

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA
TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN
CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN**

ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA
TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN
CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO EL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA
200940022

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓLOGA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO:	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTES:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:	Ing. Geól. Ricardo Enrique Milián de la Cruz
SECRETARIO:	Ing. Geól. Edwin Orlando Yash Asencio
VOCAL:	Inga. Geól. Silvia Friné Cortez Bendfeldt

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. civil MSc Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Edwin Orlando Yash Asencio

ASESOR

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-272/2016
29 de septiembre de 2016

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 de la T.U. **GEÓL. ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA**, carné n.º **200940022**, titulado: **“ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN”**, 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. Geól. Sergio David Morán Icaj
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

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. c.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-116/2017
18 de abril de 2017

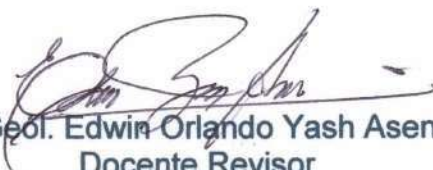
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación de la T.U. **GEÓL. ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA**, carné n.º **200940022**, titulado: **“ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN”**, 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. Edwin Orlando Yash Asencio
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR - USAC



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-124/2017
24 de abril de 2017

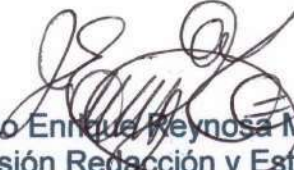
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“ANÁLISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN”**, realizado por la T.U. GEÓL. ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA, carné n.º 200940022, 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.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Julio Enrique Reynosa Mejía
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 LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA TRANSICIÓN DE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR, EN LA ESQUINA NW DEL CUADRÁNGULO COBÁN**, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniera Geóloga.


Anny Yasmín Kristel Molineros García
200940022

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del 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:

Mi mamá; para honrar sus esfuerzos y sus actos llenos de amor puestos en mi formación; porque no me acondicionaste el camino, sino que me preparaste a mí para perseverar y alcanzar.

Mi hermano; para que sea un ejemplo en tu formación y sepas que comenzar es de muchos; acabar, de pocos, y entre esos pocos hemos de estar los que nos comportamos como hijos de Dios. No lo olvides, sólo las tareas terminadas con amor, bien acabadas, merecen aquel aplauso del Señor: “mejor es el fin de la obra que su principio”.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS: Padre amoroso y lleno de bondad que me fortifica y me guía a través de mi amado Cristo Jesús y deleita mi vida con su Santo Espíritu.

Mi Papachecho y mi abuelita Estela: motivo de paz y alegrías en mi vida, infinitas gracias por su amor y dedicación en mi formación personal.

Mi mamá: por su paciencia, su amor y su entrega en cada paso; por impulsarme a terminar la tarea personal.

Mis tíos: Silvia, Octavio y Celso, por su cariño y apoyo desde siempre.

Mi hermano: por nuestra unidad y su apoyo incondicional; por creer en mí y motivarme a seguir siempre adelante.

Mi esposo, Sergio: porque yo hago lo que tú no puedes y tú haces lo que yo no puedo; y juntos logramos cosas grandes.

Familia Valdez Paredes: por el apoyo, gracias a Doña Alma por su cariño y su ayuda en todo momento.

Mi asesor de tesis: el Ing. Sergio Morán, porque sin él definitivamente esta investigación no sería posible, por su apoyo y su amistad en todo este tiempo.

Mis catedráticos: por formarme como profesional a través de sus enseñanzas y porque la amistad de muchos perdurará en el tiempo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación	3
1.3 Hipótesis	4
1.3.1 Variables	5
1.4 Antecedentes	5
1.4.1 Formación Cobán	6
1.4.2 Formación Campur	7
1.5 Objetivos	9
1.5.1 General	9
1.5.2 Específicos	9
1.6 Ubicación y extensión del área	9
1.7 Accesos	10
1.8 Marco geológico regional	12
1.8.1 Estratigrafía local	12
1.8.2 Geología estructural	13
1.9 Revisión de la literatura	14
1.9.1 Composición de calizas	14
1.9.2 Clasificación de calizas	17
1.9.3 Las plataformas carbonatadas	20
1.9.4 Tipos de microfacies estándar (<i>SMF</i>)	21
1.9.5 Tipos de microfacies de rampa (<i>RMF</i>)	26

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1. Recopilación de información bibliográfica	31
2.2. Trabajo de campo	31
2.3. Trabajo de laboratorio	33
2.4. Trabajo de gabinete y tipos de microfacie estándar	33

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Miembro superior de la Formación Cobán (Kco2)	38
3.1.1 Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 8	41
3.1.2 Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 7	43
3.1.3 Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 6	54
3.1.4 Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 5	59
3.2. Transición de la Formación Cobán a la Formación Campur	64
3.2.1. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 7	66
3.2.2. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 6	68
3.2.3. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 5	72
3.3. Formación Campur (Kca)	78
3.3.1. Miembro inferior (Kca1)	79
3.3.2. Miembro superior (Kca2)	83
3.3.3. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 4	86
3.3.4. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 5	96
3.3.5. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 1	103
3.3.6. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 4	107
3.3.7. Tipos de <i>SMF</i> de la zona de facies 3	116
3.4. Discusión de resultados	132
 CONCLUSIONES	 137
RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFÍA	143
ANEXOS	147
1. Mapa geológico	149
2. Mapa de zona de facies	151
3. Mapa de muestras y localidades	153
4. Columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Campur	154

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Localización del área de investigación	11
2. Clasificación de madurez textural de Folk (1962)	18
3. Clasificación de Dunham	19
4. Clasificación textural de Embry & Klován	20
5. Esquema de facies de Wilson (1975), secuencias de los tipos de <i>SMF</i>	23
6. Modelo para los tipos de <i>RMF</i> en una rampa homoclinal	27
7. Columna estratigráfica general del área de estudio	36
8. Columna estratigráfica de la transición	37
9. Ambientes de depositación generalizados, propuestos para el miembro superior de la Formación Cobán	63
10. Ambientes de depositación generalizados, propuestos para la	

	transición de la Formación Cobán a la Formación Campur	78
11.	Ambientes de depositación generalizados, propuestos para la Formación Campur	131
12.	Modelo general de microfacies estándar	135
13.	Subambientes marinos para la Formación Cobán y la Formación Campur	136

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1.	Miembro superior de la Formación Cobán, localidad de Samac	40
2.	Zona de facies 8, miembro superior de la Formación Cobán	42
3.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	45
4.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	46
5.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	47
6.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	48
7.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	50
8.	Rudistas de la Familia de los Requienidos	51
9.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	52
10.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	54
11.	Zona de facies 6, miembro superior de la Formación Cobán	58
12.	Zona de facies 5, miembro superior de la Formación Cobán	60
13.	Contacto fallado inverso entre la Formación Cobán y la Formación Campur	64
14.	Zona de facies 7, transición	67
15.	Zona de facies 6, transición	69
16.	Zona de facies 6, transición	70
17.	Zona de facies 6, transición	71
18.	Zona de facies 5, transición	73
19.	Zona de facies 5, transición	74
20.	Zona de facies 5, transición	75
21.	Miembro inferior de la Formación Campur, estrato de macrorudistas	80
22.	Miembro inferior de la Formación Campur, estrato de rudistas y foraminíferos bentónicos	82
23.	Miembro superior de la Formación Campur, estrato de calizas con nódulos de chert y espículas de esponja	84
24.	Miembro superior de la Formación Campur, estrato medio de conglomerados calcáreos de arrastre	85
25.	Miembro superior de la Formación Campur, estrato superior	86
26.	Rudistas cretácicos de la Formación Campur	88
27.	Zona de facies 4, Formación Campur	91
28.	Zona de facies 4, Formación Campur	92
29.	Zona de facies 4, Formación Campur	93
30.	Zona de facies 4, Formación Campur	94
31.	Zona de facies 4, Formación Campur	95
32.	Zona de facies 5, Formación Campur	98
33.	Zona de facies 5, Formación Campur	100

34.	Zona de facies 5, Formación Campur	101
35.	Zona de facies 1, Formación Campur	104
36.	Zona de facies 1, Formación Campur	105
37.	Zona de facies 4, Formación Campur	109
38.	Zona de facies 4, Formación Campur	111
39.	Zona de facies 4, Formación Campur	113
40.	Zona de facies 3, Formación Campur	117
41.	Zona de facies 3, Formación Campur	119
42.	Zona de facies 3, Formación Campur	121
43.	Zona de facies 3, Formación Campur	122
44.	Zona de facies 3, Formación Campur	123
45.	Zona de facies 3, Formación Campur	124
46.	Zona de facies 3, Formación Campur	127
47.	Zona de facies 3, Formación Campur	127

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Coordenadas <i>UTM</i> del área	10
2.	Los <i>SMF</i> y los tipos de calizas deposicionales	22
3.	Microfacies <i>SMF</i> propuestas por Wilson (1975) y Flügel (1972, 1982)	23
4.	Microfacies <i>RMF</i> propuestas por Flügel (2004)	28
5.	Zona de facies 8, miembro superior de la Formación Cobán	43
6.	Zona de facies 7, miembro superior de la Formación Cobán	56
7.	Zona de facies 6, miembro superior de la Formación Cobán	59
8.	Zona de facies 5, miembro superior de la Formación Cobán	61
9.	Zona de facies 7, transición	67
10.	Zona de facies 6, transición	72
11.	Zona de facies 5, transición	76
12.	Zona de facies 4, Formación Campur	96
13.	Zona de facies 5, Formación Campur	102
14.	Zona de facies 1, Formación Campur	106
15.	Zona de facies 4, Formación Campur	115
16.	Zona de facies 3, Formación Campur	129
17.	Principales fósiles del miembro superior de la Formación Cobán	132
18.	Principales fósiles de la Formación Campur	134

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

~:	Aproximadamente
µm:	micrómetro
al:	Algas
bi:	Fósiles biseriales
boul:	Bloque
bound:	<i>Boundstone</i>
Bs:	<i>Biloculina sp.</i>
CA:	Ruta Centroamericana
Clay:	Arcilla
cm:	centímetros
co:	Corales
cobb:	Canto rodado
ct:	Cortoides
dc:	Discórbidos
dl:	Dolomitización
Dy:	<i>Dicyclina schlumbergeri</i>
E:	Este
Ep:	Espículas de esponja
es:	Esparita
et. al.:	Y otros
fa:	Fragmentos de algas
fc:	Fragmentos de coral
fe:	Fragmentos de equinodermos
fl:	Fragmentos líticos
Fm:	Formación
fo:	Foraminíferos
fr:	Fragmentos de rudistas
fu:	Fósil uniserial
gb:	Globigerínidos
gl:	Globotruncanas
gla:	<i>Globotruncana arca</i>
glc:	<i>Globotruncana calcarata</i>
gle:	<i>Globotruncana elevata</i>
glf:	<i>Globotruncana caliciformis</i>
gll:	<i>Globotruncana linneiana</i>
gls:	<i>Globotruncana stuartiformis</i>
gr:	<i>Grainstone</i>
gran:	Granular

gs:	Gasterópodo
int:	Intraclastos
Kca:	Formación Campur
Kca1:	Miembro inferior de la Formación Campur
Kca2:	Miembro superior de la Formación Campur
Kco2:	Miembro superior de la Formación Cobán
km:	kilómetro
m:	metro
M#:	Muestra #
Mc:	<i>Merlingina cretácea</i>
mc:	Micrita
md:	<i>Mudstone</i>
me:	Microesparita
ml:	Miliólidos
mm:	milímetro
msnm:	Metros sobre el nivel del mar
N:	Norte
NE:	Noreste
Nh:	<i>Nummoloculina heimi</i>
Nr:	<i>Nummoloculina regularis</i>
NW:	Noroeste
Os:	Ostrácodos
ox:	Manchas de oxidación
pack:	<i>Packstone</i>
Pch:	<i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i>
pe:	Picos estilolíticos
pebb:	Guijarros
pi:	Pisoides
pl:	Pellets
Pn:	<i>Pseudonummoloculina</i>
Ps:	<i>Pseudorbitoides sp.</i>
Pv:	<i>Cuneolina pavonea parva</i>
qui:	Quinqueloculina
ra:	Radiolarios
Rc:	<i>Rotalipora cushmani</i>
Rd:	Rudista
RMF:	del inglés Ramp Microfacies types
rt:	Rotálidos
rud:	<i>Rudstone</i>
S:	Sur
Sd:	<i>Sulcoperculina dickersoni</i>
SE:	Sureste
Sg:	<i>Sulcoperculina globosa</i>
silt:	Limo
SMF:	del inglés Standar Microfacies
sp.:	Especie

Ss:	<i>Sulcoperculina sp.</i>
Sv:	<i>Sulcoperculina vermunti</i>
SW:	Suroeste
tr:	Triloculina
un:	Fósiles uniseriales
UTM:	del inglés <i>Universal Transverse Mercator</i>
vc:	Muy grueso
Vc:	<i>Vaughanina cubensis</i>
vf:	Muy fino
Vp:	<i>Valvulammina picardi</i>
W:	Oeste
wacke:	<i>Wackestone</i>
ZF:	Zona de facies

RESUMEN

El área de estudio comprende el miembro superior de la Formación Cobán y la Formación Campur; las microfacies estándar determinadas a partir de la textura y composición de las muestras analizadas, permiten ubicar al miembro superior de la Formación Cobán dentro de dos ambientes diferentes.

El primero corresponde a un ambiente de plataforma restringida, con abundantes *Nummoloculina heimi*, considerada de edad Albiense, después gradúa a un ambiente de plataforma abierta o lagoon, el cual posee microfauna variada de una edad Cenomaniense. Hacia el techo de dicho miembro pueden encontrarse foraminíferos grandes y microfósiles fragmentados o aventados hacia la plataforma retrabajada.

Las microfacies estándar para la transición marcan un ambiente desde la plataforma retrabajada, que incluye fragmentos de microfósiles de ambas formaciones, indican aparentes transgresiones; hasta el margen de plataforma de arrecifes, en donde empieza a depositarse el miembro inferior de la Formación Campur.

El miembro inferior de la Formación Campur se caracteriza por presentar microfacies de margen de plataforma de arrecifes con abundantes rudistas de las familias Radiolitidae e Hippuritidae. Algunos de estos rudistas fueron llevados al foreslope en donde sufrieron fragmentación y posterior depositación con calizas retrabajadas; la edad relativa para este miembro corresponde al Campaniense temprano.

El miembro superior de la Formación Campur se caracteriza por presentar microfacies de cuenca y margen de plataforma profunda. Se ha observado un gran contenido de varias especies de globotruncanas, nódulos de chert y espículas de esponja; los cuales yacen sobre un estrato de conglomerados calcáreos formados a partir de la profundización de la plataforma; la edad relativa para este miembro corresponde al Campaniense tardío.

Los subambientes asignados para el miembro superior de la Formación Cobán incluyen la plataforma interna y externa, mientras que para la Formación Campur incluyen parte del talud para el miembro inferior y la llanura abisal para el miembro superior.

INTRODUCCIÓN

La caracterización de las microfacies sedimentarias de una formación geológica se realiza a través de la clasificación textural de la muestra de interés, también es importante la identificación del contenido fosilífero, ya que los microorganismos ayudan a determinar de mejor manera el ambiente sedimentario en el que fue desarrollada la formación geológica en estudio.

En este estudio se han determinado las zonas de facies a las que corresponde la Formación Cobán y la Formación Campur. En el capítulo 1 se incluyen los antecedentes que se tienen acerca del tema. Diversos autores han estudiado ambas formaciones en diferentes áreas y esta información ha sido de mucha utilidad para la identificación de los microorganismos de las rocas.

En el capítulo 2 se describe la metodología de la investigación, la cual incluye trabajo de campo, de laboratorio y de gabinete. Se detallan en este apartado los métodos que se llevaron a cabo para la determinación de las zonas de facies de cada formación sedimentaria del área de estudio.

En el capítulo 3 se incluye la información relacionada a la descripción de las formaciones estudiadas. La Formación Cobán fue caracterizada a través del miembro superior y se identificaron cuatro zonas de facies. La transición de este último miembro hacia la Formación Campur tiene tres zonas de facies y la Formación Campur posee cinco zonas de facies.

Como un nuevo aporte, el mapa geológico (anexo 1) del área de estudio incluye la distribución espacial de las brechas intraformacionales pertenecientes

al miembro superior de la Formación Cobán, así como la distribución de la Formación Campur tal como se puede observar en campo; además se incluye una serie de datos estratigráficos y estructurales recientes. También se realizó un mapa de zonas de facies que muestra áreas que son compatibles en textura y composición, lo que se incluye en el anexo 2.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del problema

Esta investigación surge al considerar la necesidad de actualizar la información litológica y estructural dentro del cuadrángulo Cobán, así como determinar los límites litológicos, las relaciones estratigráficas, los tipos de contactos geológicos y las relaciones espaciales entre la Formación Cobán y la Formación Campur.

También es importante determinar las microfacies estándar de la Formación Cobán, de la Formación Campur y de la transición entre ellas, a través de la microfauna de ambas; para ello se realizó el siguiente planteamiento:

¿Cuáles son las facies que caracterizan la transición entre la Formación Cobán y la Formación Campur, dentro de la esquina *NW* del cuadrángulo Cobán?

1.2 Justificación

En base al trabajo de investigación realizado en la Geología de Guatemala, titulado *Niveles estratigráficos de la Formación Cobán en el cuadrángulo Cobán* se observó en el trabajo de campo, que la Formación Campur se limita únicamente a la esquina *NW* de cuadrángulo Cobán. Es por ello que en la presente investigación resulta conveniente plasmar un

nuevo aporte científico, ya que con ella se pretende realizar la actualización del cuadrángulo de la hoja geológica Cobán No. 2162 II.

La relevancia del trabajo se muestra en el beneficio científico que obtendrán tanto los estudiantes universitarios, como los profesionales de la rama de Geología y de ciencias relacionadas a ésta, ya que poseerá nueva información acerca de la microfauna de la transición de una formación a otra.

Posee un valor teórico, en cuanto a que, resolverá dudas acerca de las relaciones: espacial y lateral que poseen la Formación Cobán y la Formación Campur dentro del cuadrángulo geológico Cobán.

El estudio resulta oportuno para poder identificar la microfauna fósil que ambas formaciones geológicas poseen, al determinar las microfacies sedimentarias que las caracterizan.

La información que se obtenga de la investigación es de ayuda para desarrollar futuras investigaciones en los cuadrángulos adyacentes que tengan una similitud en cuanto a los objetivos planteados; finalmente, aportan más información al contexto geológico de Guatemala.

1.3 Hipótesis

La Formación Cobán se caracteriza por poseer facies *packstone* de Orbitolina-peloides, *packstone-wackestone* de miliólidos-peloides y *mudstone* de carbonatos, mientras que la Formación Campur se identifica por la presencia de facies *grainstone* de rudistas, *wackestone* de foraminíferos-peloides y algunas dolomitas.

1.3.1 Variables

a. Dependientes

- Composición de calizas
- Contenido fosilífero
- Clasificación de calizas
- Clasificación de facies

b. Independiente

- Ambiente de depositación

1.4 Antecedentes

En base al trabajo de investigación titulado *Niveles estratigráficos de la Formación Cobán en el cuadrángulo Cobán*, se observó que la Formación Campur se limita únicamente a la esquina NW del cuadrángulo Cobán.¹

Michaud *et. al.* (1992), mencionan que el tope del miembro superior de la Formación Cobán incluye microfacies que revelan fragmentos de equinodermos, rudistas y los foraminíferos *Pseudorhapydionina sp.*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Cuneolina sp.*, y *Valvulina picardii*.

Para la Formación Campur indica que existen microfacies que contienen, de la base al techo: *Torreina torrei*, *Pseudorbitoides sp.*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Vaughanina cubensis*, *Orbitocyclina minina* y foraminíferos planctónicos. Todo esto para el área de la localidad tipo de la Formación Campur.

¹ Sergio Valdez, et. al. *Niveles estratigráficos de la Formación Cobán en el cuadrángulo Cobán* (Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Usac/Cunor, 2013).

Fourcade *et. al.* (1994) mencionan que el miembro superior de la Formación Cobán consiste de *wackestone* con miliólidos, ostrácodos, discórbidos y *Cuneolina* sp., *Nummoloculina heimi* y *Pseudorhapydionina chiapanensis* fueron hallados en la base de la unidad. La parte superior de este miembro contiene piezas de rudistas y *Dicyclina schlumbergeri*, *Pseudorhapydionina* sp., y *Valvulammina picardi*.

Para los mismos autores, la Formación Campur consiste de *packstones* de equinodermos, rudistas y foraminíferos bentónicos, *mudstone* a *wackestone* con capas chérticas y nódulos que contienen abundantes pitonélidos y foraminíferos planctónicos.

1.4.1 Formación Cobán

La Formación Cobán fue definida por Sapper (1899) y Vinson (1962), como una serie gruesa de dolomitas y calizas con evaporitas interestratificadas que afloran ampliamente al norte de Guatemala, de este a oeste.²

Michaud y Fourcade (1992), estudiaron las rocas cretácicas en el área de Los Altos Cuchumatanes y en Alta Verapaz y concluyeron que, en ambas localidades, las rocas se caracterizan por tener las mismas facies de una plataforma carbonática descritas en Chiapas con el nombre de Formación Sierra Madre.³

La Formación Cobán posee un miembro dolomítico inferior que consiste de casi 500 m de espesor de dolomitas oscuras, es a

² Erick Fourcade, *et. al.* *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Platform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic (Guatemala)*. (Berlín, Alemania: Stuttgart, 1994), 37.

³ Francois Michaud, *et. al.* *El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya (Guatemala)*. (Gran Bretaña: Pergamon, 1992), 233.

veces gruesa y homogénea o a veces estratificada en capas muy finas; a veces cristalinas, calizas dolomíticas que contienen en algunos niveles calizas con miliólidos en las que se han encontrado *Choffatella decipiens* en la base de la formación; también se han registrado estratos decamétricos a pluridecamétricos de brechas de origen evaporítico.⁴

El miembro de caliza superior es de aproximadamente 600 m de espesor, está compuesta de lodolita, *wackestone* o *packstone* con algunas dolomitas y brechas. Litológicamente, los elementos de estas brechas son idénticos con la roca caja. En ambos casos, consisten en *wackestones* conteniendo Miliólidos, ostrácodos, discórbidos y *Cuneolina sp.*, *Nummoloculina heimi*, así como *Pseudorhapydionina chiapanensis*; fueron hallados hacia la base de esta unidad. La parte superior de este miembro es una caliza de color claro y contiene piezas de rudistas y foraminíferos grandes (*Dicyclina schlumbergeri*, *Pseudorhapydionina sp.* y *Valvulammina picardi*).⁵

1.4.2 Formación Campur

Erick Fourcade cita a Vinson (1962) acerca que la Formación Campur fue definida por este último autor cerca de la aldea Campur al norte de Alta Verapaz. Consiste de calizas depositadas en ambientes asociados a arrecifes; de color gris, café-grisáceo a marrón de grano fino, con menor cantidad de dolomita y localmente

⁴ Francois Michaud, et. al. *El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya (Guatemala)*, 232.

⁵ Erick Fourcade (1994), et. al. *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Plataform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic (Guatemala)*, 37.

está interestratificada con láminas delgas de lutita, limolita y brecha o conglomerado calcáreo.

La Formación Campur es muy fosilífera (rudistas y miliólidos) con fauna típica de antearrecife; característica que la diferencia de la Formación Cobán. Fourcade *et. al.*, determinaron que las calizas con rudistas de la Formación Campur, aflorantes en la localidad tipo, son de edad Campaniense temprano-tardía.

De acuerdo a lo que Michaude *et. al.* y Fourcade *et. al.* describen, en la sección tipo la Formación Campur fue subdividida en dos miembros:

- a. Un miembro inferior que consiste de *packstone* que contienen fragmentos de equinodermos rudistas y foraminíferos bentónicos. Corresponde a una edad Campaniense temprana.
- b. Un miembro superior que es de 20 m de espesor y comprende calizas *mudstone* y *wackestone* con estratos de cherts, nódulos con abundantes dinoflagelados calcáreos y foraminíferos planctónicos. Este miembro puede tener una edad Campaniense temprana-tardía.⁶

⁶ Erick Fourcade, et. al., *Cretaceous stratigraphy and paleoenvironments of the Southern Petén Basin, Guatemala* (Paris, Francia: Université Pierre et Marie Curie er CNRS, 1999), 801.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Analizar los tipos de microfacies sedimentarias que caracterizan la transición entre la Formación Cobán y la Formación Campur, dentro del cuadrángulo Cobán.

1.5.2 Específicos

- a. Identificar la microfauna a través del análisis macroscópico y microscópico para establecer los límites paleontológicos que caracterizan la Formación Cobán y la Formación Campur
- b. Proponer un modelo de microfacies estándar de la transición de la Formación Cobán y la Formación Campur
- c. Mostrar las relaciones espaciales de la Formación Cobán y la Formación Campur dentro del cuadrángulo Cobán, por medio de un mapa geológico actualizado del área en estudio a escala 1: 25 000

1.6 Ubicación y extensión del área de investigación

El área de estudio se encuentra ubicada en la hoja topográfica 2162 III, en la Montaña Sacranix al oeste de Cobán y en la Montaña Najtilabaj al norte de San Cristóbal Verapaz, en jurisdicción de los municipios mencionados (tabla 1 y figura 1). El área de estudio posee una extensión de 42 km².

TABLA 1
COORDENADAS UTM DEL ÁREA

VÉRTICE	X	Y
A	769000	1715000
B	775000	1715000
C	775000	1708000
D	769000	1708000

Fuente: Investigación de gabinete. 2014.

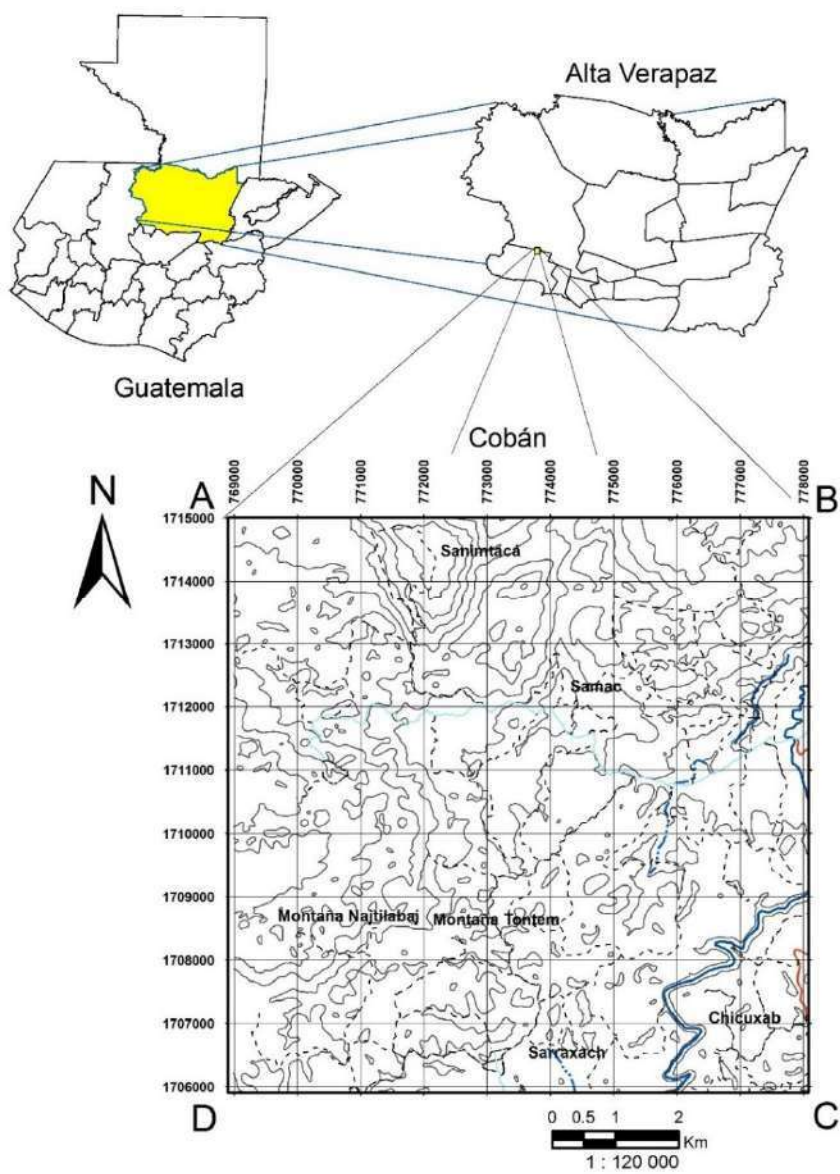
1.7 Accesos

Para acceder al área desde la ciudad capital se debe conducir por la carretera CA-9N, se recorren 91,6 km hasta el cruce de El Rancho en El Progreso donde se toma la CA-14N en donde se deben recorrer 113 km para llegar al municipio de Santa Cruz Verapaz, el cual conduce por la carretera nacional 7W al municipio de San Cristóbal Verapaz por carretera pavimentada.

Para llegar a la Montaña Najtilabaj desde San Cristóbal Verapaz se debe ir por la ruta que conduce hacia la aldea Quixal, jurisdicción del municipio de Quiché por carretera de terracería. Desde la ciudad de Cobán, se accesa por el camino que conduce de la pista de aviación hacia la finca Samac, hasta llegar a la montaña Sacranix por carretera de terracería.

En el área de estudio se encuentran diferentes caminos, senderos y veredas a los cuales únicamente se puede caminar, y en algunas ocasiones el camino no se encuentra bien marcado por la abundante vegetación por lo que, las buenas condiciones de estas vías de acceso dependen de la época del año.

FIGURA 1
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de gabinete. 2014.

1.8 Marco geológico regional

1.8.1 Estratigrafía local

El Bloque Maya, según Donnelly *et. al.* (1997) posee rocas sedimentarias del paleozoico tardío que incluyen al Grupo Santa Rosa y la Caliza Chóchal. El Grupo Santa Rosa incluye a la Formación Chicol, Formación Sacapulas, Secuencia la Providencia y la Lutita Tactic.

Las rocas sedimentarias clásticas del mesozoico medio incluyen a la Formación Todos Santos que consiste predominantemente de capas rojas, también incluye lutitas grises y verdes, calizas y yeso. Richards (1963) describió también una formación más joven conocida como Formación San Ricardo la cual contiene una subunidad distintiva de caliza que raras veces posee microfósiles bien preservados.

El Bloque Maya de acuerdo a Donnelly, incluye también formaciones cretácicas de calizas y dolomitas que son incluidas dentro de la Formación Cobán y la Formación Campur; que consisten de carbonatos bien estratificados de ~ 1 000 m y 800 m, respectivamente. Ambas formaciones pueden ser bien divididas en base a su contenido microfaunal. La primera corresponde a un ambiente de plataforma restringida y abierta, mientras que la segunda formación corresponde a unas calizas antearrecifales y de profundidad. De edad Maastrichtiense se encuentra la Formación Sepur sobre la Formación Campur.⁷

⁷ Donnelly, Thomas, et. al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks.* (USA: The Geological Society of America, 1990), 9-13.

François Michaud *et. al.* (1992), describen lo siguiente:

La plataforma carbonática somera, instalada en el borde meridional del Bloque Maya, se desarrolla durante el Aptiense temprano y funcionó probablemente hasta el Campaniense tardío. En esta última época, la plataforma se hunde, y llega a formar parte de una cuenca profunda de sedimentación carbonática pelágica con calciturbiditas provenientes del norte (Yucatán) o del oeste (Chiapas). Más tarde, la sedimentación se volvió terrígena de tipo flysch (Formación Sepur) y sobre ella se emplazan los complejos ofiolíticos obductados sobre el Bloque Maya.⁸

1.8.2 Geología estructural

El área de estudio se encuentra regionalmente afectada por la Falla Chixoy – Polochic, la cual posee un desplazamiento sinistral de hasta 123 km (Burkart, 1980); los cuales fueron determinados por Burkart a través de la comparación de estructuras y patrones de afloramientos estratigráficos del noroeste y centro de Guatemala.⁹

Rudy Machorro menciona acerca de la geología regional que:

La traza superficial de la Zona de Falla del Polochic controla el cauce principal de una de las cuencas más importantes de la región como lo es el río Polochic. Este control estructural en el flujo de corrientes superficiales es manifiesto en otras cuencas tal como Sachichaj, Cahabón, y Chiyú.¹⁰

⁸ François Michaud (1992), *El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya (Guatemala)*, 234.

⁹ Castillo, Bernnie. *Evaluación de la amenaza por inundación en la parte alta del Río Cahabón* (Guatemala: USAC/Facultad de arquitectura, 2009), 52.

¹⁰ Machorro Sagastume, Rudy. *Evaluación hidrogeológica de Alta Verapaz* (Guatemala: USAC/Departamento de geología, 2005), 8.

En el área de estudio afecta principalmente la parte sur, en la cuenca del río Cahabón.

1.9 Revisión de la literatura

Dentro de los aspectos analizados para la presente investigación, se encontraron diferentes variables, las cuales poseen un concepto básico que se describe a continuación:

1.9.1 Composición de calizas

Los principales componentes de las calizas son partículas de carbonato cálcico descritas como componentes aloquímicos, micrita y esparita.

a. Componentes aloquímicos

Estos son agregados organizados de carbonato que se forman en la propia cuenca de sedimentación. Comprenden los ooides, los peloides, los intraclastos y los bioclastos.

1) Ooides

Son partículas esféricas o elípticas que pueden alcanzar un diámetro de 2 mm (si superan este diámetro se denominan pisoides) y poseen una textura concéntrica regular con láminas de carbonato finamente cristalizados que rodean a un núcleo.

2) Peloides

Son aloquímicos compuestos de carbonatos de grano fino y carentes de cualquier tipo de textura interna reconocible.

3) Intraclastos

Están constituidos por un sedimento que se depositó previamente en el fondo de la cuenca sedimentaria, este sedimento ha sido posteriormente erosionado y removilizado en la cuenca sedimentaria hasta formar nuevos granos.

4) Bioclastos

Son restos completos o fragmentados, de las partes duras de organismos capaces de fijar el carbonato (en forma de caparzones, bioconstrucciones, etc.)

b. Micrita

Este término es una abreviatura de *calcita microcristalina* y hace referencia a los sedimentos carbonatados cuya dimensión de grano es inferior a 5 μm . Se forma en la cuenca de sedimentación bien por precipitación directa del agua del mar o por descomposición del carbonato cálcico fijado por algunos organismos, como es el caso de las algas.

El término lodo carbonatado se emplea con frecuencia en lugar del de micrita, aunque, en sentido estricto, el lodo o fango está formado de un material fino con una dimensión de partícula inferior a 62 μm .

La dimensión de los cristales de calcita es muy inferior al espesor de las láminas delgadas estándar, por lo que resulta imposible distinguir los cristales individuales al microscopio (cuando se llegan a distinguir pequeños cristales se suele emplear el término microesparita, frecuentemente formada por recristalización de la micrita). La micrita suele estar coloreada de gris oscuro o gris normal. Las partes externas de los oolitos, los peloides y los intraclastos están constituidos frecuentemente por micrita.

c. Esparita

Este término es una abreviatura de *calcita esparítica* y hace referencia a cristales con diámetro de 5 μm o mayor. Los cristales de esparita son, por lo general, de mayor tamaño (de 10 μm a 100 μm de diámetro). La esparita es un cemento precipitado secundariamente como relleno en los poros.

d. Otros componentes

Muchas calizas no son carbonatos puros y contienen un pequeño porcentaje de material detrítico terrígeno. Los granos identificables son, por lo general, de cuarzo; las calizas que contienen algunos porcentajes significativos de cuarzo son calizas arenosas.

Las calizas, particularmente las de grano fino, contienen, con cierta frecuencia, arcilla y se denominan calizas margosas. Es imposible estimar en lámina delgada el porcentaje de arcilla mezclada con carbonatos finamente cristalizados. Al igual que las areniscas, los sedimentos carbonatados también pueden ser porosos.¹¹

1.9.2 Clasificación de calizas

Los dos rasgos más importantes de una caliza vista en sección delgada son las propiedades de grano reales (incluida la composición) y la fábrica de la roca, que son las relaciones de los granos entre sí con respecto a la matriz.











Las clasificaciones que más ampliamente se emplean están basadas en el concepto de madurez textural, ya que se cree que la fábrica está relacionada con el nivel de energía durante la deposición de la caliza. Las clasificaciones más ampliamente usadas son las de Folk y Dunham.

Folk (1959, 1962) reconoció tres constituyentes principales en las calizas: el aloquímico (granos), matriz (micrita) y la esparita (cemento). Él reconoció cuatro categorías de aloquímicos: peloides, ooides, bioclastos e intraclastos. Un desarrollo posterior consistió en subdividir los tipos principales de calizas en ocho grupos que reflejan un espectro textural, tal como se muestra en la figura 2.¹²

¹¹ William Smith Mackenzie y Adams, A. E. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada* (Barcelona, España: Masson, S.A., 1997), 110-112.

¹² Maurice Tucker y Wright, Paul. *Sedimentología de carbonatos*. (Londres, Inglaterra: Oxford, 1990), 18-22.

FIGURA 2
CLASIFICACIÓN DE MADUREZ TEXTURAL DE FOLK (1962)

Porcentaje de aloquímicos	Más de 2/3 de matriz de lodo calizo				Casi igual de espato y lodo calizo	Más de 2/3 del cemento de espato		
	0-1%	1-10%	10-50%	más del 50%		Pobre calibrado	Buen calibrado	Redondeado y erosionado
Término rocoso representativo	Micrita y dismicrita	Micrita fosilífera	Biomícrita rala	Biomícrita plena	Bioesparita pobremente lavada	Bioesparita subcalibrada	Bioesparita calibrada	Bioesparita redondeada
								
	 Micrita		 Cemento de calcita esparítica					

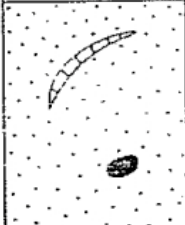
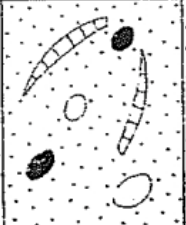
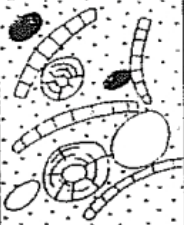
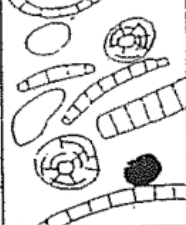

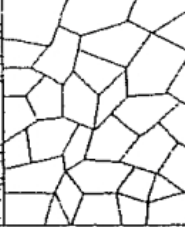
Fuente: Maurice Tucker & Paul Wright. 2014.

Este sistema es claramente genético y su uso no sólo involucra el clasificar una roca, sino que al mismo tiempo proporciona una idea del nivel de energía en el ambiente de deposición.

Sin embargo, la clasificación que se usó más ampliamente y la más simple es la de Dunham (1962), la clasificación está basada en la roca o fábrica del sedimento, y la presencia de cualquier englobante biológico, tal como se observa en la figura 3.

Las tres divisiones principales están entre las calizas que son matriz-soportado (*mudstone* calizas y *wackestones*, la micrita tomada como $< 20 \mu\text{m}$ por Dunham), grano-soportado (*packstones* y *grainstones*) y limitadas biológicamente (*boundstones*). También se reconoce una cuarta categoría, las calizas cristalinas.

