatstone* bioclástico de rampa interna.

Las dos principales facies descritas para el pozo E11-326 únicamente corresponden a dos profundidades, no se cuenta con el registro físico del pozo, por lo que se asume que esta al igual que los otros pozos evidencia diferentes microfacies (aunque acá solo son descritas dos).

La ubicación de caliza *grainstone* con abundantes fragmentos de algas calcáreas y rudistas. Y de la microfacie de caliza *wackestone-packstone* con Calciesferas, ostrácodos y

foraminíferos se muestra en el modelo de asociación de facies SMF (figura 34).

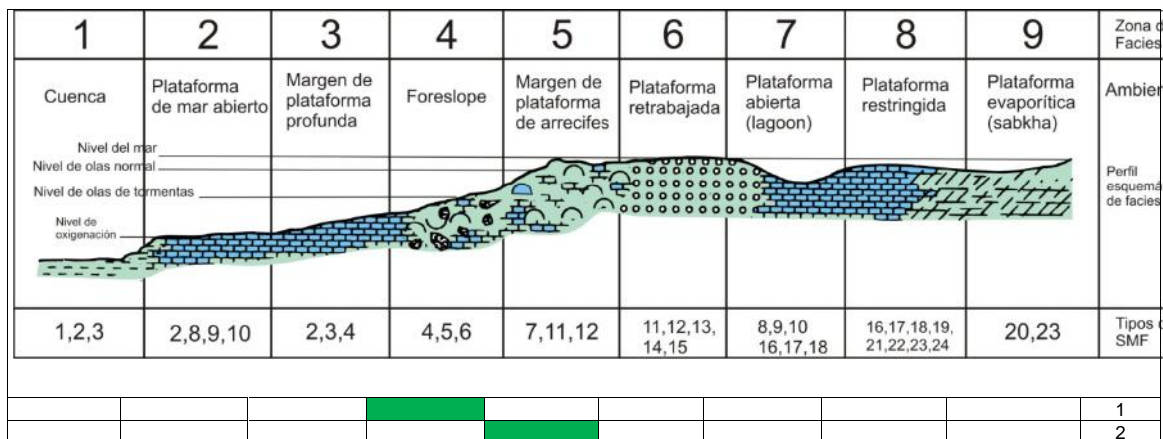
FOTOGRAFÍA 7
IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-60 DEL POZO E11-326



Miliolido (mil), posible globigerínido (gb), textularído (tx), *Pseudorhapydionina chiapanensis* (pch) foraminífero sin identificar (for).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

FIGURA 34
ASOCIACIÓN DE MICROFACIES DE LA CALIZA DEL POZO E11-326, EN BASE A TIPO DE MICROFACIES ESTÁNDAR (SMF) Y SU AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

c) E12-395

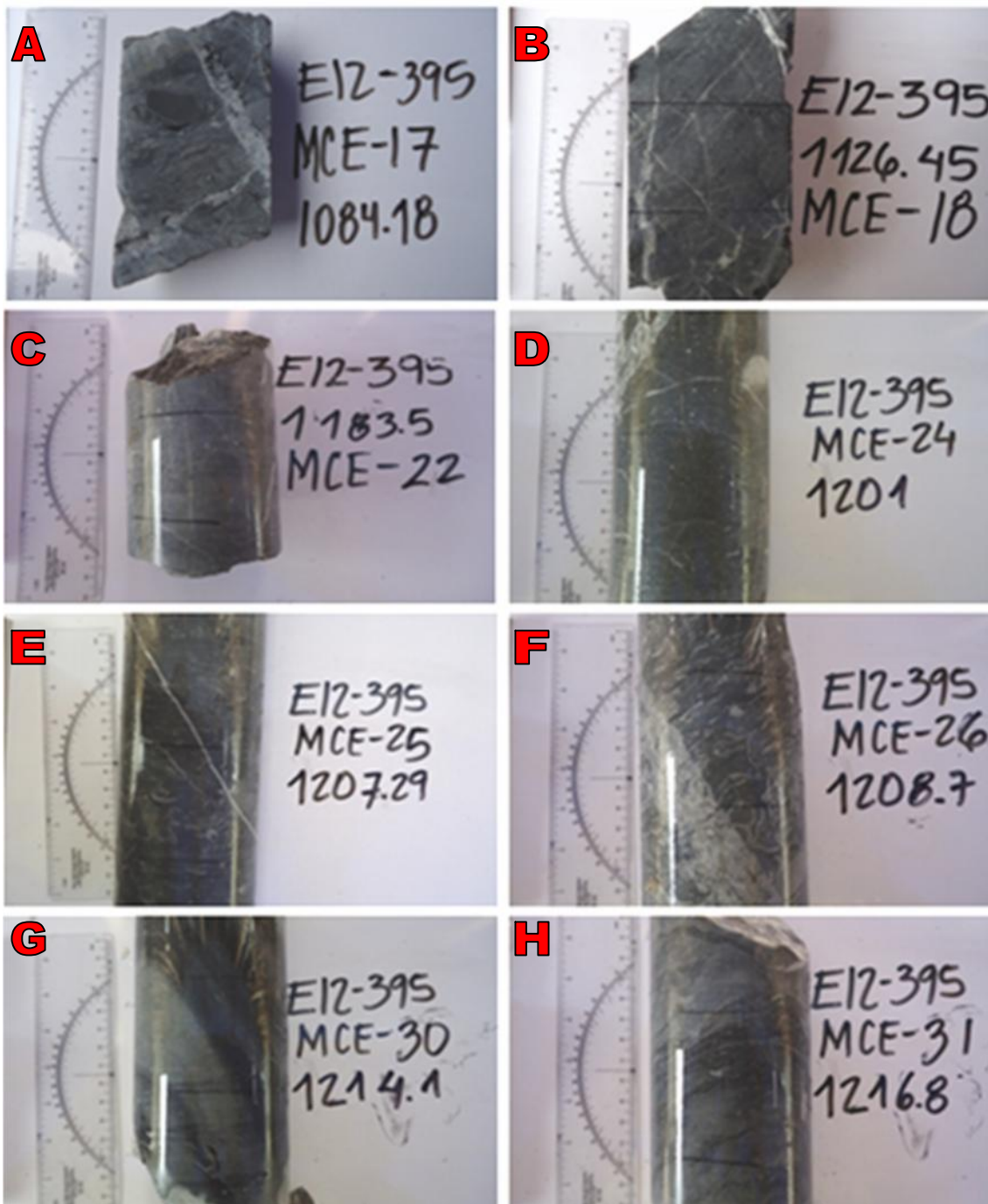
El espesor de la unidad es de 160 m; se tomaron 8 muestras para la elaboración de secciones delgadas, las principales texturas identificadas se muestran en la fotografía 8. La ubicación de las muestras a profundidad se observan en el siguiente Tabla 9.

TABLA 9
LISTADO DE MUESTRAS DE POZO E12-395

| No. Muestra | Profundidad (metros) | Textura | SMF |
|-------------|----------------------|--------------------------------|-----|
| MCE-19 | 1061.57 | <i>Grainstone</i> | 5 |
| MCE-22 | 1104.89 | <i>Wackestone-packstone</i> | 4 |
| MCE-24 | 1121.23 | <i>Grainstone dolomitizado</i> | 17 |
| MCE-26 | 1128.41 | <i>Grainstone</i> | 2 |
| MCE-28 | 1130.65 | <i>Grainstone</i> | 2 |
| MCE-29 | 1131.87 | <i>Grainstone</i> | 2 |
| MCE-30 | 1133.45 | <i>Wackestone</i> | 10 |
| MCE-31 | 1135.98 | <i>Packstone</i> | 1 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

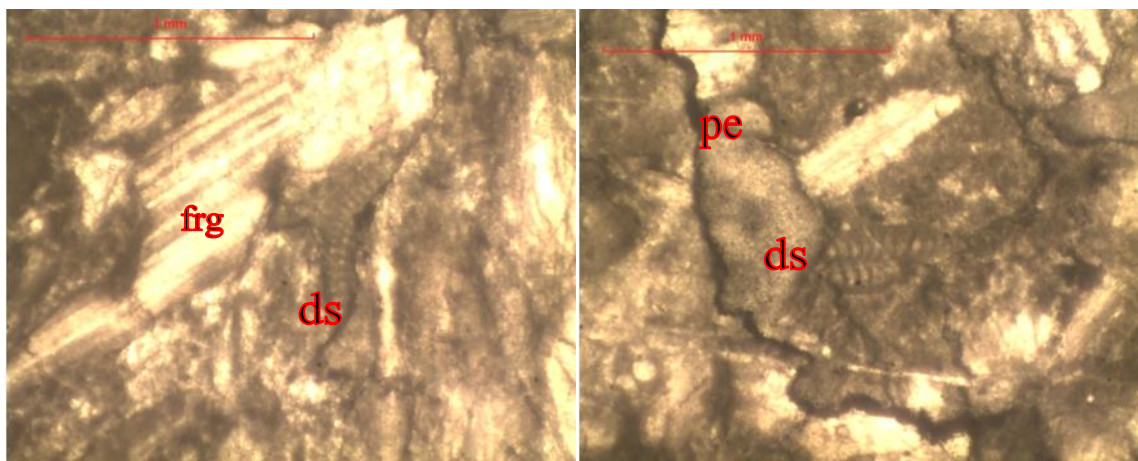
FOTOGRAFÍA 8
MUESTRAS DE MANO DE POZO E12-395: A) BRECHA
CALCÁREA; B); C) Y D) CALIZA MUDSTONE; E) CALIZA
WACKESTONE; F) CALIZA PACKSTONE G) CALIZA MUDSTONE;
H) CALIZA PACKSTONE



Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La primer microfacie observada corresponde a la muestra MCE-19 (fotografía 9), es una caliza *grainstone* con fragmentos de algas calcáreas, trazas de *Dicyclina schlumbergeri*. Fragmentos de corales sustituidos por calcita. Y fragmentos líticos bioclásticos. Es descrita como facie *SMF 5 packstone o grainstone* bioclástico ubicado en la zona de facie *foreslope*. Utilizando la clasificación de las *RMF* esta se ubica como *floatstone* bioclástico de rampa interna.

FOTOGRAFÍA 9 IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-19

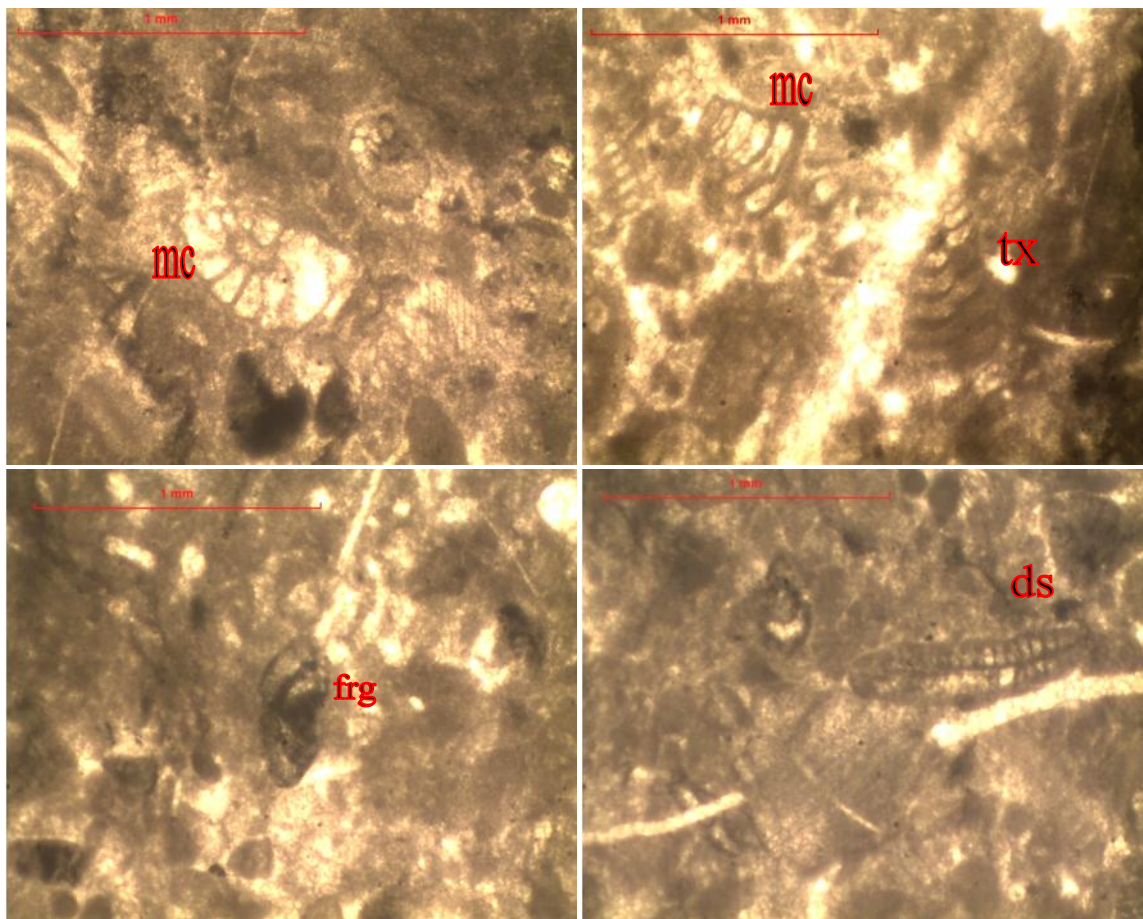


Fragmentos fósil (frg), Fragmentos de *Dicyclina schlumbergeri* (ds), picos estilolíticos (pe).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La muestra MCE-22 (fotografía 10) corresponde a una facie de microbrecha calcárea, con fragmentos bioclásticos que presentan distintos tipos de microfacies (fotografía 10). También se observan fragmentos de foraminíferos: *Merlingina cretácea*, *Dicyclina schlumbergeri*, textuláridos, fragmentos de ostrácodos, rudistas y algas calcáreas. Corresponde a *SMF 4* que es microbrecha o *packstone bioclástico-litoclástico* ubicado en la zona de facie 3 que es margen de plataforma profunda. Con las *RMF 8 packstone-wackestone* con bioturbación que corresponde a la rampa media.