FIGURA 3
CLASIFICACIÓN DE DUNHAM (1962)

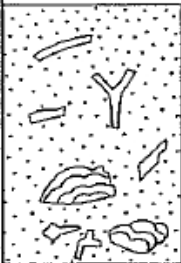


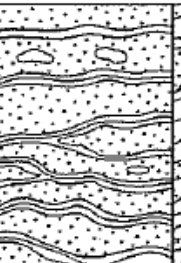
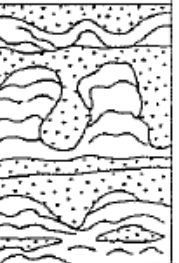
Textura de deposición reconocible					Textura de deposición no reconocible
Componentes originales no tuvieron límites unidos durante la deposición			Componentes originales tuvieron límites unidos		
El lodo contiene (arcilla y fino carbonato tamaño silt)			Ausencia de lodo y es grano soportado		
Lodo - soportado		Grano soportado			
Menos del 10% de granos	Más del 10% de granos		Grainstone	Boundstone	
					Cristalina
					

Fuente: Maurice Tucker & Paul Wright. 2014.

Esta clasificación fue ampliada por Embry & Klovan (1971), incluyen los tipos rocosos encontrados en los depósitos de arrecife, dicha clasificación se muestra en la figura 4.

En la clasificación de Dunham, la importancia de cada tipo de roca con respecto al nivel de energía está relativamente clara, ya que en las calizas la matriz y los granos, pueden ser producidos localmente.

FIGURA 4
CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE EMBRY & KLOVAN (1971)

Alóctonas		Autóctonas		
Componentes originales no unidos orgánicamente durante la deposición		Componentes originales unidos orgánicamente durante la deposición		
>10 % granos > 2mm				
Matriz soportado	Soportado por componentes >2mm	Por organismos que actúan como deflectores	Por organismos que se incrustan y aglomeran	Por organismos que construyen un armazón rígido
Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone
				

Fuente: Maurice Tucker & Paul Wright. 2014.

1.9.3 Las plataformas carbonatadas

Los carbonatos (calizas, dolomías) se depositan en diferentes tipos de ambientes. En ambiente continental se observa la formación de carbonatos: en ciertos lagos, por acción de las aguas termales (travertino), por acción edafológica en ambiente semiárido (calcreta, caliche, “muñecos” calcáreos).

En ambiente marino, los carbonatos se depositan: en ciertas plataformas litorales, con precipitación de lodos calcáreos de origen bioquímico y/o por acumulación de detritos de conchas y de

microorganismos calcáreos; en cuencas marino profundas donde se pueden resedimentar los productos de la destrucción de una plataforma litoral carbonatada.¹³

1.9.4 Tipos de microfacies estándar (*SMF*)

Con los datos sedimentológicos y paleoecológicos, los tipos de microfacies de las calizas de diferentes edades pueden ser combinadas en tipos principales que reflejan las condiciones ecológicas de deposición de cierto ambiente sedimentario. Estos tipos de microfacies estándar (*SMF Types*) no deben ser sobrevalorados, aunque a veces resultan útiles como base para la discusión de ambientes de depósito.

El primer requisito para el reconocimiento de los tipos de microfacies estándar, es designado por Wilson (1975). Es la descripción de los criterios de microfacies utilizados por el sistema de clasificación de Dunham. Los 24 *SMF* son atribuidos a los tipos de carbonatos diferenciados por Dunham en la tabla 2.

Esta imagen puede ser utilizada como una clave para la identificación de los *SMF*, pero debe tenerse en cuenta que los tipos de caliza definidos por las fábricas deposicionales, sólo proporcionan una guía aproximada para la determinación de los *SMF*.¹⁴

¹³ Maurice Tucker y Wright, Paul (1990), 8

¹⁴ *Ibíd.*, 22-25.

TABLA 2
LOS SMF Y LOS TIPOS DE CALIZA DEPOSICIONALES

Mudstone Bindstone (c, d, e)	Wackestone Floatstone	Packstone	Grainstone Rudstone	Boundstone
a) con espículas 1 b) con microfósiles pelágicos 3 c) fabricas laminadas fenestrales 19 d) Estromatolito algal 20 e) fabrica espongiostroma 21 f) sin fósiles 23	a) con bioclastos 9 b) con oncoides 22 c) con organismos sésiles 8 d) cortoides y bioclastos desgastados en micrita de ambientes de alta energía 10	a) con bioclastos y extraclastos 4 b) calcisiltita microblastica, bioclastos y peloides muy pequeños 2 c) bioclastos, sedimentos internos abundantes, a veces desarrollados como floatstone 5 d) acumulación de bioclastos, por ejemplo: pelecípodos, coquinas o equinodermos 12	a) con cortoides 11 b) con oncoides 13 c) con ooides 15 d) con peloides 16 e) con granos agregados 17 f) con abundantes dasycladaceas o abundantes foraminíferos 18 g) rudstone con restos de arrecife 6 h) rudstone o floatstone con clastos consistentes de micrita o calcisiltita sin fósiles 24	Organismos sésiles de estructuras orgánicas <i>in situ</i> (framestone o bafflestone) 7

Fuente: Erick Flügel. 2014.

Wilson asignó los 24 *SMF* a 9 cinturones de facies estándar, por lo cual, los tipos de *SMF* individuales pueden aparecer en varios de los cinturones de facies,¹⁵ así como lo muestra la figura 5 y la tabla 3.

¹⁵ Erick Flügel. *Microfacies analysis of limestones* (Alemania: Springer, 1982), 403-410.

FIGURA 5
ESQUEMA DE FACIES DE WILSON (1975),
SECUENCIA DE LOS TIPOS DE SMF

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	Tpos de SMF

Fuente: Petrology of Sedimentary Rocks. 2014.

TABLA 3
MICROFACIES SMF PROPUESTAS POR WILSON (1975)
Y FLÜGEL (1972, 1982)

Tipos de SMF	NOMBRE	AMBIENTE
1	Espiculita: <i>Mudstone</i> arcilloso oscuro o <i>wackestone</i> , rico en materia orgánica, o calcisiltita espiculítica silíceo. Espículas frecuentemente orientadas, generalmente monaxones silíceos, normalmente reemplazados por calcita.	De cuenca, ambiente de agua profunda con sedimentación lenta.
2	Calcisiltita microblástica: Bioclastos pequeños y peloides en una <i>grainstone</i> o <i>packstone</i> de tamaño de grano muy fino; laminación cruzada en <i>ripple</i> de pequeña escala.	Plataforma de mar abierto cerca de la pendiente más baja, margen más profundo de la plataforma.
3	<i>Mudstone</i> o <i>wackestone</i> pelágico: Matriz micrítica con microfósiles pelágicos (ej. Radiolarios o globigerínidos) esparcidos o mega fauna (ej. Graptolitos o fragmentos de bivalvos de concha delgada).	Como 1 y 2.
4	Microbrecha o <i>packstone</i> bio-lito/clástica: Granos redondeados, a menudo gradados. De origen polimictico o monomictico. También cuarzo, cherts y detritos carbonatados.	Talud de la ladera sumergida (de un atolón); calizas resedimentarias.
5	<i>Grainstone-packstone</i> o <i>floatstone</i> con bioclastos de arrecife: Sedimentos <i>geopetales</i> .	Facies de flaco de arrecife.
6	<i>Rudstone</i> de arrecife: Sin material de matriz.	Pendiente del frente del arrecife, restos de arrecife; normalmente en zona de gran energía.
7	Bounstone: Subtipos de <i>framestone</i> , <i>bindstone</i> o <i>bafflestone</i> .	Arrecife, a menudo se encuentra en márgenes de plataforma.
8	<i>Wackestone</i> con organismos enteros: Infauna y epifauna bien conservada.	Albuferas (lagoon) de plataforma con circulación; aguas de baja energía por debajo del nivel de base normal del oleaje.

Continúa...

...viene

9	<i>Wackestone</i> bioclástico o micrita bioclástica: Fragmentos de diversos organismos, bioturbada. Los bioclastos pueden estar micritizados.	Aguas someras con circulación abierta cerca del nivel de base.
10	<i>Packstone-wackestone</i> con bioclastos recubiertos y desgastados.	Inversión textural; las partículas dominantes de ambientes de alta energía han descendido por pendientes locales a emplazamientos de baja energía.
11	<i>Grainstone</i> con bioclastos recubiertos, un cemento de espato.	Arenas aventadas del borde de plataforma; áreas con constante acción de oleaje en o sobre el nivel de base.
12	Coquina, <i>packstone</i> bioclástico, <i>grainstone</i> o <i>rudstone</i> con concentraciones de organismos. Dominan ciertos tipos de organismos (ej. <i>Dasycladaceas</i> , conchas o crinoides)	Laderas y bordes de plataformas.
13	<i>Grainstone</i> oncoides (bioesparita).	Áreas de energía ligeramente alta, agua muy somera.
14	Residuales. Partículas recubiertas y redondeadas, mezcladas en los emplazamientos con ooides y peloides. Pueden estar teñidas de negro y con manchas por el hierro con fosfato; litoclastos; normalmente en capas delgadas.	Acumulación lenta de material de grano grueso en zona de aventamiento.
15	Oolitos de ooides bien calibrados; fábrica normalmente re-empaquetada (<i>overpacked</i>); siempre con laminación cruzada.	Ambiente de alta energía en los bancos de oolitos, playas y barras de marea.
16	<i>Grainstone</i> con peloides. Probablemente "pellets" fecales, en emplazamientos mezclados con concentradas pruebas de ostrácodos o foraminíferos.	Agua somera con circulación de agua sólo moderada.
17	Grapestone, pelsparita o <i>grainstone</i> con granos agregados, aislados y peloides aglutinados, algunos granos recubiertos (<i>coated grains</i>).	Plataforma con circulación de agua restringida y llanuras de marea.
18	<i>Grainstone</i> de foraminíferos o <i>dasycladaceas</i> .	Barras de marea y cauces de albuferas (o <i>lagoons</i>).
19	Fenestral, <i>mudstone-wackestone</i> laminado, pasando de vez en cuando a pelsparita con fábricas fenestrales. Ostrácodos y peloides, foraminíferos esporádicos, gasterópodos y algas.	Bahías y plataformas restringidas.
20	<i>Mudstone</i> estromatolito microbiano.	Muy frecuentes en la zona intermareal.
21	<i>Mudstone</i> espongiostromo. Fábrica microbiana convoluta en sedimento de lodo calizo de micrita de grano fino.	Plataformas de marea.
22	Micrita con oncoides grandes, <i>wackestone</i> o <i>floatstone</i> .	Ambientes de baja energía, agua poco profunda, zona entre el arrecife y la costa; a menudo en los bordes de plataformas o canales.
23	Micrita pura, no laminada, no fosilífera, homogénea; puede tener minerales evaporíticos.	Plataformas hipersalinas de marea.
24	<i>Rudstone</i> o <i>floatstone</i> con litoclastos de grano grueso y bioclastos. Los clastos normalmente consisten en micrita no fosilífera; pueden estar imbricados y con laminación cruzada; escasa matriz.	Depósito residual en cauces de marea (brecha intraformacional).

Fuente: Maurice Tucker & Paul Wright. 2014.

Wilson (1975) sugiere un modelo general para los depósitos de carbonatos que comprenden nueve cinturones de facies

principales correspondientes a nueve ambientes carbonatados (figura 5). Las características de los cinturones de facies son:

Zona de facies 1: lutitas negras y lodolitas carbonatadas: depositadas en un ambiente de cuenca de agua profunda, comúnmente por debajo del nivel de oxidación.

Zona de facies 2: calizas muy fosilíferas con láminas de lutitas; depositadas en una plataforma de mar abierto por debajo del nivel de base de las olas de tormenta (*storm-wave*) pero por encima del nivel de oxigenación.

Zona de facies 3: calizas de grano fino, gradadas a no gradadas, posiblemente contiene bloques exóticos derivados del *foreslope*; depositados en la base del *foreslope*.

Zona de facies 4: calizas de grano fino a grueso, con brechas y bloques exóticos depositados hacia el *foreslope* de mar adentro de límite de la plataforma; escombros de carbonatos derivados del cinturón de facies 5.

Zona de facies 5: acumulaciones orgánicas (arrecifes y otros biohermos) compuestas de varios tipos de *boundstones*; particularmente *framstones* que integran el límite o borde de la plataforma carbonatada, puede no estar presentes en todas las plataformas carbonatadas.

Zona de facies 6: arenas carbonatadas re TRABAJADAS seleccionadas (calcarenitas) compuestas particularmente de granos esqueléticos derivados del cinturón de facies 4 y 5; los ooides también son comunes; depositados en aguas muy someras

inmediatamente hacia las acumulaciones orgánicas o, si las acumulaciones orgánicas no están presentes en el límite de la plataforma.

Zona de facies 7: depósitos de carbonatos mixtos que pueden incluir arenas carbonatadas derivadas del cinturón de facies 6, *wackestones*, *mudstones*; posibles láminas de shale o limo; parches de arrecifes u otros biohermos pueden estar presentes, depositado en aguas someras en una plataforma abierta donde la circulación del agua es normal.

Zona de facies 8: *wackestones* bioclásticos, arenas litoclásticas y bioclásticas, *mudstone* carbonatados con pellets, estromatolitos, láminas de shale o limo; depositados en aguas someras o en una plataforma interior donde la circulación del agua puede estar restringida.

Zona de facies 9: dolomitas nodulares y anhidritas (en plataformas donde las condiciones evaporíticas existen); estromatolitos, lodos y limos siliciclásticos; depositados en una zona intermareal a supramareal.

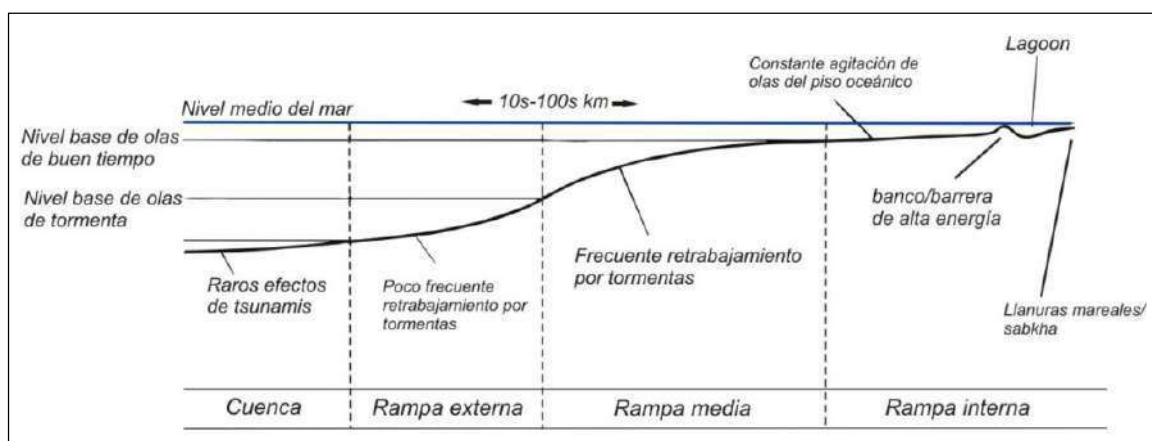
1.9.5 Tipos de microfacies de rampa

Hay varios tipos de microfacies que parecen dominar en ciertas partes específicas del modelo de rampa. La distribución y la frecuencia son diferentes, ya que zonas de baja energía se encuentran rampas dominadas por lodo que son controladas por la acción de las mareas y las rampas de alta energía dominadas por granos más gruesos y controladas por las tormentas.

De este modo, Flügel (2004) propuso las *ramp microfacies types* (*RMF*) (figura 6 y tabla 4).

Los tipos de *RMF* no pueden considerarse como categorías obligatoriamente comparables con los tipos de *SMF*. Estos últimos están mejor definidos y se basan en estudios de caso más que los tipos de *RMF* que no poseen el carácter estándar de las *SMF*, su utilización permite la caracterización de zonas de facies y superficies de valor estratigráfico difícilmente reconocibles macroscópicamente en este tipo de ambiente.¹⁶

FIGURA 6
MODELO PARA LOS TIPOS DE *RMF*
EN UNA RAMPA HOMOCLINAL



Fuente: Bruchette y Wright, 1996. 2016.

¹⁶ Erick Flügel. *Microfacies of carbonate rocks* (Alemania: Springer, 2004), 716-720.

TABLA 4
MICROFACIES RMF PROPUESTAS POR FLÜGEL (2004)

RMF	Nombre	Características
Rampa externa		
1	Calcsilita y <i>mudstone</i> con peloides	Fragmentos esqueléticos muy finos, espículas de esponja y algunas veces finamente laminado (<i>SMF 1</i>).
2	<i>Mudstone</i> y <i>wackestone</i> arcilloso con bioturbación	Pocos foraminíferos aglutinados, ostrácodos y equinodermos.
3	<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> bioclástico con bioturbación	Diversos y abundantes fósiles (bivalvos, braquiópodos y equinodermos) y peloides; granos esqueléticos no desgastados, es común la preservación de fósiles enteros. (<i>SMF 8</i>).
4	<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> peloidal	Consiste de pequeños peloides, pequeños litoclastos y bioclastos (~ <i>SMF 2</i>).
5	<i>Mudstone</i> pelágico	Contiene microfósiles planctónicos y fósiles neotónicos de mar abierto (ej: amonites) (<i>SMF 3</i>)
6	<i>Grainstone</i> peloidal y bioclástico	Gradado, laminado y con estratificación cruzada fina (tempestitas).
Rampa media		
7	<i>Packstone</i> bioclástico	Abundantes equinodermos, bivalvos y foraminíferos; granos esqueléticos desgastados (<i>SMF 10</i>)
8	<i>Packstone</i> y <i>wackestone</i> con bioturbación	Contiene varios granos esqueléticos, intraclastos, oncoides y peloides
9	<i>Wackestone</i> , <i>packstone</i> y <i>floatstone</i> con bioclastos e intraclastos	Con intraclastos micríticos y bioclastos derivados de rampa, puede contener algunas microbrechas (~ <i>SMF 5</i>)
10	Conglomerados de caliza	Rampa distalmente empinada (distally steepened ramp)
11	Margas con intraclastos y guijarros de caliza	Rampa distalmente empinada (distally steepened ramp)
12	<i>Boundstone</i> con corales	Contiene Framestones de corales y cortezas de corales; también framestones de algas rojas (<i>SMF 7</i>).
Rampa interna/Ambientes marinos abiertos		
13	<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> bioclástico con foraminíferos	Con abundantes foraminíferos largos (ej: orbitolínidos) (<i>SMF 18</i>).
14	<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> bioclástico con granos esqueléticos	Con granos esqueléticos, varios intraclastos y algunos ooides (near-shoal)
15	<i>Floatstone</i> bioclástico	Con diversos materiales derivados de arrecifes, (cerca de arrecifes, corales, algas o fragmentos de bivalvos) (~ <i>SMF 6</i>)
Rampa interna/Ambientes marinos protegidos		
16	<i>Mudstone</i> , <i>wackestone</i> o <i>packstone</i> con foraminíferos	Con abundantes foraminíferos miliólidos (<i>SMF 18</i>).
17	<i>Wackestone</i> bioclástico con algas	Con algas verdes dasycladaceas (<i>SMF 18</i>).
18	<i>Wackestone</i> bioclástico con ostrácodos	
Rampa interna/Ambiente de lagoon		
19	Caliza o <i>mudstone</i> no bioturbado	
20	<i>Wackestone</i> y <i>packstone</i> bioclástico con algas calcáreas	Con foraminíferos bentónicos.
21	<i>Packstone</i> y <i>floatstone</i> con oncoides	Oncoides aglutinados, con granos esqueléticos, sedimentarios y cuarzo terrígeno (<i>SMF 22</i>).
Rampa interna/Zona peritidal		
22	Caliza o <i>mudstone</i> dolomítico	Micrita finamente laminada; con escasos fósiles de ostrácodos y foraminíferos (<i>SMF 19</i>).

23	Bindstone fenestral	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo (<i>SMF</i> 21).
24	<i>Mudstone</i> y <i>packstone</i> intraclástico	
25	Bindstone con láminas de evaporitas y carbonatos	Contiene cristales evaporíticos (yeso) (<i>SMF</i> 25).
Bancos de arenas carbonatadas		
26	<i>Grainstone</i> y <i>packstone</i> bioclástico de grano medio a grueso	Contiene varios granos esqueletales bentónicos.
27	<i>Grainstone</i> y <i>packstone</i> bioclástico	Compuesto de pocos granos esqueletales dominantes (ej: predominantemente equinodermos o predominantemente foraminíferos).
28	<i>Floatstone</i> y <i>rudstone</i> bioclástico	Exhibe una fábrica altamente desordenada.
29	<i>Grainstone</i> con ooides	Presenta ooides concéntricos densamente empaquetados.
30	<i>Grainstone</i> y <i>packstone</i> con ooides y conchas	Presenta abundantes fragmentos de conchas.

Fuente: Erick Flügel. 2016.

En la tabla 4, se muestran los nombres y las características para cada uno de los *RMF*, así como el *SMF* con el cual es compatible. No todos los *RMF* coinciden con algún tipo de *SMF*.

El modelo de Flügel (2004) corresponde a un modelo general de microfacies asociadas a carbonatos depositados en rampas; el cual comprende microfacies de rampa exterior, media y de rampa interior o somera (figura 6).

La rampa exterior se caracteriza porque los granos esqueletales comúnmente se encuentran bien preservados, comprende *mudstones*, *wackestones* y *packstones*, algunas capas de tempestitas (*grainstones*).

En la rampa media se encuentran los granos esqueletales que a menudo se encuentran desgastados, los equinodermos son comunes, comprende *mudstones*, *wackestones*, *packstones* y algunos *grainstones*.

La rampa interior comprende ambientes marinos abiertos, protegidos de bancos de arena, de lagoon y perimareales. Los ambientes marinos abiertos están caracterizados por una buena circulación de agua. Los ambientes protegidos presentan una circulación de agua restringida y los ambientes de bancos de arena se caracterizan por presentar *grainstones* y *packstones* bioclásticos.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

La metodología a utilizar en la investigación se basa en obtener las variables dependientes del área de estudio. La investigación se divide en cuatro fases que se describen a continuación:

2.1 Recopilación de información bibliográfica

Aquí se revisaron trabajos realizados con anterioridad por otros autores acerca del tema de investigación. Los documentos revisados correspondieron a artículos científicos que describen a ambas formaciones geológicas en estudio.

Además, se realizó la búsqueda de mapas topográficos y/o geológicos que se utilizaron como mapa base para la localización de accesos y poblados cercanos al área de investigación.

2.2 Trabajo de campo

En esta fase se realizaron visitas previas al área de estudio para reconocer donde se encontraban los puntos de mayor interés para la investigación. A través del cartografiado general, con un mapa base de escala 1: 25 000, se reconocieron las estructuras geológicas de las Formaciones Cobán y Campur.

Se recolectaron muestras de mano, para observar la microfauna de forma macroscópica, con el cuidado de delimitar el contacto geológico entre la Formación Cobán y la Formación Campur.

Para realizar el análisis de microfacies, los criterios que fueron utilizados en afloramientos y muestras de mano son: litología, textura, color de la roca, estratificación, estructuras sedimentarias y fósiles.

Litológicamente las rocas sedimentarias pueden ser clasificadas en rocas siliciclásticas: (arcillas/lutitas, limolitas y areniscas), conglomerados y brechas, rocas carbonáticas (calizas, dolomías), carbonatos siliciclásticos (margas, calizas arcillosas y arenosas), evaporitas (yeso, anhidrita, sal), rocas sedimentarias silíceas (cherts), fosforitas y rocas orgánicas.

En cuanto al color de la roca, muchas calizas son en su mayoría de color gris, pero las calizas pueden también mostrar distintos colores, los cuales, necesitan una terminología más precisa; por ejemplo, las dolomías son de color amarillo cremoso o de color marrón.

Las rocas carbonáticas pueden ser estratificadas o no estratificadas (masivas). La no estratificación es un resultado de a) la ausencia primaria de estratificación (p.e. en los arrecifes), b) procesos destructivos de estratos (p.e. intensa excavación de madrigueras), o c) procesos diagenéticos (p.e. dolomitización o fuerte recristalización de calizas).

Una estratificación es una capa tabular o lenticular que es distinta desde la base hasta el techo de los estratos; respecto a la litología, composición y textura. Genéticamente un estrato puede representar un episodio durante el cual las condiciones físicas no cambiaron significativamente.

En la etapa de campo se consideraron: los límites de los estratos, el espesor, composición y estructura de los estratos y la secuencia de los mismos.

Por último, los fósiles, los sedimentos fosilíferos y las estructuras sedimentarias biogénicas son fuentes claves de información sobre los paleoambientes, patrones de sedimentación y diagénesis.¹⁷

2.3 Trabajo de laboratorio

Si se da por echo que ambas formaciones geológicas corresponden a una litología de calizas, la composición se evaluó por medio de secciones delgadas, con la ayuda de un microscopio petrográfico.

La investigación de la composición de las muestras superficiales y subsuperficiales requirió secciones delgadas estándar de aproximadamente 30 μm de espesor.

Estas secciones delgadas son usualmente cortadas perpendiculares a la estratificación, ya que una sección que comprende un intervalo vertical de 5 cm registra un conjunto de microsecuencias correspondientes a intervalos más o menos largos dentro de una escala de cientos o miles de años, incluso más.¹⁸

2.4 Trabajo de gabinete y los tipos de microfacies estándar

Esta fase corresponde a la última etapa de la investigación en la cual se procedió al análisis e interpretación de toda la información obtenida en las fases anteriores.

Para el análisis y la interpretación de las microfacies, se utilizó el método cualitativo para la descripción de los componentes aloquímicos y se utilizaron los

¹⁷ Erick Flügel *Microfacies of carbonate rocks*, 53-63.

¹⁸ *Ibid.*, 64-65.

términos: traza (de 1 - 5 individuos), raro (6 - 10 individuos), escaso (de 11 - 16 individuos), frecuente (de 17 - 25 individuos) y abundante (más de 25 individuos).

La determinación de los *SMF* inició con la clasificación textural de las secciones delgadas, las texturas de los principales tipos de calizas se han caracterizado con la clasificación propuesta por Dunham (1962) y la ampliación realizada por Embry & Klovan (1971). En algunas muestras se ha utilizado la clasificación de Folk (1962); el término micrita se utiliza para el lodo calcáreo y el término esparita para el cemento calcáreo. Dichas clasificaciones se observarán en las figuras 2, 3 y 4.

Como referencia al proceso de clasificación de los *SMF* se observa en las tablas 2 y 3, en conjunto con la figura 5. Después de la determinación de los *SMF* se procedió a la asignación de las zonas de facies. Son estos cinturones o zonas de facies los que son descritos para cada formación.

Cabe mencionar que los mismos pueden repetirse de un miembro a otro, pero es claro que cada miembro corresponde a un nivel diferente dentro de una determinada formación geológica.

Para esta investigación se dio prioridad a la clasificación de los *SMF*, sin embargo, se añade el *RMF* correspondiente a cada muestra como un complemento; con el fin de determinar con un poco de más precisión el ambiente de cada una de las microfacies de las formaciones geológicas en estudio.

Esta clasificación de *RMF* puede verse en la figura 6 y su descripción y relación con algunos *SMF* en la tabla 4.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

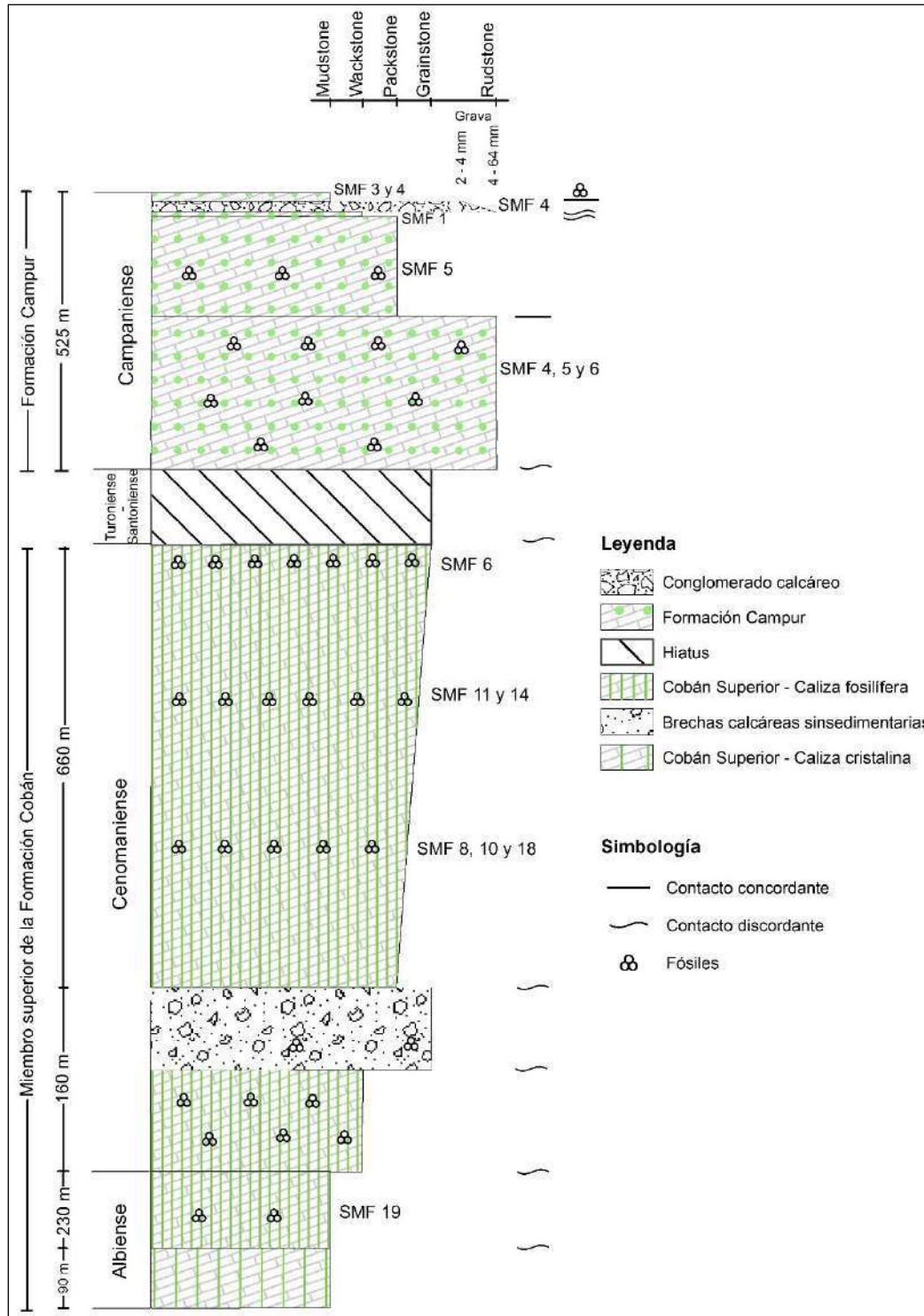
El área de estudio se encuentra comprendida por calizas cretácicas pertenecientes a la Formación Cobán y a la Formación Campur. La Formación Cobán ha sido observada a través del miembro superior, mientras que la Formación Campur a través del miembro inferior y superior.

El contacto geológico de ambas formaciones se da entre el miembro superior de la Formación Cobán y el miembro inferior de la Formación Campur; el cual es a veces fallado, aunque también se puede observar una transición estratigráfica, la cual está representada en su mayoría por calizas bioclásticas, tal como se muestra en la figura 8.

El miembro superior de la Formación Cobán, posee en la base una caliza cristalina, sobre ésta se encuentra un estrato de brechas calcáreas intraformacionales que son cubiertas por calizas fosilíferas que corresponden al techo de la formación. La Formación Campur es de espesores más delgados que también incluyen un estrato de conglomerados calcáneos.

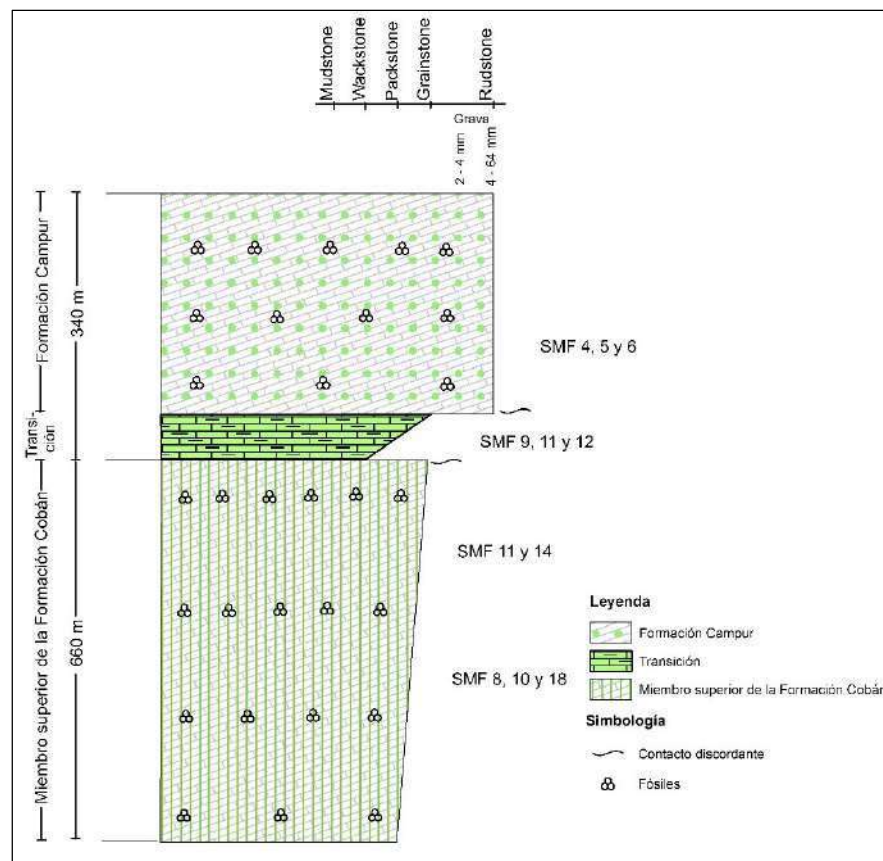
La columna estratigráfica general muestra el arreglo estratigráfico entre las formaciones, los espesores estimados para cada una y la ubicación de los *SMF* más representativos, los cuales se muestran en la figura 7.

FIGURA 7
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL
DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

FIGURA 8
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA TRANSICIÓN



Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

Las secciones delgadas de la transición, del miembro superior de la Formación Cobán y de la Formación Campur, han sido agrupadas en base a las zonas de facies, en las cuales se incluye el tipo de *SMF* para cada muestra, la clasificación textural y el ambiente de formación.

Para el miembro superior de la Formación Cobán se han determinado 4 zonas de facies; que incluyen 13 secciones delgadas. Para la transición se han determinado 3 zonas de facies que incluyen 7 secciones delgadas y para la Formación Campur, 5 zonas de facies que incluyen 22 secciones delgadas. A estos grupos se les ha denominado: Tipos de microfacies estándar de una zona de facies determinada.

La descripción se realiza a través del método deductivo; se inicia por la formación geológica, luego el miembro, la zona de facies y los *SMF* (textura, contenido fosilífero y *RMF*).

Además, la distribución de los microorganismos, facilitó la distinción de tres biohorizontes cronoestratigráficos para el miembro superior de la Formación Cobán y un biohorizonte cronoestratigráfico para la Formación Campur; dicha selección se ha realizado en base al artículo *Biohorizontes cronoestratigráficos en las facies carbonatadas de plataforma del cretácico medio-superior de Chiapas, México* realizado por María del Carmen Rosales Domínguez.¹⁹

3.1 Miembro superior de la Formación Cobán (Kco2)

Geoméricamente parece estar incluida en una franja con tendencia *NE - SW*, posee un espesor aproximado de 1 140 m y se encuentra establecida en una pequeña porción en la parte noreste y en el sur del área. Las rocas del miembro superior buzan preferentemente hacía el sureste.

En el campo se ha observado bien estratificada con laminación planar. El espesor de los estratos va desde los 10 cm hasta 1 m. Las rocas del miembro superior poseen gradaciones texturales; que van desde la textura diagenética o cristalina, hasta la textura *mudstone*, *wackestone*, *packstone* y *boundstone*.

En la localidad de Samac existen contactos fallados y a veces concordantes con los estratos de brechas calcáreas sinsedimentarias; en la esquina *NW* tiene contactos fallados y concordantes con la sobreyacente Formación Campur. Este miembro ha sido dividido en tres niveles (figura

¹⁹ María del Carmen Rosales Domínguez. *Biohorizontes cronoestratigráficos en las facies carbonatadas de plataforma del Cretácico medio-superior de Chipas, México*. (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1998), 74-75.

7); los estratos base cristalinos, los estratos medios de brechas calcáreas sinsedimentarias y los estratos superiores fosilíferos.

El conjunto de estratos que se encuentran en la base, consisten de calizas de color gris claro; de textura cristalina, *mudstone*, raras veces *grainstone* con poco contenido fosilífero que incluye *Nummoloculina heimi* y miliólidos.

Desde el contacto con el miembro inferior de la Formación Cobán que se ubica en la salida sur de Cobán, hacia la aldea Chicoj, se estima un espesor de 230 m, los cuales consisten en calizas cristalinas, *mudstone*, *wackestone* y *packstone* de *Nummoloculina heimi*.

El conjunto de estratos del nivel medio posee un espesor aproximado de 160 m, corresponde a brechas calcáreas sinsedimentarias que poseen clastos subangulosos, subredondeados e incluso redondeados; llegan a tener tamaños de 20 cm o más; la textura de los clastos varía de *mudstone* a *packstone*; con frecuentes fragmentos de rudistas, raros fragmentos de equinodermos y algas. Abundantes miliólidos, ostrácodos, pellets, *Merlingina cretácea* y *Biloculina sp.* Dentro de la matriz de las brechas hay una frecuente presencia de *Merlingina cretácea*. Las localidades donde se han observado estas brechas se encuentran en la comunidad de Chicoj, Samac e Inupal.

Los estratos superiores son de aproximadamente 660 m de espesor, consisten de calizas fosilíferas de color gris claro, con texturas tipo *wackestone*, *packstone* y *grainstone*.

Microscópicamente y en la base de estos estratos superiores, se encuentran fósiles de *Nummoloculina heimi* y *Merlingina cretácea* con escasos ostrácodos; sobre ellos se encuentran asociaciones de

Nummoloculina heimi, *Nummoloculina regularis*, *Pseudorhapydionina chapanensis*, *Biloculina sp.*, con escasos fragmentos de rudistas; hacia el tope del estrato se encuentran foraminíferos grandes como *Dicyclina schlumbergeri*, *Cuneolina pavonea parva* y *Valvulammina picardi*.

En la ruta que conduce de la cabecera departamental hacia la aldea Samac, en las coordenadas: 774642E y 1711749N, se encuentra una cantera en donde se pueden observar ~ 25 m de espesor del miembro superior de la Formación Cobán (fotografía 1), esta localidad puede ser considerada como una localidad de referencia.

FOTOGRAFÍA 1 MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN, LOCALIDAD DE SAMAC



Tomada por: Anny Yasmína Kristel Molineros García. 2016.

Tal y como se mencionó anteriormente, Rosales Domínguez dividió los carbonatos del cretácico medio-superior de Chiapas en siete biohorizontes cronoestratigráficos; de los cuales posiblemente sean correlacionables dos con los estratos antes mencionados, pertenecientes al miembro superior de la Formación Cobán.

El conjunto de estratos que se encuentran en la base del miembro superior de la Formación Cobán pueden ser correlacionados con el biohorizonte con *Pseudonummoloculina heimi* de Rosales Domínguez, ya que poseen características similares, como el contenido fosilífero, la textura, el color y la posición estratigráfica; Rosales Domínguez le ha asignado una edad Albiense – Cenomaniense.