FOTOGRAFÍA 10
IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-22

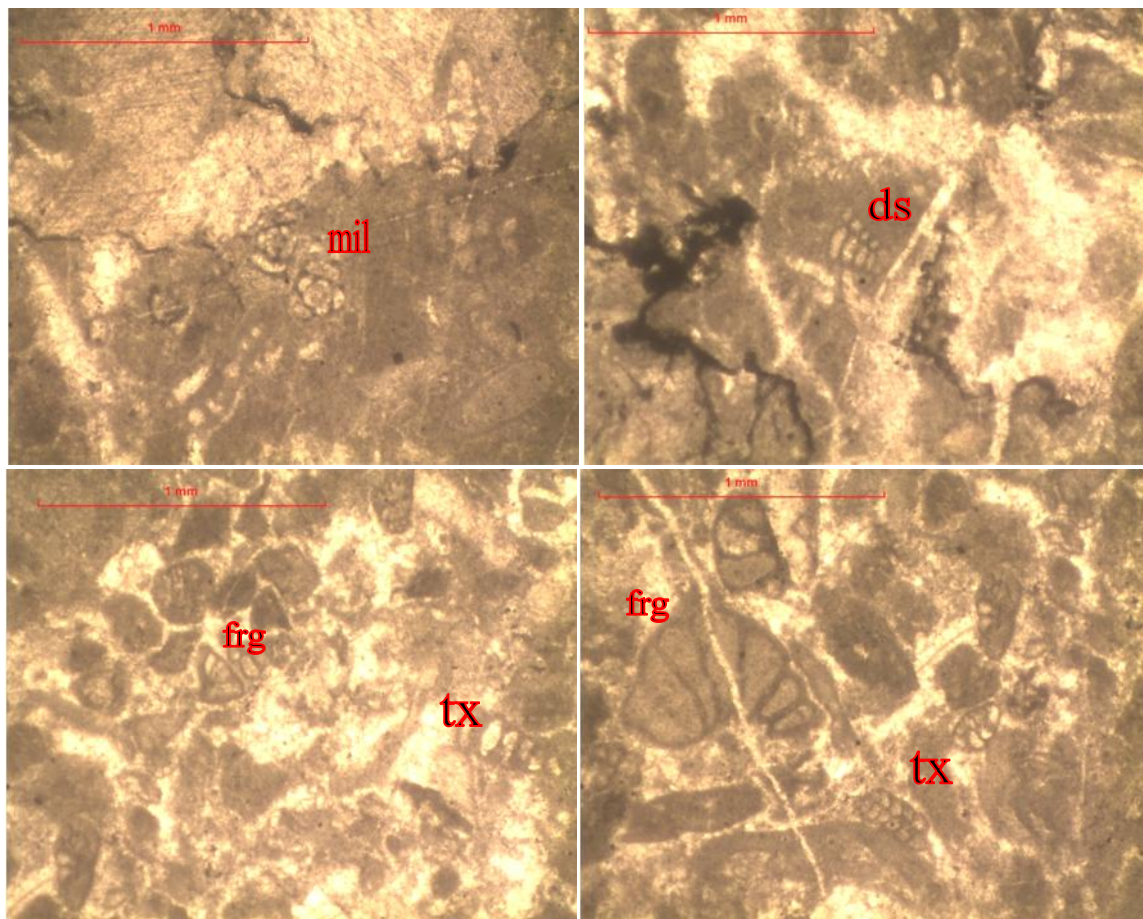


Merlingina cretacea (mc), texturizado (tx), fragmento fósil (frg), posible *Dicyclina schlumbergeri* (ds).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La tercer microfacies corresponde a *grainstone* dolomitizado de la muestra MCE-24 (fotografía 11). Presenta fragmentos fósiles sustituidos por dolomita (fotografía 11), se observan fragmentos de miliolidos y *Dicyclina schlumbergeri*, y otros microfósiles no identificados. Corresponde a las microfacies SMF 17 denominado *grainstone* pelsparítico ubicado en la zona de facie 7 plataforma abierta de *lagoon*. Se clasifica como RMF 22 caliza o *mudstone* dolomítico se encuentra en la rampa interna.

FOTOGRAFÍA 11 IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-24



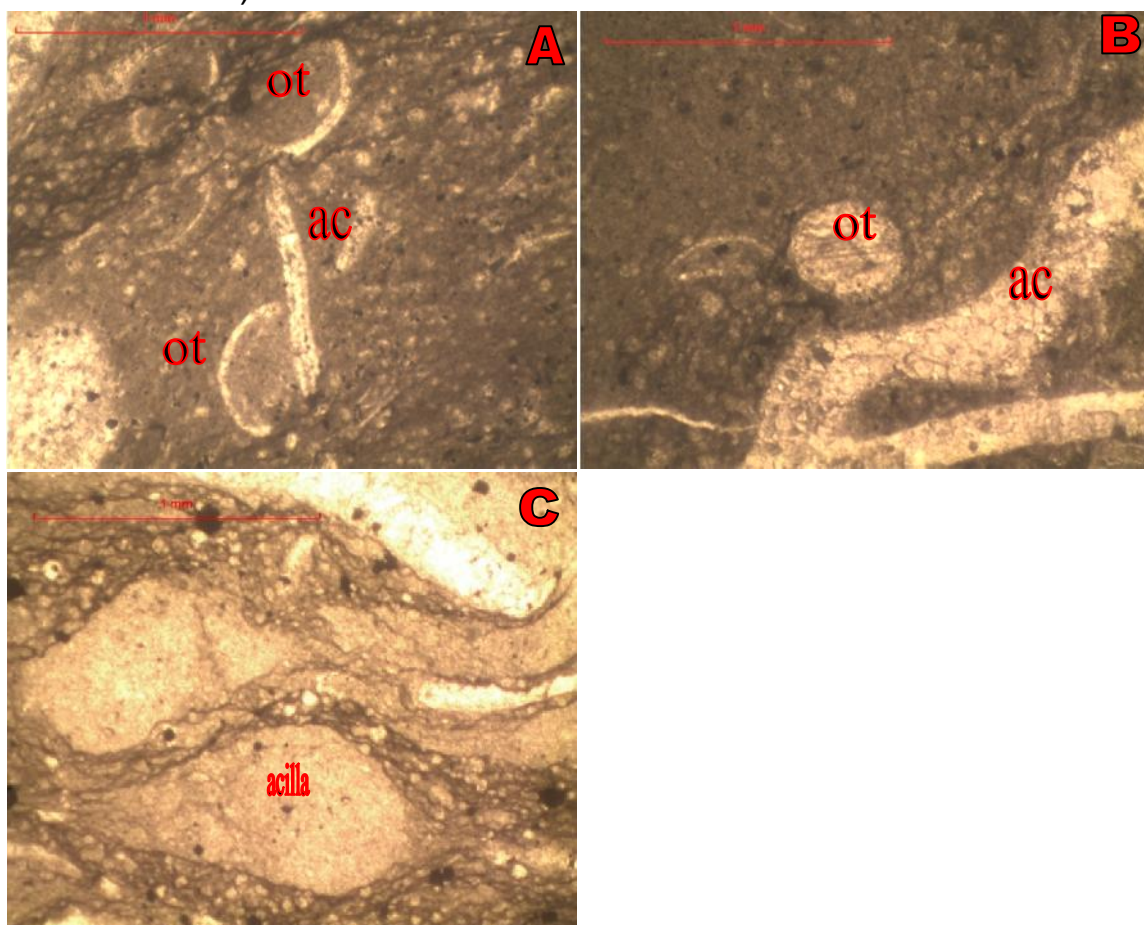
Miliolido (mil), *Dicyclina schlumbergeri* (ds), textulárido (tx), fragmento fósil sin identificar (frg).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La cuarta microfacies observada corresponde a las muestras: MCE 26, 28 y 29 (fotografía 12). Es una caliza *grainstone*, presenta *debris* de equinodermos, también presenta nódulos de arcilla, fragmentos de ostrácodos, algas calcáreas espículas. Clasificada como *SMF 2* calcisiltita microblástica que corresponde a la zona de facies 2, plataforma de mar abierto. Se asocia con las *RMF 3 wackestone packstone* con bioturbación de la rampa externa.

FOTOGRAFÍA 12

A) IMÁGENES DE LAS SECCIONES MCE-26, B) SECCIÓN MCE-28. C) MUESTRA MEC-29 NÓDULOS DE ARCILLA



Ostracodo (ot), alga calcárea (ac), C) nódulos de arcilla.

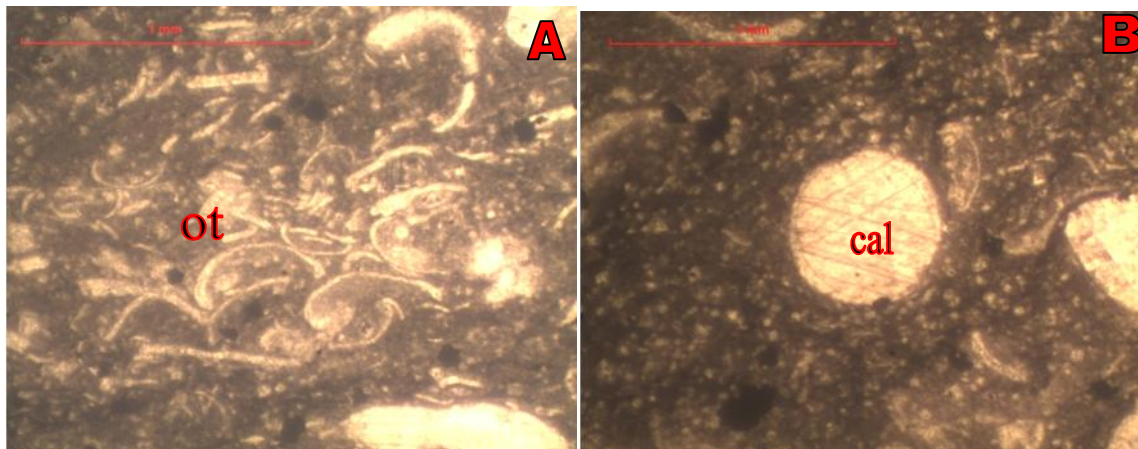
Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

La muestra MCE-30 corresponde a caliza *wackestone*, presenta *debris* de ostrácodos, con nódulos y ocasionales partículas de arcilla (fotografía 13 A). Corresponde a la microfacie *SMF 10 wackestone-packstone* con bioclásticos desgastados, ubicadas en la plataforma de mar abierto. La facie *RMF* para esta muestra es *mudstone-wackestone* arcilloso con bioturbación que corresponde a la plataforma abierta.

La muestra MCE- 31 (fotografía 13 B) que es *packstone* con abundantes arcillas. Fragmentos fósiles rica en materia orgánica, abundantes ostrácodos y trazas de calciesferas

(fotografía 13 B). *SMF 1* espiculita en zona de facie 1 de cuenca, *RMF 2* mudstone-wackestone arcilloso con bioturbación.

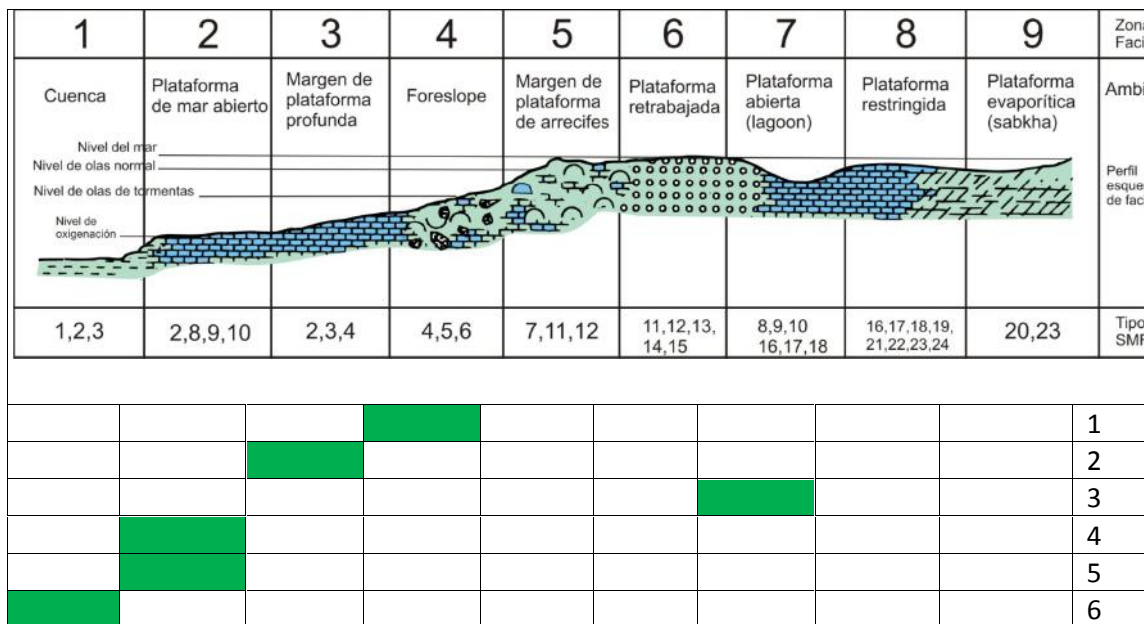
FOTOGRAFÍA 13
 A) IMÁGENES DE LAS MCE-30. B) IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-31



Fragmentos de ostrácodos (ot), calciesferas (cal).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

FIGURA 35
 ASOCIACIÓN DE MICROFACIES DE LA CALIZA DEL POZO E12-395, EN BASE A TIPO DE MICROFACIES ESTÁNDAR (SMF) Y SU AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Las seis microfacies descritas anteriormente son ubicadas de acuerdo al modelo de asociación de facies (figura 35) de *Standrd Microfacies Types* de Wilson (1975).

d) E13-396a

El espesor de la unidad es de 165 m. Se realizó 15 secciones delgadas; los datos de número de muestra, textura y contenido fósil se detallan en la tabla 10. En la fotografía 14 se muestran las principales texturas de carbonatos en muestra de mano.

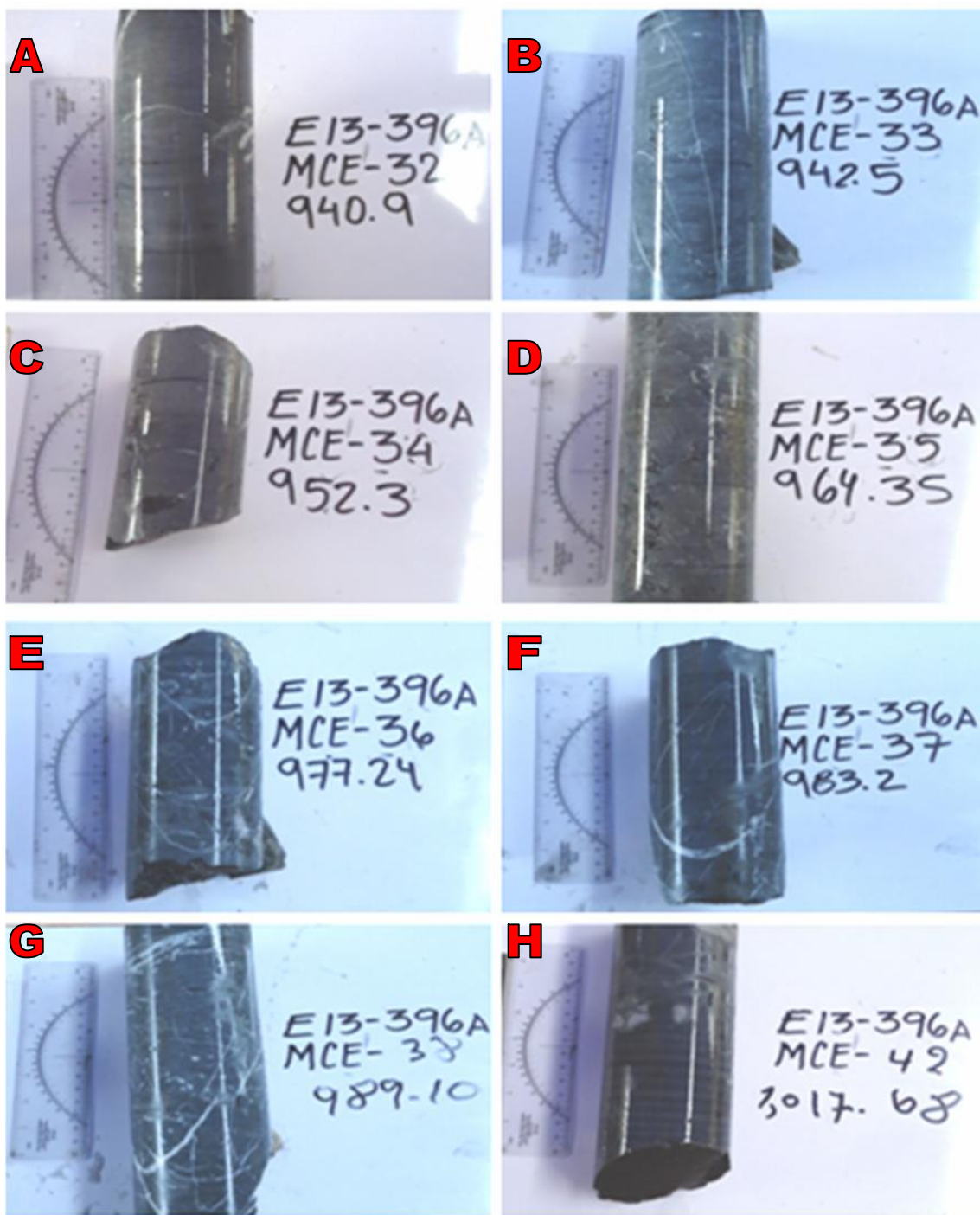
TABLA 10
LISTADO DE MUESTRAS DE POZO E11-396A

| No. Muestra | Profundidad (metros) | Textura | SMF |
|-------------|----------------------|------------------------------|-----|
| MCE-33 | 938.31 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 2 |
| MCE-34 | 948.67 | <i>Grainstone</i> | 5 |
| MCE-36 | 973.52 | <i>Grainstone</i> | 5 |
| MCE-38 | 985.33 | <i>Wackestone-grainstone</i> | 17 |
| MCE-39 | 997.07 | <i>Wackestone-grainstone</i> | 17 |
| MCE-42 | 1013.80 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 1 |
| MCE-43 | 1022.52 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 1 |
| MCE-44 | 1024.51 | <i>Packstone</i> | 10 |
| MCE-45 | 1028.67 | <i>Packstone</i> | 10 |
| MCE-46 | 1032.36 | <i>Packstone</i> | 10 |
| MCE-47 | 1038.68 | <i>Packstone</i> | 10 |
| MCE-50 | 1055.61 | <i>Grainstone</i> | 12 |
| MCE-51 | 1064.79 | <i>Grainstone</i> | 12 |
| MCE-52 | 1070.60 | <i>Mudstone-wackestone</i> | 4 |
| MCE-53 | 1086.71 | <i>Wackestone-packstone</i> | 3 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

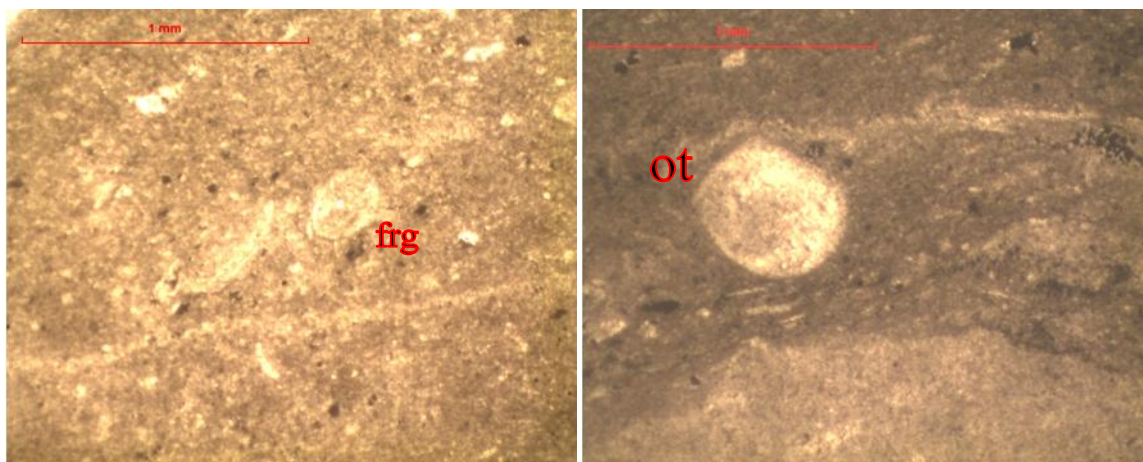
La primer facie corresponde a la muestra MCE-33, es una caliza *mudstone-wackestone* (fotografía 15), presenta fragmentos de espículas, algas calcáreas y ocasionales ostrácodos. También se observan nódulos de arcilla. Clasificada como *SMF 2* calcisiltita microblástica que corresponde a la zona de facies 2, plataforma de mar abierto. Se asocia con las *RMF 3 wackestone packstone* con bioturbación de la rampa externa.

FOTOGRAFÍA 14
MUESTRAS DE MANO DE E13-396A: A) CALIZA MUDSTONE; B) CALIZA WACKESTONE; C) CALIZA MUDSTONE; D) CALIZA WACKESTONE; E) CALIZA MUDSTONE; F) Y G) CALIZA WACKESTONE; H) CALIZA MUDSTONE



Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

FOTOGRAFÍA 15
SECCIÓN MCE-33 MUESTRA UNA MATRIZ DE LODO
DISEMINADO



Fragmento fosil (frg), posible ostrácodo (ot).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

Las muestras MCE-34 y MCE-36, corresponden a una caliza bioclástica de tipo *grainstone* (fotografía 16 A, B, C).

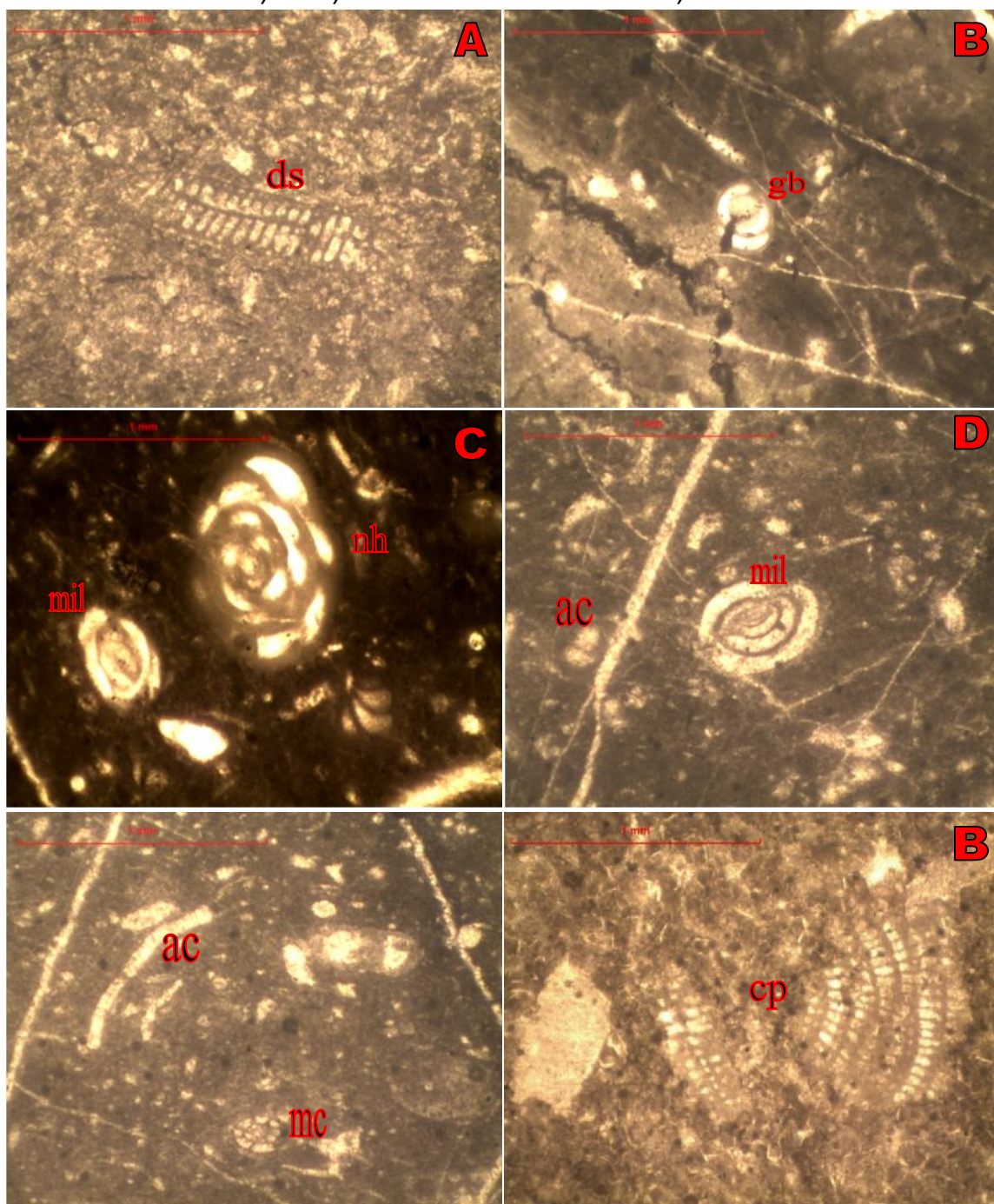
Es descrito como facie SMF 5 *packstone* o *grainstone* bioclástico ubicado en la zona de facie *foreslope*. Utilizando la clasificación de las *RMF* esta se ubica como *floatstone* bioclástico de rampa interna.

Las muestras MCE-38 y MCE-39 (fotografía 16 D, E, F) muestran una caliza *wackestone-grainstone* con abundantes nódulos de arcilla. Se observan fragmentos de algas calcáreas, miliolidos y *Dicyclina*, *Cuneolina pavonea parva* la mayor parte se encuentran sustituidos por dolomita.

Corresponde a las microfacies SMF 17 denominado *grainstone* pelsparítico ubicado en la zona de facie 7 plataforma abierta de *lagoon*. Se clasifica como *RMF* 22 caliza o *mudstone* dolomítico se encuentra en la rampa interna.