Los estratos superiores pertenecientes al miembro superior de la Formación Cobán, poseen características similares con el biohorizonte con *Pseudorhapydionina chiapanensis* de Rosales Domínguez coinciden en la aparición por primera vez de dicho fósil. La edad asignada a este biohorizonte, según Rosales Domínguez es del Cenomaniense.

Con base en la textura y el contenido fosilífero, se han establecido cuatro zonas de facies para las muestras y los *SMF* que caracterizan al miembro superior de la Formación Cobán, los cuales se describen a continuación.

3.1.1 Tipos de *SMF* de la zona de facies 8

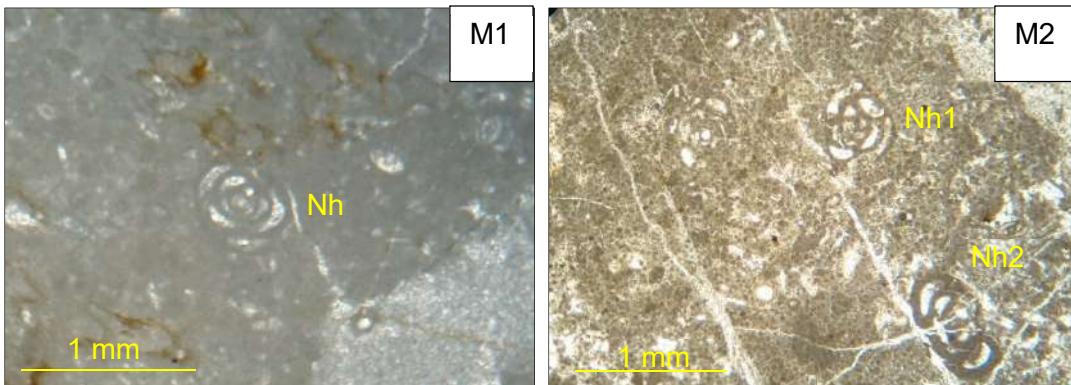
En esta zona de facies se incluyen las muestras M1 y M2 que se encuentra en la base del miembro superior de la Formación Cobán; la roca está bien estratificada, con estratos que van de 5 cm a 30 cm de espesor. Puede ser observada en la carretera CA-14, en el lugar conocido como El Peaje; donde tiene un espesor de ~ 5 m.

Esta microfacie se caracteriza por presentar una textura tipo *mudstone*, a veces es cristalina sobre todo en la transición del miembro inferior al miembro superior, posee escasos miliólidos y menos del 10 % de *Nummoloculina heimi* (Nh); en algunas partes poseen asociaciones con un poco más del 20 % de pellets.

Las muestras de este grupo corresponden a un *SMF* 19 y se han ubicado dentro la zona de facies 8 que corresponde a la plataforma restringida. En cuanto a los *RMF*, estas muestras se han incluido en el *RMF* 22, el cual se ubica en la rampa interna con una posible alta energía.

En la fotografía 2 se observa la sección delgada de la M1 que incluye la sección subaxial de *Nummoloculina heimi* (Nh) y la sección delgada de la M2 que muestra la sección transversal (Nh1) y sección subaxial (Nh2) de *Nummoloculina heimi*. En la tabla 5 se resumen las características definidas para esta zona de facies del miembro superior de la Formación Cobán.

FOTOGRAFÍA 2 ZONA DE FACIES 8 MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

TABLA 5
ZONA DE FACIES 8, MIEMBRO SUPERIOR
DE LA FORMACIÓN COBÁN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de <i>SMF</i> (Wilson, 1975)			Tipos de <i>RMF</i> (Flügel, 2004)	
				<i>SMF</i>	Zona de facies	Nombre	<i>RMF</i>	Nombre
M1	791927E, 1714165N	<i>Mudstone</i>	<i>Nummoloculina heimi</i> , escasos rotálidos y rastros de manchas de oxidación	19	8	<i>Mudstone- wackestone</i> laminado	22	Caliza o <i>mudstone</i> dolomítico
M2	773302E, 1712155N	<i>Grainstone</i>	<i>Nummoloculina heimi</i> y abundantes pellets.					

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.1.2 Tipos de *SMF* de la zona de facies 7

Esta zona de facies incluye el rango de muestras M3 – M10 y las más representativas de esta microfacie pueden ser observadas en la aldea Samac, en la cantera ubicada en las coordenadas: 774642E, 1711749N (fotografía 1). También se encuentra en contacto concordante con el estrato de brechas sinsedimentarias en la aldea Chicoj, en las coordenadas: 776721E, 1711550N.

Para esta zona de facies, las texturas son *wackestone*, *packstone* y *grainstone*. La textura se hace más granuda cuando se acerca más a la plataforma retrabajada. En el caso de las muestras *wackestone* y *packstone*, la matriz corresponde a una micrita; lo que indica un ambiente de sedimentación tranquila, ya sea por encima o debajo del nivel de las olas.

En el caso de la textura *grainstone* que posee un cemento de esparita, indica la presencia de zonas de islas de barrera, donde no se encuentra micrita. En general, la abundante microfauna de esa

microfacie indica un ambiente de lagoon con circulación normal, donde se encuentran fósiles de organismos que viven a baja profundidad.

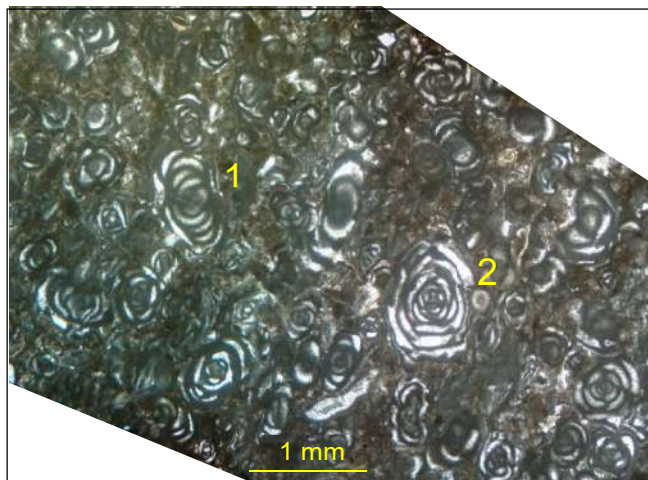
Esta microfacie se caracteriza por la presencia de abundantes pellets y foraminíferos bentónicos entre los que se encuentran, *Nummoloculina heimi* y *Biloculina sp.*, frecuentes *Pseudorhapydionina chapanensis* y *Nummoloculina regularis*, escasos ostrácodos y otros miliólidos, raros fragmentos de rudistas y trazas de *Merlingina cretácea*.

En las siguientes fotografías se exponen las muestras que de acuerdo a la clasificación textural han sido asignadas a los *SMF* de la zona de facies 7, la cual es de plataforma abierta o lagoon. La sección delgada de la muestra M3 corresponde a un *SMF* 10, y a un *RMF* 7, lo que hace ubicarla dentro de la rampa media. Es de textura *packstone* con abundantes *Nummoloculina heimi*, lo que hace probable que corresponda al biohorizonte de *Pseudonummoloculina heimi* de Rosales Domínguez.

La presencia de abundantes *Nummoloculina heimi* en la sección de la M3 indica un ambiente de plataforma restringida, sin embargo, por su textura, el ambiente corresponde a la plataforma abierta (lagoon).

En la fotografía 3 se observa la sección delgada de la M3, que corresponde a una textura *packstone* con abundantes ejemplares *Nummoloculina heimi* sobre una matriz de micrita, en la que se observan diferentes cortes: (1) transversal y (2) subaxial.

FOTOGRAFÍA 3
ZONA DE FACIES 7
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

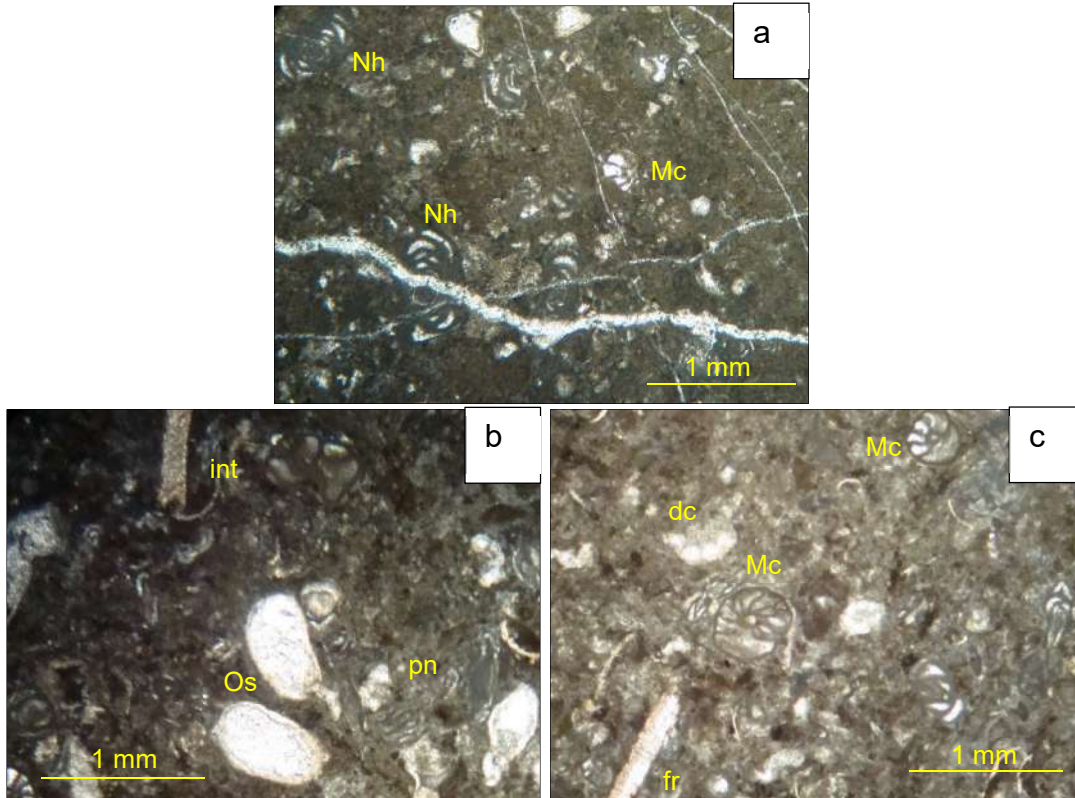
La sección delgada de las muestras M4 y M5, que fueron extraídas del camino rural que conduce hacia la aldea Sanimtacá, corresponden a un *SMF* 8 y se caracterizan por poseer una textura *wackestone* con matriz de micrita. Ambas muestras se han ubicado dentro del *RMF* 3 que corresponde a una rampa externa, donde hay poco retrabajamiento por la acción de las olas.

En la fotografía 4,a se observa la sección delgada de la muestra M4; presenta trazas de fragmentos de *Merlingina cretácea* (Mc) en conjunto con ejemplares completos de *Nummoloculina heimi* (Nh) y fragmentos de ostrácodos (Os), esta asociación revela una edad del Cenomaniano temprano.

En las fotografías 4,b y 4,c se observa la sección delgada de la muestra M5, contiene escasos ostrácodos (Os), frecuentes pseudonummoloculinas (pn) y *Merlingina cretácea* (Mc), abundantes

intraclastos (int), fragmento de rudista (fr) y trazas de discórbidos (dc).

FOTOGRAFÍA 4 ZONA DE FACIES 7, MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



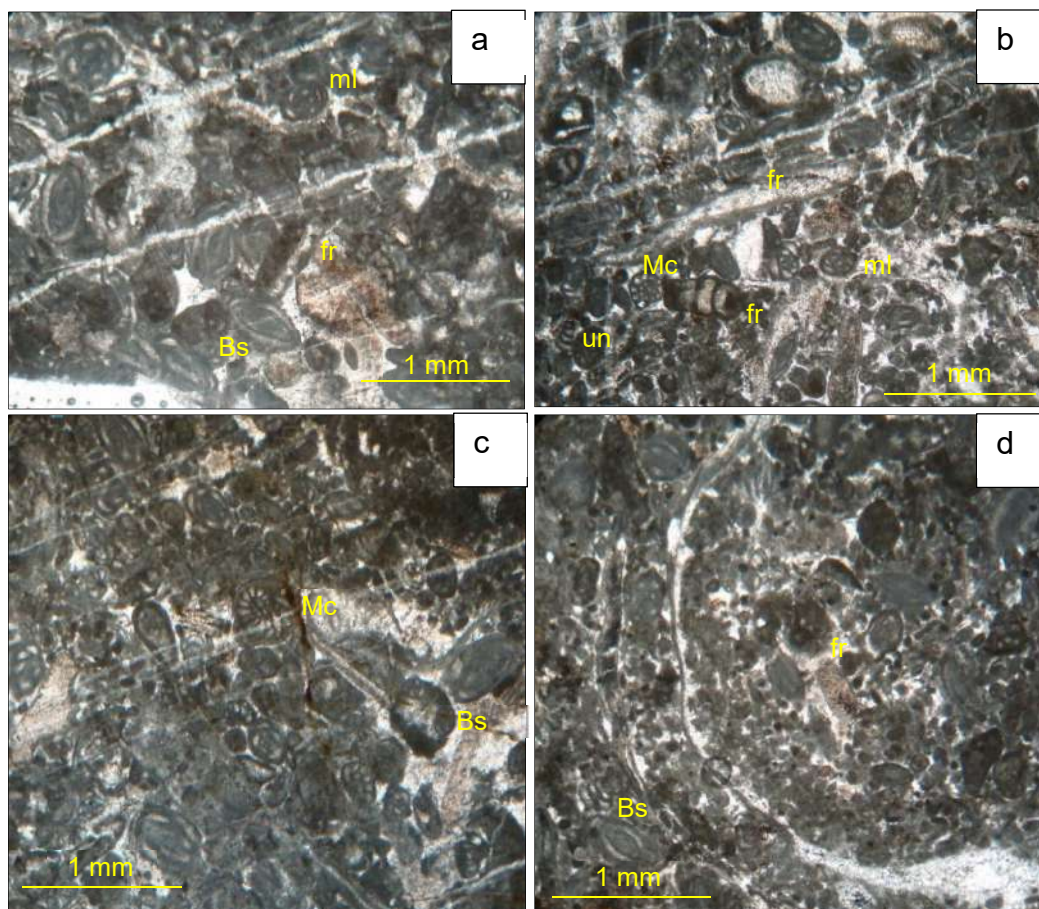
Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M6 corresponde al *SMF* 18 y al *RMF* 16, lo que hace posible asignarla a la rampa interna; posee una textura *grainstone* con un cemento de esparita. Pudo haberse formado en un ambiente de barras de marea o lagoons (Wilson, 1975); lo que está directamente relacionado con la textura de la sección, ya que esta textura se forma en las islas barreras. Posee trazas de foraminíferos bentónicos uniseriales, frecuentes miliólidos, raros

fragmentos de rudistas, raras *Merlingina cretácea*, abundantes *Biloculina sp.* y abundantes pellets.

En la fotografía 5 se observa la sección delgada de la muestra M6. La fotografía 5,a contiene *Biloculina sp.* (Bs), fragmentos de rudistas (fr) y miliólidos (ml), la fotografía 5,b: fragmentos de rudistas, miliólidos, *Merlingina cretácea* (Mc) y foraminíferos rotálidos bentónicos uniseriales (un), la fotografía 5,c: *Biloculina sp.*, pellets y *Merlingina cretácea* y en la fotografía 5,d pellets con *Biloculina sp.* y fragmentos de rudistas.

FOTOGRAFÍA 5 ZONA DE FACIES 7 MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN

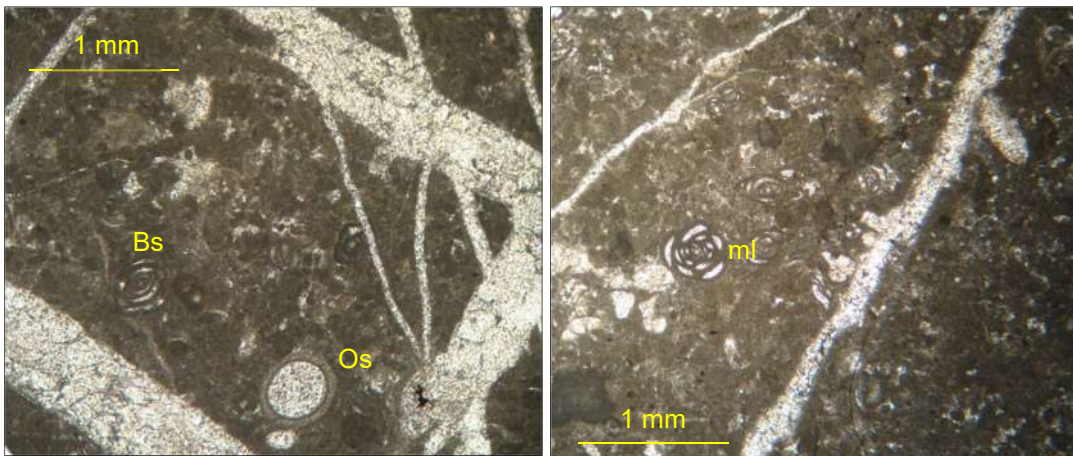


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M7, extraída de la aldea Chituj, se encuentra en el *SMF* 8 y posee una textura *wackestone*, se ubica en el *RMF* 3 que corresponde a la plataforma externa; por su contenido de lodo, esta muestra parece haber sido depositada en aguas de baja energía; también puede correlacionarse con el biohorizonte de *Pseudonummoloculinas heimi* mencionado anteriormente. Coinciden en la presencia de miliólidos y ostrácodos formados en un ambiente lagunar de plataforma restringida.

En la fotografía 6 se observa la sección delgada de la muestra M7, la cual corresponde a una textura *wackestone* con abundantes pellets, escasos miliólidos (ml) y trazas de ostrácodos (Os) con raras *Biloculina* sp. (Bs)

FOTOGRAFÍA 6
ZONA DE FACIES 7
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

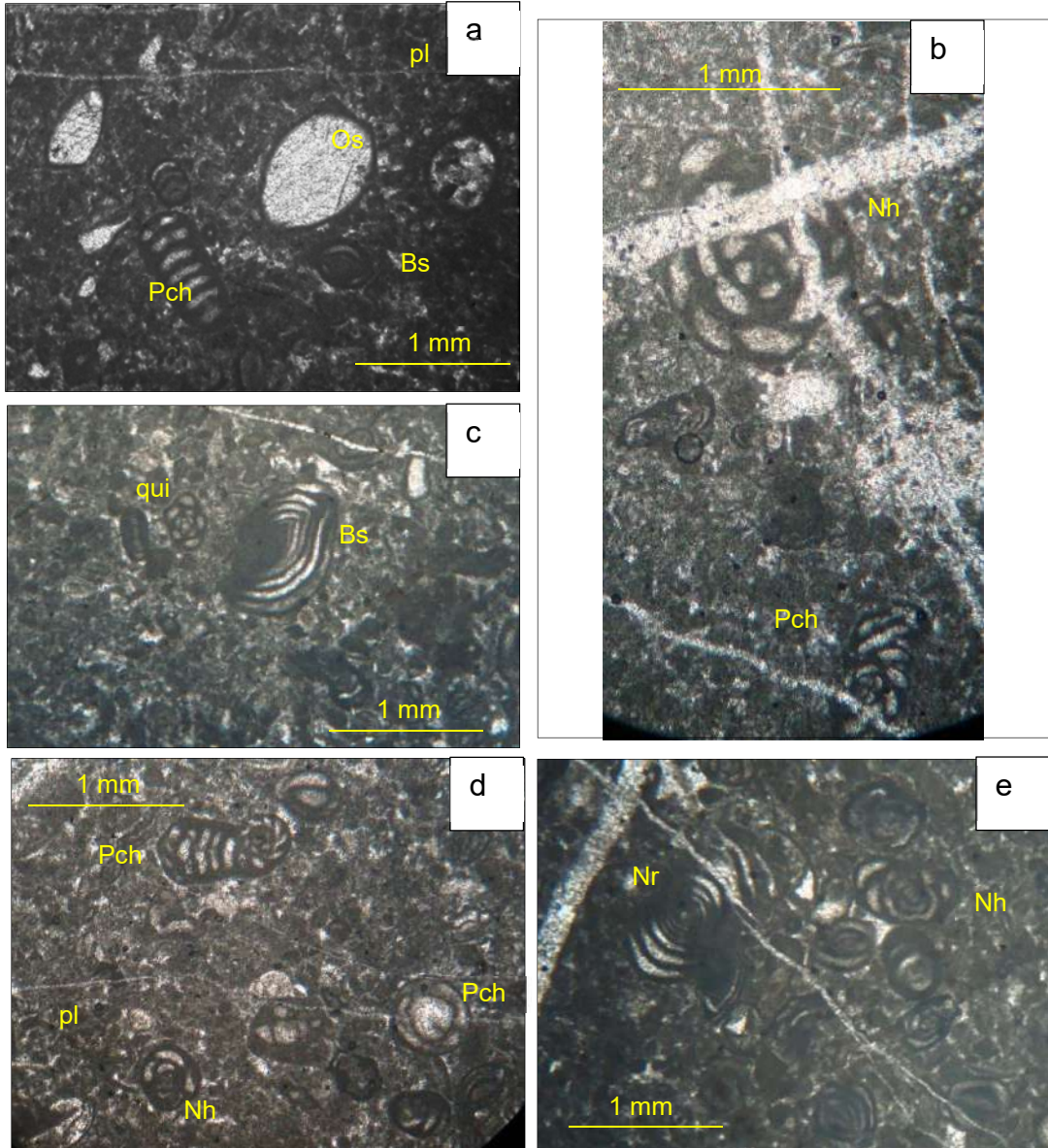
La muestra M8 (fotografía 7), que fue extraída de la localidad de Samac, se encuentra en el *SMF* 8 que corresponde a una textura *wackestone* con organismos enteros que posee raros ostrácodos

(Os), escasos individuos de *Pseudorhapydionina chiapanensis* (Pch), *Biloculina* sp. (Bs), *Nummoloculina heimi* (Nh), *Nummoloculina regularis* (Nr), quinqueloculina (qui) y abundantes pellets (pl); se encuentran sobre una matriz lodosa que indica un ambiente de baja energía.

En la fotografía 7,b se observa una sección subaxial de *Nummoloculina heimi* (Nh) con *Pseudorhapydionina chiapanensis*, la fotografía 7,d muestra una sección subaxial (Pch1) y transversal (Pch2) de *Pseudorhapydionina chiapanensis*, pellets y la sección subaxial de *Nummoloculina heimi*, la fotografía 7,e muestra la sección subaxial de *Nummoloculina regularis* (Nr) con cortes transversos de *Nummoloculina heimi* y pellets.

Asociados a estos microfósiles, se encuentran unos rudistas de la Familia de los Requieridos que corresponden a un ambiente lagunar pre-arrecifal y de baja energía. Los mismos pueden observarse en la fotografía 8 y también han sido localizados en la cantera que se encuentra en la localidad de Samac.

FOTOGRAFÍA 7
ZONA DE FACIES 7
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

FOTOGRAFÍA 8 RUDISTAS DE LA FAMILIA DE LOS REQUIENIDOS



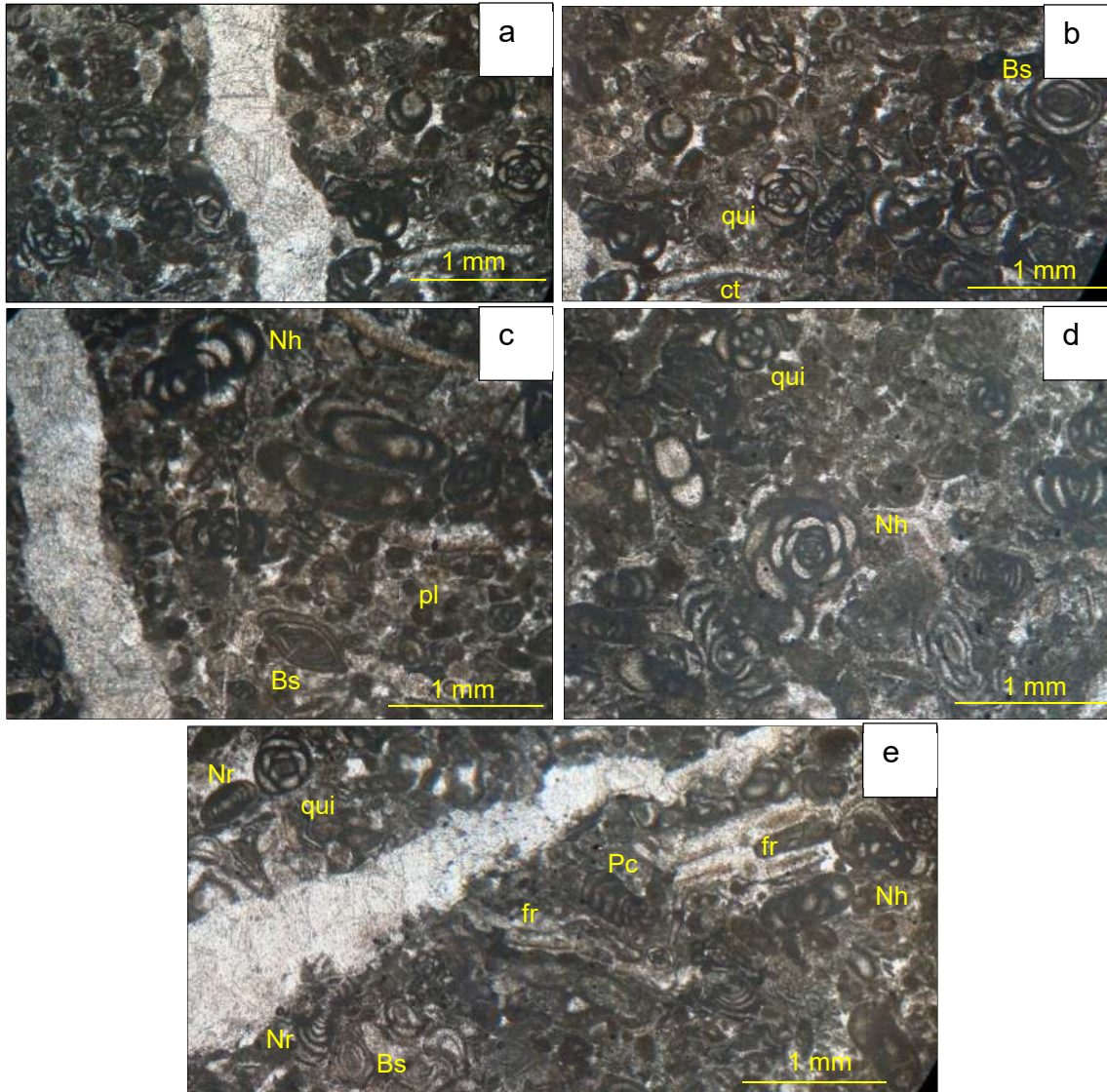
Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M9, extraída de la aldea Chicoj, corresponde a un *SMF 8*, de textura *packstone* con organismos enteros en una matriz de esparita, lo que indica un ambiente con un poco más de energía, a diferencia de la muestra anterior.

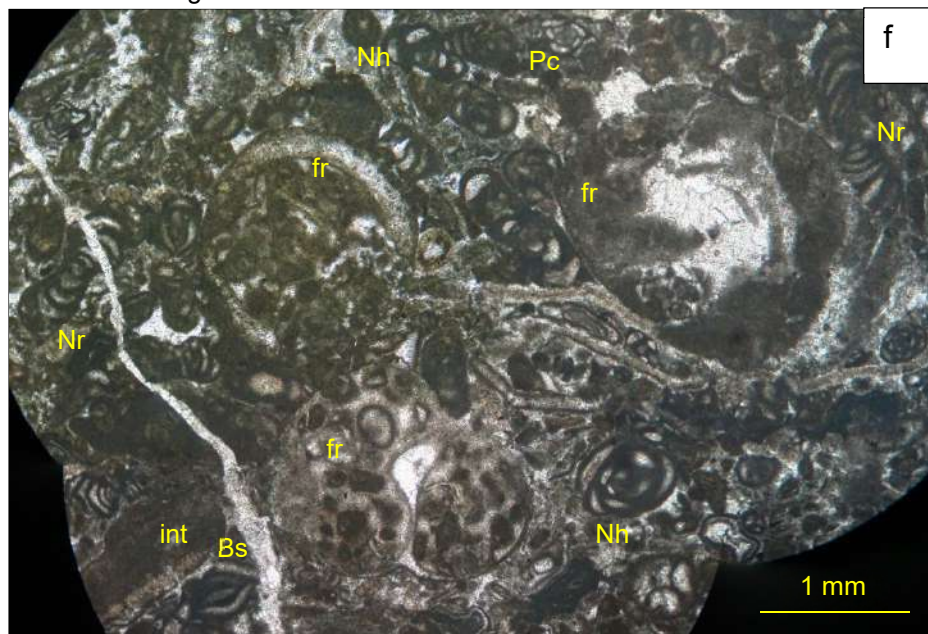
En la fotografía 9 se observa la sección delgada de la muestra M9, posee trazas de cortoides (ct) y fragmentos de rudistas (fr), escasos miliólidos, quinqueloculinas (quin) e intraclastos (int), frecuentes pellets y abundantes individuos de *Biloculina sp.* (Bs), *Nummoloculina heimi* (Nh), *Nummoloculina regularis* (Nr) y *Pseudorhapydionina chiapanensis* (Pch).

En la fotografía 9, a se observan miliólidos y pellets, en la fotografía 9, c la sección transversal de *Nummoloculina heimi*, en la fotografía 9, e la sección transversal y subaxial de *Nummoloculina regularis* y la sección subaxial de *Pseudorhapydionina chiapanensis*.

FOTOGRAFÍA 9 ZONA DE FACIES 7 MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



...continúa fotografía 9



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

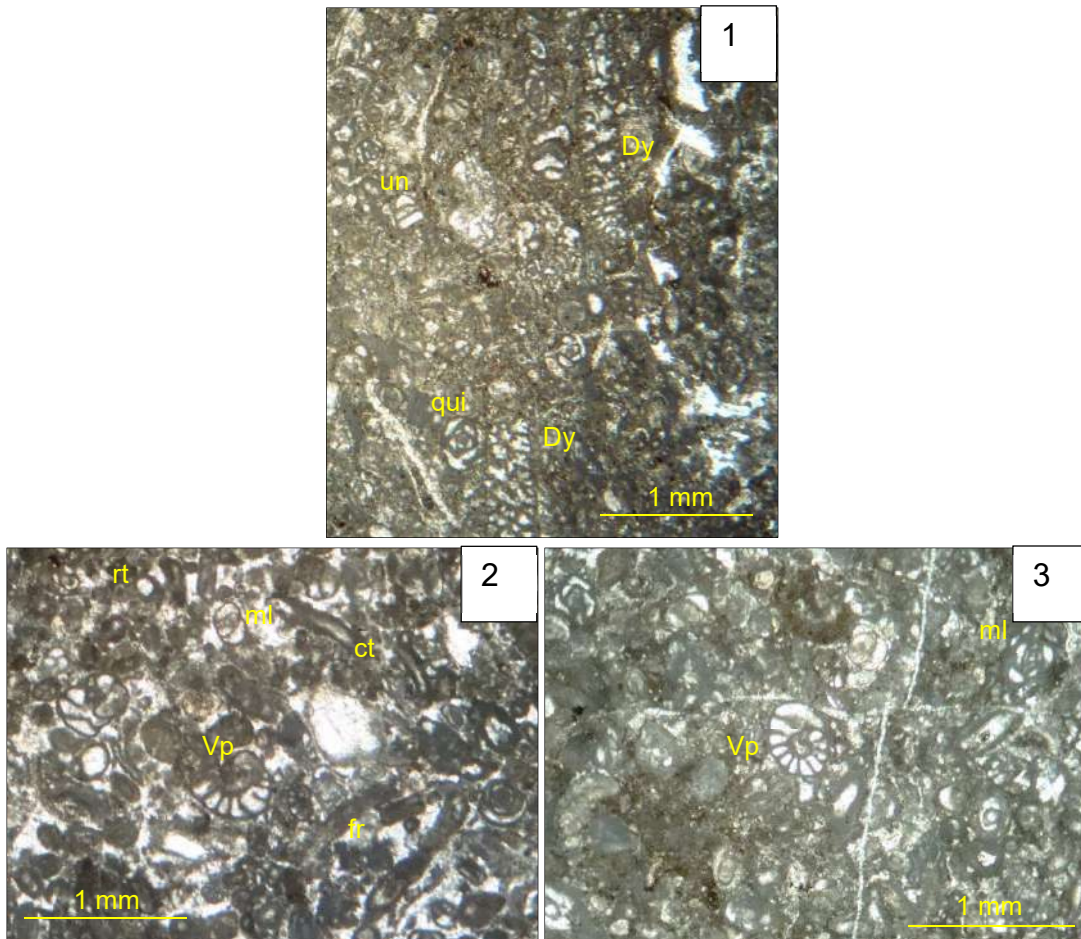
En las fotografías 7 y 9 se observa la variedad faunística típica del miembro superior de la Formación Cobán; estas muestras fueron formadas en un ambiente de plataforma abierta, en dónde se depositan las calizas *wackestone* con organismos enteros. Estas muestras son correlacionables con el biohorizonte de *Pseudorhapydionina chiapanensis*, al cual le es asignado una edad del Cenomaniense.

François Michaud (1992) menciona que hacía el tope del miembro superior de la Formación Cobán se encuentran abundantes foraminíferos grandes como *Dicyclina schlumbergeri*; Erick Fourcade (1994) menciona que la parte superior de este miembro contiene *Valvulammia picardi*; ambos microfósiles se encuentran en la muestra M10.

La fotografía 10 muestra la sección delgada de la muestra M10, en la fotografía 10, a se observan las secciones subaxiales de *Dicyclina schlumbergeri* (Dy) con rotálidos bentónicos uniseriales

(un) y quinqueloculinas (qui). En la fotografía 10, b *Valvulammina picardi* (Vp) miliólidos (ml), rotólidos (rt), cortoides (ct) y fragmentos de rudistas (fr).

FOTOGRAFÍA 10
ZONA DE FACIES 7
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M10, fue extraída del camino rural que conduce de Samac hacia Sanimtacá y posee una textura *grainstone*; representada por un *SMF* 18 que corresponde a *grainstone* de foraminíferos.

La muestra contiene raros cortoides, fragmentos de rudistas y quinqueloculinas, escasos rotálidos, frecuentes rotálidos bentónicos uniseriales y abundantes miliólidos con ejemplares de *Dicyclina schlumbergeri* y *Valvulammina picardi*.

En esta muestra se observó la presencia de *Valvulammina picardi*; incluso Rosales-Domínguez incluye un biohorizonte con *Microcodium*, el cual posee una gran asociación con valvulamínidos y esta muestra pueda ser correlacionable con dicho biohorizonte.

En la tabla 6 se muestra un resumen de las características de cada una de las muestras que corresponde a la zona de facies 7 del miembro superior de la Formación Cobán.

3.1.3 Tipos de SMF de la zona de facies 6

Incluye las muestras M11 y M12, se caracterizan por presentar textura *grainstone*, las cuales probablemente han sido formadas dentro de la plataforma re TRABAJADA. En esta parte los fósiles u otras partículas pueden ser aventadas desde los bordes de la plataforma, ser sometidos a la acción del oleaje (M11) o solamente ser acumulados (M12).

En las secciones se pueden ver fósiles y pequeños clastos que son originados a partir del re TRABAJAMIENTO dentro de los mismos estratos; incluso pueden dar la apariencia de una microbrecha. Se encuentran dentro de la transición de rampa interna a rampa media.

TABLA 6
ZONA DE FACIES 7, MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)		Tipos de RMF (Fitigel, 2004)	
				SMF	Nombre	RMF	Nombre
M3	776072E, 1710936N	Packstone	Abundantes <i>Nummoloculina heimi</i>	10	Packstone wackestone con bioclastos recubiertos y desgastados	7	Packstone bioclástico
M4	771891E, 1712532N	Wackestone	<i>Nummoloculina heimi</i> con trazas de <i>Meringina cretácea</i> y ostrácodos.	8	Wackestone con organismos enteros	3	Wackestone y packstone bioclástico con bioturbación
M5	772025E, 1713546N	Packstone	Escasos ostrácodos, frecuentes pseudonummoloculinas, <i>Meringina cretácea</i> y trazas de discórbidos.	8	Wackestone con organismos enteros	3	Wackestone y packstone bioclástico con bioturbación
M6	785463E, 1706227N	Grainstone	Abundantes <i>Biloculina sp.</i> , escasos fragmentos de rudistas, frecuentes miliólidos, abundantes pellets, raras <i>Meringina cretácea</i> y trazas de foraminíferos rotálidos bentónicos.	18	Grainstone de foraminíferos y dasycladaceas	16	Mudstone, wackestone o packstone con foraminíferos
M7	770052E, 1710555N		Abundantes pellets, escasos miliólidos, trazas de ostrácodos y raras <i>Biloculina sp.</i>				
M8	774642E, 1711749N	Wackestone	Raros ostrácodos, <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> , <i>Biloculina sp.</i> , frecuentes pellets, <i>Nummoloculina heimi</i> , <i>Nummoloculina regularis</i> y quinqueloculina.	8	Wackestone con organismos enteros	3	Wackestone y packstone bioclástico con bioturbación
M9	776721E, 1711550N	Packstone	Abundantes miliólidos, frecuentes pellets, <i>Nummoloculina heimi</i> , <i>Biloculina sp.</i> , quinqueloculina, trazas de cortoides, <i>Nummoloculina regularis</i> , <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> , fragmentos de rudistas y escasos intraclastos.				
M10	771914E, 1713115N	Grainstone	<i>Valvulamina picardi</i> , abundantes miliólidos, escasos rotálidos, raros cortoides y fragmentos de rudistas. <i>Dicyclina schumbergeri</i> , frecuentes rotálidos bentónicos uniseriales.	18	Grainstone de foraminíferos	16	Mudstone, wackestone o packstone con foraminíferos

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

Esta microfacie, puede estar relacionada con el biohorizonte con *Microcodium*, ya que, Rosales Domínguez menciona que este episodio corresponde a una exposición subaérea de los estratos; en el área de estudio esta microfacie corresponde a un ambiente de plataforma retrabajada, la cual es la que está más cerca del nivel del mar y por lo tanto más cerca de una exposición subaérea.

Las muestras que representan esta microfacie han sido tomadas del estrato superior del miembro superior de la Formación Cobán, muy cerca del contacto con la Formación Campur.