FOTOGRAFÍA 16

A), B) SECCIÓN MCE-34. C) IMÁGENES DE LA MUESTRA MEC-36.D) Y E) MUESTRA MCE-38. F) MCE-39

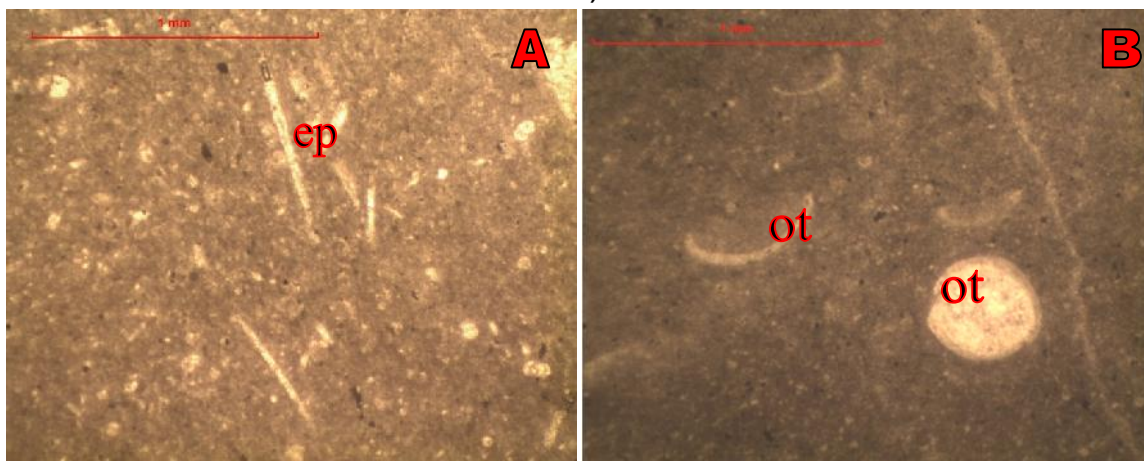


Nummoloculina heimi (nh), *Dicyclina schlumbergeri* (ds), globigerínido (gb), miliolido (mil), *Cuneolina pavonea parva* (Cp), alga calcárea (ac) *Merlingina cretácea* (mc)

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

Las muestras MCE 42 Y 43 es una caliza *mudstone wackestone*, presentan nódulos de lodo, espículas de algas calcáreas y esponjas (?). Clasificada como SMF 1 espiculita que corresponde a la zona de facies de cuenca. Se asocia con las RMF 3 *wackestone packstone* con bioturbación de la rampa externa.

FOTOGRAFÍA 17
IMÁGENES DE LA SECCIÓN DE TIPO CALIZA *MUDSTONE*: A) MUESTRA MCE-42. B) MUESTRA MCE-43



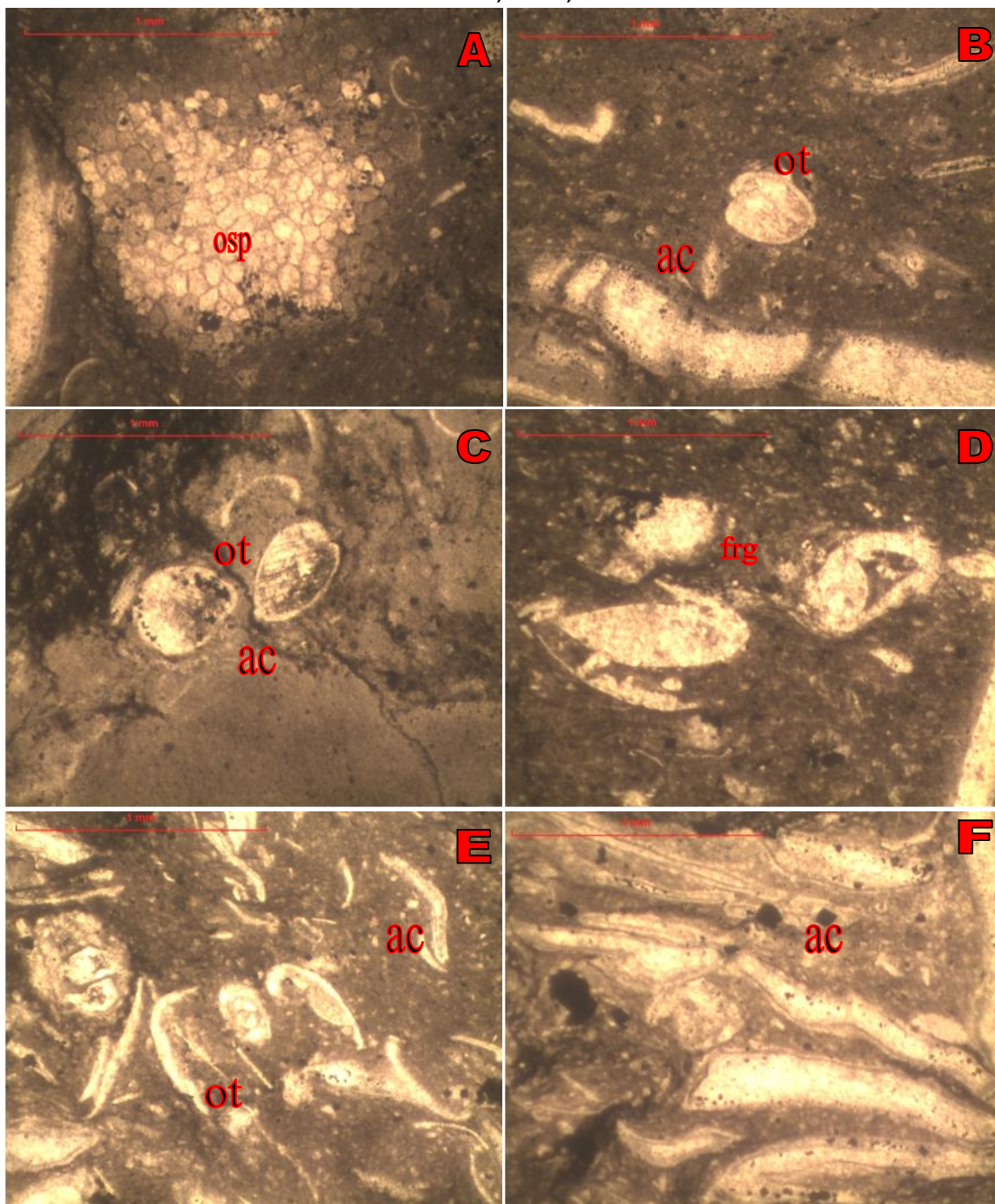
Espícula (ep), posibles ostrácodos (ot)

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

Se describió una facie de caliza bioclástica *packstone* que se encuentra descrita en las muestras MCE-44, MCE-45, MCE-46 y MCE-47 (fotografía 18), hay abundantes ostrácodos (*debris* de ostrácodos), algas calcáreas, granos de arcilla. En la muestra 47 se observan *debris* de equinodermos.

Corresponde a la microfacie SMF 10 *wackestone-packstone* con bioclásticos desgastados, ubicadas en la plataforma de mar abierto. La facie RMF para esta muestra es *mudstone-wackestone* arcilloso con bioturbación que corresponde a la plataforma abierta.

FOTOGRAFÍA 18
 IMÁGENES DE LAS MUESTRAS: A), B) MCE-44. C) MCE-45. D)
 MCE-46. E) Y F) MCE-47



Alga calcárea (ac), posible ostrácodo (ot), fragmento fósil (frg) posible fragmento de rudista.
Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

También se ha descrito una facie de caliza *grainstone* con abundantes fragmentos de miliolidos y textuláridos también se presentan restos de *Merlingina cretácea*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*; miliolido (fotografía 19). Las muestras que representan esta facies son MCE 50 y 51.

Es clasificada como facies SMF12 *grainstone* bioclástico de la zona de facie de margen de plataforma de arrecifes. Clasificada como RMF 15 *floatstone* bioclástico de rampa interna.

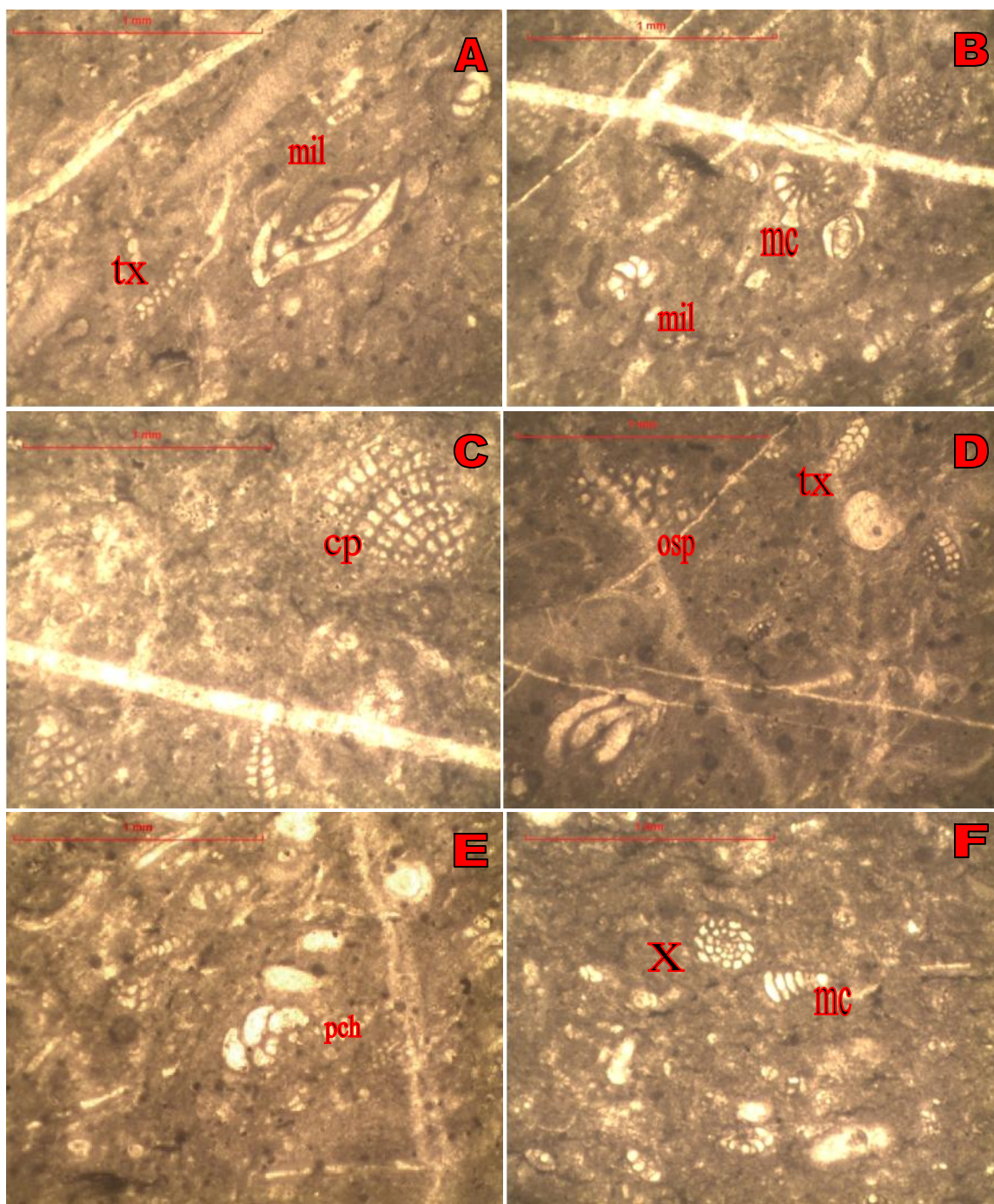
La muestra MCE-52 es una microbrecha calcárea, *mudstone* – *wackestone* que presenta fragmentos que evidencias distintas facies, fragmentos sustituidos por calcita y dolomita. Espículas, peloides, *Dicyclina schlumbergeri*, gasterópodos.

Corresponde a SMF 4 que es microbrecha o *packstone* bioclástico-litoclástico que se ubica en el margen de plataforma profunda. Clasificado con las RMF 8 *packstone-wackestone* con bioturbación que corresponde a la rampa media.

La ultima facie una caliza *wackestone-packstone* con abundantes nódulos de arcilla, fragmentos de equinodermos, ostrácodos, ocasionales calciesferas y espículas, corresponde a la muestra MCE.53 (fotografía 20).

Se delimita como SMF 3 que corresponde a *mudstone-wackestone* pelágico, que es zona de facie de cuenca. Descrito como RMF 2 *mudstone-wackestone* con bioturbación de rampa externa.