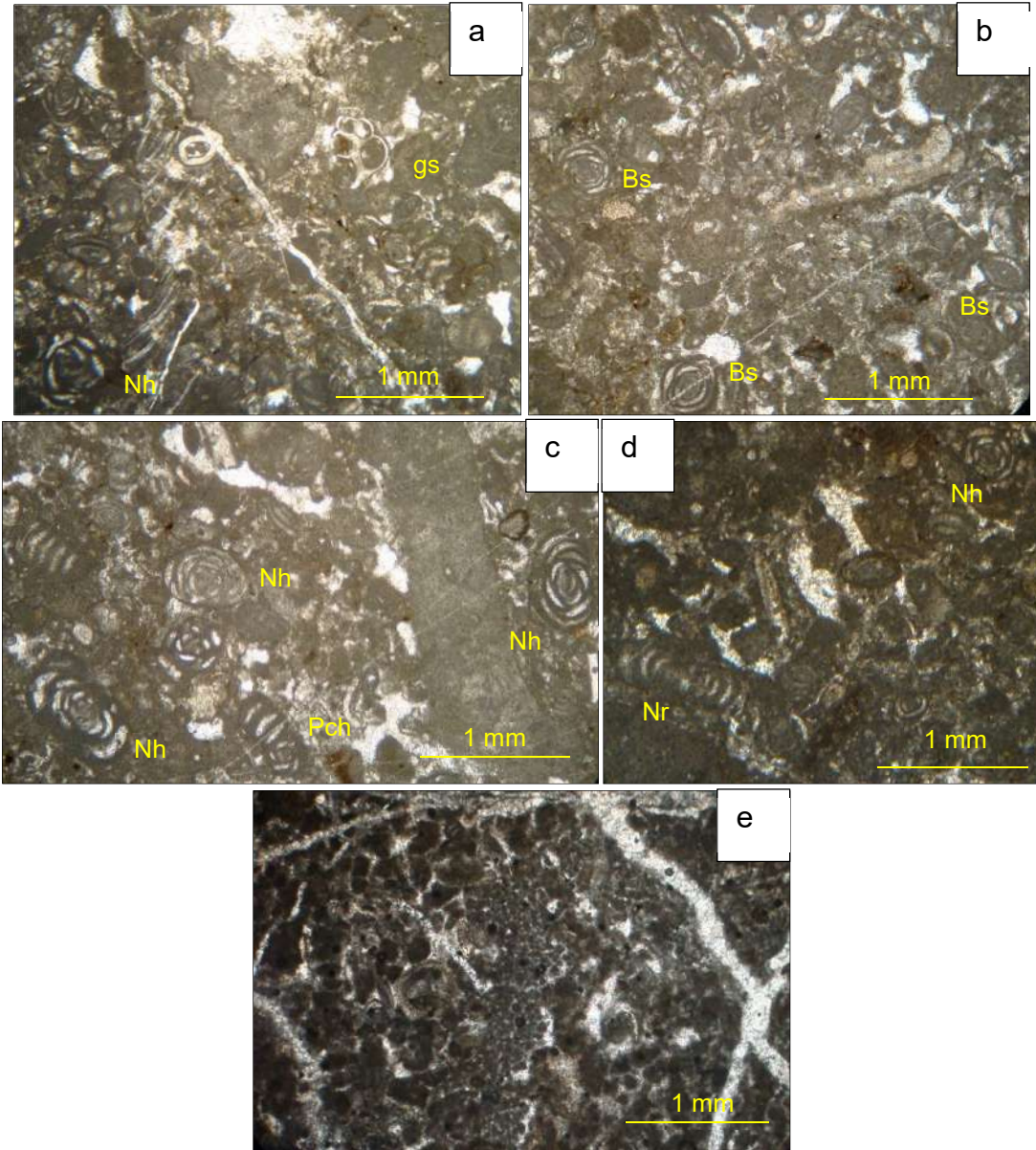
Ambas muestras poseen una textura *grainstone*; se han clasificado dentro de la zona de facies 6, denominada plataforma retrabajada.

La sección delgada de la muestra M11, que fue extraída cerca de la aldea Chituj, corresponde a un *SMF* 11 y un *RMF* 26, que se ubica en la plataforma interna; posee abundantes intraclastos de textura *mudstone*, trazas de fragmentos de rudistas (fr) y *Biloculina* sp. (Bs), escasos individuos de *Nummoloculina heimi* (Nh), *Pseudorhapydionina chiapanensis* (Pch) y abundantes miliólidos.

En la fotografía 11,a se observa un fragmento de gasterópodo con intraclastos y la sección subaxial de *Nummoloculina heimi*, en la fotografía 11,c se observa el corte transversal de *Nummoloculina heimi* y el corte subaxial de *Pseudorhapydionina chiapanensis*.

La fotografía 11,e corresponde a la sección delgada de la muestra M12 y es de textura *packstone* con pellets.

FOTOGRAFÍA 11
ZONA DE FACIES 6
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



Tomada por: Anny Yasmína Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M12 corresponde a un *SMF* 14, el cual hace referencia a los residuales; se ha asignado a un *RMF* 8, ubicada en la plataforma media. Esta muestra fue extraída cerca de la comunidad San Pedrito. Las características de cada una de las muestras se resumen en la siguiente tabla.

TABLA 7
ZONA DE FACIES 6, MIEMBRO SUPERIOR
DE LA FORMACIÓN COBÁN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M11	770152E, 1711923N	<i>Grainstone</i>	Fragmento de gasterópodo, intraclastos de caliza <i>mudstone</i> , <i>Nummoloculina heimi</i> , abundantes miliólidos, trazas de fragmentos de rudistas, <i>Biloculina sp.</i> , <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> .	6	11	<i>Grainstone</i> con bioclastos recubiertos	26	<i>Grainstone</i> y <i>packstone</i> bioclástico de grano medio a grueso
M12	777035E, 1713125N	<i>Packstone</i>	Abundantes pellets.		14	Residuales	8	<i>Packstone</i> y <i>wackestone</i> con bioturbación

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.1.4 Tipos de SMF de la zona de facies 5

La sección delgada que representa esta microfacie se encuentra fuera del área de estudio, sin embargo, se incluye en la investigación para describir de mejor manera el ambiente de formación del miembro superior de la Formación Cobán.

En la fotografía 12,a y 12,b se puede observar la muestra M13 que corresponde a un único nivel de rudistas encontrados al sur del área de estudio, muy cerca de la comunidad Sarraxach del municipio de San Cristóbal Verapaz; los que probablemente corresponden al miembro superior de la Formación Cobán.

Estos rudistas no tienen asociación con ningún microfósil y estratigráficamente se encuentran sobre un nivel de brechas erosivas del miembro inferior de la Formación Cobán; en las

fotografías 12,c a 12,e se observa la sección delgada de los rudistas, son de textura *rudstone* sobre una matriz de micrita.

Es probable que esta muestra represente a unas calizas que fueron formadas en el margen de plataforma de arrecifes. Los rudistas corresponden a la Familia Radiolitidae y son de ambiente de alta energía, se pueden observar en la siguiente fotografía y sus características se resumen en la tabla 8.

FOTOGRAFÍA 12 ZONA DE FACIES 5, MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN



...continúa fotografía 12



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

TABLA 8
ZONA DE FACIES 5, MIEMBRO SUPERIOR
DE LA FORMACIÓN COBÁN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de <i>SMF</i> (Wilson, 1975)			Tipos de <i>RMF</i> (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	<i>SMF</i>	Nombre	<i>RMF</i>	Nombre
M13	773636E, 1706909N	<i>Rudstone</i>	Fragmentos de rudistas	5	6	<i>Rudstone</i> de arrecife	15	<i>Floatstone</i> bioclástico

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

El ambiente sugerido para el miembro superior de la Formación Cobán es de rampa interna, corresponde a una plataforma abierta o de lagoon (figura 9).

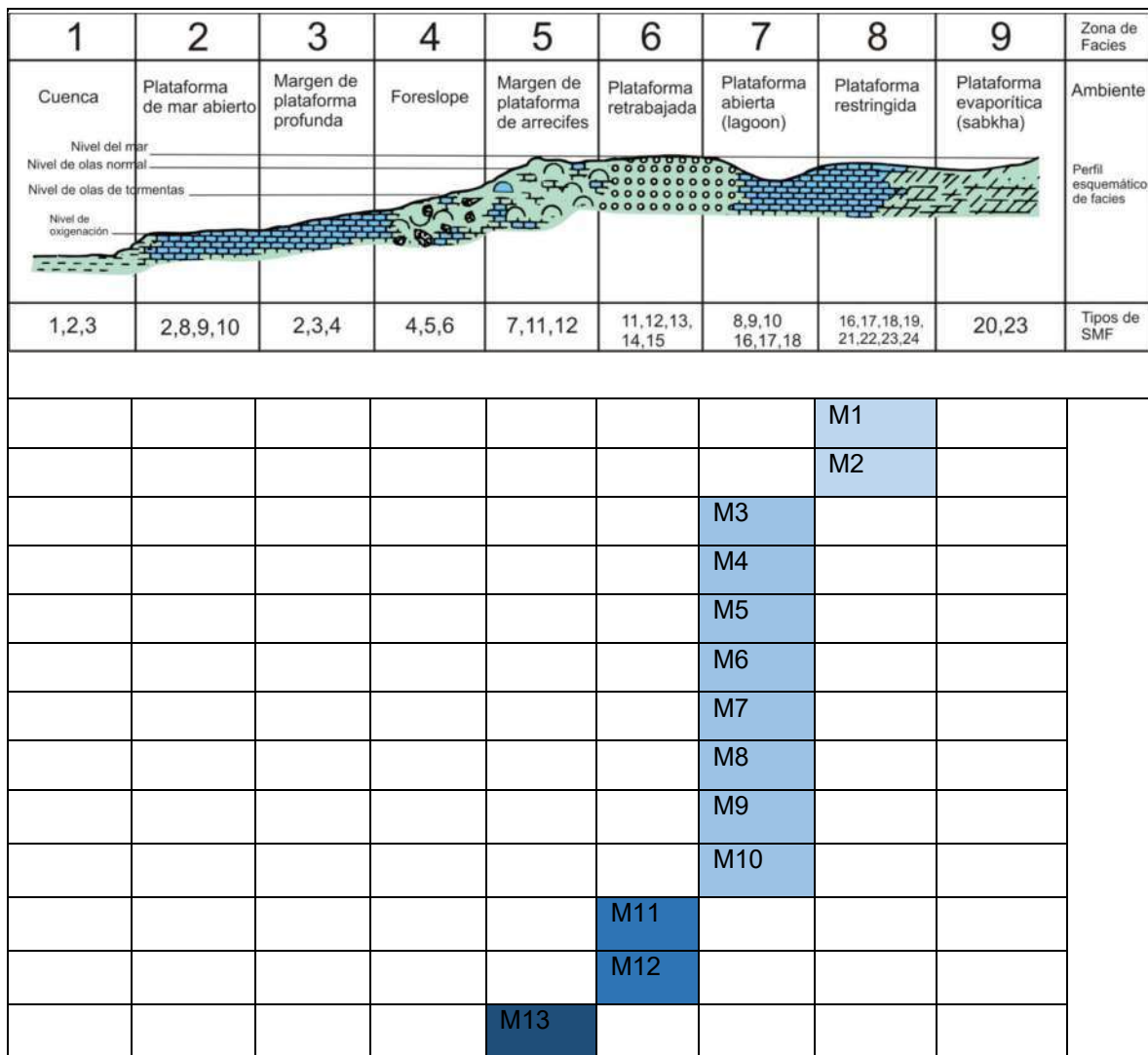
La base ocupa una parte de la plataforma restringida y el techo una parte de la plataforma retrabajada. En general los organismos vivieron en un ambiente de aguas de baja energía (*mudstone*, *wackestone*, *packstone*), depositándose algunas veces en islas barreras (*grainstone*).

La caliza del miembro superior de la Formación Cobán varía hacia el noroeste, en la base la caliza es cristalina, *mudstone* e incluso *packstone*, caracterizada por la única presencia de *Nummoloculina heimi*, más adentro de la plataforma, es decir, en dirección al noroeste la caliza es de textura más gruesa y posee abundantes foraminíferos bentónicos. Hacia el techo del miembro superior ya no se observan especies diferentes; es más notorio un retrabajamiento en la plataforma y un posible cambio de ambiente hacia el margen de plataforma de arrecifes.

Los foraminíferos con caparazón aglutinado, como: *Merlingina cretácea*, *Dicyclina schlumbergeri* y *Valvulammina picardi*, pertenecen a un subambiente marino de talud superior – medio. A diferencia de los foraminíferos de caparazónaporcelanada como lo son todos los miliólidos, pertenecen a la plataforma interna.

Probablemente, la presencia de los foraminíferos aglutinados indique subsidencias dentro de la plataforma abierta. En la siguiente figura se observan todas las muestras descritas anteriormente asignándolas a su zona de facies, las cuales están representadas por diferentes colores.

**FIGURA 9
 AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN GENERALIZADOS,
 PROPUESTOS PARA EL MIEMBRO SUPERIOR DE LA
 FORMACIÓN COBÁN**



Fuente: Trabajo de laboratorio. 2016.

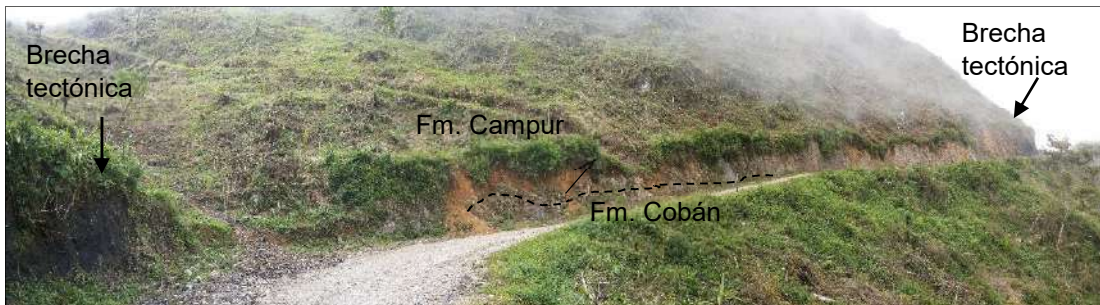
3.2 Transición de la Formación Cobán a la Formación Campur

En el área de estudio el contacto entre la Formación Cobán y la Formación Campur, se encuentra fallado. Dicho contacto ha sido observado en tres localidades: la primera de ellas se encuentra en el camino rural que conduce de la aldea Samac hacia la aldea Sanimtacá, se encuentra en un afloramiento que muestra el contacto entre ambas formaciones por medio de un fallamiento inverso, el cual puede observarse en la fotografía 13.

Este contacto se encuentra en las coordenadas 771921E, 1713360N; la falla se oculta en el afloramiento y en ambos extremos de la fotografía se puede observar como deja un remanente de brecha tectónica.

En este afloramiento se puede observar la transición de la Formación Cobán hacia la Formación Campur; las secciones delgadas detallan el contenido de fragmentos de rudistas con *Cuneolina pavonea* y *Dicyclina schlumbergeri*; estos últimos foraminíferos han sido descritos por varios autores hacia el tope de la Formación Cobán y los rudistas como parte de la base de la Formación Campur.

FOTOGRAFÍA 13 CONTACTO FALLADO INVERSO ENTRE LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR, LOCALIDAD DE SANIMTACÁ



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Más hacia el norte, en un sendero que conduce de la aldea Sanimtacá hacia la aldea Xalabé, se observa el mismo contenido fosilífero, pero de grano mucho más fino, incluye rotálidos y cortoides, fragmentos de *Dicyclina schlumbergeri* y *Valvulammina picardi*.

La segunda localidad se encuentra en una pequeña cantera que se localiza antes de llegar a la comunidad Chituj (en las coordenadas: 770208E, 1711894N), se puede observar un contacto inferido; las rocas de la Formación Cobán están plegadas y buzan hacia el sureste, mientras que las rocas de la Formación Campur buzán hacia el noreste.

Hacia el NE, en el camino rural que conduce hacia la finca San Isidro, se observa un contacto concordante entre una caliza con abundantes *Dicyclina schlumbergeri* del miembro superior de la Formación Cobán y una caliza con abundantes microfósiles de rudistas pertenecientes al miembro inferior de la Formación Campur, también se observan estratos que corresponden a una transición entre ambas formaciones; la microfauna muestra abundantes intraclastos y fragmentos de rudistas.

La tercera localidad ubicada en la comunidad San Pedrito, al norte del área de estudio se encuentra un contacto fallado de la Formación Campur con el estrato de las brechas sinsedimentarias de la Formación Cobán; el mismo está cubierto y se han observado solamente lineamientos definidos a partir de fotografías aéreas, que en el campo evidencian rastros de fallamiento inverso.

La roca cerca de dichos lineamientos se encuentra muy afectada por el fallamiento, por lo que no se observan microfósiles. Mucho más al norte, en la comunidad Inupal se ha encontrado una transición que muestra fragmentos de microfósiles pertenecientes tanto a la Formación Cobán, como a la Formación Campur. Para la transición se tienen 7 secciones

delgadas que fueron clasificadas en 3 diferentes zonas de facies y se describen a continuación.

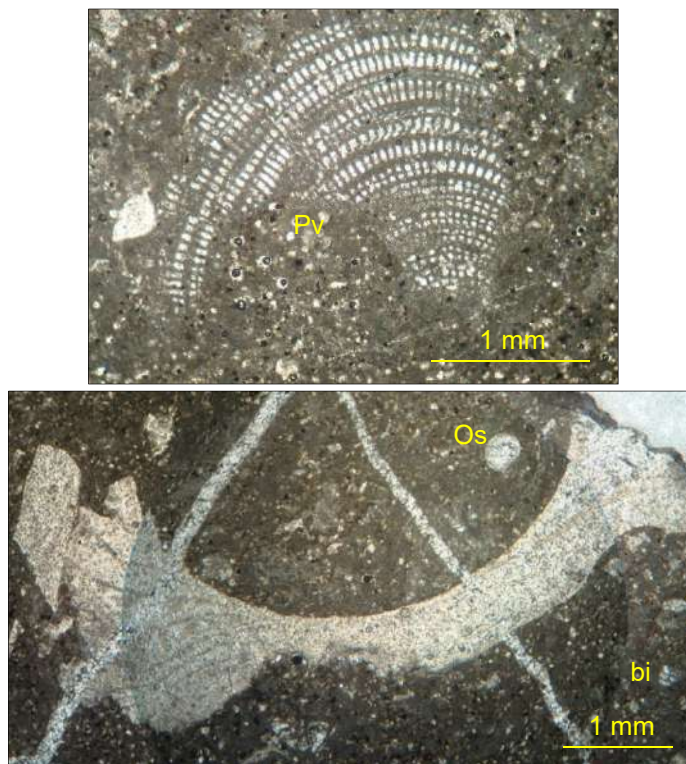
3.2.1 Tipos de *SMF* de la zona de facies 7

Incluye solamente a la muestra M14; la que fue extraída del camino rural que conduce de la aldea Samac hacia la aldea Sanimtacá; corresponde a una textura *wackestone* en una matriz que es de lodo calcáreo con abundante contenido de intraclastos.

Se ha asignado a un *SMF* 9 que se encuentra dentro de la zona de facies 7 que corresponde a un ambiente de plataforma abierta; al considerar que su formación se encuentra muy cerca de la plataforma retrabajada pues los microfósiles parecen solo haber sido arrastrados ya que se encuentran fragmentados en algunas partes y en conjunto con abundantes intraclastos que pasan a formar parte de la matriz.

En cuanto a las microfacies de rampa, se ha asignado a un *RMF* 9 que se localiza en la rampa media, caracterizada por el frecuente retrabajamiento por tormentas. En la fotografía 14 se observa la sección delgada de la muestra M14, la cual posee *Cuneolina pavonea parva* (Pv), trazas de ostrácodos (Os) y fragmentos de rudistas (fr) y raros foraminíferos bentónicos biseriales (bi). En la tabla 9 se resumen las características de esta muestra.

FOTOGRAFÍA 14 ZONA DE FACIES 7, TRANSICIÓN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

TABLA 9 ZONA DE FACIES 7, TRANSICIÓN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M14	771946E, 1713728N	Wackestone	Trazas de ostrácodos (Os) y fragmentos de rudistas, raros foraminíferos bentónicos biseriales (bi), abundantes intraclastos, <i>Cuneolina pavone parva</i> (Pv).	7	9	Wackestone bioclástico	9	Wackestone, packstone con bioclastos e intraclastos

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.2.2 Tipos de *SMF* de la zona de facies 6

Esta microfacie se analizó por medio de tres secciones delgadas (incluye las muestras M15, M16 y M17). Se caracteriza por la presencia de frecuentes fragmentos de rudistas en conjunto con microfósiles del miembro superior de la Formación Cobán, estos últimos en menor porcentaje.

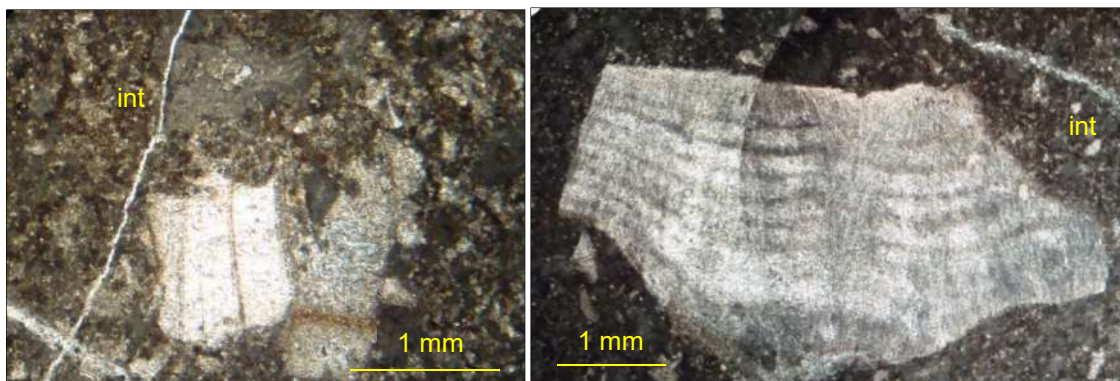
Todas las muestras han sido clasificadas dentro el *SMF* 12 y en la zona de facies 6, que se ubica dentro de un ambiente de plataforma retrabajada. La matriz de las muestras corresponde a micrita, pero en este caso, de grano más grueso ya que posee un mayor porcentaje de intraclastos.

La microfacie de rampa para esta zona de facies se ha asignado al *RMF* 7, el cual corresponde a un *packstone* bioclástico que se encuentra en la rampa media, con un frecuente retrabajamiento por las tormentas.

Algunas muestras tomadas más cerca del tope del miembro superior de la Formación Cobán poseen un frecuente contenido de foraminíferos bentónicos grandes, tal como la *Dicyclina schlumbergeri* y fragmentos de *Cuneolina pavonea parva*.

En la fotografía 15 se muestra la sección delgada la muestra M15, la cual corresponde a una textura *packstone* con frecuentes fragmentos de rudistas con abundantes intraclastos, la muestra parece tener retrabajamiento.

FOTOGRAFÍA 15 ZONA DE FACIES 6, TRANSICIÓN

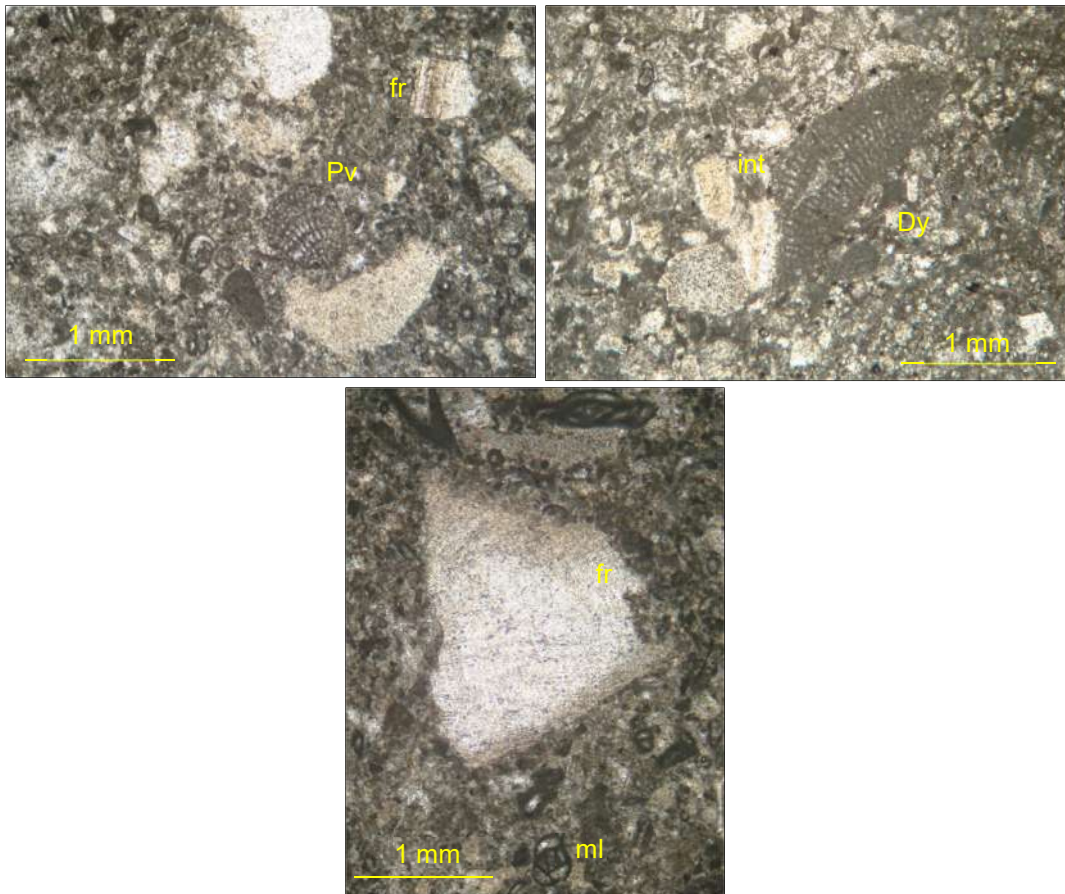


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M15 se extrajo de la aldea Sanimtacá y la M16 cerca de la aldea Chituj, en el cruce que conduce hacia la finca San Isidro. Ambas muestras poseen concentraciones de fragmentos de rudistas; los cuales parecen haberse formado muy cerca de la base de la Formación Campur, como si los primeros estratos de dicha formación hubieran sufrido un retrabajamiento debido a una posible transgresión del margen de plataforma de arrecifes hacia la plataforma retrabajada.

La fotografía 16 corresponde a la sección delgada de la muestra M16, se caracteriza por tener una textura *packstone* con trazas de miliólidos (ml), raros fósiles de *Dicyclina schlumbergeri* (Dy), y *Cuneolina pavonea parva* (Pv), abundantes fragmentos de rudistas e intraclastos (int), encerrados en una matriz micrítica.

FOTOGRAFÍA 16 ZONA DE FACIES 6, TRANSICIÓN



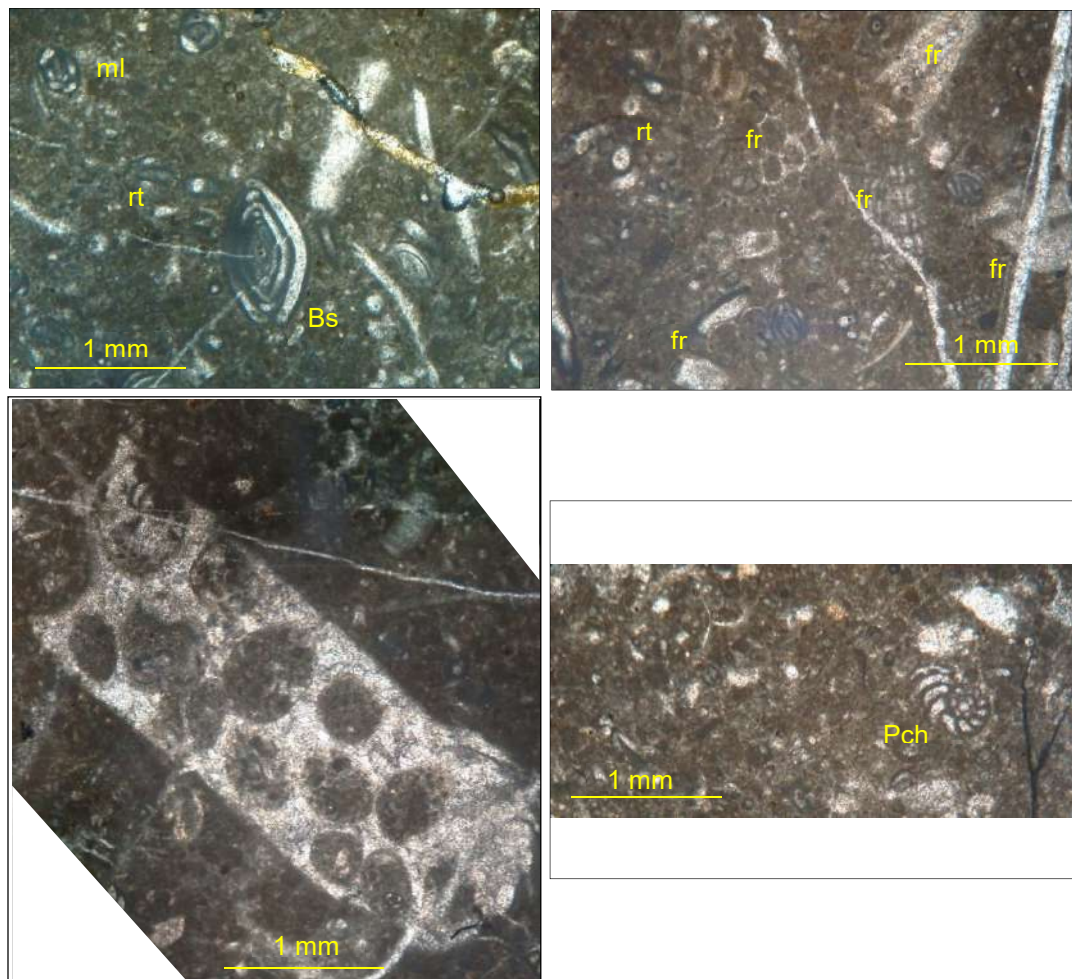
Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La M17, que fue extraída de la aldea Inupal, muestra una caliza bioclástica, la cual pudo haberse formado más cerca del tope de la Formación Cobán; en esta parte es posible que los últimos estratos del miembro superior de dicha formación hayan sido afectados en la plataforma retrabajada.

También pudieron formar parte de una transgresión, solo que, a diferencia de las anteriores, pudieron permanecer en una zona más alejada en la cual fueron poco afectados los estratos superiores de la Formación Cobán.

La fotografía 17 corresponde a la sección delgada de la muestra M17, la cual es de textura *wackestone* con trazas de *Biloculina sp.* (Bs), raros miliólidos (ml) y rotálidos (rt), abundantes fragmentos de rudistas (fr), en una matriz micrítica con trazas de vetas rellenas de esparita y la sección subaxial de *Pseudorhapydionina chiapanensis* (Pch).

FOTOGRAFÍA 17 ZONA DE FACIES 6, TRANSICIÓN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

TABLA 10
ZONA DE FACIES 6, TRANSICIÓN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M15	771900E, 1713818N	Packstone	Fragmentos de rudistas con abundantes intraclastos.	6	12	Packstone bioclástico	7	Packstone bioclástico
M16	769994E, 1712566N		Trazas de miliólidos, raros fósiles de <i>Dicyclina schlumbergeri</i> y <i>Cuneolina pavonea parva</i> , abundantes fragmentos de rudistas e intraclastos.					
M17	778810E, 1714634N	Wackestone	Trazas de <i>Biloculina sp.</i> , <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i> , raros miliólidos, escasos rotálidos y abundantes fragmentos de rudistas.					

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.2.3 Tipos de SMF de la zona de facies 5

Incluye a las muestras M18, M19 y M20; las cuales se caracterizan por una textura tipo *grainstone*, todas las muestras se han clasificado dentro del SMF 11 que corresponde a una zona de facies 5.

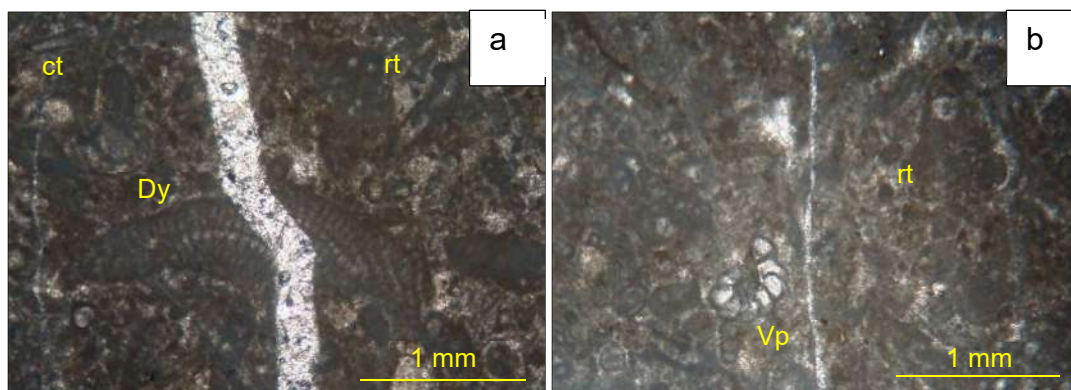
Probablemente fueron formadas en la plataforma retrabajada, pero mucho más cerca del margen de plataforma de arrecifes.

En cuanto a las microfacies de rampa, se han asignado dentro del RMF 8, el cual se encuentra en la rampa media; con un frecuente retrabajamiento por las tormentas.

Esta clase de microfacies se encuentran relacionadas a grandes fósiles como los macrorudistas y arrecifes encontrados como parte de la Formación Campur.

Las muestras 18 y 19 fueron tomadas en la aldea Sanimtacá, mientras que la muestra 20 cerca de la aldea Chituj. En las siguientes fotografías, se detallan las características de las tres secciones delgadas correspondientes a esta microfacies.

FOTOGRAFÍA 18 ZONA DE FACIES 5, TRANSICIÓN



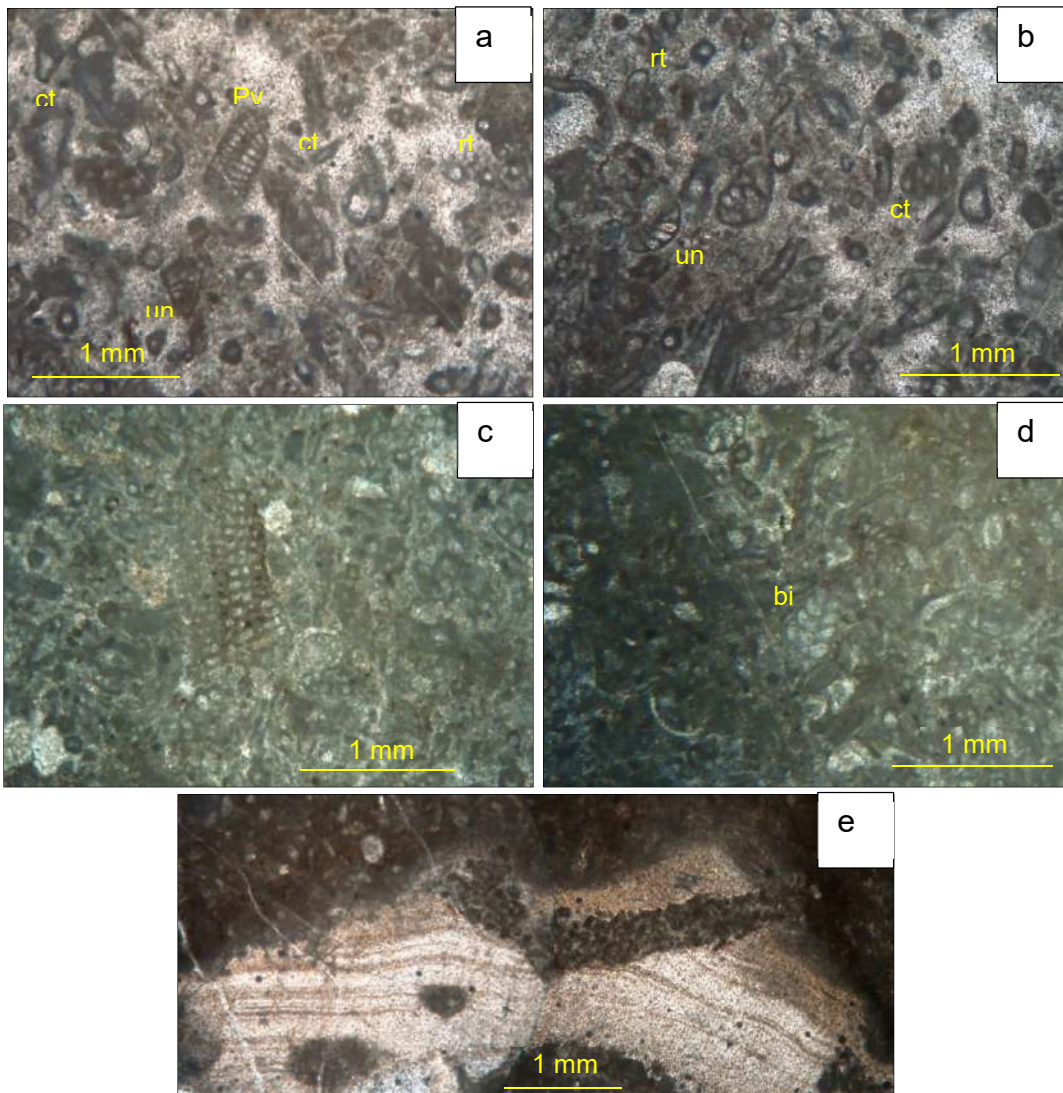
Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La fotografía 18 corresponde a la sección delgada de la muestra M18, es de textura *grainstone*, en la fotografía 18,a se observa *Dicyclina schlumbergeri* (Dy), frecuentes rotálidos (rt), escasos cortoides (ct) y vetas rellenas de esparita; la fotografía 18,b muestra *Valvulammia picardi* (Vp) y frecuentes rotálidos (rt).

Esta muestra se ha asignado al margen de plataforma de arrecifes y fue extraída al sur del fósil de arrecifes que se encuentra en el sendero hacía la comunidad Xalabé; lo que puede indicar un cambio de facies a partir de dicho fósil de arrecifes.

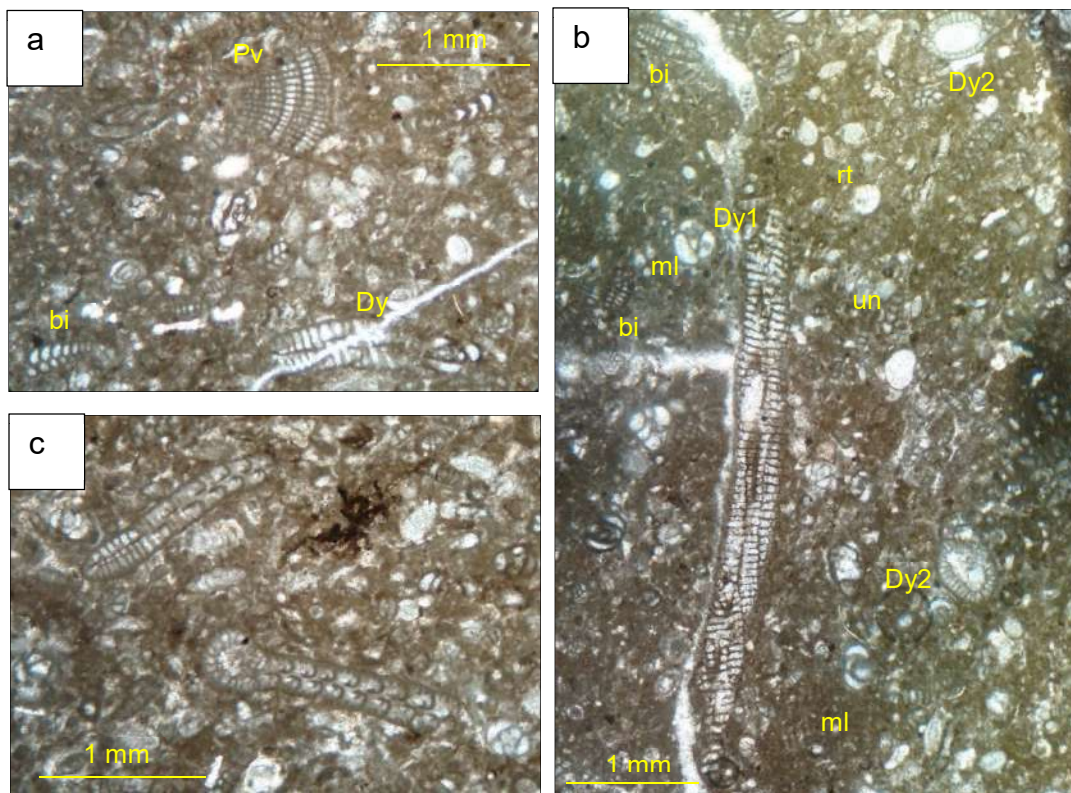
La sección delgada de la M19 (fotografía 19), posee raros foraminíferos bentónicos uniseriales (un) y biseriales (bi), raros fragmentos de rudistas (fr), escasos ejemplares de *Cuneolina pavonea parva* (Pv) y abundantes rotálidos (rt) y cortoides (ct), el ambiente de formación corresponde a un margen de plataforma de arrecifes en áreas de constante acción de oleaje, razón por la cual los organismos se encuentran tan fragmentados.