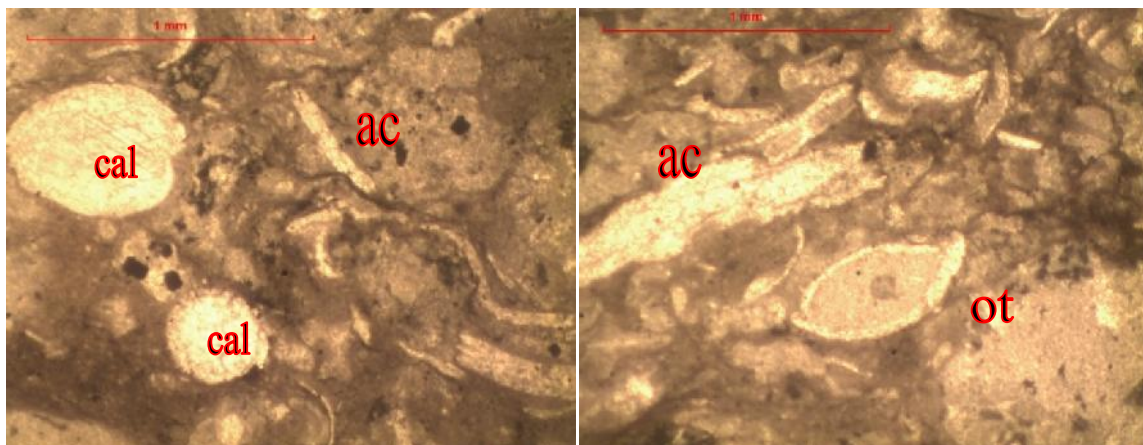
FOTOGRAFÍA 19
 A), B), C) IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-50. D), E), F)
 IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-51



Textularioid (tx), miliolido (mil), *Merlingina cretacea* (mc), *Cuneolina pavonea parva* (Cp, Posible fragmento de *Orbitolina S* (?) (osp), fósil sin identificar (x), posible *Pseudorhapydionina chiapanensis* (pch).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

FOTOGRAFÍA 20
 IMÁGENES DE LA MUESTRA MCE-53

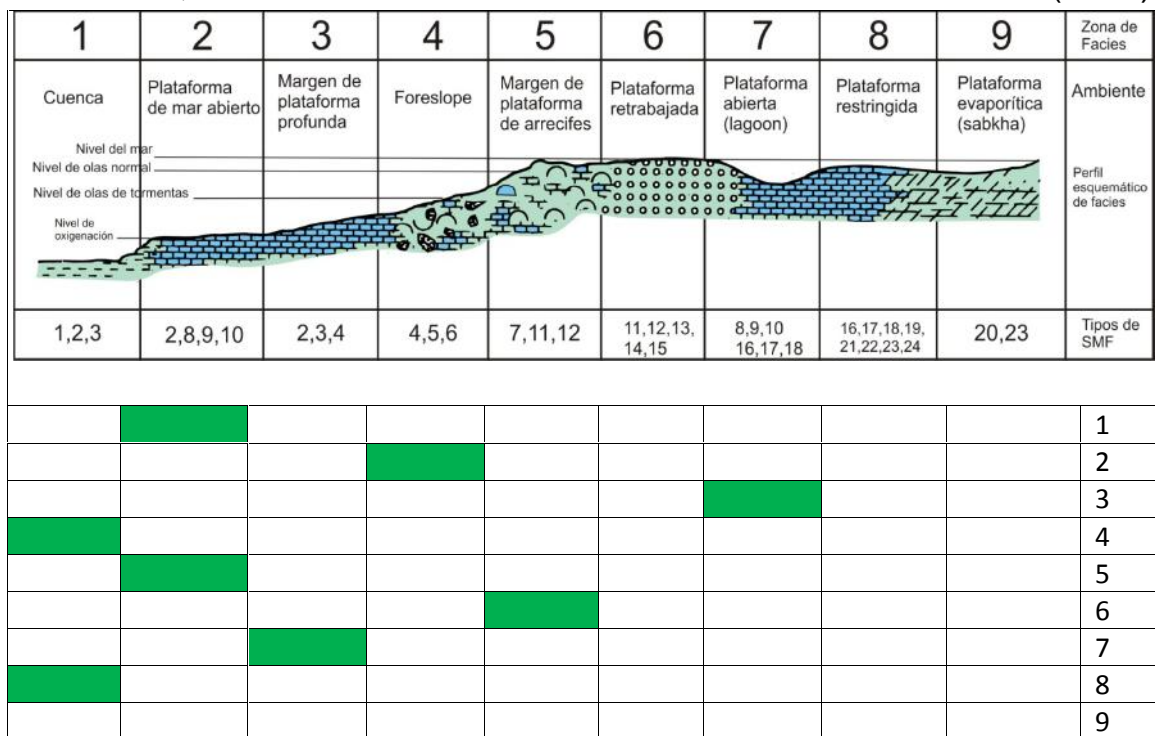


Calciesferas (cal), fragmento de alga calcárea (ac), posible ostrácodo (ot).

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2 014.

La ubicación de la microfacies en base a las SMF se muestra a continuación

FIGURA 36
 ASOCIACIÓN DE MICROFACIES DE LA CALIZA DEL POZO E13-396A, EN BASE A TIPO DE MICROFACIES ESTÁNDAR (SMF)

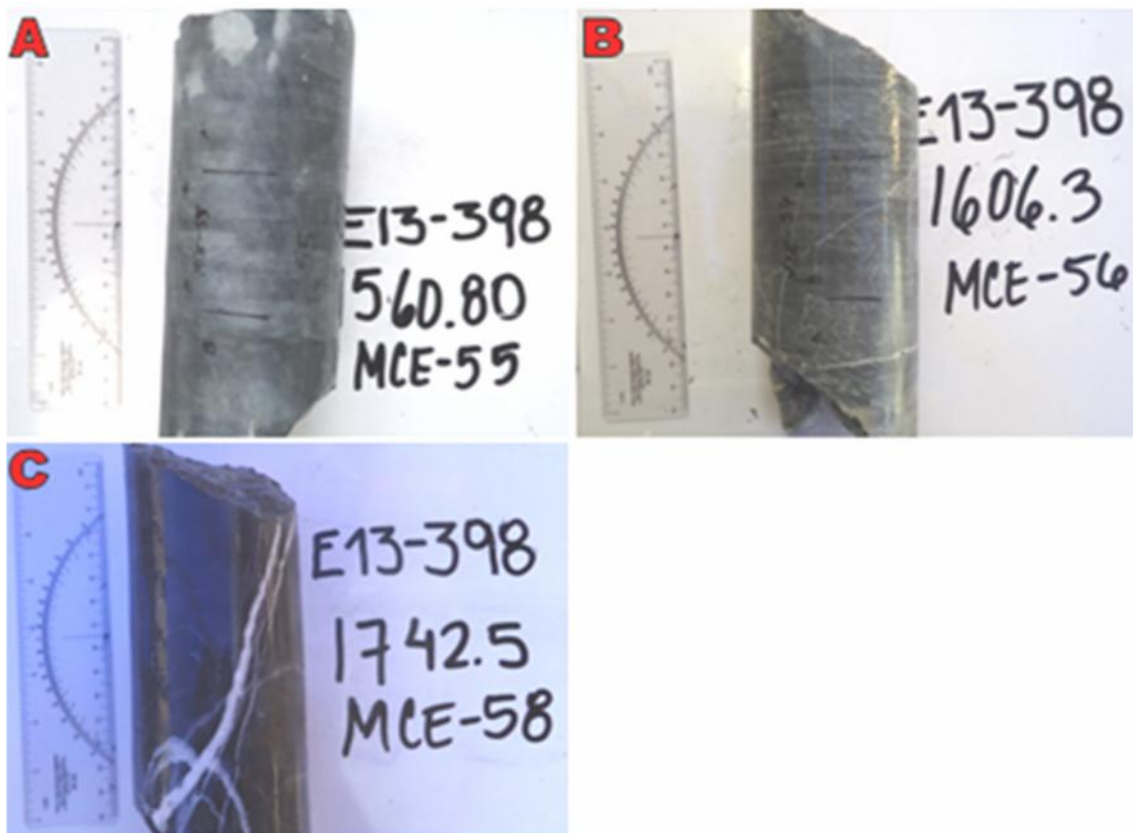


Fuente: Investigación de campo, 2 014.

e) E13-398

El espesor de la unidad es de 258 m, predominantemente es una caliza gris oscuro. Se tomaron 3 muestras (fotografía 21) para la elaboración de secciones delgadas la ubicación de la muestras a profundidad se observan en el siguiente Tabla 11.

FOTOGRAFÍA 21
MUESTRAS DE MANO DEL POZO E12-398: A) CALIZA
WACKESTONE; B) Y C) CALIZA MUDSTONE



Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

Se pueden describir las siguiente Microfacies para la caliza reportada y descrita en el E13-398 y se ubican en la figura 39.

Microfacies 1 presenta textura *wackestone*, son abundantes los ostrácodos y trazas de algas calcáreas (fotografía 22 A, B). Se asocia a las microfacies RMF 2 (plataforma de mar abierto) y a las SMF 3, (*mudstone* o *wackestone* pelágico).

TABLA 11
LISTADO DE MUESTRAS DE POZO E13-398

| No. Muestra | Profundidad (metros) | Textura | Fósiles |
|-------------|----------------------|-------------------|---|
| MCE-55 | 1457.13 | <i>wackestone</i> | Ostrácodos, fragmentos de algas calcáreas |
| MCE-56 | 1499.61 | <i>Mudstone</i> | Fragmentos fósiles |
| MCE-58 | 1626.76 | <i>Mudstone</i> | Fragmentos fósiles |

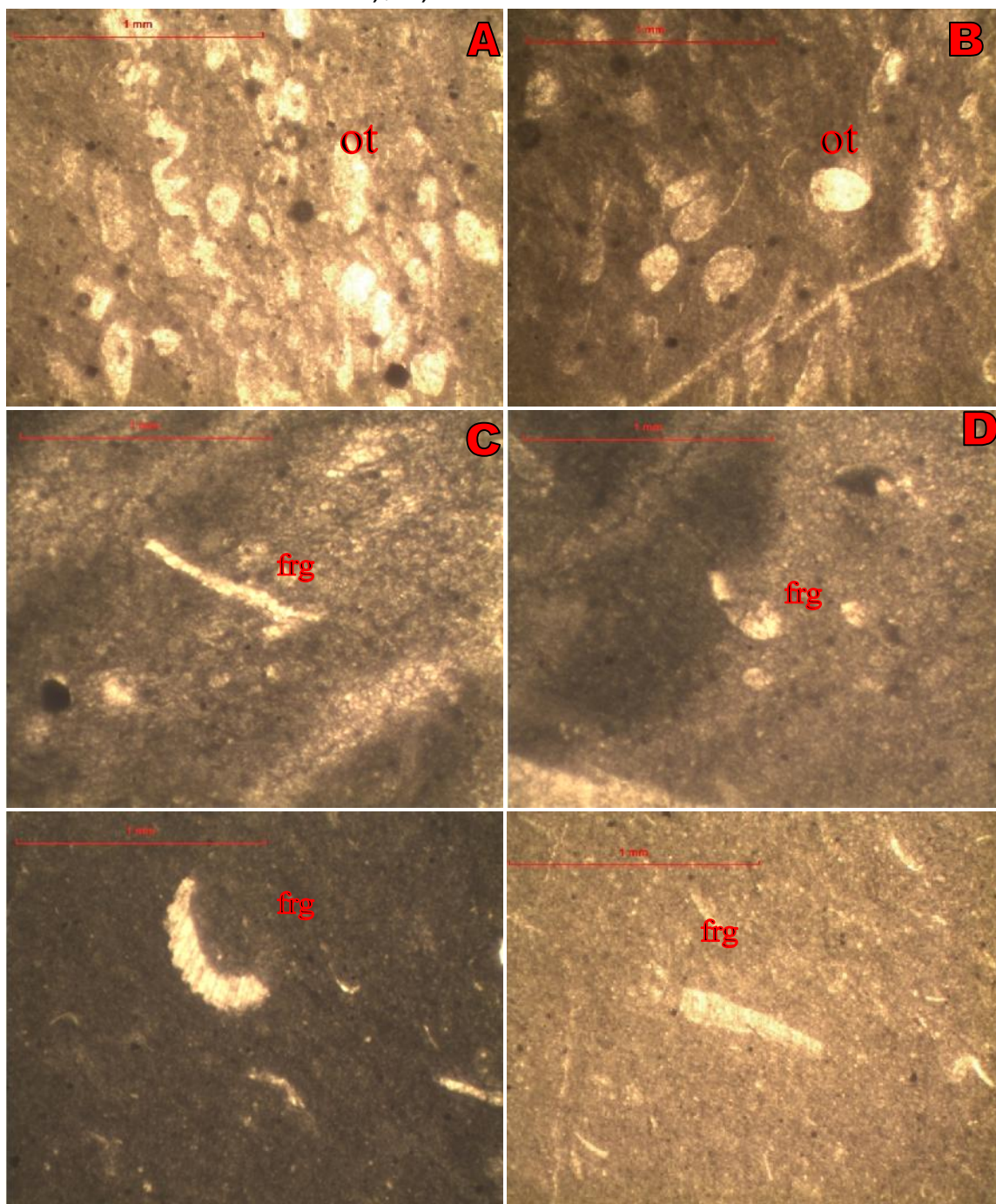
Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Microfacies 2 es *mudstone*, únicamente se observan trazas de fragmentos fósiles los que son reemplazados por calcita y dolomita (fotografía 22 C, D). Corresponde a las microfacies *SMF* 17 denominado *grainstone* pelagópárico ubicado en la zona de facie 7 plataforma abierta de *lagoon*. Se clasifica como *RMF* 22 caliza o *mudstone* dolomítico se encuentra en la rampa interna.

Microfacies 3 es *mudstone*, únicamente se observan trazas de fragmentos fósiles (fotografía 22 E, F). Corresponde a la microfacie *SMF* 10 *wackestone-packstone* con bioclásticos desgastados, ubicadas en la plataforma de mar abierto. La facie *RMF* para esta muestra es *mudstone-wackestone* arcilloso con bioturbación que corresponde a la plataforma abierta.

FOTOGRAFÍA 22

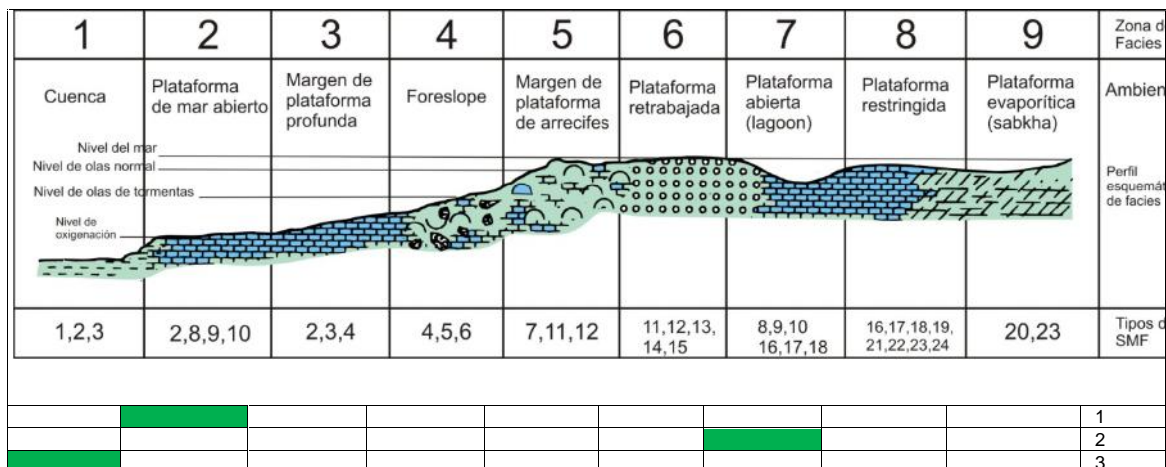
A), B) IMÁGENES DE LA SECCIÓN MCE-55. C), D) IMÁGENES DE MCE-56. E), F) IMÁGENES DE MEC-58



Posibles ostrácodos (ot), fragmento fósil (frg)

Tomada por: Walter Oliverio Yat Morán, 2014.

FIGURA 37
ASOCIACIÓN DE MICROFACIES DE LA CALIZA DEL POZO E13-398, EN BASE A TIPO DE MICROFACIES ESTÁNDAR (SMF) Y SU AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

3.4 Modelo Sedimentario Local

La unidad de caliza estudiada en los pozos E11-269, E12-395, E13-396a y E13-398, demuestra que la facies de acuerdo a las *Standard microfacies types (SMF)* de Wilson, se desarrollan de la zona de facie de *Foreslope* hasta facies de plataforma de mar abierto, muy poca evidencia de facies de cuenca, aunque algunas fueron asociadas a este ambiente.

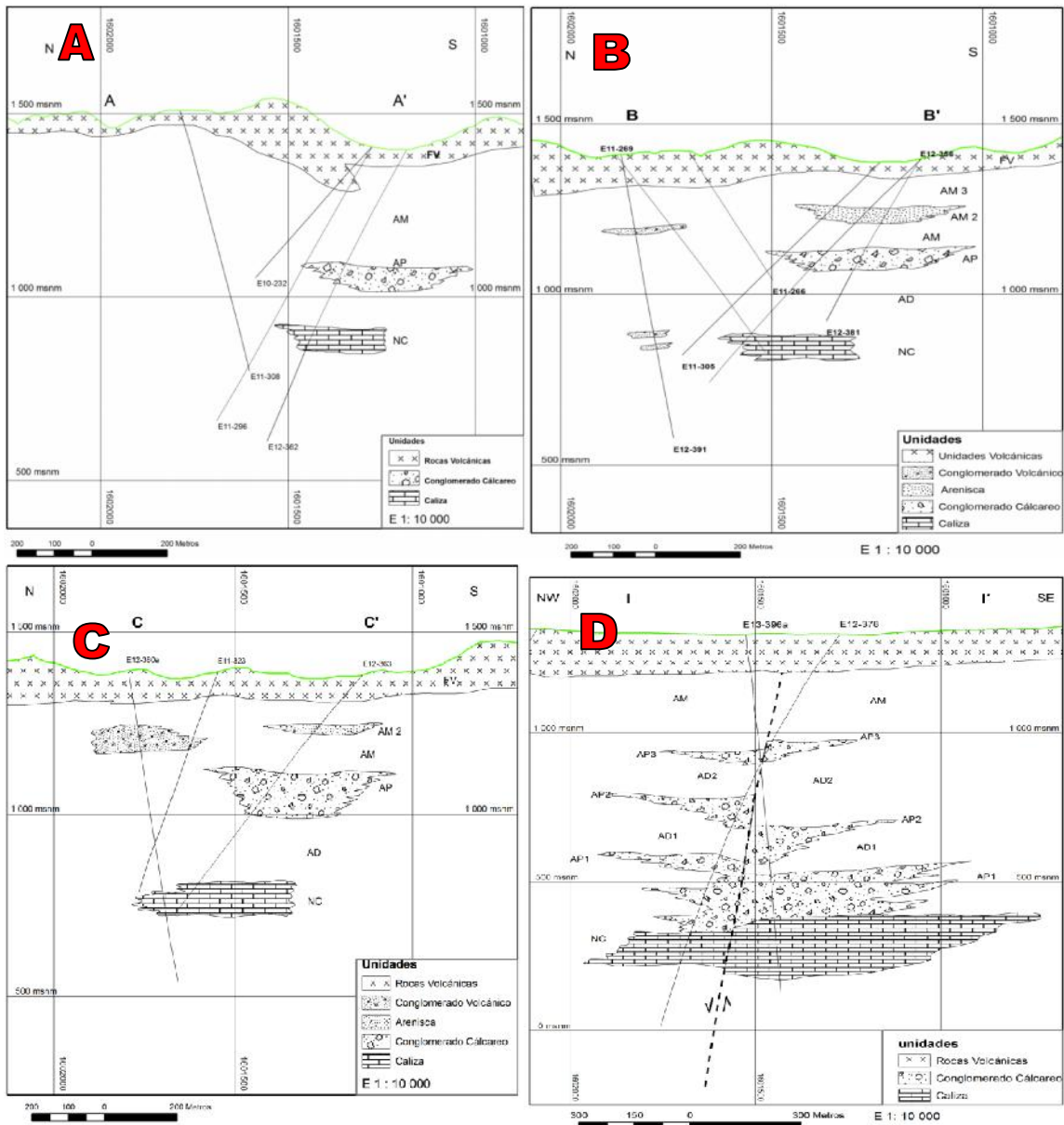
Es muy poco el registro de zonas de facies de *lagoon* y margen de arrecife, aunque también fueron descritas en algunas muestras y principalmente en el pozo E11-326. No son muy representativas.

Las *Ramp Microfacies Types (RMF)* de Flügel, también indican un ambiente de plataforma media hacia plataforma abierta.

Sobre las se describió una secuencia de capas rojas, que presentan areniscas y limolitas, aunque también están presentes espesores considerables de conglomerados de tipo clasto soportado, con fragmentos angulosos de caliza predominantemente.

Estos conglomerados fueron clasificados como facies de abanico proximal o abanico superior, para la delimitación de estas facies se realizaron los perfiles ya descritos en el apartado 3.2.

FIGURA 38
SECCIONES GEOLOGICAS NORTE – SUR: A) PERIL A – A', B) PERFIL B – B', C) PERIFL C – C', D) PERFIL I – I'



Fuente: Investigación de campo, 2 014.

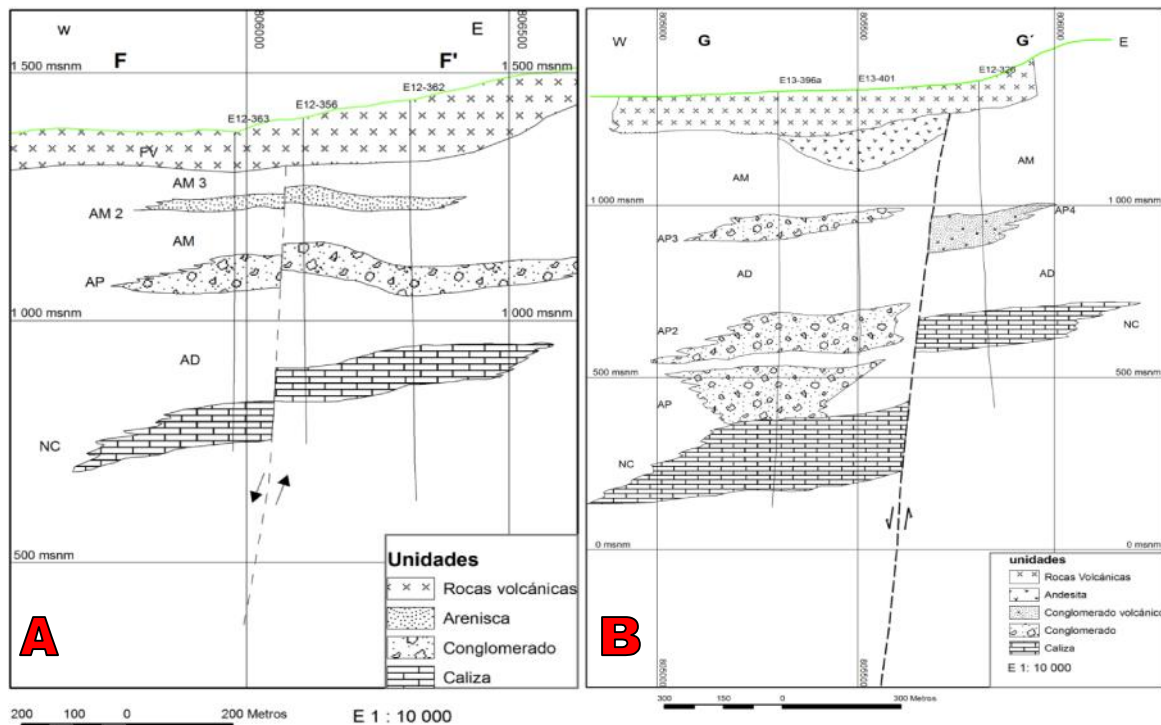
A través de las secciones A-A', B-B', C-C', D-D', E-E' e I-I', que son perfiles con orientación norte-sur (ver apartado 3.2), se logró delimitar un posible

canal de conglomerados, que se encuentra ubicado sobre la cota 1 000 msnm en los perfiles A-D.

En la figura 38 que muestra las secciones A-C, se delimita el posible depósito de canal representado por los conglomerados mencionados que principalmente presenta fragmentos de caliza.

A través de los E12-378, E12-395 E13-396a, E13-398 y E13-401, se muestra un espesor mayor de secuencias turbidíticas con facies de grano fino a grano muy grueso (Figura 38 D) I-I'). Esta secuencia indica la presencia de un evento de alta energía asociado a una rampa externa, posterior a la depositación de las calizas. Como se mencionó en los pozos E12-378 y E13-396a, se muestra varios eventos de abanico superior, lo que hace evidente que la secuencia principalmente es de secuencia turbidítica.

FIGURA 39
SECCIONES GEOLÓGICAS ESTE - OESTE: A) PERFIL G – G'; B) PERFIL F – F'



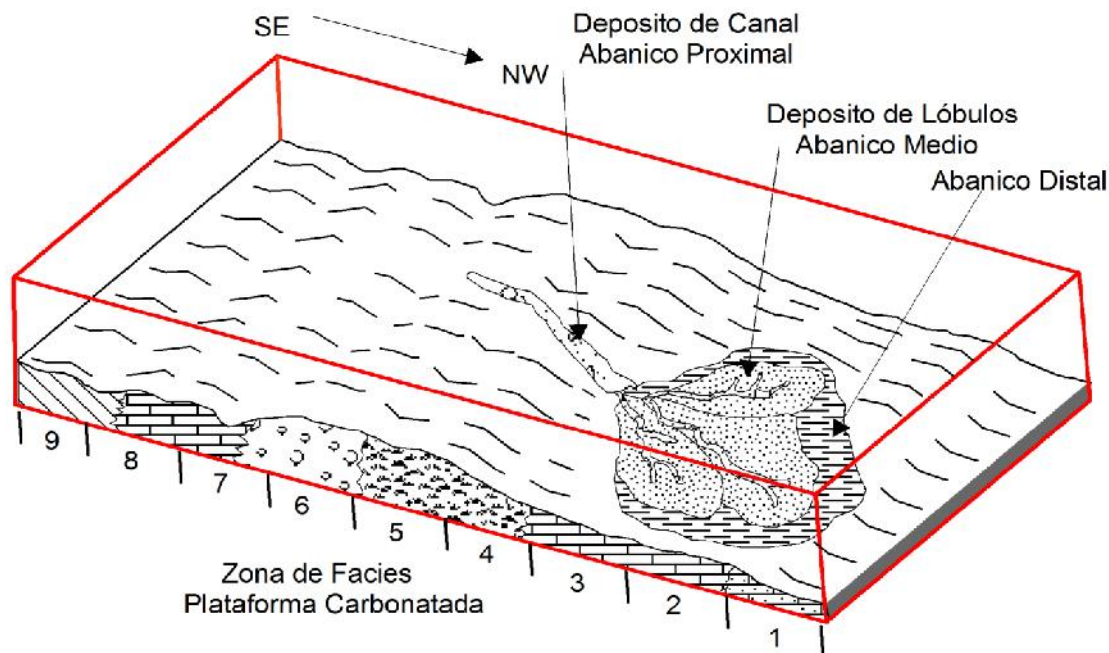
Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Con los perfiles este-oeste principalmente F y G (figura 39), se delimita su continuidad, se evidencia que se pueden correlacionar los conglomerados desde la coordenada *UTM* 806500 hasta 805000, la longitud del canal es de aproximadamente 1.5 km. De igual forma esta es la longitud de la caliza.

De acuerdo al arreglo de facies se propone que la fuente de estos flujos de detritos que ocasionaron los depósitos de canal representados por las facies de conglomerado se encuentran en la parte SE, con lo que la dirección del abanico se estaría desarrollando hacia el NW.

En la figura 40 se muestra un bloque diagrama para el posible modelo sedimentario del ambiente de formación de la secuencia de turbiditas que se desarrolla sobre las calizas estudiadas.

FIGURA 40
BLOQUE DIAGRAMA ILUSTRANDO EL POSIBLE MODELO
SEDIMENTARIO PARA EL AMBIENTE DE LAS UNIDADES
ESTUDIADAS



Zonas de facies de plataforma carbonatada: 1) cuenca, 2) plataforma de mar abierto, 3), margen de plataforma profunda, 4) *foreslope*, 5) margen de plataforma de arrecifes, 6) plataforma retrabajada, 7) plataforma abierta (*lagoon*), 8) plataforma restringida, 9) plataforma evaporítica.

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Sobre las capas rojas estudiadas y asociadas a una secuencia de turbiditas hay una andesita con textura porfírica, que marca el inicio de la actividad volcánica en la zona. Aunque la presencia de ciertos horizontes de toba lítica o conglomerado volcánico en la parte superior, hacen evidente que la cuenca estaba siendo influenciada por el vulcanismo.