FOTOGRAFÍA 19 ZONA DE FACIES 5, TRANSICIÓN



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

FOTOGRAFÍA 20 ZONA DE FACIES 5, TRANSICIÓN



Tomada por: Anny Tasmira Kristel Molineros García. 2016.

La fotografía 20 corresponde a la sección delgada de la muestra M20, en ella, se observan microfósiles de *Cuneolina pavonea parva* (Pv), sección sub-axial *Dicyclina Schlumbergeri* (Dy), raros foraminíferos bentónicos biserials (bi), la fotografía 20,c muestra dos secciones diferentes de la *Dicyclina schlumbergeri*: sección sub-axial (Dy1) y corte transversal de (Dy2), así como abundantes fósiles biserials, escasos fósiles uniserials (un), rotálidos (rt) y miliólidos (ml).

Esta muestra fue extraída de la parte basal de los estratos que contienen microfósiles de rudistas pertenecientes al miembro

inferior de la Formación Campur. Corresponde a una caliza muy oscura, probablemente debido al alto contenido de materia orgánica.

Algunos autores atribuyen la presencia de *Dicyclina schlumbergeri* al tope de la Formación Cobán, asignándole una edad relativa del Cenomaniense (Fourcade *et. al.*, 1994).

TABLA 11
ZONA DE FACIES 5, TRANSICIÓN

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)		Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				SMF	Nombre	RMF	Nombre
M18	771403E, 1714368N	Grainstone	Trazas de <i>Dicyclina schlumbergeri</i> y de <i>Valvulamina picardi</i> , frecuentes rotálidos y escasos cortoides.	11	Grainstone con bioclastos recubiertos	8	Packstone y wackestone con bioturbación
M19	771727E, 1713627N		Abundantes rotálidos y cortoides, raros foraminíferos bentónicos uniseriales y biseriales, trazas de <i>Cuneolina pavonea parva</i> , raros fragmentos de rudistas y abundantes pellets.				
M20	770025E, 1712256N		Trazas de <i>Cuneolina pavonea parva</i> , abundantes <i>Dicyclina schlumbergeri</i> , raros foraminíferos bentónicos uniseriales y biseriales y rotálidos.				

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

Las zonas de facies y los ambientes de depositación generalizados propuestos para la transición de la Formación Cobán a la Formación Campur, se muestran en la figura 10.

Se considera que, la mayor transición se da en la plataforma retrabajada y en el margen de plataforma de arrecifes, lo cual puede estar relacionado con eventos de transgresión.

No existen fósiles característicos de dicha transición, ya que en las secciones delgadas se pudo observar que parecen ser calizas formadas por el aventamiento de las partículas del miembro superior de la Formación Cobán hacia el borde la plataforma de retrabajamiento.

Más hacía el noroeste, en dirección de la plataforma se observaron microfósiles más seleccionados en cuanto al tamaño, más fragmentados y más asociados a la macrofauna de la Formación Campur, como lo son los arrecifes y los rudistas; es posible que el ambiente ya corresponde a algo más interno del margen de plataforma de arrecifes.

Probablemente en otras localidades exista una marcada transición entre estas formaciones, pero en el área de estudio el contacto se encuentra fallado y no puede establecerse si los estratos que concordaban fueron erosionados o borrados por la actividad tectónica.

FIGURA 10
AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN GENERALIZADOS,
PROPUESTOS PARA LA TRANSICIÓN
DE LA FORMACIÓN COBÁN A LA FORMACIÓN CAMPUR

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
						M14			
					M15				
					M16				
					M17				
				M18					
				M19					
				M20					

	Tipos de SMF de la zona de facies 7		Tipos de SMF para la zona de facies 6
	Tipos de SMF de la zona de facies 5		

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.3 Formación Campur (Kca)

En el área de estudio, la Formación Campur se encuentra restringida a la esquina NW del cuadrángulo Cobán, es de geometría espacial irregular con un espesor aproximado de 525 m. Ha podido observarse a través de sus dos miembros: inferior y superior.

En algunas partes del área de estudio, el contacto con la subyacente Formación Cobán es fallado. En las coordenadas: 770025E, 1712256N se

encuentra el miembro inferior de la Formación Campur concordantemente sobre el estrato de *Dicyclina schlumbergeri* del miembro superior de la Formación Cobán; Fourcade *et. al.*, (1999) mencionan que este contacto estaba presente en la localidad tipo.

François Michaud, *et. al.* (1992) mencionan en su trabajo sobre El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya, que:

La Formación Campur puede ser dividida en dos miembros, un miembro inferior constituido por las calizas de plataforma externa con rudistas y grandes foraminíferos béticos, y un miembro superior representado por las calizas con nódulos de pedernal y Globotruncanoides.²⁰

Ambos miembros de la Formación Campur pueden ser claramente observados en el área de estudio y se describen a continuación.

3.3.1 Miembro inferior (Kca1)

Corresponde a la mayor extensión de la Formación Campur dentro del cuadrángulo, está orientada hacia el noroeste. Se encuentra en su mayor parte, masiva, probablemente por su formación en medios arrecifales. Sus límites espaciales con el miembro superior de la Formación Cobán están representados por fallas inferidas, fallas inversas y contactos geológicos concordantes.

Corresponde a una caliza de color de gris a beige, la textura varía entre *wackestone*, *packstone*, *grainstone*, *floatstone* y *rudstone*. Las secciones de referencia se encuentran en las localidades de Sanimtacá, San Pedrito e Inupal. Fuera del área de

²⁰ Francois Michaud (1992), *El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya (Guatemala)*, 234.

estudio se observó un estrato de calizas con rudistas en la comunidad Chiyó, San Pedro Carchá, al este del cuadrángulo.

El miembro inferior se ha dividido en dos estratos: en la base se encuentra el estrato de calizas con macrofósiles de rudistas, subyacente por el estrato de fósiles de rudistas más foraminíferos bentónicos.

El estrato que comprende las calizas con macrofósiles de rudistas consiste de una caliza con texturas *grainstone*, *floatstone* y *rudstone* que incluyen abundantes intraclastos, escasos pellets, raros miliólidos, rotálidos y trazas de fragmentos de coral, algas y arrecifes (fotografía 21).

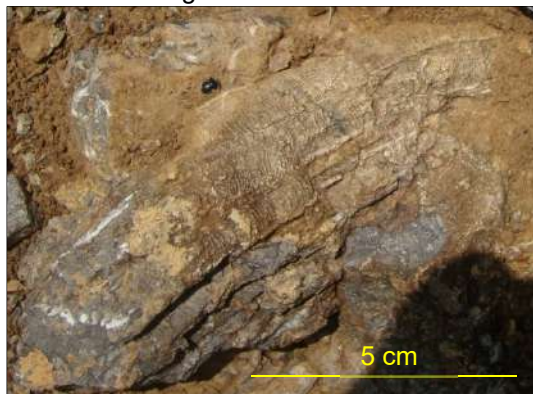
Los rudistas de este estrato pertenecen a la Familia Radiolitidae y son asignados a ambientes de alta energía. Las secciones de referencia se encuentran en la comunidad de Sanimtacá, Inupal y San Pedrito.

FOTOGRAFÍA 21

MIEMBRO INFERIOR DE LA FORMACIÓN CAMPUR, ESTRATO DE MACROFÓSILES DE RUDISTAS



...continúa fotografía 21

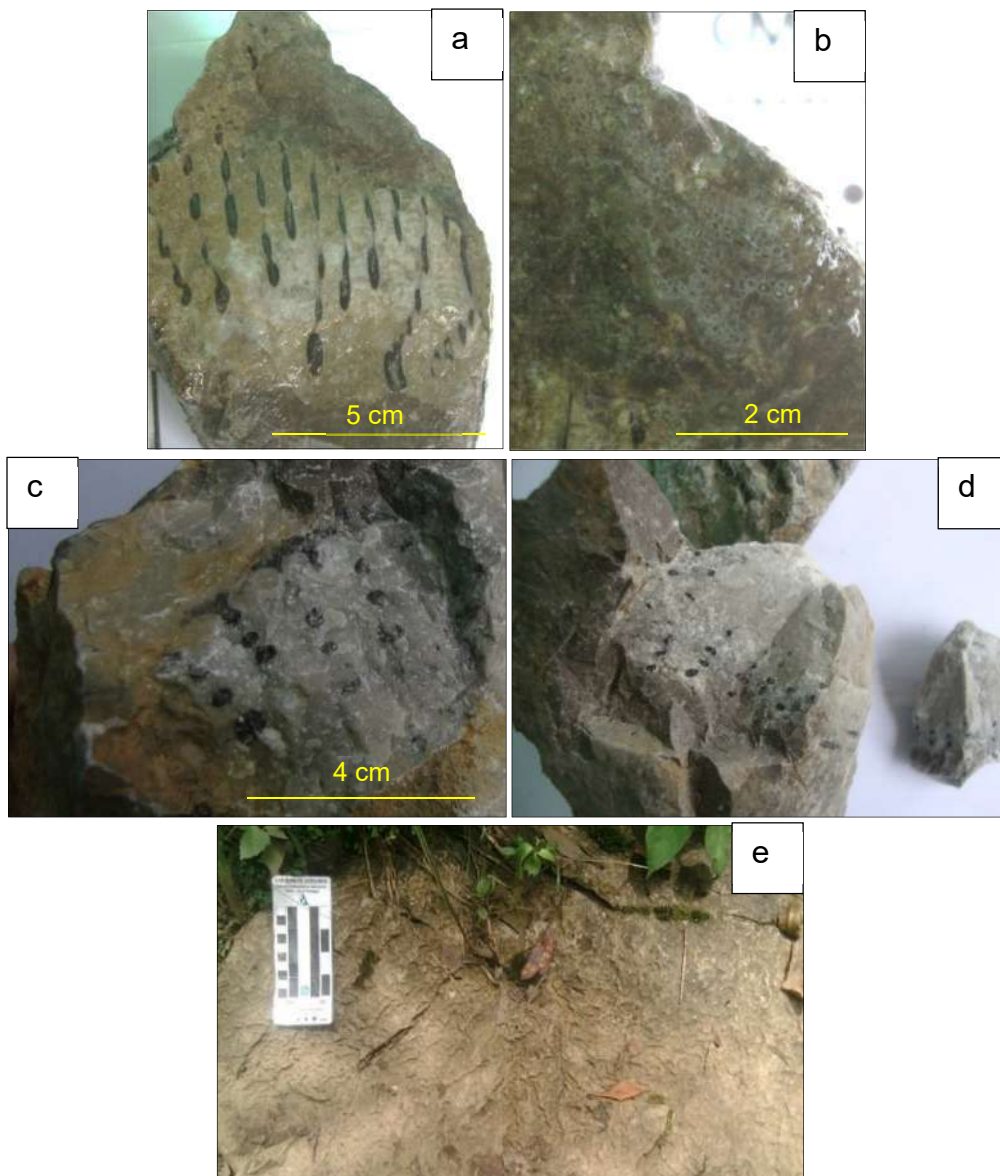


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

El estrato que comprende las calizas con rudistas y foraminíferos bentónicos (fotografía 22), corresponde a una caliza de color gris claro, casi blanca de textura *wackestone* y *packstone*. Incluye *Sulcoperculina vermunti*, *Sulcoperculina globosa*, *Vaughanina cubensis*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina*

schlumbergeri, Pseudorbitoides, frecuentes intraclastos, rudistas de la Familia Hippuritidae (fotografía 22,a), rudistas de la Familia Radiolitidae (fotografía 22,b–22,d) y un posible fósil de arrecife (fotografía 22,e). La sección de referencia se encuentra en el sendero hacia la comunidad Xalabé.

FOTOGRAFÍA 22 MIEMBRO INFERIOR DE LA FORMACIÓN CAMPUR, ESTRATO DE RUDISTAS Y FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

De acuerdo a lo que Fourcade, *et. al.* (1994) mencionan en uno de sus artículos sobre el Bloque Maya, este miembro no puede tener una edad anterior al Campaniense. Otros autores la definen dentro de una edad Campaniense temprano.

3.3.2 Miembro superior (Kca2)

Aflora en un camino rural que conduce del municipio de Cobán hacia la finca San Isidro. Se puede ver a partir de las coordenadas: 769626E,1713075N, donde tiene ~ 20 m de espesor. Ha sido dividida en tres niveles: los estratos inferiores que consisten de calizas con espículas y nódulos de chert, los estratos medios que corresponden a conglomerados de arrastre y los estratos superiores que se identifican por la presencia de abundantes globotruncanas y globigerínidos.

Los estratos de calizas con nódulos de chert poseen ~ 5m de espesor, corresponden a una caliza de color gris claro, de textura muy fina, no estratificada con abundantes nódulos de chert de color blanco, (fotografía 23), algunos niveles de este estrato poseen abundantes espículas de esponja.

Los estratos medios del miembro superior de la Formación Campur, corresponden a unos conglomerados calcáreos que en la base poseen clastos de 10 cm de diámetro, haciéndose más finos hacia el techo. Están muy bien seleccionados, muy redondeados y de alta esfericidad (fotografía 24) que indica que los mismos tuvieron un gran transporte dentro de la plataforma.

Poseen ~ 5 m de espesor, en algunos afloramientos se observan costras de las calcilutitas verdes con abundantes

globotruncanas que pertenecen a los estratos altos del miembro superior de la Formación Campur.

FOTOGRAFÍA 23
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN CAMPUR,
ESTRATO DE CALIZAS CON NÓDULOS DE CHERT
Y ESPÍCULAS DE ESPONJA



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Estos conglomerados poseen abundante microfauna tanto del miembro superior de la Formación Cobán, como del miembro inferior de la Formación Campur, incluyen los estratos de calizas con nódulos de chert.

Incluye clastos con microfósiles de fragmentos de rudistas, *Sulcoperculina vermunti*, *Sulcoperculina globosa*, *Vaughanina cubensis* rotálidos, cortoides, *Dicyclina schlumbergeri*,

Valvulamina picardi, intraclastos, *Pseudorbitoides*, fragmentos de corales y miliólidos. La matriz en algunas partes corresponde a una micrita con abundantes globigerínidos y globotruncanas, algunos conglomerados no poseen matriz sino un cemento de esparita.

FOTOGRAFÍA 24 MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN CAMPUR, ESTRATO MEDIO DE CONGLOMERADOS CALCÁREOS



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Los estratos superiores del miembro superior de la Formación Campur corresponden a intercalaciones de calcilutitas *mudstone* de color verde con abundante contenido de globotruncanas y calizas grises *packstone* (fotografía 24). A este estrato se le ha denominado de la misma manera que lo denominaron Fourcade *et. al.* (1994); zona calcarata; lo cual hace referencia a la presencia de la *Globotruncanita calcarata*, siendo este microfósil un marcador muy importante de la edad Campaniense tardío.

En estos estratos se observaron estructuras sedimentarias como marcas de carga, *burrows* y pequeños *ripples* que se muestran en la columna estratigráfica del anexo 4. La columna representa dicha zona calcarata.

FOTOGRAFÍA 25
MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN CAMPUR,
ESTRATO SUPERIOR: ZONA CALCARATA



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La microfauna característica de estos estratos incluye: *Globotruncanita* gr. *stuartiformis*, *Globotruncanita* gr. *eleveta*, *Globotruncanita calcarata*, *Globotruncana* gr. *arca*, *Globotruncana* gr. *linneiana*, *Globotruncana* gr. *bulloides*, *Globotruncana* gr. *caliciformis*.

Con base en los biohorizontes establecidos por Rodríguez-Domínguez, el miembro superior de la Formación Campur puede ser correlacionado con el biohorizonte con globotruncánidos. Coinciden en la presencia de globotruncanas y le es asignada una edad del Campaniense tardío. Se establecieron 5 diferentes zonas de facies para la Formación Campur, las cuales se describen a continuación:

3.3.3 Tipos de SMF de la zona de facies 4

Incluye el rango de muestras M21 – M25 y se caracterizan por presentar abundantes fósiles de rudistas de ambiente de alta energía, que en algunas partes pueden observarse completos, en otras se observan muy fragmentados. Pueden ser vistos en las

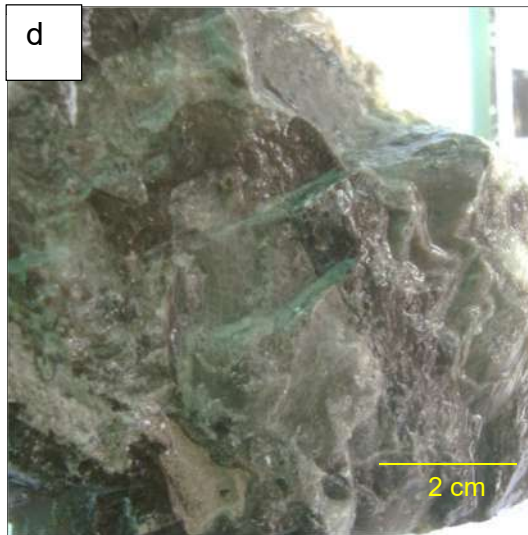
localidades de la aldea Sanimtacá e Inupal del municipio de Cobán y en la aldea Sacsí del municipio de San Pedro Carchá.

Es una caliza de color gris, a veces es amarillenta: de textura *grainstone*, *floatstone* y *rudstone*. En su mayoría se encuentran masivas, corresponden a la base de la Formación Campur. Los fósiles de rudistas se encuentran en conjunto con miliólidos, rotálidos, pellets e intraclastos.

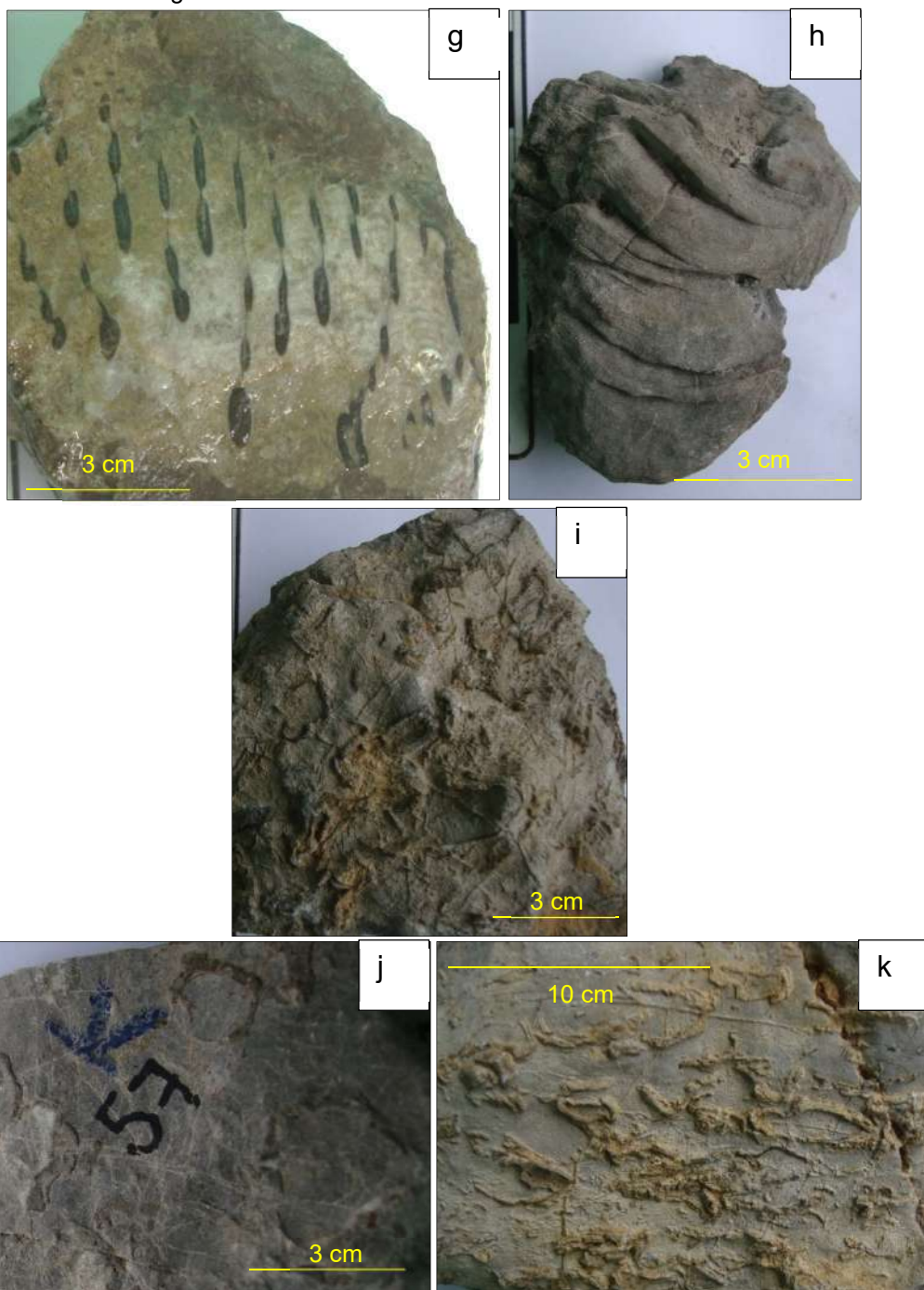
En base a la tesis doctoral de la paleontóloga Angélica Oviedo García sobre los Rudistas del Cretácico superior del centro al sureste de México, se ha podido determinar que los rudistas presentes en el área de estudio probablemente correspondan a las familias Radiolitidae e Hippuritidae. En la fotografía 26 se muestran algunos ejemplares y la posible familia taxonómica a la que corresponden.

La fotografía 26,a es de un rudista de la Familia Antilocrapinidae y es de los conglomerados calcáreos; las fotografías 26,b a 26,e corresponden a rudistas de la Familia Radiolitidae y son de la localidad de Sanimtacá; las fotografías 26,f y 26,g muestran los rudistas de la localidad de Xalabé; la fotografía 26,h es de los rudistas de la localidad de Inupal y corresponde a la Familia Hippuritidae; la fotografía 26,j muestra los rudistas de la localidad de Inupal y las fotografías 26,i y 26,k son de los rudistas de la localidad de San Pedrito.

FOTOGRAFÍA 26 RUDISTAS CRETÁICOS DE LA FORMACIÓN CAMPUR



...continúa fotografía 26



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

En la localidad de Sanimtacá, los rudistas se encuentran muy fragmentados, es difícil observar un ejemplar completo; a diferencia de la localidad de Inupal y San Pedrito, dónde los fósiles parecen formar alfombras de rudistas.

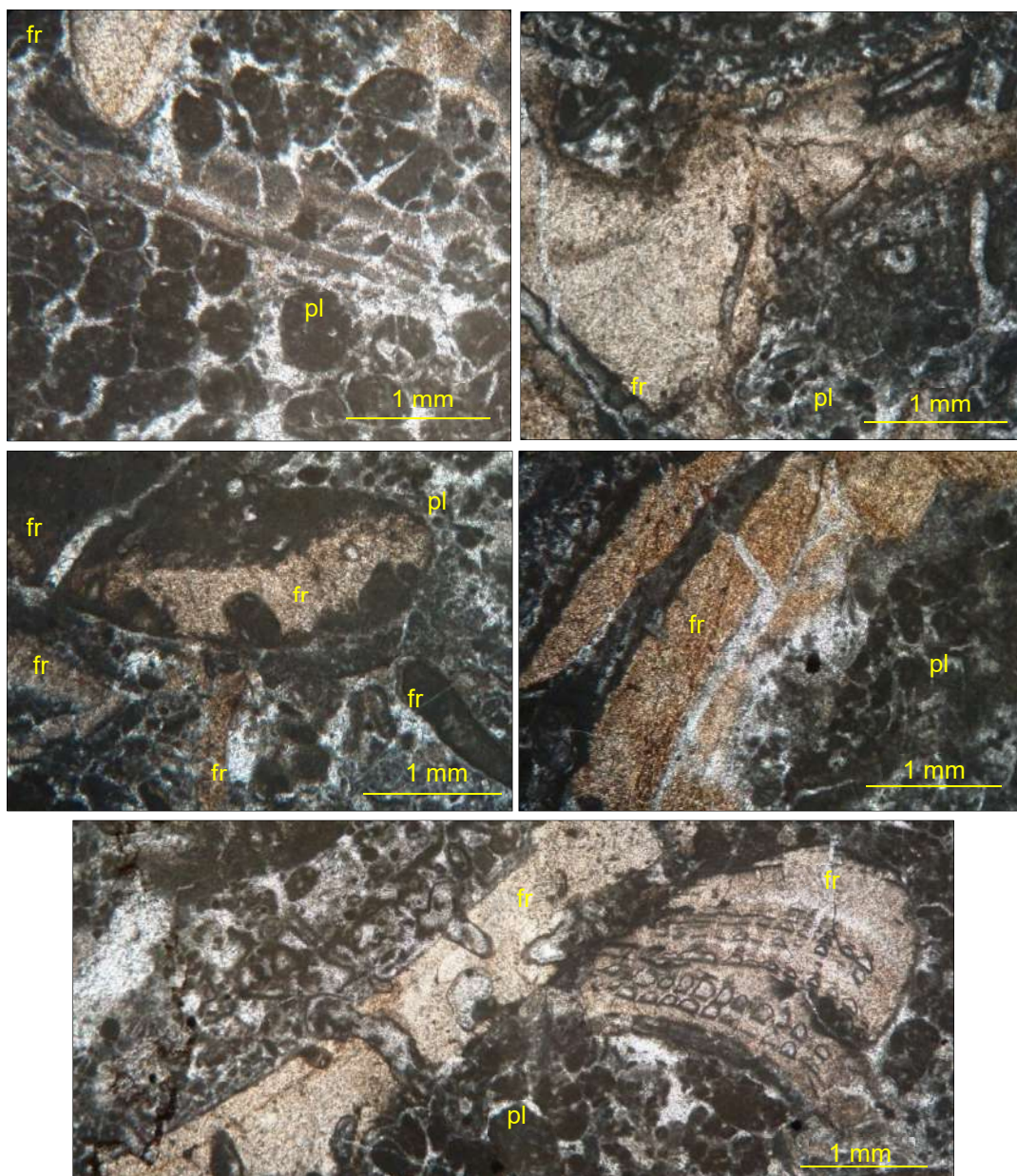
Los rudistas de la comunidad de Xalabé son distintos a los anteriormente mencionados, probablemente existan tres distintos niveles de rudistas, lo que podría ser determinado a través de un estudio más detallado. Para esta microfacie se cuenta con 5 secciones delgadas. En la tabla 11 y en las siguientes fotografías se presentan las características de los macrorudistas.

Esta microfacie fue asignada a la zona de facies 4 que se ubica en un ambiente de foreslope o talud, sin embargo, algunos rudistas pudieron haberse formado dentro del margen de plataforma de arrecifes y haber tenido un transporte que provocará la fragmentación y depositación en el foreslope. Las microfotografías se muestran a continuación.

La muestra M21 corresponde a un *SMF* 4, se encuentra ubicada en el talud de la ladera sumergida donde se encuentran las calizas resedimentadas; pertenece a un *RMF* 7 ubicada en la rampa media; la muestra ha sido extraída de la aldea San Pedrito.

La fotografía 27 corresponde a la sección delgada de la muestra M21, la cual es de textura *grainstone* con fragmentos de posibles rudistas (fr) que posiblemente sean de la Familia Hippuritidae, también se observan abundantes pellets (pl),

FOTOGRAFÍA 27 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M22 corresponde a un *SMF* 5, posee una textura *floatstone* con abundantes fragmentos de rudistas que contienen trazas de miliólidos, además de intraclastos (fotografía 28), la matriz es de micrita y en algunas partes los rudistas poseen criptas rellenas de micrita. Se ha ubicado en un *RMF* 9, lo

que corresponde a una rampa media. La muestra se extrajo cerca de la aldea Chituj, en el cruce que conduce hacia la finca San Isidro.

FOTOGRAFÍA 28 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Los rudistas de las muestras M22 y M23 corresponden a la Familia Radiolitidae y su posible ambiente de formación se ubica dentro de la pendiente del frente del arrecife, normalmente en una zona de alta energía que provocó la fragmentación de la mayoría de los rudistas.

La sección delgada de la muestra M23 (fotografía 29) corresponde a un *SMF* 6, es de textura *rudstone* sobre una matriz de micrita, en algunas partes es reemplazada por cemento de esparita. Se ha ubicado en la rampa interna, en el *RMF* 15, donde pueden existir bancos de alto energía. La muestra se extrajo en la aldea Sanimtacá.

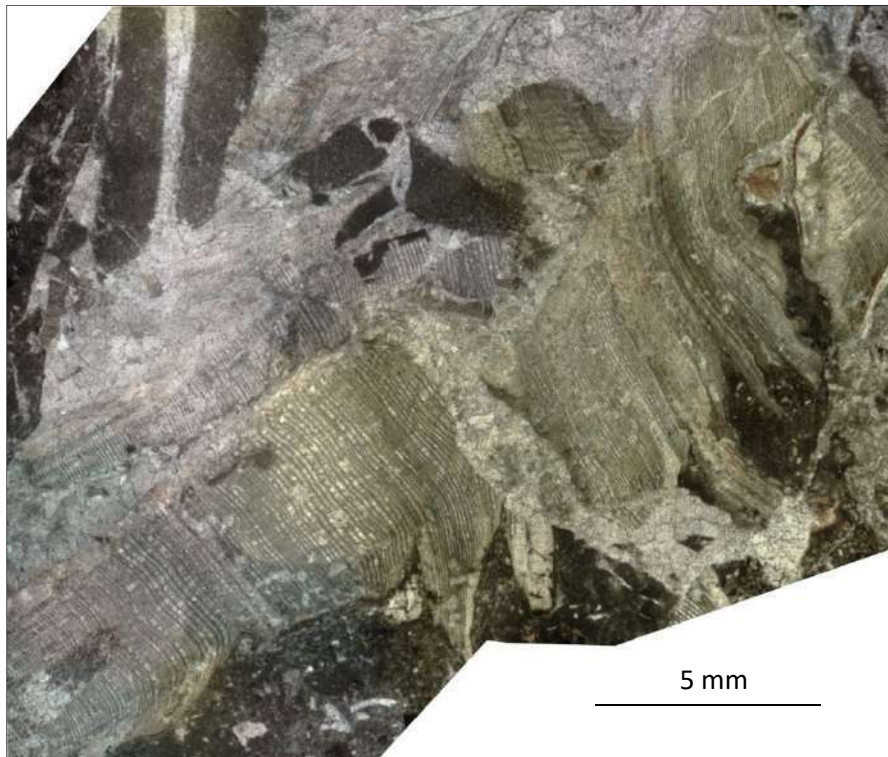
FOTOGRAFÍA 29 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M24 (fotografía 30) corresponde a un *SMF* 6, posee una textura *rudstone* con presencia de microfósiles de rudistas en una matriz de micrita con raros miliólidos. El *RMF* para esta muestra se encuentra en la rampa interna. La muestra se extrajo en la aldea San Pedrito.

FOTOGRAFÍA 30 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La siguiente fotografía muestra unos fragmentos de rudistas que han sido encontrados fuera del área de estudio y muestran una relación estratigráfica con el miembro inferior de la Formación Campur. Se hallan en contacto discordante y fallado sobre el estrato de brechas sinsedimentarias de la Formación Cobán, en el área de Chiyó, San Pedro Carchá.

Este mismo contacto se observó dentro del área de estudio en la comunidad Inupal, en Cobán. La diferencia entre los fósiles es que los rudistas de la localidad de Chiyó en San Pedro Carchá son de menor tamaño, más fragmentados y se puede observar más variedad de los mismos.

La fotografía 31 muestra la sección delgada de la muestra M25, es de textura *floatstone* con fragmentos de rudistas en una matriz de micrita, posiblemente los rudistas son de la Familia Radiolitidae.

FOTOGRAFÍA 31 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

3.1.1 Tipos de SMF de la zona de facies 5

Esta microfacie se caracteriza por poseer abundantes foraminíferos bentónicos con escasos rudistas; también se observaron calizas clásticas fosilíferas y raros fósiles de arrecifes. Al tope de esta microfacie se observan pequeños estratos de conglomerados calcáreos.

TABLA 12
ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M21	777174E, 1713889N	Grainstone	Abundantes pellets y fragmentos de rudistas.	4	4	Packstone bioclástico	7	Packstone bioclástico
M22	770126E, 1712200N	Floatstone	Abundantes fragmentos de rudistas, trazas de miliólidos y escasos intraclastos.		5	Floatstone con bioclastos de arrecife	9	Wackestone, packstone y floatstone con bioclásticos
M23	772000E, 1713965N	Rudstone	Fragmentos de rudistas y abundantes intraclastos.		6	Rudstone de arrecife	15	Floatstone bioclástico
M24	777082E, 1714719N		Fragmentos de rudistas y raros miliólidos.					
M25	794250E, 1714000N	Floatstone	Fragmentos de rudistas.					

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

Las calizas de esta microfacie son de color gris claro, casi blancas, de textura *wackestone* y *packstone*; se encuentran masivas y pueden verse en un sendero que conduce de la aldea Sanimtacá hacia la aldea Xalabé. Esta microfacie no fue observada en ninguna otra localidad dentro del área de estudio.

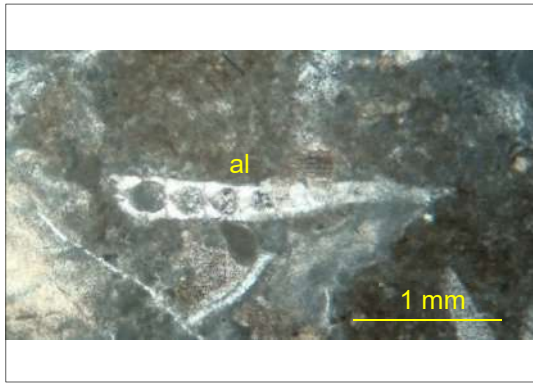
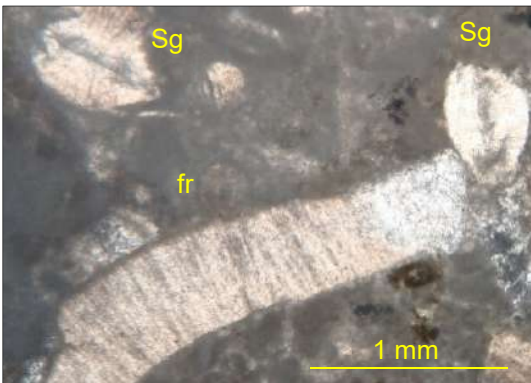
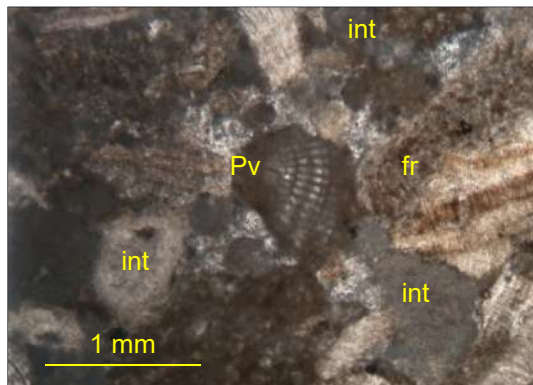
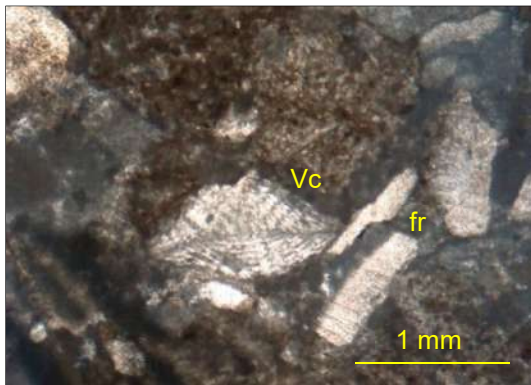
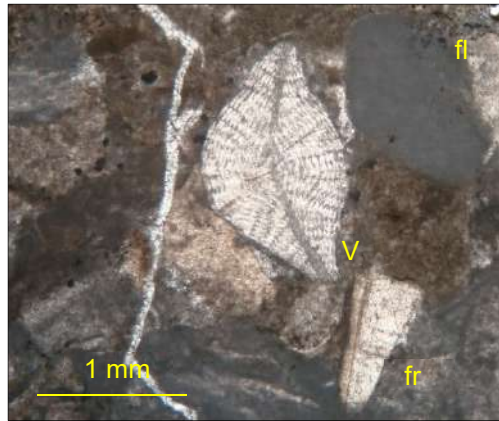
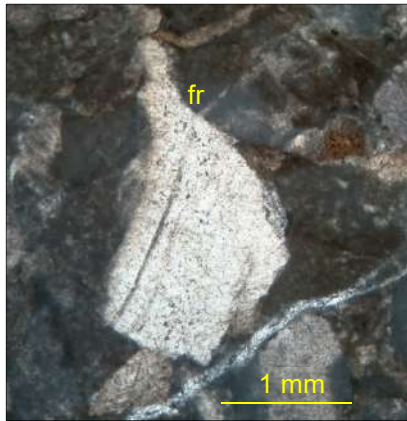
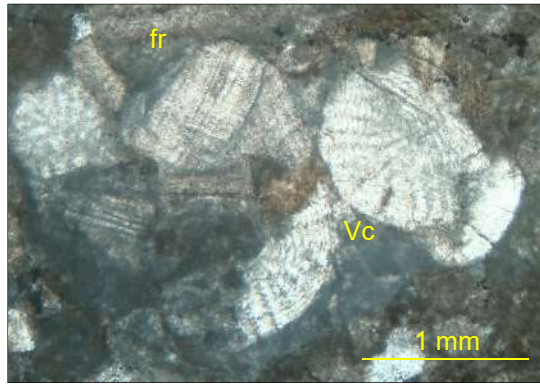
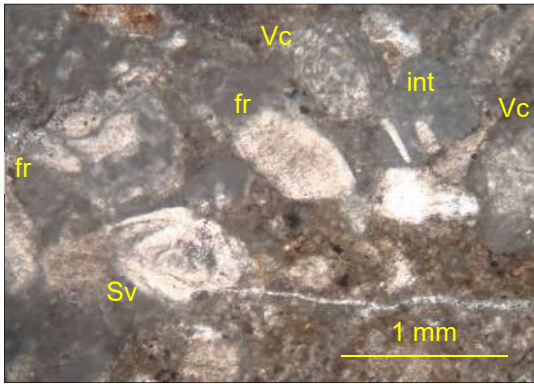
Los foraminíferos bentónicos (fotografía 32) encontrados en estas calizas, son características del miembro inferior de la Formación Campur, indican una edad relativa del Campaniense; de acuerdo a Fourcade *et. al.* (1999).

Todas las muestras se han clasificado dentro de la zona de facies 5, que corresponde a un ambiente de margen de plataforma de arrecifes. Así mismo, todas las muestras corresponden al *RMF 7*, que se encuentra dentro de la rampa media.