Toda esta secuencia se encuentra cubierta en la mayoría del área por un espesor de toba lítica, sobre la que encuentra un depósito e coluvión ambos en la parte baja de la zona de estudio presenta un espesor de 75 m a 100 m.

3.5 Análisis de la unidad de caliza

Se tiene un espesor de caliza gris clara-oscuro que a través de los pozos E11-269, E11-326, E12-356, E12-362, E12-363, E12-378 y E12-380a, presentan un espesor que va de 35 m a 90 m, estos pozos se encuentran en la parte este de la zona de estudio. Los pozos ubicados al oeste que incluye: E12-390, E12-395 y E12-396a, la unidad de caliza alcanza un espesor de 65 a 160 metros. Y el E13-398 que evidencia 258 m de caliza.

El análisis de microfacies a través de las *Standard microfacies types (SMF)* de Wilson y la *Ramp Microfacies Types (RMF)* de Flügel . Se realizó de forma detallada a los pozos E11-269, E12-395 y E13-396a.

La característica es el pozo E13-398 que reporto a mayor profundidad caliza, solo a tres tramos se le extrajeron muestras para láminas delgadas, debido a que la mayor parte del testigo presenta un reemplazamiento total de roca por vetas de calcita-fluorita. Las microfacies descritas para el E13-398, de acuerdo a las RMF son microfacies de plataforma de mar abierto y a las SMF se asocia a las microfacies RMF de plataforma de mar abierto.

El pozo E12-326 al que únicamente se realizó una muestra pero ya se contaba con dos muestras elaboradas, las SMF de estas muestran evidencia zona de facie de Foreslope y zona de margen de arrecife. El contenido fósil es Calciesferas, ostrácodos y foraminíferos: *Nummoloculina heimi*, *Nummoloculina*

regularis, *Biloculina sp*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*, *Merlingina cretácea*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*, Globigerínido

Las microfacies carbonatadas de las 12 secciones delgadas, descritas en el pozo E11-269 (tabla 12); evidencian que las facies *SMF* de la caliza principalmente se desarrollan desde la zona de *foreslope* hacia facies de plataforma de mar abierto, y únicamente se definió una facie de cuenca. Muy poco descrito se observan facies de margen de arrecife y *lagoon*, Utilizando las *RMF* es evidente que las facies van de rampa Media a rampa externa.

TABLA 12
CUADRO RESUMEN DE LAS ZONAS DE FACIES *SMF* Y FACIES *RMF* DEL POZO E11-269

| ZONA DE FACIE | RMF | CARACTERÍSTICA | FÓSILES | MUESTRA |
|-----------------------------------|---------------|--|---|--------------------------|
| Cuenca | Rampa externa | Bordes suturados con picos estilolíticos. Nódulos de lodo | fragmentos de algas calcáreas | MCE-13 |
| Plataforma de mar abierto | Rampa externa | Laminaciones bioclásticas (<i>debris</i> de equinodermos). | Fragmentos de globigerínidos, algas calcáreas, ostrácodos | MCE-2 MCE-4 MCE-5 |
| Margen de Plataforma profunda | Rampa media | Presentan distintos fragmentos bioclásticos con facies <i>mudstone-wackestone</i> Ocasionales nódulos de arcilla | Fragmentos de <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , <i>Merlingina cretácea</i> . <i>Peloides</i> , algas calcáreas, espículas de esponjas equinodermos la | MCE-3 MCE-12 |
| <i>Foreslope</i> | Rampa interna | Filamentos ricos de materia orgánica. delimitados por picos estilolíticos | Fragmentos de algas calcáreas y coral | MCE-7a MCE-8 MCE-9 |
| Margen de plataforma de arrecifes | Rampa interna | | Fragmentos gasterópodos, y miliolidos, <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , <i>Cuneolina pavonea parva</i> , <i>Merlingina cretácea</i> . <i>peloides</i> , oolitos | MCE-10 MCE-11 |
| <i>Lagoon</i> | Rampa Interna | Presenta picos estilolíticos debido a la diagénesis. | Contiene grietas rellenas por epidota. | MCE-1 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Las principales microfacies para el pozo E12-395 (tabla 13), obtenidas a partir del análisis de láminas delgadas, indica que la mayor cantidad de muestras evidencian facies de plataforma de mar abierto, y también margen de plataforma profunda y una muestra evidencia facies de cuenca. Evidenciando que las *RMF* para este pozo se mantiene en rampa externa.

Dos muestras se asocian a facies de *lagoon* y *foreslope*. Que corresponden a las *RMF* de rampa interna.

TABLA 13
CUADRO RESUMEN DE LAS ZONAS DE FACIES *SMF* Y FACIES *RMF* DEL POZO E12-395

| ZONA DE FACIE | RMF | CARACTERÍSTICA | FÓSILES | MUESTRA |
|--------------------------------------|---------------|--|--|--------------------------------------|
| Cuenca | Rampa externa | Contiene abundante arcilla | Fragmentos fósiles de ostrácodos y trazas de calciesferas | MCE-31 |
| Plataforma de mar abierto | Rampa externa | <i>Debris</i> o laminaciones de fragmentos fósiles Nódulos de arcilla | Ostrácodos, equinodermos, algas calcáreas, espículas | MCE-26 MCE-28 MCE-29 MCE-30 |
| Margen de plataforma de mar profunda | Rampa media | | fragmentos de : <i>Merlingina cretácea</i> , <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , textuláridos, ostrácodos, rudistas y algas calcáreas | MCE-22 |
| <i>Foreslope</i> | Rampa interna | Fragmentos de corales sustituidos por calcita | Fragmentos de algas calcáreas y <i>Dicyclina schlumbergeri</i> . | MCE-19 |
| Plataforma abierta de <i>lagoon</i> | Rampa interna | Fósiles sustituidos por dolomita | Fragmentos de miliolidos, <i>Dicyclina schlumbergeri</i> y otros fósiles no identificados | MCE-24 |

Fuente: Investigación de campo, 2 014.

Al igual que los pozos E11-269 y E12-395 el pozo E13-396a, evidencia que las principales facies *SMF* que caracterizan a la caliza son facies de plataforma de mar abierto y zona de facies de cuenca. Aunque también está muy bien marcada la zona de facie de *foreslope*. Estas corresponden a la zona de rampa media a rampa externa de las *RMF*.

Únicamente dos secciones se describieron como facies de *lagoon*, por evidenciar la presencia de dolomía como reemplazante de los fragmentos fósiles. De acuerdo a las *RMF* corresponderían a facies de rampa interna.

TABLA 14
CUADRO RESUMEN DE LAS ZONAS DE FACIES SMF Y FACIES
RMF DEL POZO E13-396A

| ZONA DE FACIE | RMF | CARACTERÍSTICA | FÓSILES | MUESTRA |
|-------------------------------------|---------------|--|---|--|
| Cuenca | Rampa externa | abundantes nódulos de lodo | Fragmentos de ostrácodos, espículas de algas calcáreas y esponjas (?) | MCE-42 MCE-43 MCE-53 |
| Plataforma de mar abierto | Rampa externa | Presenta <i>debris</i> y nódulos de arcilla | Fragmentos de espículas, algas calcáreas y <i>debris</i> de ostrácodos y equinodermos | MCE-33 MCE-44 MCE-45 MCE-46 MCE-47 |
| Margen de plataforma profunda | Rampa media | Microbrecha | Espículas, peloides, <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , gasterópodos. | MEC-52 |
| <i>Foreslope</i> | Rampa interna | | Se observan fragmentos de foraminíferos: miliolidos y <i>Dicyclina schlumbergeri</i> y fragmentos de globigerínidos | MCE-34 MCE-36 MCE-50 MCE-51 |
| Plataforma abierta de <i>lagoon</i> | Rampa interna | Abundantes nódulos de arcilla. Fósiles sustituidos por dolomía | Observan fragmentos de algas calcáreas, miliolidos y <i>Dicyclina</i> , <i>Cuneolina pavonea parva</i> . | MCE-38 MCE-39 |

Fuente: Investigación de campo 2 014.

3.6 Edad Relativa

Es una caliza bioclástica que presenta fragmentos con distintos tipos de texturas, principalmente se puede reconocer fragmentos de *Dicyclina schlumbergeri*, *Cuneolina pavonea parva*, *Merlingina cretácea* y miliolidos (sin identificar); también es común en los pozos ver fragmentos de textuláridos y globigerínidos. Únicamente en los pozos E11-326 se describió *Biloculina sp.*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*.

Podría asignarse una edad en base a la presencia de fragmentos dentro de la caliza bioclástica que muestras restos de fósiles como: *Pseudorhapydionina chiapanensis*, *Merlingina cretácea* y *Dycyclina schlumbergeri*. Ubicada en Cretácico superior, del Cenomaniano-Senoniano.

3.6 Equivalencias Estratigráficas

De acuerdo al código estratigráfico¹: “enfatisa la importancia de las categorías formales de las unidades geológicas, la nomenclatura informal es sumamente útil en el trabajo estratigráfico.”

Para definir una formación se debe seguir un modelo establecido, aunque menciona el código estratigráfico que en lugares donde se hace una descripción por primera vez es necesario o es permitido que se haga referencia a la secuencia estudiada en base a las unidades informales.

Por eso indican²: “Algunos enfoques innovadores en estudios estratigráficos regionales han resultado en el reconocimiento y definición de unidades que se han designado como informales, al menos por un tiempo.”

También se puede leer dentro del código que la formalización de una unidad conlleva la publicación de un artículo. Para la descripción de la secuencia estudiada debe de ser:

“descrita y definida claramente, de tal forma que cualquier investigador posteriormente pueda reconocer la unidad de manera inequívoca. Dentro de los rasgos distintivos que caracterizan a una unidad pueden incluirse los siguientes: composición, textura, estructuras primarias, posición estructural, restos biológicos, composición mineral aparente (e. g., calcita vs. dolomita), geoquímica, propiedades geofísicas (incluyendo firma magnética), expresión geomorfológica, discordancias o relaciones de corte y edad.”

¹ North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. *North American Stratigraphic Code*. http://basin.earth.ncu.edu.tw//download/courses/sequence_strat/reading/North%20American%20Stratigraphic%20Code_AAPGB_2005.pdf (26 de agosto de 2014). P 1 560.

² *Ibíd.*

Debe considerarse otros aspectos como límite, se debe saber su dimensión y su relación regional y lo más importante saber su edad. Para ello se necesita una buena justificación a la propuesta que se realice.

Considerando lo anterior se definen de manera informal dos unidades litológicas que caben en el rango de formación³: “es un cuerpo de roca que se identifica por sus características líticas y por su posición estratigráfica; generalmente, aunque no necesariamente, es tabular y se puede cartografiar en la superficie de la Tierra o seguirse en el subsuelo.”

La unidad de caliza se definió como caliza Escobal que presenta un espesor de 35 m a 258 m cuyas características microfósiles son: *Dicyclina schlumbergeri*, *Cuneolina pavonea parva*, *Merlingina cretácea* y miliolidos (sin identificar); también es común en los pozos ver fragmentos de textuláridos y globigerínidos, *Biloculina sp*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*.

Otros fósiles identificados son fragmentos de ostrácodos, algas calcáreas y pocos observado los fragmentos de rudistas. También fueron descritos los oolitos, peloides y calciesferas.

La edad asignada por la presencia de fragmentos de foraminíferos está ubicada en Cretácico superior, del Cenomaniano a Senoniano.

Cuyo ambiente de formación se distingue principalmente por ser de zona de facie de *foreslope* a plataforma de mar abierto, aunque también hay muestras que evidencian facies de cuenca; de acuerdo a la clasificación en base a las *Ramp Microfacies Types* de Flügel (2004).

Las *Standard microfacies types (SMF)* propuesta por Wilson (1975), se evidencian que el ambiente de formación corresponde a plataforma media a plataforma externa.

La otra formación descrita sería la secuencia de areniscas, limolitas y conglomerados calcáreos que se asignan como formación San Rafael, que es

³ Ibíd. pág. 1567

de ambiente de turbiditas cuyas facies se relacionan principalmente a depósitos de canal y depósitos de lóbulo; cuya edad asignada sería post cretácico, esto debido a la presencia de fragmentos de caliza abundantes en los conglomerados.

Estos han sido descritos de forma general como facies de grano grueso, y grano muy grueso, de acuerdo a la clasificación de Mutti. Aunque también es características las facies de grano fino. Que se desarrollan sobre la caliza. Por la posición de cada una de estas facies se han definido como abanico proximal a distal.

El espesor total de esta formación va de 420 m hasta llegar a los pozos más oeste que reportan hasta 840 m de la secuencia, probablemente esta cifra no representa la totalidad de la secuencia. Aunque estas capas rojas así designadas dentro del Proyecto Escobal, necesitará un estudio más detallado para validar la asignación de la secuencias de turbiditas propuestas.

Esto se menciona por la presencia de conglomerados matriz soportado a través de los pozos E11-314, E11-326 y E12-380a. Que podrían evidenciar un cambio lateral dentro de la unidad propuesta. Aunque en la secuencia superior que presenta areniscas hay pequeños horizontes de conglomerados con fragmentos volcánicos que muchas veces rellenan pequeñas depresiones y no poseen continuidad.

Podría realizarse una caracterización del ambiente sedimentario de las capas rojas, que incluya la información de pozos que no se incluyeron acá, y que se determine la existencia de fósiles. Y en base a ello concluir el ambiente de la unidad.

Lo que resulta difícil es la correlación en superficie de la secuencia de capas rojas reportadas en el subsuelo, ya que regionalmente se evidencia una secuencia de vulcanoclástica que pueden presentar un espesor mayor a los 100 m. Otro inconveniente que cabe mencionar es la situación social de la zona.

Para definir sus equivalentes estratigráficos de estas formaciones definidas informalmente cabe mencionar que para la caliza Escobal, La correlación exacta de esta unidad se imposibilita por la ausencia o preservación de fósiles, y por la actividad hidrotermal que afecta a la zona.