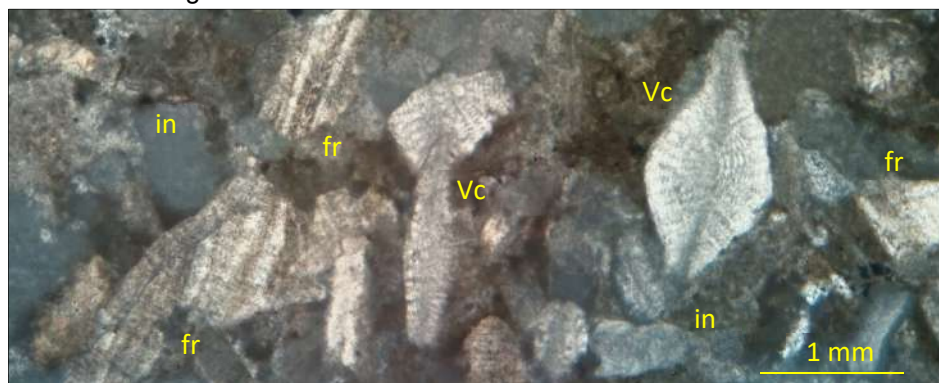
En la tabla 13, se resumen las características de las muestras correspondientes a esta microfacie, de la que se tienen 3 secciones delgadas de las muestras M26, M27 y M28; seguido por las fotografías que muestran las características de estas secciones.

La fotografía 26 corresponde a la sección delgada de la muestra M26, posee una textura *packstone* con raros fragmentos de rudistas (fr) y raros fragmentos líticos (fl); trazas de ejemplares de *Cuneolina pavonea parva* (Pv), frecuentes ejemplares de *Sulcoperculina vermunti* (Sv) y *Vaughanina cubensis* (Vc); fragmentos de algas calcáreas (al), *Sulcoperculina globosa* (Sg) y abundantes intraclastos (int).

FOTOGRAFÍA 32 ZONA DE FACIES 5, FORMACIÓN CAMPUR



...continúa fotografía 32



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

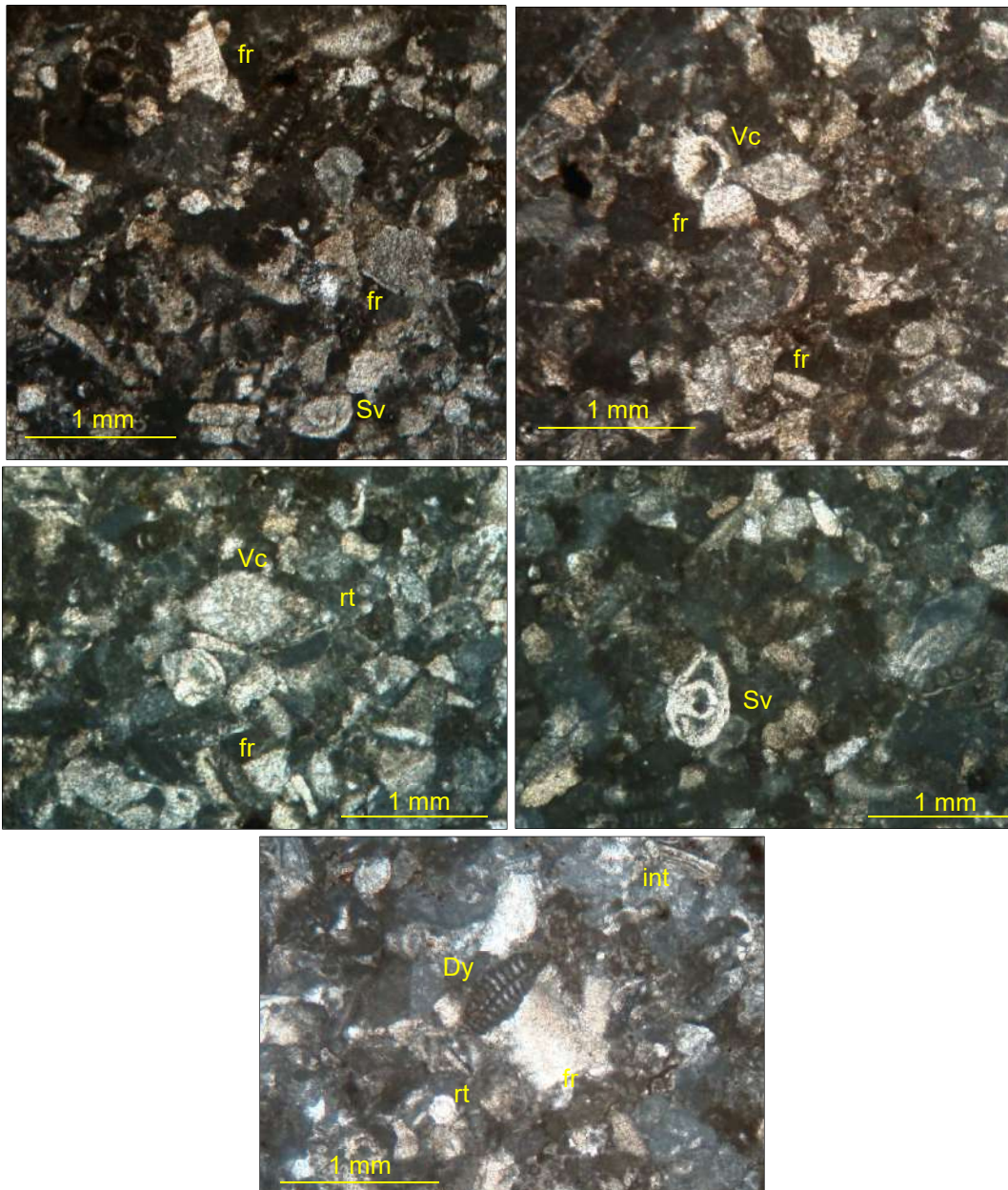
La muestra M26 corresponde a unas calizas clásticas que sobreyacen al estrato de rudistas y foraminíferos bentónicos, el posible origen de estas calizas se encuentra en las laderas y bordes de plataforma, o también conocido como foreslope.

La muestra 27 corresponde a un clasto de un afloramiento de conglomerados calcáreos que no ha sido bien observado en el área de estudio, posiblemente esté relacionado con las calizas clásticas; ya que se encuentran muy cercanas en la localidad en la que afloran. Pero, es muy difícil asignar una relación estratigráfica entre estas últimas dos muestras, pues no poseen una extensión mapeable y tampoco se observaron en otra parte del área de estudio.

Esta muestra corresponde a un *SMF* 12, posee una textura *packstone* con frecuentes rotálidos (rt) e intraclastos (int), ejemplares de *Sulcoperculina vermunti* (Sv), *Dicyclina schlumbergeri* (Dy) y abundantes fragmentos de rudistas (fr), como lo muestra la fotografía 33.

En cuanto a la microfacie de rampa, se ha asignado al *RMF* 7 que se encuentra en la rampa media.

FOTOGRAFÍA 33 ZONA DE FACIES 5, FORMACIÓN CAMPUR

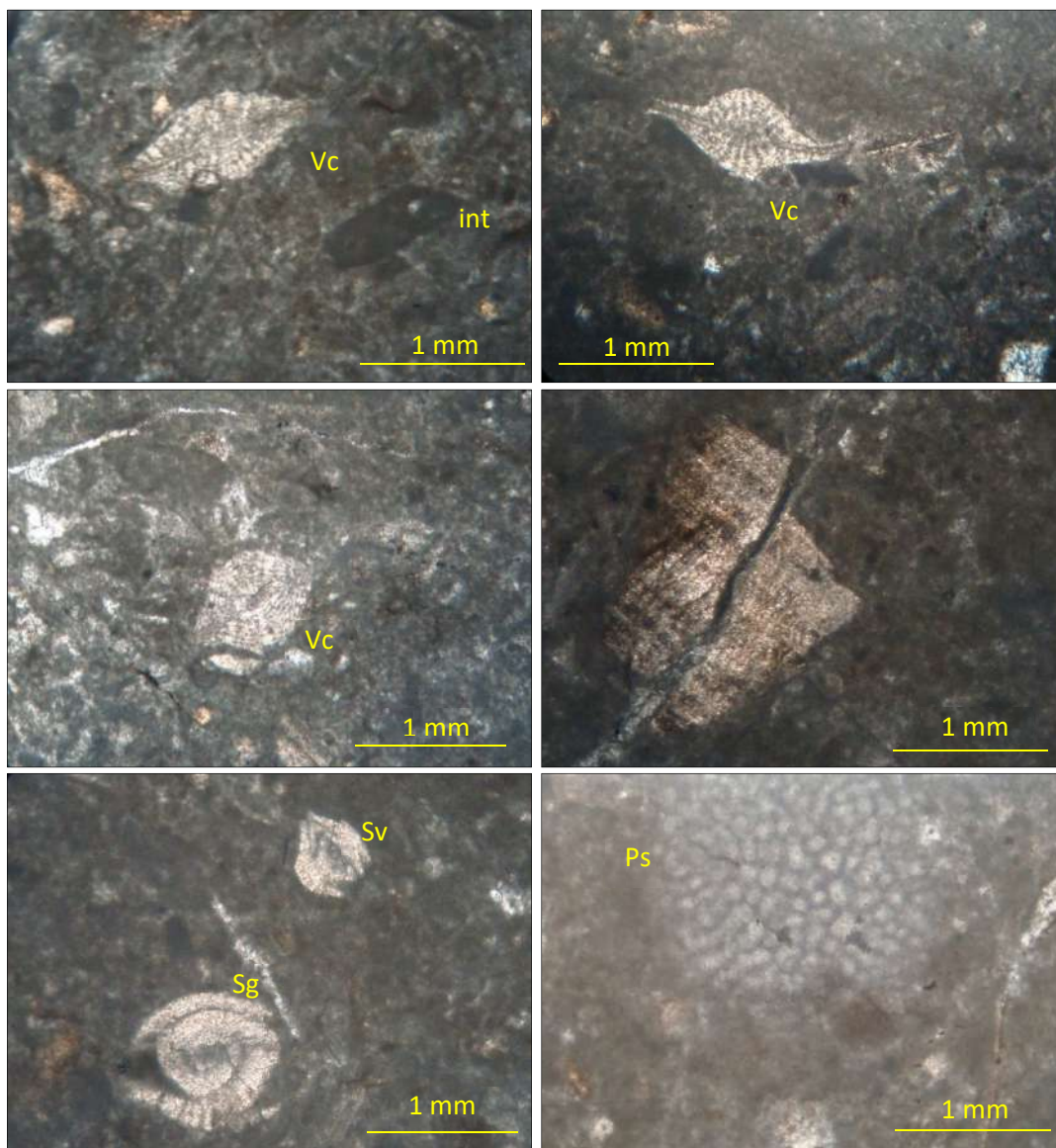


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M28 es de textura *wackestone*, corresponde a un *SMF* 12 y un *RMF* 7, por lo tanto, se ubica dentro de la rampa media. Posee raros intraclastos (*int*), trazas de fragmentos de rudistas (*fr*) y ejemplares de *Vaughanina cubensis* (*Vc*), *Sulcoperculina vermunti*

(Sv), *Sulcoperculina globosa* (Sg) y *Pseudorbitoides* (Ps), como se observa en la fotografía 34.

FOTOGRAFÍA 34 ZON DE FACIES 5, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Esta muestra corresponde a la matriz de la caliza que incluye a los rudistas de la localidad de Xalabé. En la plataforma se

encuentra dentro del margen de arrecifes, por debajo de las calizas clásticas descritas anteriormente.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las características de las muestras que pertenecen a esta zona de facies de la Formación Campur.

TABLA 13
ZONA DE FACIES 5, FORMACIÓN CAMPUR

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)		Tipos de RMF (Flügel, 2004)		
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M26	771309E, 1714577N	Packstone	Frecuentes <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Vaughanina cubensis</i> , raros fragmentos de rudistas y frecuentes intraclastos. Trazas de <i>Cuneolina pavonea parva</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> y fragmentos de algas calcáreas.	5	12	Packstone bioclástico	7	Packstone bioclástico
M27	771313E, 1714611N		Frecuentes <i>Sulcoperculina vermunti</i> , abundantes fragmentos de rudistas, <i>Vaughanina cubensis</i> , frecuentes rotálidos, abundantes intraclastos y trazas de <i>Dicyclina schlumbergeri</i> .					
M28	771346E, 1714533N	Wackestone	Frecuentes <i>Vaughanina cubensis</i> , raros intraclastos, <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> y trazas de fragmentos de rudistas, <i>Pseudorbitoides</i> .					

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.1.2 Tipos de SMF de la zona de facies 1

Incluye las muestras M29 y M30, las cuales fueron extraídas en una pequeña cantera que se encuentra en el camino rural que conduce hacia la finca San Isidro. La caliza es de color gris intenso, de grano muy fino, el afloramiento posee ~ 5 m de espesor.

Las calizas con espículas o espiculita, se encuentran sobre las calizas con nódulos de chert. Esta zona de facies se identifica por presentar características de ambientes profundos, incluso parece haberse formado muy cerca de la profundidad de compensación de carbonatos; probablemente en los márgenes de dicha profundidad.

Este margen se denomina lisoclina, y al parecer esta microfacie se encuentra estrechamente relacionada con este nivel, ya que existe una evidente disolución de carbonatos a través de la presencia de nódulos de chert, pero no una disolución completa como para afirmar que se forman por debajo del nivel de compensación de los carbonatos.

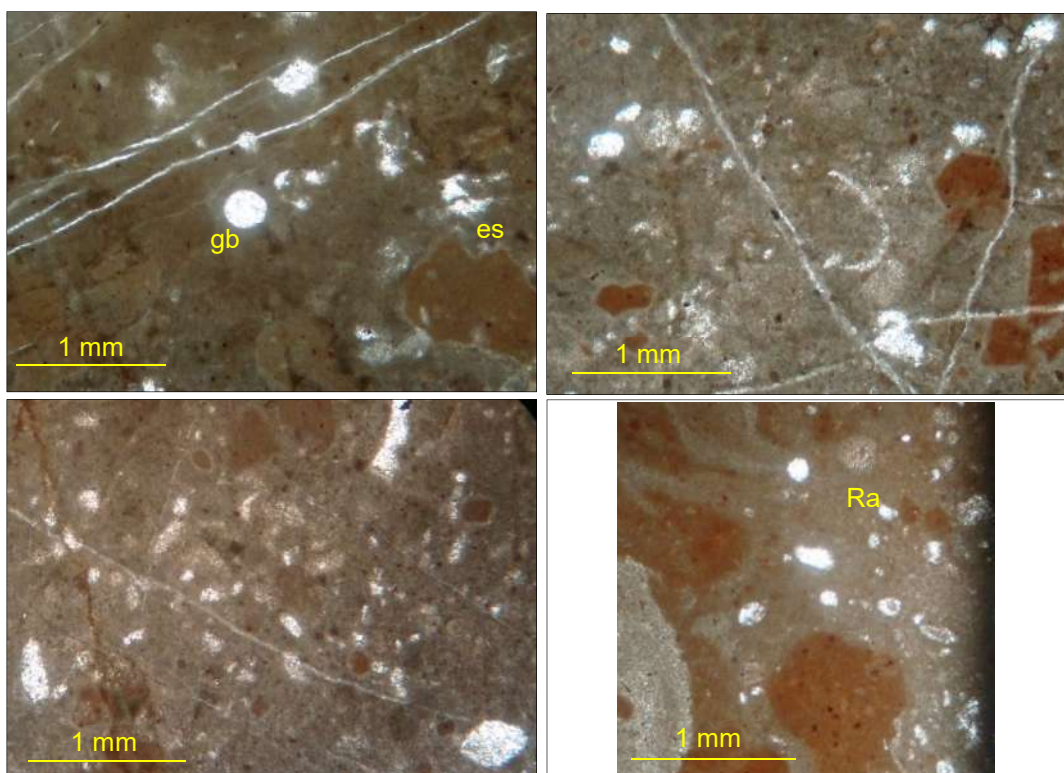
Otra evidencia de profundidad es la presencia de espículas de esponjas. Las que fueron halladas en las secciones delgadas de las calizas con nódulos de chert corresponden a espículas monaxonas tipo calcáreas y no de sílice, lo que aporta otro indicio del nivel de lisoclina. También se encontraron posibles microfósiles sustituidos por chert; los que no se ha podido identificar.

La muestra M29 corresponde a una caliza con chert rojo y posee una textura *wackestone*; la matriz es de micrita, posee parches de esparita (es) y de chert rojo con posibles radiolarios (Ra),

trazas de globigerínidos (gb) y otros microfósiles sustituidos, como se observa en la fotografía 35.

Las dos muestras que representan este grupo han sido asignadas al *SMF* 1 que se ubica en la zona de facies 1 y representa el ambiente de cuenca o de agua profunda con sedimentación lenta, que se encuentra por debajo del nivel de oxigenación. En cuanto a la microfacie de rampa, también se ha asignado al *RMF* 1 que se ubica en la zona de cuenca, donde existe una baja energía.

FOTOGRAFÍA 35 ZONA DE FACIES 1, FORMACIÓN CAMPUR

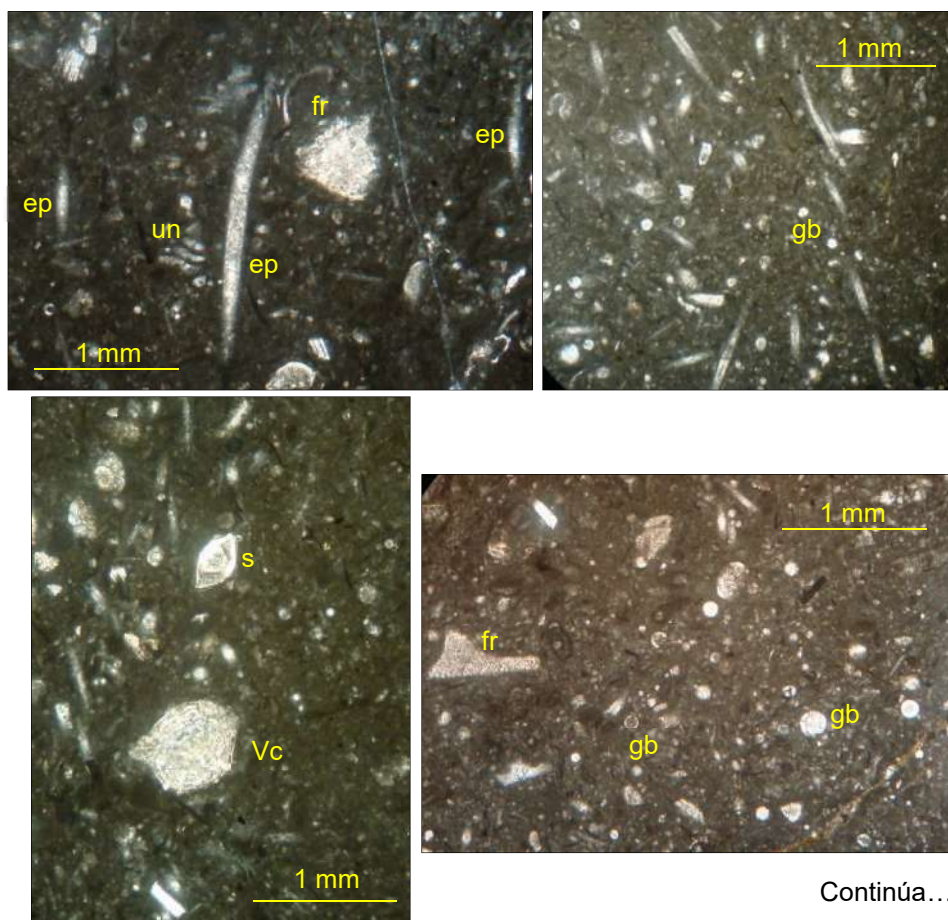


Tomada por: Anny Yasmína Kristel Molineros García. 2016.

La muestra M30 corresponde a una caliza de color gris, de grano fino y de textura *packstone* con trazas de *Sulcoperculina sp.* (s), *Vaughanina cubensis* (Vc), *Sulcoperculina vermunti* (Sv),

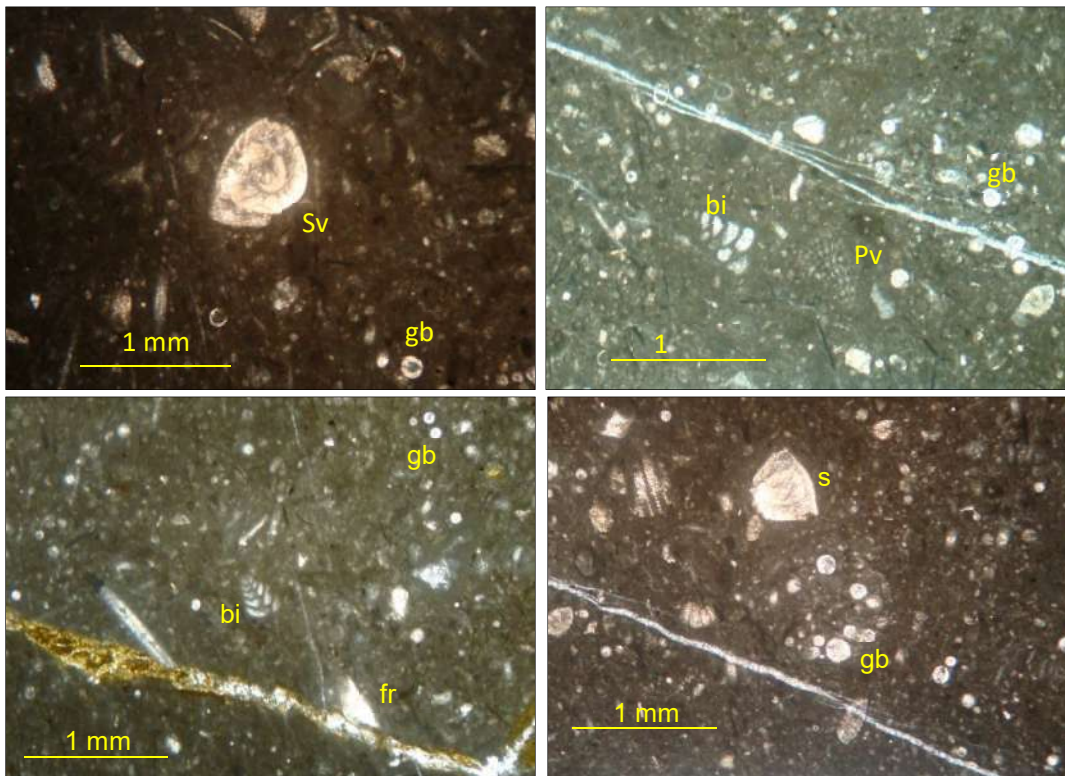
foraminíferos bentónicos biseriales (bi) y *Cuneolina pavonea parva* (Pv); escasos foraminíferos bentónicos rotálidos uniseriales (un), frecuentes fragmentos de rudistas (fr), abundantes espículas de esponja (ep) y globigerínidos (gb); los cuales pueden verse en la siguiente fotografía.

FOTOGRAFÍA 36 ZONA DE FACIES 1, FORMACIÓN CAMPUR



Continúa...

...viene



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

TABLA 14
ZONA DE FACIES 1, FORMACIÓN CAMPUR

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M29	769252E, 1713006N	<i>Wackestone</i>	Trazas de globigerínidos, microfósiles sustituidos por chert, probablemente con radiolarios.	1	1	Espiculita	1	Calcsiltita y <i>mudstone</i> con peloides
M30		<i>Packstone</i>	Abundantes espículas calcáreas: tipo monaxonas, globigerínidos, frecuentes fragmentos de rudistas, foraminíferos bentónicos uniseriales y biseriales, escasas <i>Sulcoperculina sp.</i> , <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Vaughanina cubensis</i> y <i>Cuneolina pavonea parva</i> .					

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.1.3 Tipos de *SMF* de la zona de facies 4

Incluye las secciones delgadas de las muestras M31, M32 y M33, consiste únicamente de conglomerados calcáreos, los cuales se encuentran asociados a la profundización de la plataforma, por lo que su formación se encuentra ligada a la inclinación de estratos pre – existentes.

En la base de esta microfacie los clastos son del tamaño de gravas y arenas gruesas; hacía el techo se hacen más finos y mejor seleccionados. En algunas partes, parecen contener pequeños porcentajes de chert negro, muy pequeño.

Esta microfacie ha sido asignada a una zona de facies 4 y un *SMF* 4, denominado microbrecha, con clastos redondeados, a menudo gradados; de origen polimíctico o monomíctico, incluyendo cherts. El ambiente de formación corresponde al talud de la ladera sumergida (Wilson, 1975). Se ubica dentro de la rampa media – externa, en el *RMF* 10, localizado en la rampa distalmente empinada, donde se forman los conglomerados de caliza (Flügel, 2004).

Los conglomerados pueden hallarse en las coordenadas: 769741E, 1712971N; poseen en algunas partes matriz de micrita con abundante contenido de globigerínidos y escasas globotruncanas; en otras partes solamente poseen cemento de espato.

Los clastos de los conglomerados son polimícticos, poseen todas las texturas desde *mudstone* hasta *grainstone*; algunos de ellos se encuentran en contacto por medio de picos estilolíticos del

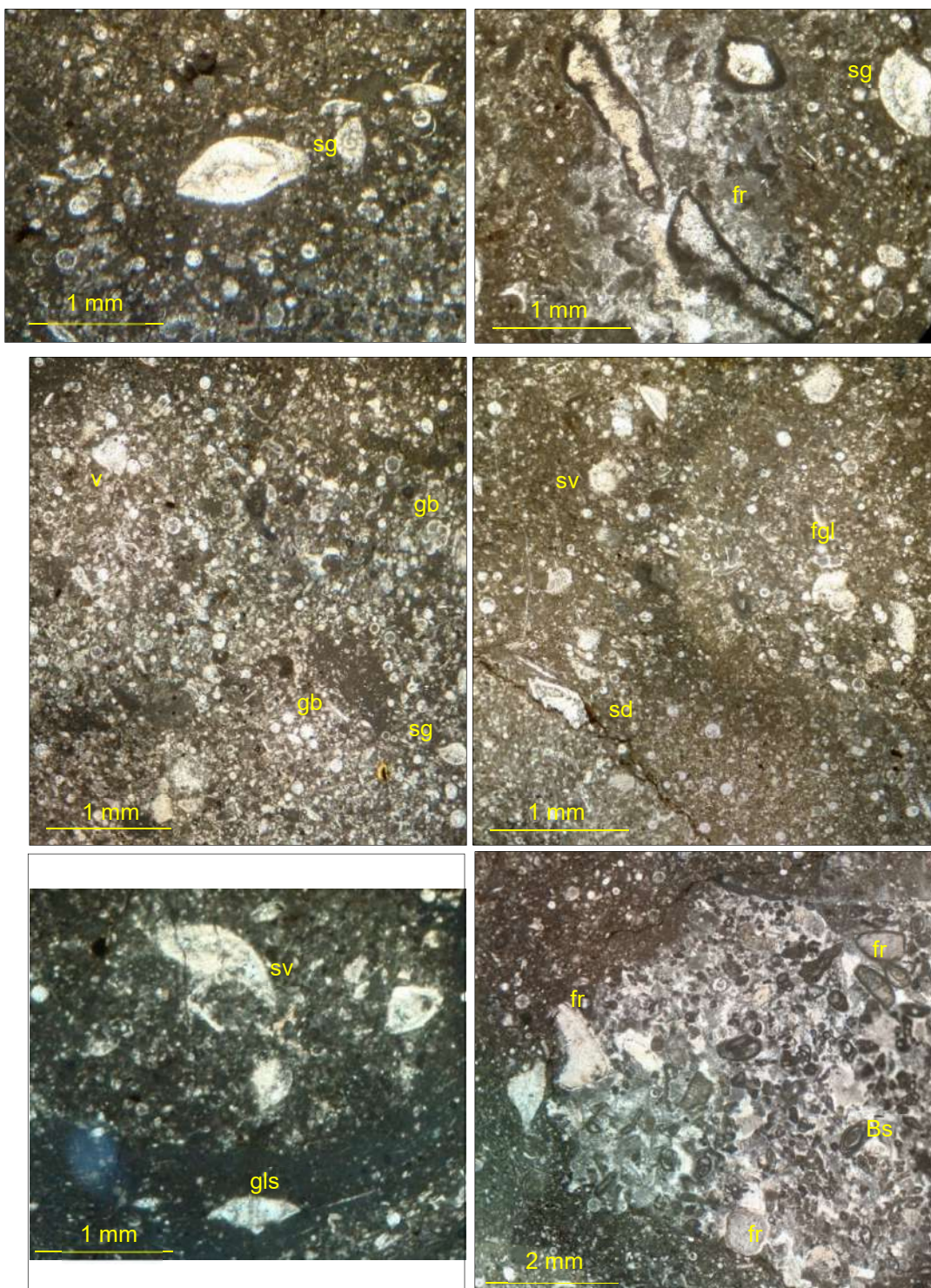
tipo irregular, lo que indica la existencia de fuerzas de compresión en la formación.

El estrato de los conglomerados calcáreos ha sido asignado al miembro superior de la Formación Campur, posee un espesor aproximado de 15 m y puede observarse unicamente en el camino rural que conduce hacia la finca San Isidro.

Para esta microfacie se tiene tres secciones delgadas, en las cuales se ha podido observar que algunos clastos pertenecen a fragmentos de rudistas, otros incluyen microfósiles correspondientes al miembro superior de la Formación Cobán, así como también del miembro inferior de la Formación Campur. Algunos de ellos poseen como matriz, material correspondiente al miembro superior de la Formación Campur.

La fotografía 37 corresponde a la sección delgada de la muestra M31, de textura *packstone*, la matriz posee raros fragmentos de rudistas (fr), escasos fragmentos de globotruncanas (fgl), abundantes globigerínidos (gb), ejemplares de *Sulcoperculina dickersoni* (sd), *Sulcoperculina vermunti* (sv), *Sulcoperculina globosa* (Sg), *Globotruncanita stuartiformis* (gls) y *Biloculina sp.* (Bs) El contacto entre los clastos esta representado por picos estilolíticos irregulares.

FOTOGRAFÍA 37 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

En la sección delgada de la muestra M32 se han observado clastos con diferentes clases de textura. Los contactos entre ellos, corresponden a picos estilolíticos irregulares. Entre los componentes observados se encuentran: trazas de globigerínidos y de foraminíferos bentónicos irreconocibles; raros foraminíferos bentónicos uniseriales; frecuentes intraclastos, cortoides y fragmentos de rudistas; abundantes pellets y rotálidos.

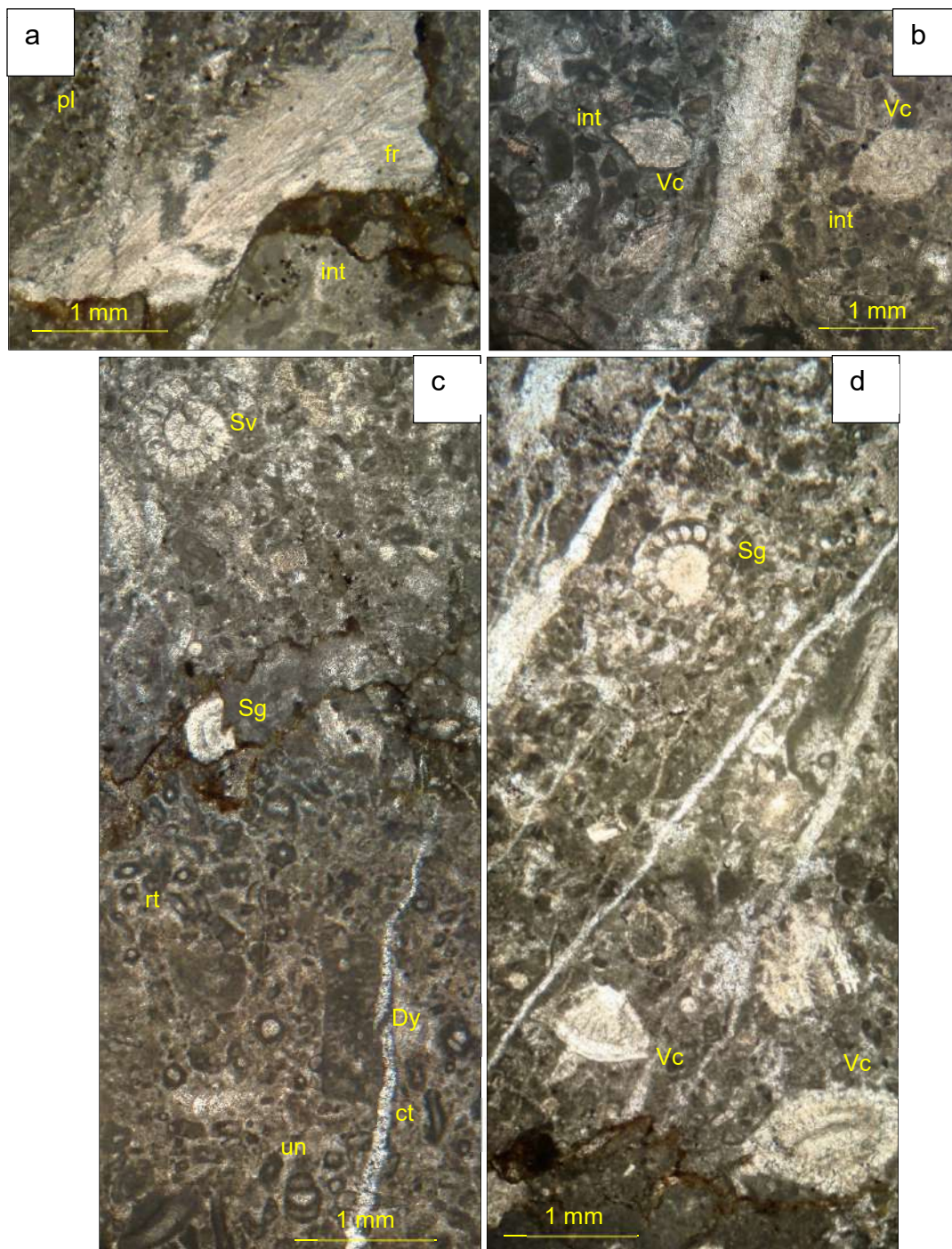
La siguiente fotografía muestra los diferentes clastos encontrados; la fotografía 38,a muestra un clasto de textura *grainstone* con abundantes pellets (pl) y fragmentos de rudista (fr); el clasto de la parte inferior derecha es de textura *wackestone*, con frecuentes intraclastos (int). La fotografía 38,c en la parte superior muestra un clasto de textura *grainstone* con *Sulcoperculina vermunti* (Sv) y *Sulcoperculina globosa* (Sg), el clasto de la parte inferior es de textura *packstone* con *Dicyclina schlumbergeri* (Dy), raros foraminíferos bentónicos uniseriales (un), frecuentes cortoides (ct) y abundantes rotálidos bentónicos (rt).

En la fotografía 38,g se muestran tres clastos diferentes sobre un cemento de esparita, el clasto del lado izquierdo corresponde a una textura *packstone* con abundantes pellets (pl), el clasto del centro es de textura *mudstone* con trazas de globigerínidos (gb), el clasto del lado derecho es de textura *wackestone* con intraclastos (int) y el clasto de la parte inferior de la fotografía es de textura *packstone* con trazas de foraminíferos bentónicos irreconocibles sobre una matriz micrítica.

La fotografía 38,h corresponde a un fragmento de rudista, en él se pueden observar diversas cámaras, algunas rellenas de micrita

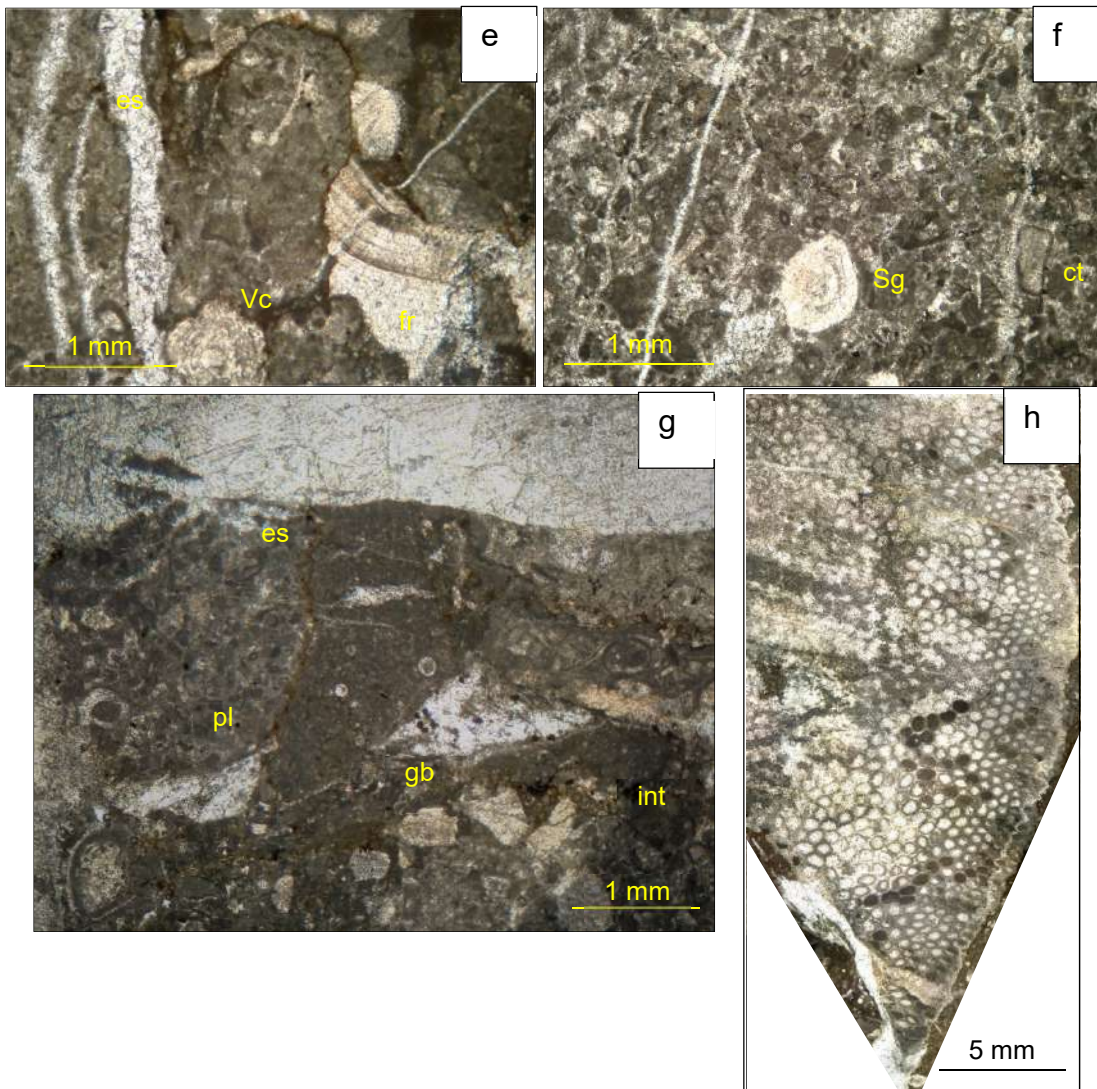
y la mayoría de esparita; la parte izquierda del macrofósil está siendo reemplazado por esparita en su totalidad.

FOTOGRAFÍA 38
ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Continúa...