De manera tentativa se puede correlacionar con la Caliza Atima aunque esta formación presenta escasos estudios detallados que definan sus facies y su contenido fósil en la parte de Guatemala. Se cuentan con exposiciones de calizas cretácicas y han sido descritas en los cuadrángulos San Juan Sacatepéquez, Chiquimula, suroeste del cuadrángulo Sanarate, noreste del cuadrángulo Jocotán.

El Grupo Yojoa⁴ en la parte de Honduras ha sido descrito a través de cuatro formaciones cuyas edades son: Cantarramas (Neocomiano-Aptiano), Atima (Aptiano-Albiano), Gaure (Cenomaniano) e Ilima (de edad imprecisa).

La caliza Escobal acá propuesta presenta una edad Cretácico superior, del Albiano a Senoniano. De acuerdo a las descripciones de edad esta resultaría ser Atima o Gaure.

La secuencia San Rafael se puede correlacionar a la secuencia inferior de Valle de Ángeles, aunque no ha sido descrita en el suroriente de Guatemala. A esta secuencia no se le hizo la descripción detallada sirve como punto de partida para la posible definición del ambiente sedimentario para las capas rojas sobrepuestas a la caliza Escobal.

La presencia del Grupo Valle de Ángeles en el oriente de Guatemala merece una revisión, con estudios posteriores que definan y delimiten el Grupo, y describan sus características litológicas, contenido fósil y sobre todo el ambiente de formación.

⁴ Édgar Pérez. *Léxico estratigráfico del Bloque Chortí en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: carrera de Geología, 2 000. P 38

CONCLUSIONES

Conclusiones Generales

La Unidad de Caliza informalmente denominada Escobal, es continua a través de 11 de los 14 pozos estudiados, el espesor es variable. A través de los pozos E11-269, E11-326, E12-356, E12-362, E12-363, E12-378 y E12-380a, presentan un espesor que va de 35 m a 90 m, estos pozos se encuentran en la parte este de la zona de estudio. Los pozos ubicados al oeste que incluye: E12-390, E12-395 y E12-396a, la Unidad de Caliza alcanza un espesor de 65 m a 160 m. Y el E13-398 que evidencia 258 m de caliza.

El horizonte calcáreo se correlaciona en una longitud de 1.5 km y se reporta a una profundidad cercana a los 500 msnm (E11-269, E11-326, E12-356, E12-362, E12-363 y E12-380a). Se encuentra debajo de los 500 msnm en los pozos E12-378-E12-390, E12395. El pozos E13-398 es el único que reporta la unidad debajo del nivel del mar.

Conclusiones Específicas

Se identificó fragmentos de foraminíferos: *Dicyclinaschlumbergeri*, *Cuneolina pavonea parva*, *Merlingina cretácea* y miliolidos, textuláridos y globigerínidos, *Biloculina* sp., *Pseudorhapydioninachiapanensis*. Otros fósiles identificados son fragmentos de ostrácodos, algas calcáreas y pocos observado los fragmentos de rudistas. También fueron descritos los oolitos, peloides y calciesferas.

Además se observó la presencia de fragmentos de posibles gasterópodos, fragmentos de corales sustituidos por calcita, así como espículas de posibles esponjas y equinodermos.

De acuerdo a las *Standard microfaciestypes (SMF)*, las facies de la caliza descrita en los pozos E11-269, E12-395, E13-396a, corresponden a zonas de facies de: cuenca, plataforma de mar abierto y margen de plataforma de mar profunda. También hay muestras que corresponden a la zona de facie de *foreslope*. Únicamente el E13-398 muestra facies de cuenca principalmente.

Con la clasificación de *RampMicrofaciesTypes* de Flügel, las microfacies carbonáticas se desarrollaron en rampa media a rampa externa, que viene a complementar las zonas de facies de *SMF*.

La edad asignada para la caliza es Cretácico superior, del Albiano a Senoniano. Los fósiles que sirven para dar este dato de edad de la roca son: *Pseudorhapydioninachiapanensis*, *Merlingina* *cretácea*, *Nummoloculina regularis* (Cenomaniano), *Dicyclinaschlumbergeri* (Cenomaniano - Senoniano).

La Caliza Escobal (Cenomaniano - Senoniano) se correlaciona tentativamente con la Formación Atima (Aptiano – Albiano). La secuencia de capas rojas definidas como ambiente de turbiditas puede ser la parte inferior del Grupo Valle de Ángeles que ha sido descrito como ambiente de abanico aluvial.

RECOMENDACIONES

Realizar una descripción litológica y textural de las Capas Rojas reportadas en los distintos núcleos de perforación del Proyecto El Escobal. De tal forma determinar si el ambiente sedimentario de las capas rojas corresponde a un ambiente de turbiditas.

Elaborar una columna litológica para las capas rojas del proyecto Escobal y determinar de mejor manera sus equivalentes estratigráficos y/o contribuir a la delimitación de Unidades de Capas Rojas que no se ha realizado en la parte sur de Guatemala.

Delimitar y caracterizar los afloramientos de caliza que se encuentran en el bloque Chortí, ya que la mayoría han sido correlacionados como Caliza Atima. El bloque Chortí para la parte de Guatemala merece revisiones y estudios que definan de mejor manera las características litológicas de las formaciones aflorantes.

Recopilar la información estratigráfica de empresas que hayan hecho perforaciones al subsuelo del territorio guatemalteco y documentar la información litológica de tal forma correlacionar y contribuir a la descripción de las formaciones para el Bloque Chortí en Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

- Authemayou, C. Et. Al. *The Caribbean-North America-Cocos: Triple Junction and the dynamics of the Polochic-Motagua fault systems: pull up and zipper models*. United States of America: American Geophysical Union, 2 011.
- Carr, Michael J. *Underthrusting and quaternary faulting in Northern Central America*. http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/06upgrade/Seismicity-Rudiger/carr_underthrusting_and_faulting_central_america (30 de septiembre de 2 010).
- Cornamusini, Gianluca. *Sand-rich turbidite systems of the late oligocene northern apennines foredeep: physical stratigraphy and architecture of the "Macigno costiero" (coastal Tuscany, Italy)*. sp.lyellcollection.org/content/222/1/261.full (25 de agosto de 2 014).
- Coe, Angela. Et. Al. *Geological field techniques*. Department of Earth Environmental Sciences, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes. United of Kingdom: Wiley-Blackwell, 2 010.
- Dana Durgin. Et. Al. *Geology of the northwest portion of the San Jose Pinula quadrangle*. Dartmouth College Hanover. United States of America: snt., 1 970.
- Donnelly, Thomas. Et. Al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*. United States of America: The Geological Society of América, 1 990.
- Espinel, Valentina y Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/bibliotecaTesisDeGrado/Petrografia_y_analisis_facial_de_las_rocas_calcareas_en_la_seccion_Tunja_Villa_de_Leiva (15 de agosto de 2 013).
- Flügel, Erik. *Microfacies of carbonate rocks analysis, interpretation and application*. New York, United State of America: Springer, 2 010.
- Lago, M. Et. Al. *Diccionario de Geología*. México: Masson, 1 985.



Marroco, René. *Caracterización de los ambientes sedimentarios en las series sedimentarias antiguas*. Quito, Ecuador: ORSTOM, 1 989.

Moran Ical, Sergio David. *Microfauna de las calizas cretácicas de la parte norcentral de Guatemala*. Cobán Alta Verapaz, Guatemala: Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala, carrera de Geología, 2 005.

Mutti Emiliano. Et. Al. *An Introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective*. The Education Department of The American Association of Petroleum Geologists. http://bookc.google.com.gt/books?id=EUaSa_B2SO4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false (25 de agosto de 2 014).

Newhall, Christopher. *Geología de la región del lago de Atitlán al occidente de Guatemala*. Journal of Volcanology and Geothermal Research. Amsterdam, Netherland: snt., 1987

North American Commission on Stratigraphic Nomenclature. *North American Stratigraphic Code*. http://basin.earth.ncu.edu.tw/download/courses/sequence_strat/reading/North%20American%20Stratigraphic%20Code_AAPG_B_2005 (26 de agosto de 2 014).

Nichols, Gary. *Sedimentology and stratigraphy*. Inglaterra, Reino Unido: Wiley Blacwell, 2 009.

Ortega-Gutiérrez. Et Al. *The Maya-Chortís Boundary: a tectonostratigraphic Approach*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2 007.

Pérez Bol, Édgar Rolando. *Léxico estratigráfico del Bloque Chortí en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2 000.

Tahoe Resources. *Informe de análisis petrográfico pozo E12-326*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de exploración 2 011.

----- *Datos de pozos/base de exploración*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala: Departamento de exploración 2 014.

----- *Fotos de pozos/base de exploración*. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala: Departamento de exploración 2 014.



----- *Mapa geológico del oeste del Proyecto Escobal. Minera San Rafael, San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala. Departamento de exploración 2 015.*

Turbidite facies and facies tracts. http://www.colorado.edu/geolsci/course/GEO_L6330/week%203-processes/Multi-facies (25 de agosto de 2 014).

White, Phil. Et. Al. *Mita, a newly discovered geothermal system in Guatemala. Article. Proceedings World Geothermal Congress 2010. Bali, Indonesia, snt, 2 010.*



V.º B.º
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Lic. Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario



GLOSARIO

Alga calcárea: Las algas calcáreas son un grupo de organismos sin validez taxonómica que incluye tanto a algas cuyos talos contienen precipitados de carbonato cálcico (CaCO_3) como a bioconstrucciones de carbonato cálcico originadas por la acción de algas.

Caliza bioclástica: Roca de origen orgánico formada por compactación y cementación de trozos y restos de fósiles carbonatados

Correlación: Se utiliza para comparar dos o más secciones estratigráficas de un intervalo de tiempo semejante, a partir de alguna propiedad definida. Es absolutamente necesaria para efectuar análisis regional de facies.

Columnas litológicas: Muestra la ubicación vertical y descripción de unidades de roca de un área específica, mostrando una secuencia de rocas sedimentarias, con las rocas más antiguas en la parte inferior y las más recientes en la parte superior.

Dinámica de cuenca: Indica los sucesivos eventos de progradación y retrogradación, que muestra la ubicación del nivel del mar respecto a la formación de distintos tipos de rocas con diferentes tamaños de grano.

Edad relativa: Se estima de acuerdo con las relaciones estructurales y estratigráficas, tales como la superposición, y por el contenido fósil.

Espícula: Son unidades o fragmentos esqueléticos calcáreos o silíceos que forman parte del esqueleto de microfósiles.

Facies: Es el conjunto de características determinadas, ya sean paleontológicas (fósiles) o litológicas (composición mineral, estructuras sedimentarias, geometría, etc.) que ayudan a reconocer los ambientes en los que se formó la roca.

Formación: Es una unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes. Es la principal unidad de división litoestratigráfica

Láminas delgadas: También conocidas como secciones delgadas son preparaciones que se realizan en rocas para su estudio con microscopio petrográfico, y que consisten en rodajas de la roca de un espesor de unas $30 \mu\text{m}$ que se adhieren a láminas de vidrio (portas).

Limite estratigráfico: Es el contacto que tiene una unidad respecto a otra, en la parte superior como inferior de una secuencia litológica.

Logueo: Es la descripción litológica y/o mineralógica además de la caracterización estructural y geotécnica, que se la hace a los núcleos obtenidos a través de la perforación del subsuelo.

Microfacies calcáreas: En base al contenido fósil, determina la zona o ambiente de formación, de la caliza en la plataforma carbonatada.

Microfósil: Es un fósil que sólo se puede estudiar con lupa o mediante un microscopio óptico o electrónico de barrido.

Modelo de facies sedimentarias: Consiste en una sucesión sedimentaria o conjunto de cuerpos sedimentarios que se interpretan como acumulados en un determinado ambiente sedimentario

Núcleos de perforación: Son los testigos o rocas en forma cilíndrica que se obtiene a través de la perforación del subsuelo.

Pozo: Hace referencia a cierta longitud de metros de núcleo obtenido a través de la perforación del subsuelo.

Progradante: La acumulación de secuencias a través de la depositación, en la que las capas son depositadas sucesivamente en dirección a la cuenca porque el aporte de sedimentos excede el espacio disponible. Por consiguiente, la posición de la línea de costa migra hacia la cuenca durante los episodios de propagación, proceso denominado regresión.

Ramp microfacies types: Tipos de microfacies de rampa propuesta por Flügel (2004), considera de forma general 4 ambientes generales: Rampa interna, rampa media, rampa externa y cuenca.

Retrogradante: La acumulación de secuencias a través de la depositación, en la que las capas son depositadas sucesivamente en dirección hacia tierra firme porque el aporte de sedimentos es limitado y no puede rellenar el espacio disponible. Por consiguiente, la posición de la línea de costa migra hacia atrás en dirección hacia tierra firme.

Secuencias estratigráficas: Un término aplicado para referirse a las columnas litológicas.

Secciones geológicas: Muestra un perfil geológico, en el que se pueden correlacionar unidades litológicas.

Standard microfacies types: Tipo de microfacies estándar propuestas por Wilson (1975), considera un tipo restringido de microfacies las que son independiente las edades de las rocas; estas sirven para construir un modelo general de deposición de las rocas.



CUNOR

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala



15095

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos, luego de conocer el dictamen de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

Geología

Al trabajo titulado:

"Análisis de la unidad de calizas en núcleos de perforación del Proyecto Escobal San Rafael Las Flores, Santa Rosa"

Presentado por el (la) estudiante:

Walter Oliverio Yat Morán

Autoriza el

IMPRIMASE

"Id y enseñad a todos"


Lic. Zoot. M.A. ~~Fredy Giovanni Macz Choc~~
DIRECTOR



Cobán, Alta Verapaz agosto del 2015