...viene

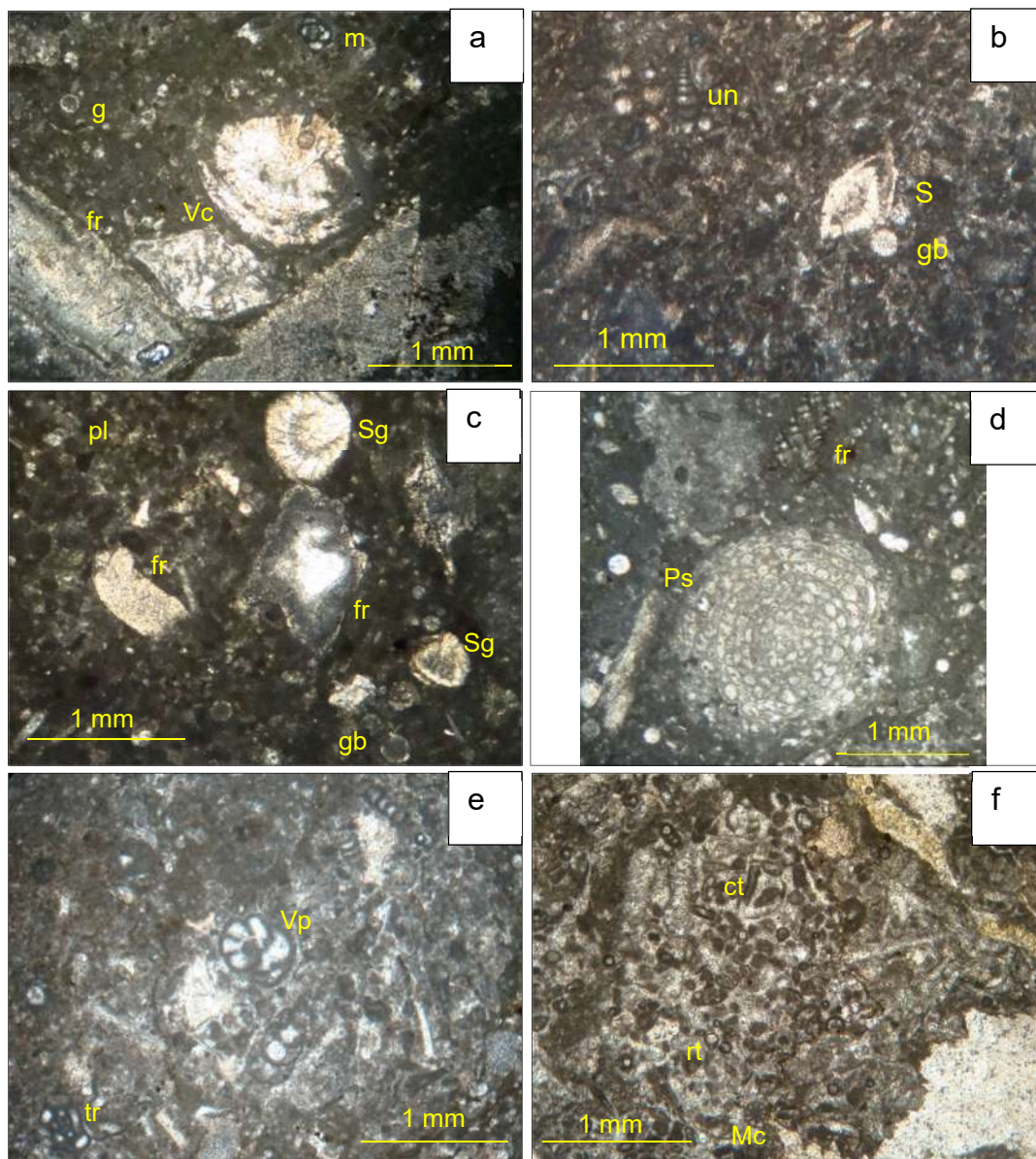


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

En la fotografía 39 se observa la sección delgada de la muestra M33, corresponde a una textura *packstone* con ejemplares de *Vaughanina cubensis* (Vc), *Sulcoperculina sp.* (Ss), *Sulcoperculina globosa* (Sg), *Pseudorbitoides sp.* (Ps), *Valvulammina picardi* (Vp), *Merlingina cretácea* (Mc), fragmentos de rudistas (fr), globigerínidos (gb), miliólidos (ml), foraminíferos rotálidos bentónicos uniseriales (un), pellets (pl), triloculina (tr), cortoides (ct), posible fragmento de concha (fch), fragmentos de

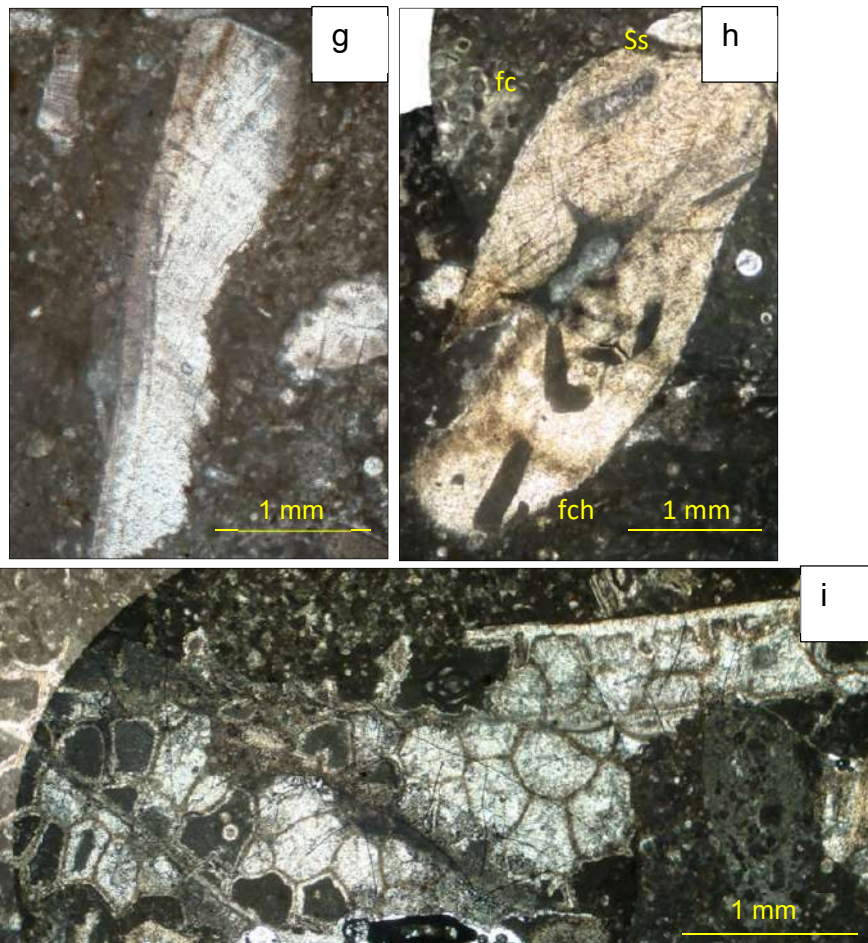
coral (fc) y en la fotografía 39,i se observa una sección transversal de una colonia tabular con miliólidos y pellets.

FOTOGRAFÍA 39 ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR



Continúa...

...viene



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las características de las muestras que representan a esta zona de facies de la Formación Campur.

TABLA 15
ZONA DE FACIES 4, FORMACIÓN CAMPUR

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M31	769741E, 1712971N	Packstone	Raros microfósiles de foraminíferos bentónicos, escasos fragmentos de globotruncanas, abundantes globigerínidos, <i>Vaughanina cubensis</i> , <i>Sulcoperculina dickersoni</i> , <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> , <i>Globotruncanita stuartiformis</i> y <i>Biloculina sp.</i>					
M32	769626E, 1713075N	<i>Mudstone</i> , <i>wackestone</i> , <i>packstone</i> y <i>grainstone</i>	Trazas de globigerínidos y de foraminíferos bentónicos irreconocibles; raros foraminíferos bentónicos uniseriales; frecuentes intraclastos, cortoides y fragmentos de rudistas; abundantes pellets y rotálidos. <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> y <i>Dicyclina schlumbergeri</i> ,	4	4	Microbrecha	10	Conglomerado de caliza
M33		Packstone	Trazas de foraminíferos rotálidos bentónicos uniseriales; raros globigerínidos y miliólidos; escasos pellets; frecuentes <i>Vaughanina cubensis</i> , <i>Sulcoperculina sp.</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> , <i>Pseudorbitoides sp.</i> , <i>Valvulamina picardi</i> , <i>Merlingina cretácea</i> y <i>Sulcoperculina sp.</i> ; abundantes cortoides y rotálidos.					

Fuente: Trabajo de laboratorio. 2016.

3.1.4 Tipos de SMF de la zona de facies 3

Incluye el rango de muestras M34 – M41. Esta zona de microfacies se caracteriza por la presencia de abundantes globotruncanas; las que indican un ambiente profundo, pero no más allá del nivel de la lisoclina. Corresponde a una calcilitita de color verde de grano muy fino; lodo en su totalidad.

Tienen un espesor aproximado de 10 m y se encuentran intercaladas con calizas *packstone* de color gris, que presentan abundantes intraclastos y fragmentos de las globotruncanas, incluso globigerínidos. Estas intercalaciones parecen mostrar en algunas partes una depositación rítmica; representada así: las calcilititas verdosas *mudstone* con globotruncanas representan una sedimentación lenta, mientras que las calizas grises *packstone* representan una sedimentación de alta energía.

Son calizas finamente estratificadas, buzan hacia el SW. Posee un contacto concordante con el subyacente estrato de conglomerados calcáreos. En el área de estudio no se observó algún otro estrato que se encuentre sobre esta microfacie.

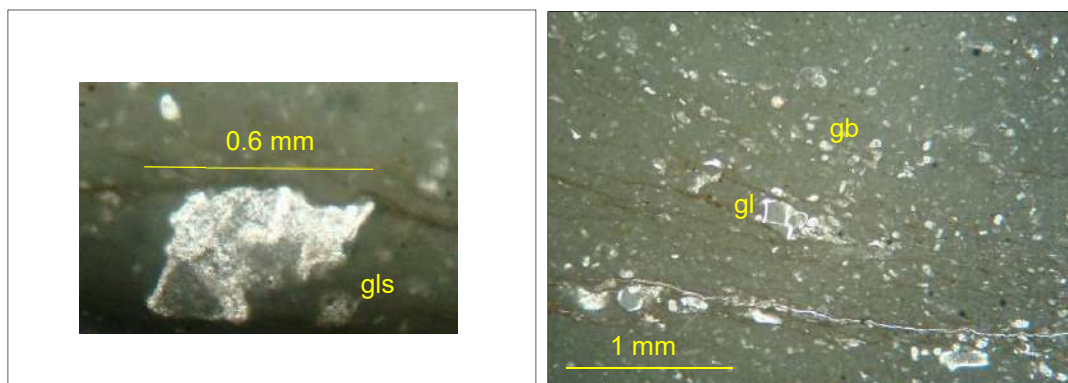
Esta microfacie puede observarse en el camino hacia la finca San Isidro, donde también afloran las calizas con nódulos de chert y los conglomerados calcáreos. Por esta razón, dicha localidad puede ser considerada como una sección tipo del miembro superior de la Formación Campur.

Para esta microfacie se tiene un total de 11 secciones delgadas realizadas a 8 muestras diferentes.

En la fotografías se muestran todas las especies de globotruncanas encontradas en esta microfacie; las mismas han sido reportadas en el área de Los Cuchumatanes, Huehuetenango y en el área de la localidad tipo, en la aldea Campur, Alta Verapaz (Fourcade, *et. al.*, 1994). Dentro del cuadrángulo Cobán, no se había reportado antes la presencia de dichos microfósiles.

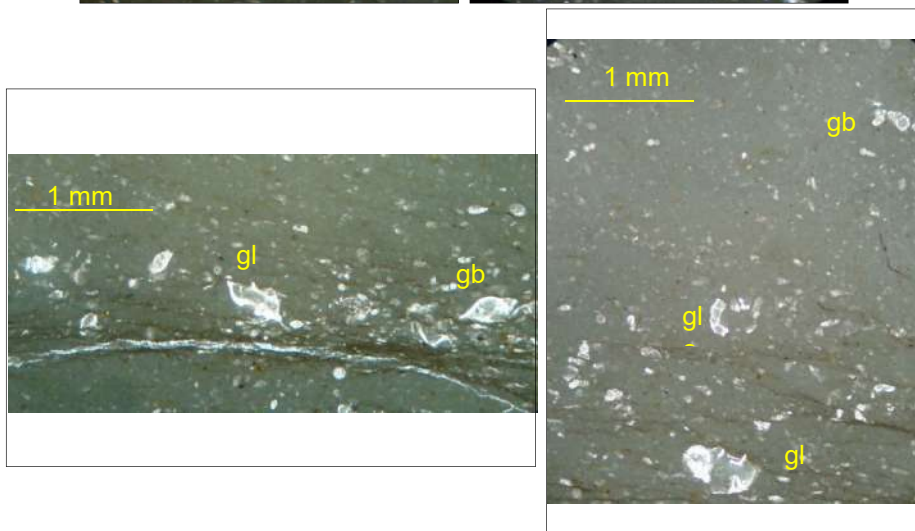
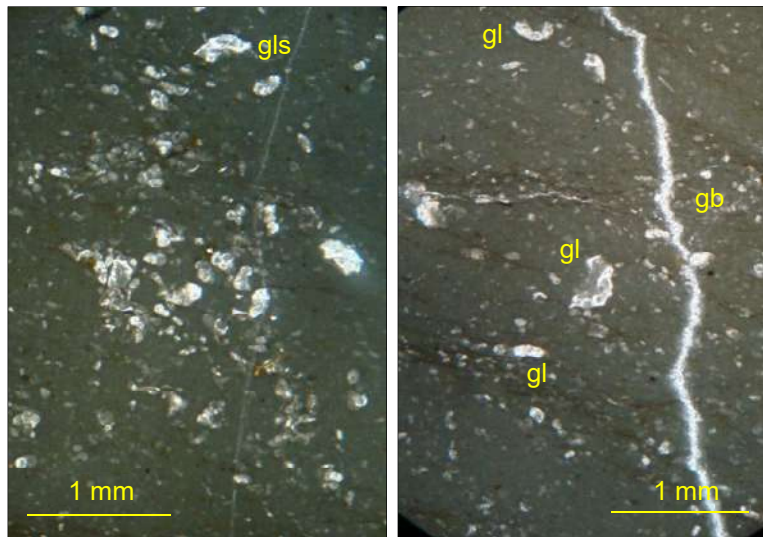
La sección delgada de la muestra M34 (fotografía 40) es de textura *mudstone* con escasos globigerínidos y frecuentes fragmentos irreconocibles de globotruncanas (gl), globigerínidos (gb) y abundantes especies completas de *Globotruncanita* gr. *stuartiformis* (gls). *Globotruncanita* gr. *elevata* (gle) y *Globotruncanita calcarata* (glc). En algunas partes de la sección se puede observar cierta turbidez.

FOTOGRAFÍA 40 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



Continúa...

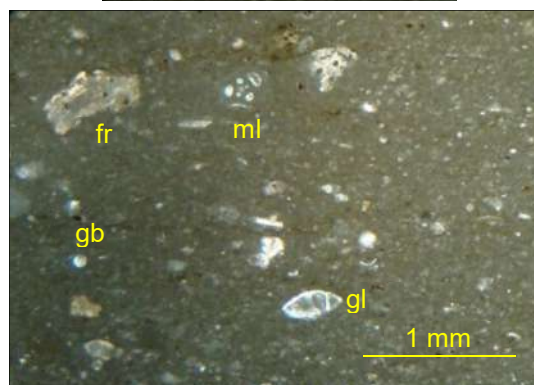
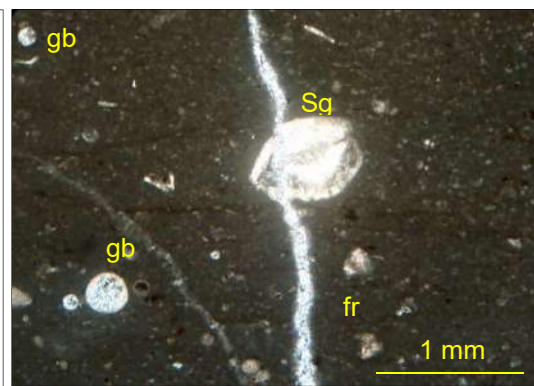
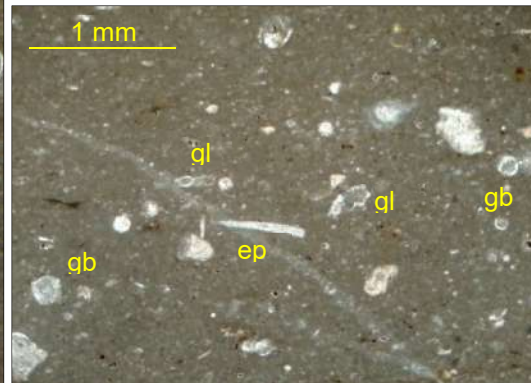
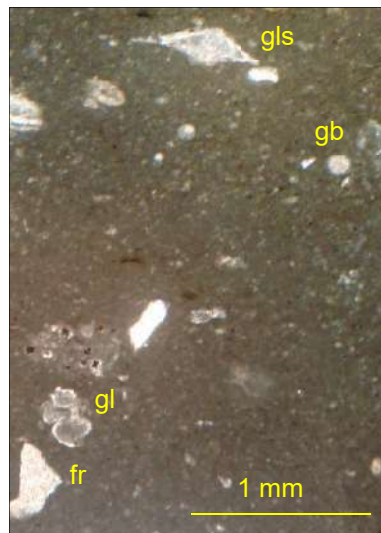
...viene



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

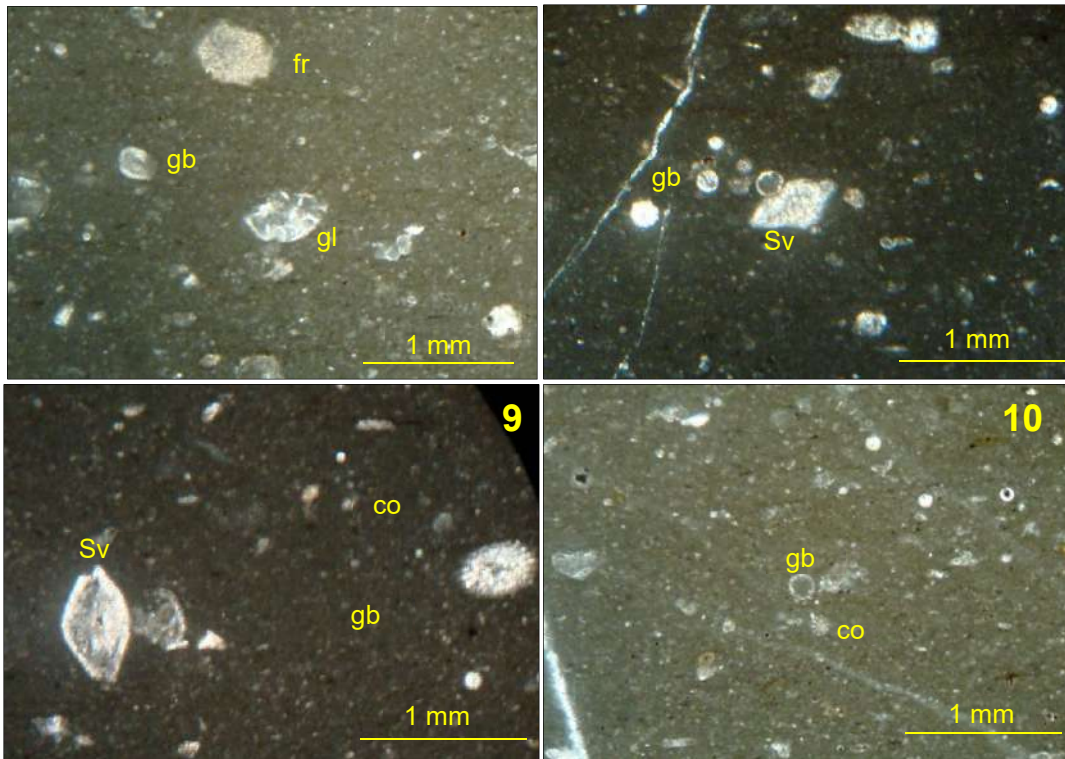
La sección delgada de la muestra M35 que se observa en la fotografía 41, corresponde a una textura *wackestone*, posee globigerínidos (gb), fragmentos de rudistas (fr), *Globotruncanita gr. stuartiformis* (gls), *Globotruncana sp.* (gl), fósiles planctónicos uniseriales (un), espículas de esponja (ep), fragmentos de globotruncanas (gl), *Sulcoperculina globosa* (Sg), miliólidos (ml). 6. *Sulcoperculina vermunti* (Sv) y corales (co).

FOTOGRAFÍA 41
ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



Continúa...

...viene



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

Las fotografías 40, 41, 43 y 45 muestran las secciones delgadas que se han clasificado como *SMF 3*, denominado *mudstone* y *wackestone* pelágico; a diferencia de las fotografías 42, 44, 46 y 47 que muestran las secciones delgadas de que se han clasificado como *SMF 4*, denominado *packstone* bioclástico.

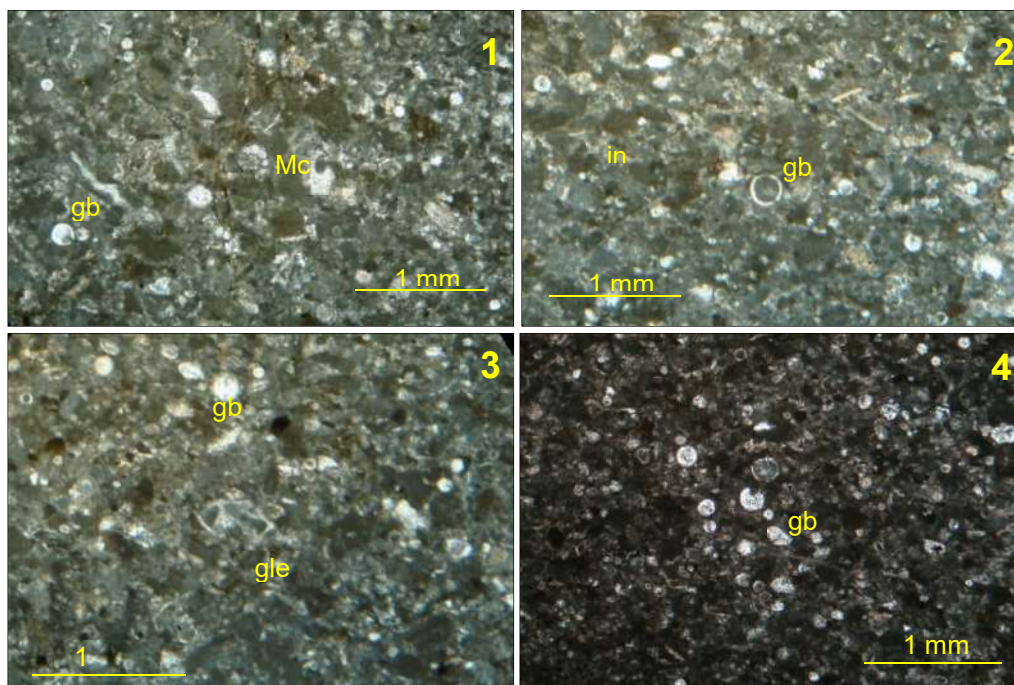
Esta diferencia corresponde a las intercalaciones vistas en el trabajo de campo. Ambos *SMF* son de ambiente profundo y la incompatibilidad radica en el nivel de energía de la depositación, así el *SMF 3* es de energía baja con sedimentación lenta y el *SMF 4* es de energía alta, forman así calizas resedimentadas.

Todas las muestras corresponden al *RMF 5* que corresponde a *mudstone* pelágico, el cual se ubica en la plataforma externa, donde hay poco retrabajamiento por la acción de las tormentas.

En el anexo 3 se presenta una columna estratigráfica del miembro superior de la Formación Campur, en la que se incluye la ubicación de las muestras que fueron seleccionadas para la elaboración de las secciones delgadas utilizadas para la determinación de los SMF 3 y SMF 4 de la zona de facies 3, así como las estructuras sedimentarias.

La sección delgada de la muestra M36 (fotografía 42) es de textura *packstone*, contiene raras *Merlingina cretácea* (Mc), *Globotruncanita gr. elevata* (Gle), *Globotruncana sp.* (gl) y abundantes intraclastos (int) y globigerínidos (gb); corresponde al SMF 4 que hace referencia a una *packstone* bio-litoclástica.

FOTOGRAFÍA 42 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



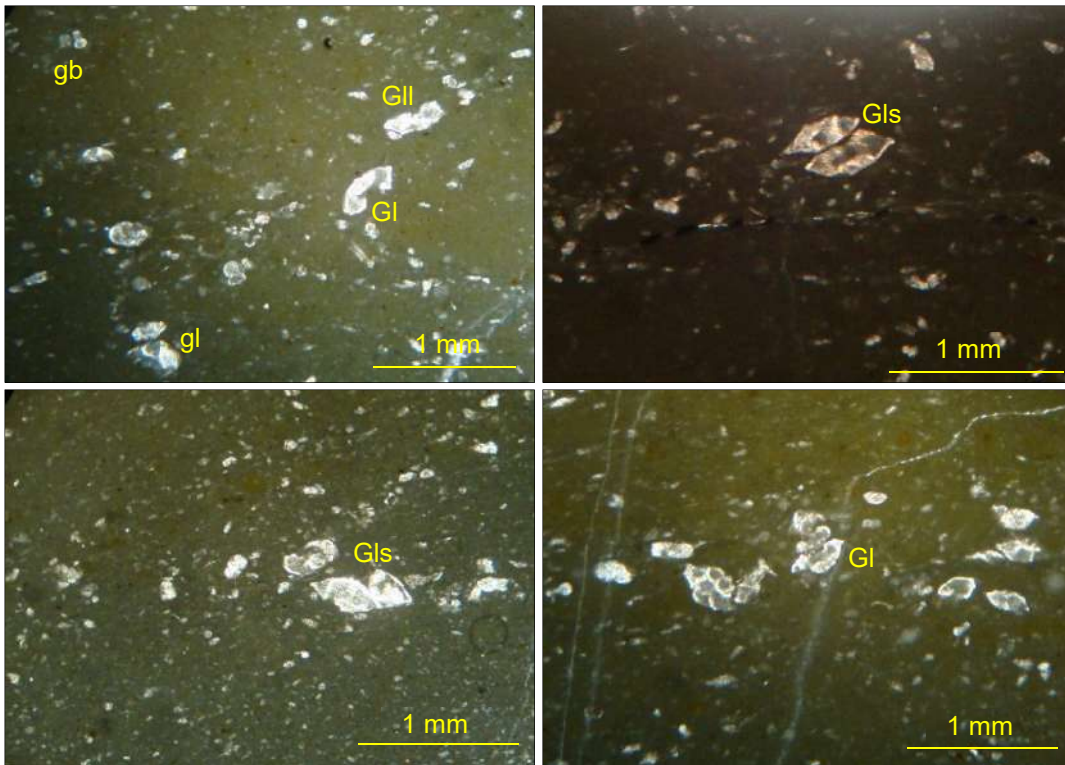
Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M37 (fotografía 43) es de textura *mudstone*, contiene abundantes fragmentos de

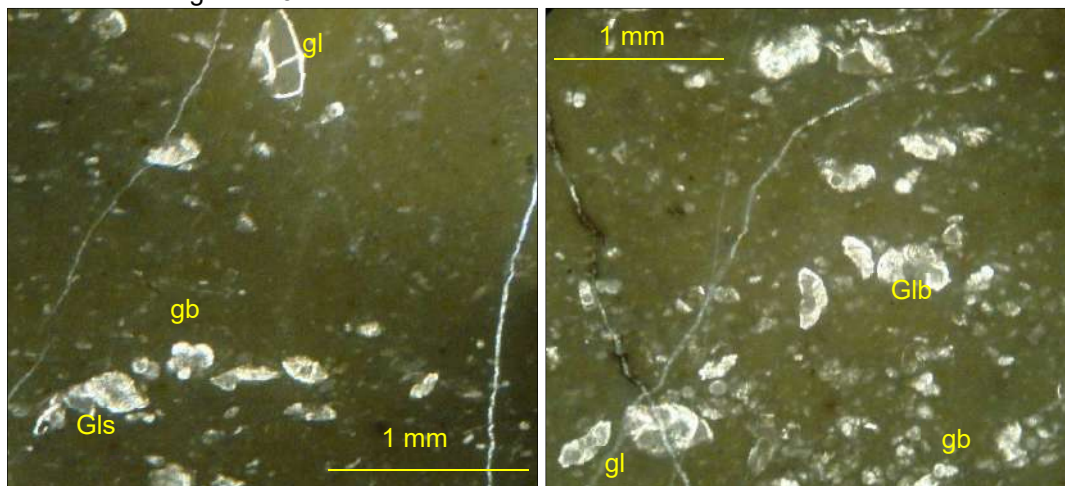
globotruncanas (gl), globigerínidos (gb) y ejemplares completos de *Globotruncana* gr. *arca* (Gla), *Globotruncana* gr. *linneiana* (GII), *Globotruncanita* gr. *stuartiformis* (Gls) y *Globotruncana* gr. *bulloides* (glb).

Esta muestra se asignó al SMF 3 que corresponde a *mudstone* y *wackestone* pelágico, depositada en un ambiente de sedimentación lenta.

FOTOGRAFÍA 43 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



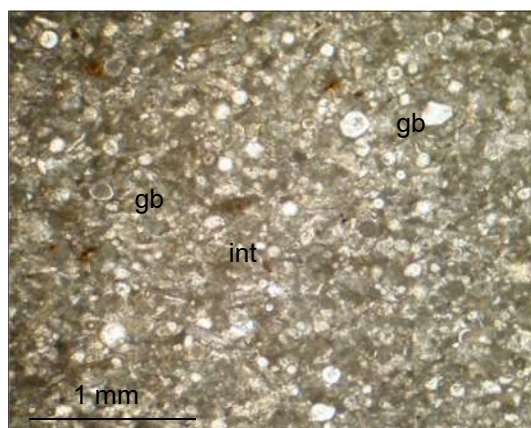
...continúa fotografía 43



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M38, como se observa en la fotografía 44 es de textura *packstone*, posee abundantes intraclastos (int) y globigerínidos (gb). Se asignó dentro del *SMF* 4 que indica una sedimentación con mayor energía que la muestra anterior.

FOTOGRAFÍA 44 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR

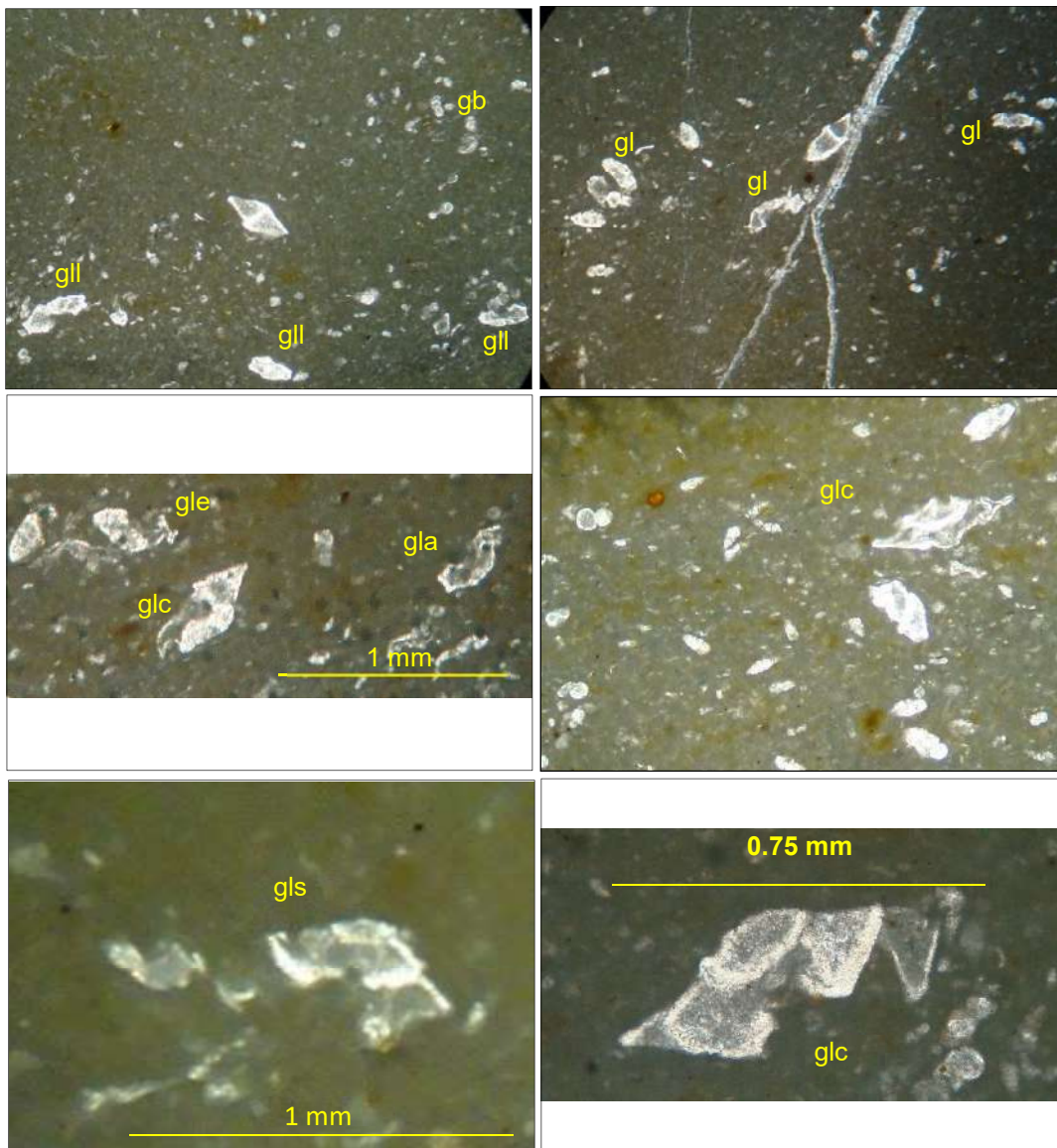


Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

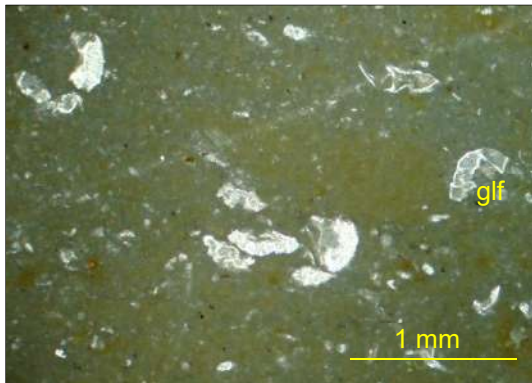
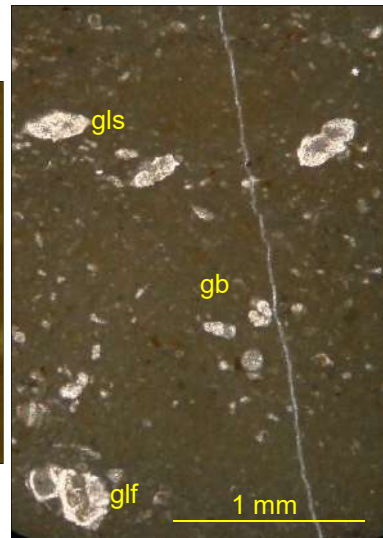
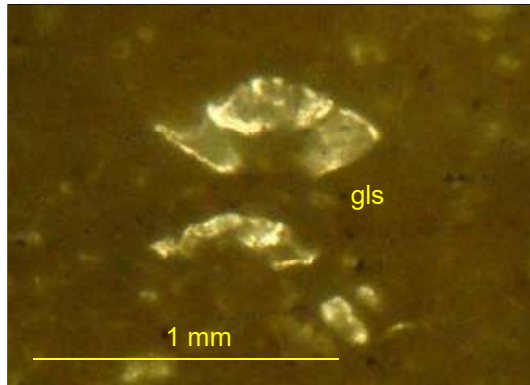
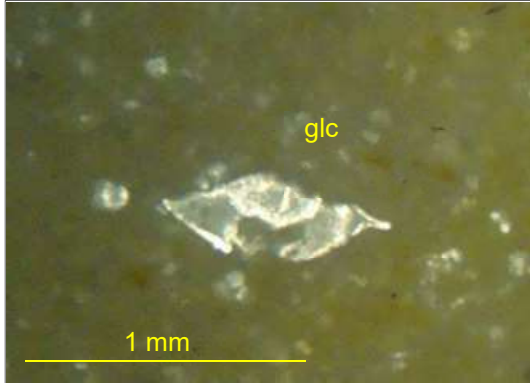
La sección delgada de la muestra M39 es de textura *mudstone*, contiene abundantes globigerínidos (gb) y ejemplares

completos de *Globotruncana* gr. *linneiana* (gll), *Globotruncanita* gr. *elevata* (gle), *Globotruncana* gr. *arca* (gla), *Globotruncana* gr. *calcarata* (glc), *Globotruncana* gr. *stuartiformis* (gls) y *Globotruncana* cf. *caliciformis* (glf). Corresponde al SMF 3.

FOTOGRAFÍA 45 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR

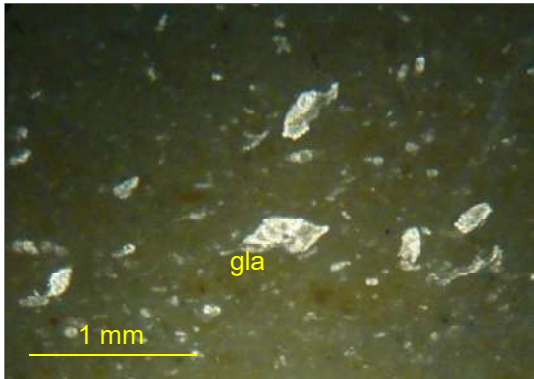
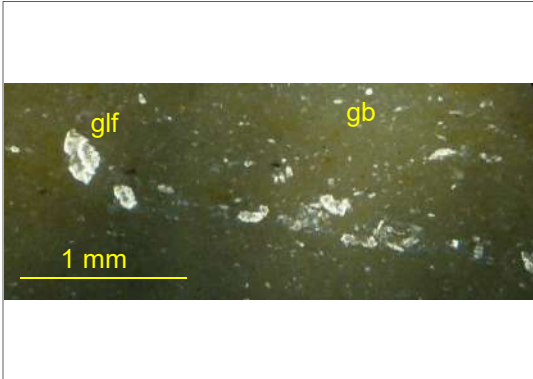


...continúa fotografía 45

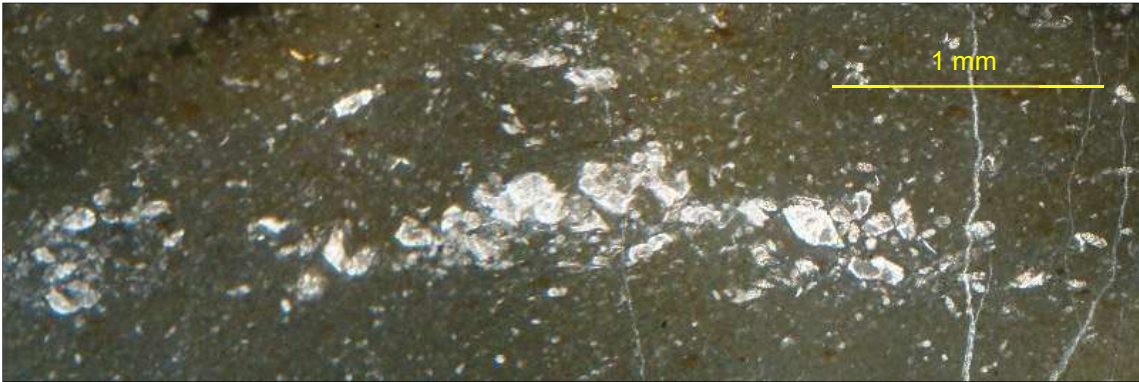
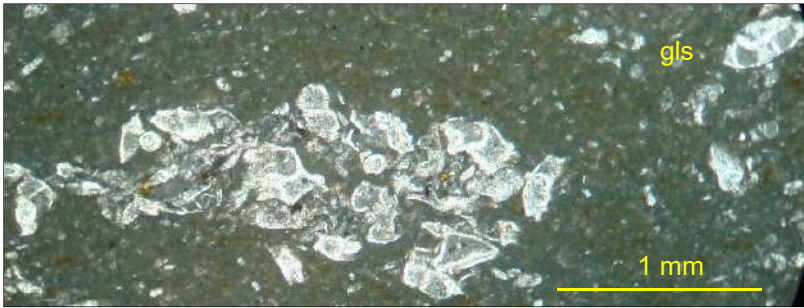


Continúa...

...viene



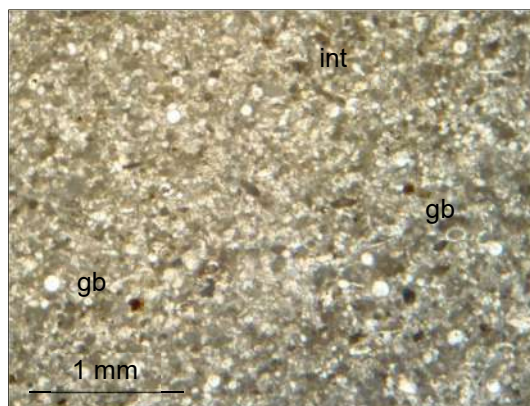
**FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS CON
CAPAS DE TURBIDITAS**



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M40 que se observa en la fotografía 46 es de textura *packstone* con escasos globigerínidos (gb) y abundantes intraclastos (int) de color café.

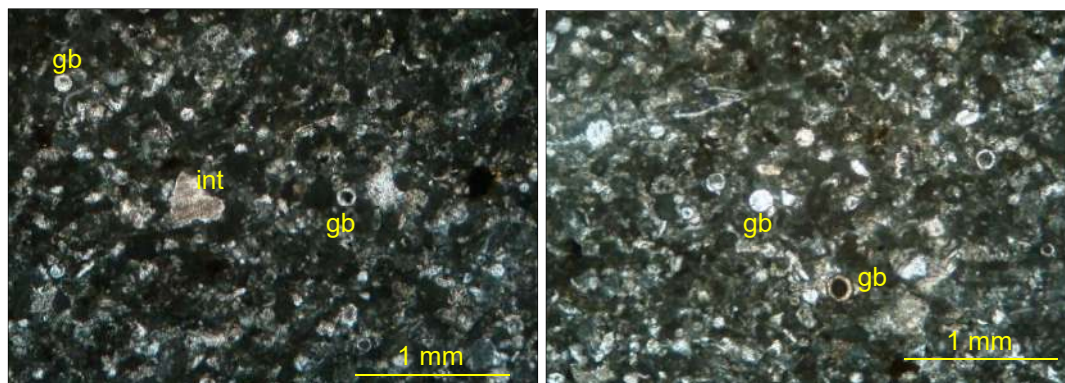
FOTOGRAFÍA 46 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

La sección delgada de la muestra M41 (fotografía 47) es de textura *packstone* con frecuentes globigerínidos (gb) y abundantes intraclastos (int); al igual que la muestra anterior corresponde a un SMF 4.

FOTOGRAFÍA 47 ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR



Tomada por: Anny Yasmina Kristel Molineros García. 2016.

En la tabla 16 se resumen las características de las muestras que representan e esta zona de facies.

La edad de la Formación Campur ha sido propuesta por varios autores; en su mayoría le han asignado la edad Campaniense temprano para el miembro inferior y Campaniense tardío para el miembro superior.

La edad de Campaniense temprano ha sido asignada para el miembro inferior en base al contenido de *Vaughanina cubensis*, *Sulcoperculina vermunti* y *Sulcoperculina globosa*; según Michaud *et. al.* (1992), Fourcade *et. al.* (1994) y Fourcade *et. al.* (1999).

Sin embargo, el estrato inferior de rudistas no posee una edad relativa; Millan (1985) estableció una edad Coniaciense – Campaniense para toda la Formación Campur; probablemente él incluya el estrato de rudistas dentro de dicha edad. Fourcade *et. al.* (1994) indican que el período de Cenomaniense al Santoniense, poseía un ambiente más favorable para el desarrollo de rudistas.

El estrato de rudistas y foraminíferos bentónicos puede ser considerada como la Biozona de *Sulcoperculina vermunti*, debido a que proporciona una edad relativa del Campaniense temprano en base al contenido de *Vaughanina cubensis*, *Sulcoperculina vermunti* y *Sulcoperculina globosa*; y según lo determinado en la zona de facies 5, corresponde a un ambiente de margen de plataforma de arrecifes.

TABLA 16
ZONA DE FACIES 3, FORMACIÓN CAMPUR

No. de muestra	Coordenadas	Textura	Fósiles	Tipos de SMF (Wilson, 1975)			Tipos de RMF (Flügel, 2004)	
				Zona de facies	SMF	Nombre	RMF	Nombre
M34	769626E, 1713075N	Mudstone	<i>Globo truncanita</i> gr. <i>stuartiformis</i> , <i>Globo truncanita</i> gr. <i>elevata</i> , <i>Globo truncanita</i> <i>calcarata</i> , <i>Globo truncanita</i> gr. <i>elevata</i> , abundantes fragmentos de globo truncanas y globigerínidos.	3	3	Mudstone y wackestone pelágico	5	Mudstone pelágico
M35		Wackestone	<i>Globo truncanita</i> gr. <i>stuartiformis</i> , <i>Sulco perculina globosa</i> , <i>Sulco perculina vermunti</i> , <i>Globo truncana</i> sp., abundantes globigerínidos, escasos corales, raros fragmentos de globo truncanas, espículas de esponja, fragmentos de rudistas y fósiles planctónicos uniseriales.		4	Packstone bio-lito/clástico		
M36		Packstone	<i>Meringina cretácea</i> , <i>Globo truncana</i> sp., <i>Globo truncanita</i> gr. <i>elevata</i> , abundantes intraclastos y globigerínidos, trazas de fragmentos de globo truncanas.		3	Mudstone y wackestone pelágico		
M37		Mudstone	<i>Globo truncana</i> gr. <i>arca</i> , <i>Globo truncana</i> gr. <i>linneiana</i> , <i>Globo truncanita</i> gr. <i>stuartiformis</i> , <i>Globo truncana</i> gr. <i>bulloides</i> , abundantes fragmentos de globo truncanas y globigerínidos.		4	Packstone bio-lito/clástico		
M38		Packstone	Abundantes intraclastos y globigerínidos.		3	Mudstone y wackestone pelágico		
M39		Mudstone	<i>Globo truncanita</i> gr. <i>elevata</i> , <i>Globo truncana</i> gr. <i>linneiana</i> , <i>Globo truncana</i> cf. <i>calliciformis</i> , <i>Globo truncanita</i> gr. <i>stuartiformis</i> , <i>Globo truncana</i> gr. <i>arca</i> , <i>Globo truncanita calcarata</i> , frecuentes fragmentos de globo truncanas y escasos globigerínidos con algunas capas de turbiditas.		4	Packstone bio-lito/clástico		
M40		Packstone	Abundantes intraclastos, escasos globigerínidos.		3	Mudstone y wackestone pelágico		
M41			Abundantes intraclastos, frecuentes globigerínidos.		4	Packstone bio-lito/clástico		

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

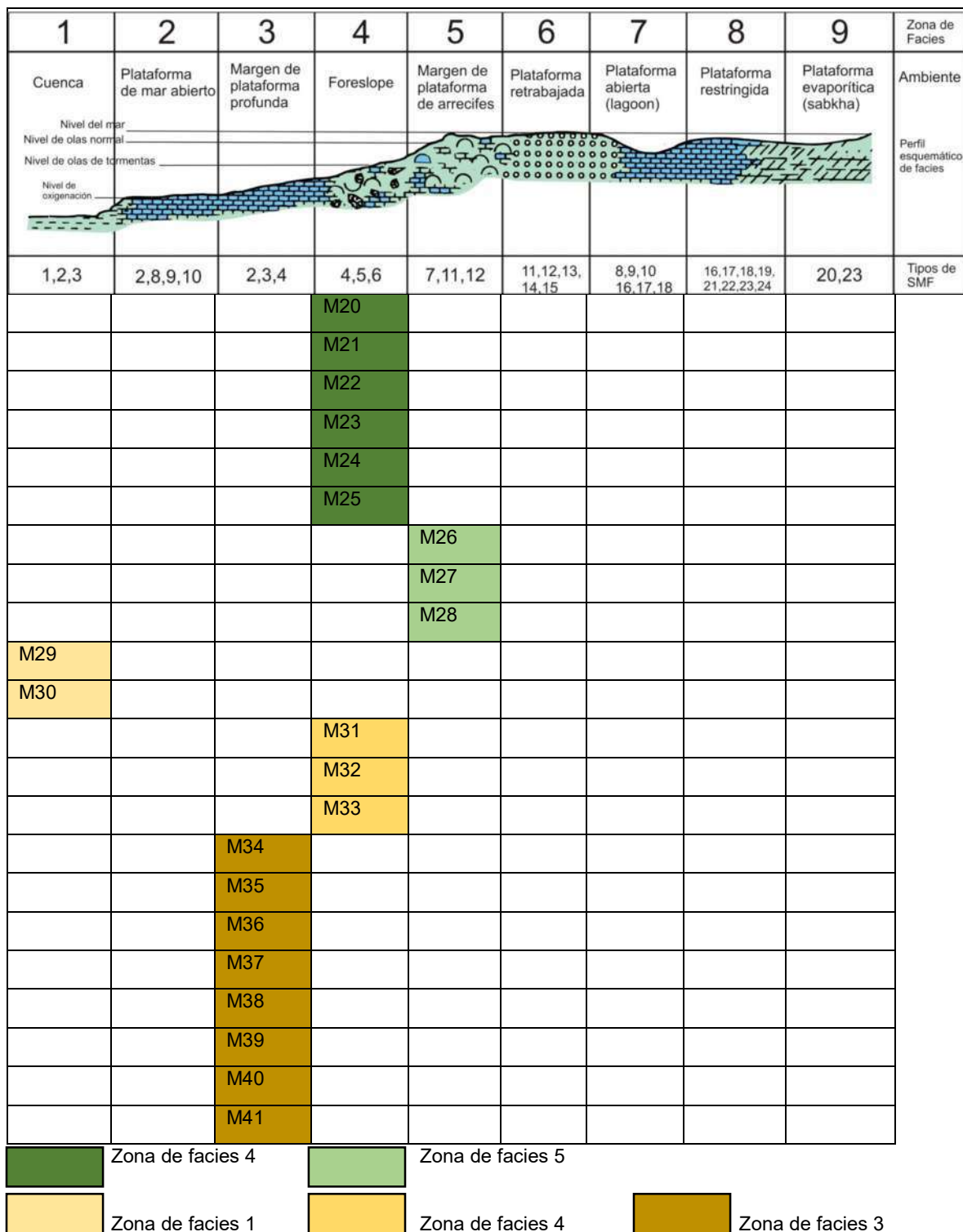
En cuanto al miembro superior, conocido también como la zona calcarata (Fourcade, *et. al.*, 1994), y en base al abundante contenido de globotruncanas, es asignado a una edad Campaniense tardío. Este miembro también puede ser considerado como la Biozona de *Globigerínidos*, los cuáles marcan un ambiente profundo. En la figura 11 se detallan los ambientes posibles para las secciones delgadas correspondientes a la Formación Campur.

Las columnas de color verde corresponden al miembro inferior de la Formación Campur y las columnas de color amarillo, al miembro superior. Los tipos de *SMF* de la zona de facies 4, pudieron formarse entre el margen de plataforma de arrecifes y el foreslope, ya que, se han encontrado tanto ejemplares de rudistas enteros como fragmentos de éstos. Es posible que también se encuentren el foreslope debido a turbulencia.

Los tipos de *SMF* de la zona de facies 5 corresponde a un ambiente de margen de plataforma de arrecifes, dónde se pueden encontrar foraminíferos bentónicos con frecuentes rudistas. Estos rudistas son muy diferentes a los tipos de *SMF* de la zona de facies 4, que se encuentran más completos, pero en menor porcentaje.

Los tipos de *SMF* de la zona de facies 1, indican una repentina profundización de la plataforma, probablemente dicha profundización esté relacionada con el emplazamiento ofiolítico, tal como lo mencionan Fourcade *et. al.* (1994). Los tipos de *SMF* de la zona de facies 4 y de la zona de facies 3, indican un ambiente de talud y cuenca localizados bajo la zona fótica (Fourcade *et. al.* 1994).

FIGURA 11
AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN GENERALIZADOS,
PROPUESTOS PARA LA FORMACIÓN CAMPUR



Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

3.2 Discusión de resultados

En el área de estudio, la evolución geológica sedimentaria comienza en el Aptiense, cuando se estableció la plataforma carbonatada del Bloque Maya, en un ambiente de plataforma restringida, que avanza hacia la plataforma abierta o lagoon e incluso llega a la plataforma retrabajada para la sedimentación del miembro superior de la Formación Cobán.

Este lapso de tiempo se encuentra marcado por unas calizas grises que pueden ser cristalinas, *mudstone*, *wackestone*, *packstone* o *grainstone* con abundante contenido microfaunal, a partir del cual se han podido establecer 4 zonas de facies, también se ha podido proponer el uso del término biozonas para ciertas asociaciones fosilíferas (ver la tabla 17). Las zonas de facies corresponden a ambientes restringidos, de lagoon, de plataforma retrabajada y de plataforma de margen de arrecifes. Estas facies indican un avance de la plataforma carbonatada hacia la cuenca.

TABLA 17
PRINCIPALES FÓSILES DEL MIEMBRO SUPERIOR
DE LA FORMACIÓN COBÁN

Fósil	Edad relativa	Ambiente	Asociaciones	Biozona
<i>Nummoloculina heimi</i>	Albiense	Plataforma restringida	Ninguna para ésta biozona, solamente mayor porcentaje	Biozona de <i>Nummoloculina heimi</i>
<i>Merlingina cretácea</i>	Cenomaniense temprano	Plataforma abierta o lagoon	<i>Nummoloculina heimi</i> y Pseudonummoloculinas. Matriz de las brechas sinsedimentarias	Biozona de <i>Merlingina cretácea</i>
<i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i>	Cenomaniense medio-tardío	Plataforma abierta o lagoon	<i>Nummoloculina regularis</i> y <i>Biloculina sp.</i>	Biozona de <i>Pseudorhapydionina chiapanensis</i>
<i>Dicyclina schlumbergeri</i>	Cenomaniense tardío	Plataforma abierta o lagoon	<i>Valvulammina picardi</i> y <i>Cuneolina pavonea parva</i>	Biozona de <i>Dicyclina schlumbergeri</i>

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

La transición de la Formación Cobán a la Formación Campur está marcada en su mayor parte por microfacies de plataforma retrabajada; incluye microfósiles fragmentados del miembro superior de la Formación Cobán, como *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*. Éste último foraminífero se encuentra también en la base de la Formación Campur, en contacto concordante con el estrato de rudistas del miembro inferior de dicha formación.

Es difícil establecer relaciones transicionales entre ambas formaciones ya que la tectónica afecta el área y los contactos corresponde a fallamiento inverso en su mayoría. La Formación Campur a veces se encuentra en contacto fallado y discordante con el estrato de brechas sinsedimentarias de la Formación Cobán, algunas otras con estratos fosilíferos de la misma formación.

La Formación Campur fue dividida en 5 zonas de facies, para las cuales corresponden a ambientes de plataforma de margen de arrecifes para el miembro inferior y un ambiente de cuenca o de profundidad para el miembro superior. Este cambio se debe al sumergimiento de la plataforma durante el Campaniense tardío, marcado en los estratos por medio de las calizas con nódulos de chert y los conglomerados calcáreos de arrastre que contiene fósiles tanto de la Formación Cobán, como de la Formación Campur.

La caliza es de grano más fino, de color más beige y con estratificación más laminada. El miembro inferior se ha observado con mayor espesor que el superior y ha sido subdividido en dos estratos; a diferencia del miembro superior, que ha sido subdividido en tres; lo que se puede observar en la tabla 18.

TABLA 18
PRINCIPALES FÓSILES DE LA FORMACIÓN CAMPUR

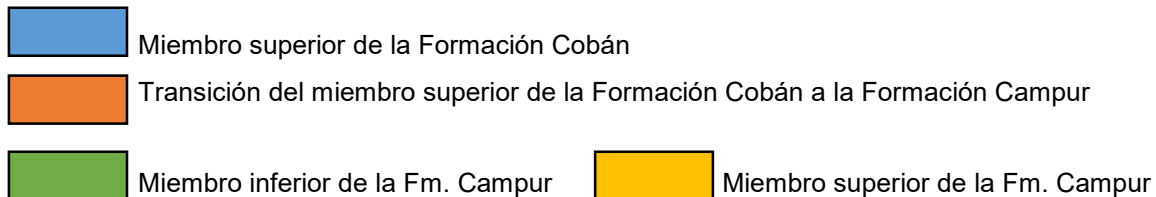
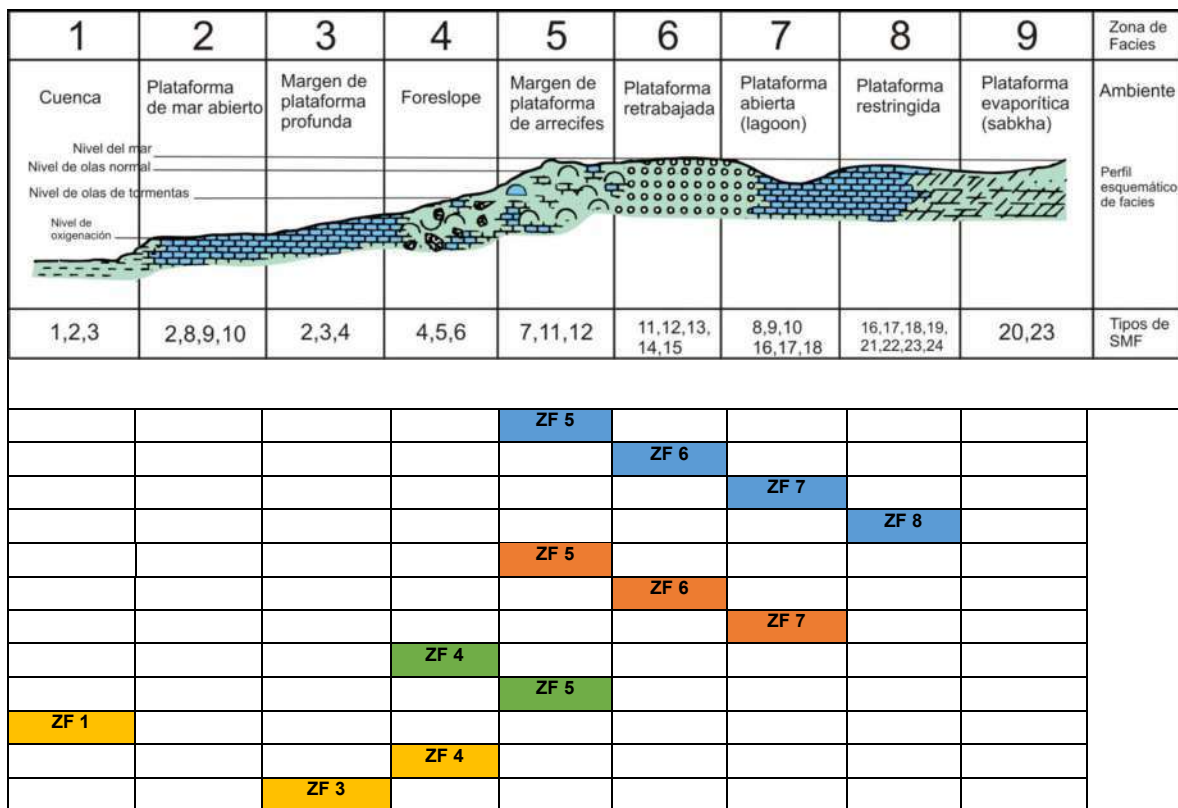
Miembro	Estrato	Fósil	Asociaciones	Edad relativa	Biozona
Inferior	Macrorudistas	Familia Radiolitidae e Hippuritidae	Miliólidos	Campaniense temprano	Biozona de <i>Sulcoperculina vermunti</i>
	Rudistas y foraminíferos bentónicos	<i>Vaughanina cubensis</i> , <i>Sulcoperculina vermunti</i> , <i>Sulcoperculina globosa</i> y <i>Pseudorbitoides</i>	Posiblemente de la Familia Radiolitidae		
Superior	Calizas con chert y espículas de esponja	Espículas calcáreas monaxonas	Nódulos de chert	Campaniense tardío	Biozona de <i>Globotruncanas</i>
	Conglomerados de arrastre	Foraminíferos bentónicos	Miembro superior de la Formación Cobán y Miembro inferior de la Formación Campur		
	Zona calcarata	Globotruncanas	Globigerínidos		

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

En la figura 12 se muestra un modelo general de las zonas de facies para el miembro superior de la Formación Cobán y la Formación Campur. El desarrollo de la plataforma posiblemente haya sido desde la edad Albiense hasta el Campaniense tardío.

Las barras de color azul hacen referencia al miembro superior de la Formación Cobán, las de color naranja a la transición; las barras de color verde hacen referencia al miembro inferior de la Formación Campur y las barras amarillo al miembro superior.

FIGURA 12
MODELO GENERAL DE LOS TIPOS DE MICROFACIES ESTÁNDAR PARA LAS FORMACIONES EN ESTUDIO

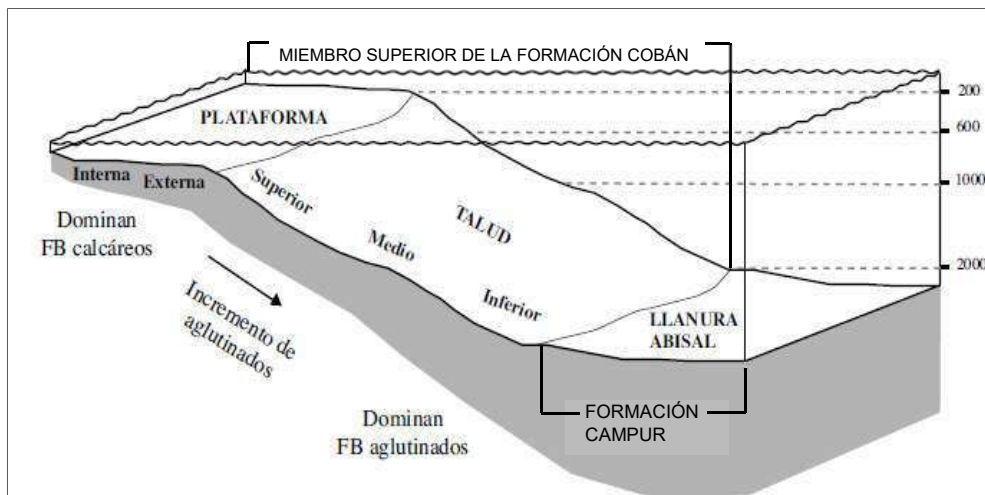


Fuente: Trabajo de gabinete. 2016.

Se han determinado paleoambientes que incluyen la plataforma interna, el talud y la zona abisal. Así: el miembro superior de la Formación Campur comprende foraminíferos bentónicos aglutinados y aporcelanados, formados en la plataforma y el talud superior – medio, lo cual se puede observar en la figura 13.

La Formación Campur comprende únicamente foraminíferos planctónicos hialinos, formados en la llanura abisal, algunos estratos comprenden foraminíferos bentónicos aglutinados, como *Cuneolina pavonea parva* y *Dicyclina schlumbergeri*; y esto se debe a que los foraminíferos aglutinados pueden vivir incluso por debajo del nivel de compensación de la calcita.

FIGURA 13
SUBAMBIENTES MARINOS PARA LA FORMACIÓN COBÁN Y LA FORMACIÓN CAMPUR



Fuente: Tomado de: Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra, 2000. 2016.

CONCLUSIONES

- a) La transición del miembro superior de la Formación Cobán a la Formación Campur se encuentra representada por calizas bioclásticas que se han asignado a los SMF 9, 12 y 11. Estos corresponden a las zonas de facies 7, 6 y 5, respectivamente.
- b) La microfauna de las calizas bioclásticas de la transición incluye: *Cuneolina pavonea parva*, ostrácodos, fragmentos de rudistas, intraclastos, miliólidos, *Dicyclina schlumbergeri*, *Biloculina sp.*, rotálidos, *Pseudorhapydionina chiapanensis*, *Valvulammina picardi*, cortoides foraminíferos bentónicos uniseriales y biseriales.
- c) El límite paleontológico superior de la Formación Cobán, se encuentra representado por la presencia de abundantes *Dicyclina schlumbergeri*. El límite paleontológico inferior de la Formación Campur se encuentra representado por la presencia de macrorudistas, a veces fragmentados de la familia Radiolitidae.
- d) La plataforma carbonatada puede ser asignada a través de la microfauna a una edad inicial Albiense y a una edad máxima Campaniense tardío. Por lo menos en el área de estudio. Los marcadores para ambos límites son *Nummoloculina heimi* y la *Globo truncana calcarata*, respectivamente.
- e) Estratigráficamente, el miembro superior de la Formación Cobán ha sido subdividido en tres grupos de estratos: los estratos de la base que corresponden a calizas cristalinas, *mudstone* – *wackestone* de

Nummoloculina heimi; los estratos medios de brechas calcáreas sinsedimentarias y los estratos superiores que contiene: *Nummoloculina heimi*, *Pseudorhapydionina chiapanensis*, *Nummoloculina regularis*, *Biloculina sp.*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Valvulammina picardi*, fragmentos de rudistas y fragmentos de corales.

- f) Los foraminíferos textularidos y miliólidos del miembro superior de la Formación Cobán, indican paleoambientes de plataforma y de talud superior medio.
- g) El miembro superior de la Formación Cobán se encuentra representado por los SMF 19 de la zona de facies 8, el que corresponde a un ambiente de plataforma restringida; también por los SMF 8, 10 y 18, los cuales pertenecen a la zona de facies 7, que se encuentra en la plataforma abierta o lagoon; y por los SMF 11 y 14, los cuales conciernen a la zona de facies 6 que se encuentra en la plataforma retrabajada.
- h) La Formación Campur fue dividida en dos miembros: inferior y superior. Del miembro inferior se han subdividido dos estratos: uno de macrorudistas y otro de foraminíferos bentónicos y rudistas; el cual contiene microfósiles de *Vaughanina cubensis*, *Sulcoperculina vermunti*, *Sulcoperculina globosa* y *Pseudorbitoides*. El miembro superior ha sido subdividido en tres estratos: un estrato base de calizas con nódulos de chert y espículas de esponja, un estrato medio de conglomerados calcáreos de arrastre y un estrato superior con abundantes foraminíferos plantónicos como: *Globotruncana gr. bulloides*, *Globotruncana cf. caliciformis*, *Globotruncanita gr. elevata*, *Globotruncanita stuartiformis*, *Globotruncanita gr. calcarata*, *Globotruncana gr. linneiana*, *Globotruncana gr. arca*.

- i) Los foraminíferos plantónicos de la Formación Campur, son indicativos de una zona abisal, con estratos que contienen nódulos de chert formados en el nivel de lisoclina.

- j) La Formación Campur está representada por los *SMF* 4, 5 y 6 de la zona de facies 4 que corresponde al foreslope; también por el *SMF* 12, de la zona de facies 5 de ambiente de margen de plataforma de arrecifes; por el *SMF* 1 de la zona de facies 1 que pertenecen al ambiente de cuenca y por los *SMF* 3 y 4 de la zona de facies 3 del ambiente de margen de plataforma profunda.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar un análisis de los tipos de microfacies estándar y de las zonas de facies en los cuadrángulos adyacentes a la parte *NW* del cuadrángulo Cobán y comparar los resultados obtenidos con los que se plasman en esta investigación. Así mismo, efectuar un estudio estratigráfico para correlacionar los estratos acá definidos tanto la Formación Cobán como en la Formación Campur.
- b) Llevar a cabo un estudio a detalle en las secciones tipo que se proponen en la presente investigación, para determinar el contenido microfaunal de cada uno de los estratos presentes en cada afloramiento, así también la dinámica de la plataforma y establecer la secuencia microfaunal de cada formación.
- c) Determinar si los fósiles de rudistas que se ubican en la aldea Sarraxach; realmente pertenecen a la Formación Cobán, pues en esta investigación no se han encontrado suficientes evidencias de campo.
- d) Mediante el uso de un microscopio de barrido electrónico, documentar e identificar de mejor manera los microfósiles de la Formación Cobán y de Formación Campur, en especial, de los estratos que contienen globotruncanas.

BIBLIOGRAFÍA

- Bartolini, Claudio. Et.Al. *The western gulf of Mexico basin: tectonics, sedimentary basin, and petroleum systems*. United States of America: The American Association of Petroleum Geologist, 2001.
- Bonis, Samuel. *Geologic reconnaissance of the Alta Verapaz fold belt, Guatemala*. Tesis de doctorado en filosofía. Universidad estatal de Louisiana. United states of America: Departamento de geología, 1967.
- Castillo, Bernnie. *Evaluación de la amenaza por inundación en la parte alta del Río Cahabón*. Tesis de maestría en gestión de riesgos. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Arquitectura, 2009.
- Donnelly, Thomas. Et.Al. *The Geology of North America. Los Bloques Maya y Chortis*. United States of America: The Geological Society of America, 1990.
- Dutro, Thomas. Et.Al. *Agi data sheets*. United States of America: American geological institute, 1989.
- Espinel Arias, Valentina y Julian Hurtano Henao. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja – Villa de Leiva Boyacá*. Tesis de ingeniería. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia: Departamento de Ciencias Geológicas, 2010.
- Fleury, Jean Jacques y Erick Fourcade. *The Alveolinacea Super-Family Foraminífera: Taxonomy and tentative phylogenetic interpretation*. Francia: Universeté des Sciences et Techniques de Lile, 1990.
- Flügel, Erick. *Microfacies analysis of limestones*. Alemania: Springer, 1982.
- . *Microfacies of carbonate rocks*. Alemania: Springer, 2004.
- Fourcade, Erick. Et.Al. *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Plataform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic, Guatemala*. Berlin, Germany: Stuttgart, 1994.

- , Et.Al. *Cretaceous stratigraphy and paleoenvironment of the Southern Petén Basin, Guatemala*. Paris, Francia: Universeté Pierre et Marie Curie, 1990.
- Machorro Sagastume, Rudy. *Evaluación hidrogeológica de Alta Verapaz*. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de geología, 2005.
- Mackenzie, William Smith y Adams, AE. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. Barcelona, España: Masson, 1997.
- Meurs Van & Associates Limited. *Final report of the petroleum and energy development Project*. Guatemala: Energy consultants, 1980.
- Michaud, François. *Stratigraphie et paleogeographie du mésozoïque du Chiapas Sud est du Mexique*. Paris, Francia: Universeté Pierre et Marie Curie, 1987.
- , Et.Al. "El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya, Guatemala." *Journal of South American Earth Sciences*. 5, 3, (marzo, 1992): 229 – 236.
- Millan, SM. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala*. Newfoundland, Canada: St. Johns, 1979.
- Oviedo García, Angélica. *Rudistas del cretácico superior del centro al sureste de México*. Tesis de doctorado en paleontología. Universidad autónoma de España. Barcelona, España: Unidad de paleontología del Departamento de Geología, 2005.
- Pons, Jose Maria. Et.Al. *The Campanian-Maastrichtian rudist bivalves succession in the Chiapas Central Depression, Mexico*. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, España: 2015.
- Rosales Domínguez, María del Carmen. "Biohorizontes cronoestratigráficos en las facies carbonatadas de plataforma del Cretácico medio-superior de Chiapas, México." *Revista Mexicana de Ciencias geológicas*. 15, 1, (1998): 73-77.
- Scott, Robert W. *Cretaceous Rudists of Guatemala*. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF.: Instituto de Geología, 1995.
- Tucker, Maurice. Et.Al. *Carbonate Sedimentology*. Universidad de Durham. Oxford, Inglaterra: 1990.

Valdez, Sergio, Et.Al. "Niveles estratigráficos de la Formación Cobán en el cuadrángulo Cobán". *Revista Geodinámica*. 1, 2, (noviembre, 2013): 93 – 101.

Walper, Jack L. "Geology of Cobán-Purulhá area, Alta Verapaz, Guatemala." *The Bolletin of the American Association of Petroleum Geologist*. 44, 8, (agosto, 1960): 1273 – 1316.

Zapata Martínez, Jesús Ángel. *Análisis de microfacies y paleoambientes de una sección estratigráfica del Albiano Superior – Turoniano en Nuevo León, México*. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México: Departamento de Geología, 2015.

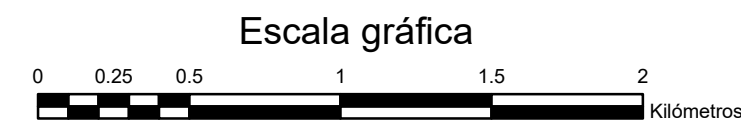
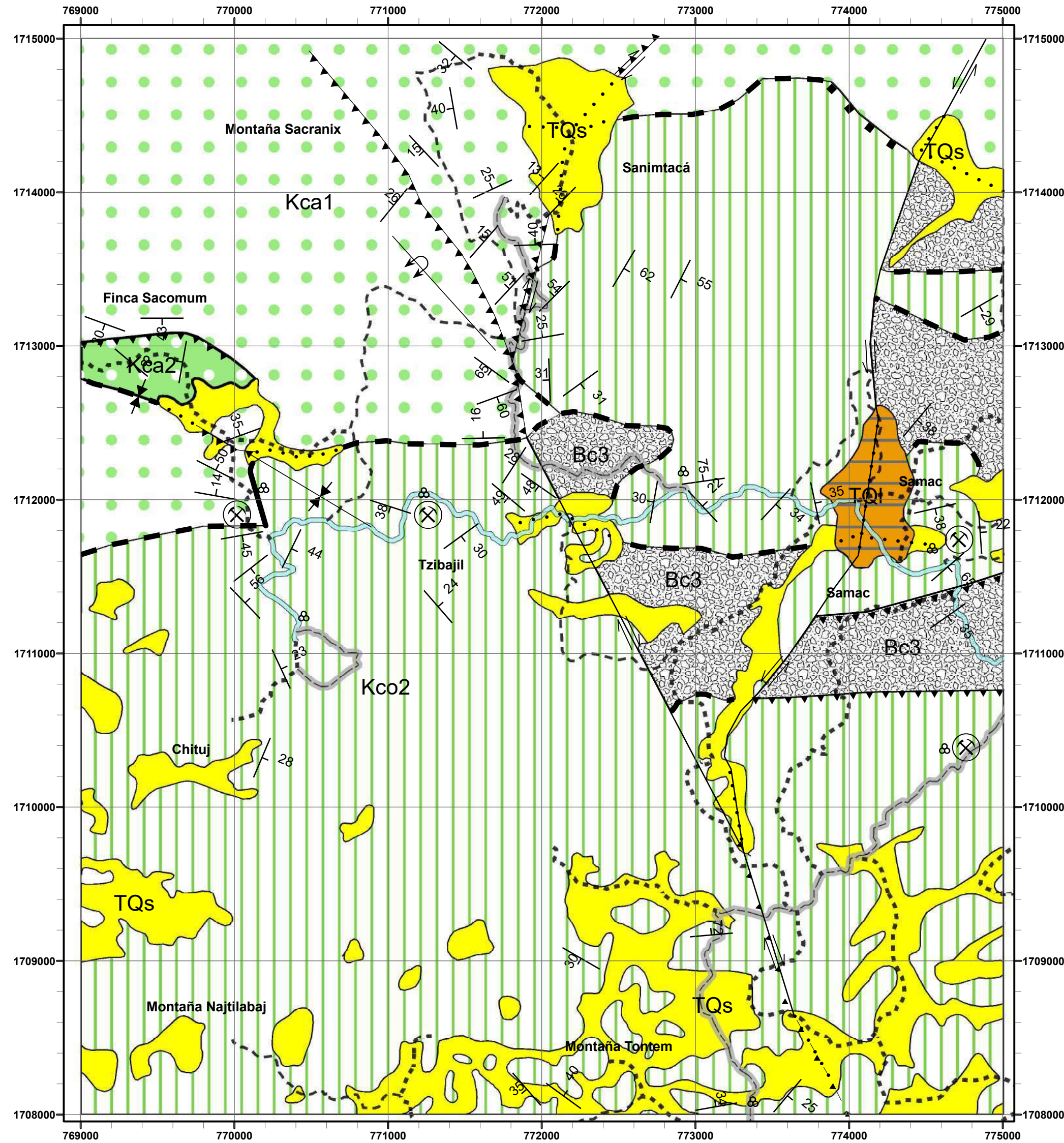


V.º B.º

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Adán García Véliz', written over a horizontal line.

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario

ANEXOS



Escala 1 : 25000



LEYENDA

TERCIARIO CUATERNARIO		TQs	Suelos derivados de caliza y ceniza volcánica
		TQI	Depósitos lagunares Jolomhá
CRETÁCICO		Kca2	MIEMBRO SUPERIOR CAMPANIENSE TARDÍO Caliza con foraminíferos planctónicos
		Kca1	MIEMBRO INFERIOR TURONIENSE - CAMPANIENSE Caliza con rudistas fragmentados
		Kco2	Caliza foraminífera
		Bc3	Brechas calcáreas

FORMACIÓN CAMPUR

MIEMBRO SUPERIOR ALBIENSE-CENOMANIENSE

FORMACIÓN COBÁN

Fallas

	Normal		Sinestral
	Inversa		Dextral
	Inversa inferida		Cubierta
	Inferida		

Simbología

	Estratificación
	Fósiles, presencia de microorganismos
	Cantera
	Anticlinal tumbado
	Sinclinal

Contactos

	Contacto Inferido
	Contacto Observado
	Contacto Fallado

CHAMÁ 2062-I	RUBELTEM 2162-IV	CAMPUR 2162-I
TIRITIBOL 2062-II	COBÁN 2162-III	CAQUIPEC 2162-II
LOS PAJALES 2061-I	TACTIC 2161-IV	TUCURÚ 2161-V

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Análisis de las microfácies sedimentarias entre la transición de la Formación Cobán y la Formación Campur, en la esquina NW del cuadrángulo Cobán.

MAPA GEOLÓGICO

REALIZADO POR: ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA

ESCALA: 1: 25 000
Referencia Espacial: WGS-84 UTM
Zona 15N

ANEXO 1



LEYENDA

Tipos de SMF

Miembro superior de la Formación Cobán

- ZF 5 Zona de facies 5
- ZF 6 Zona de facies 6
- ZF 7 Zona de facies 7
- ZF 8 Zona de facies 8

Transición

- ZF 5 Zona de facies 5
- ZF 6 Zona de facies 6
- ZF 7 Zona de facies 7

Miembro inferior de la Formación Campur

- ZF 5 Zona de facies 5
- ZF 4 Zona de facies 4

Miembro superior de la Formación Campur

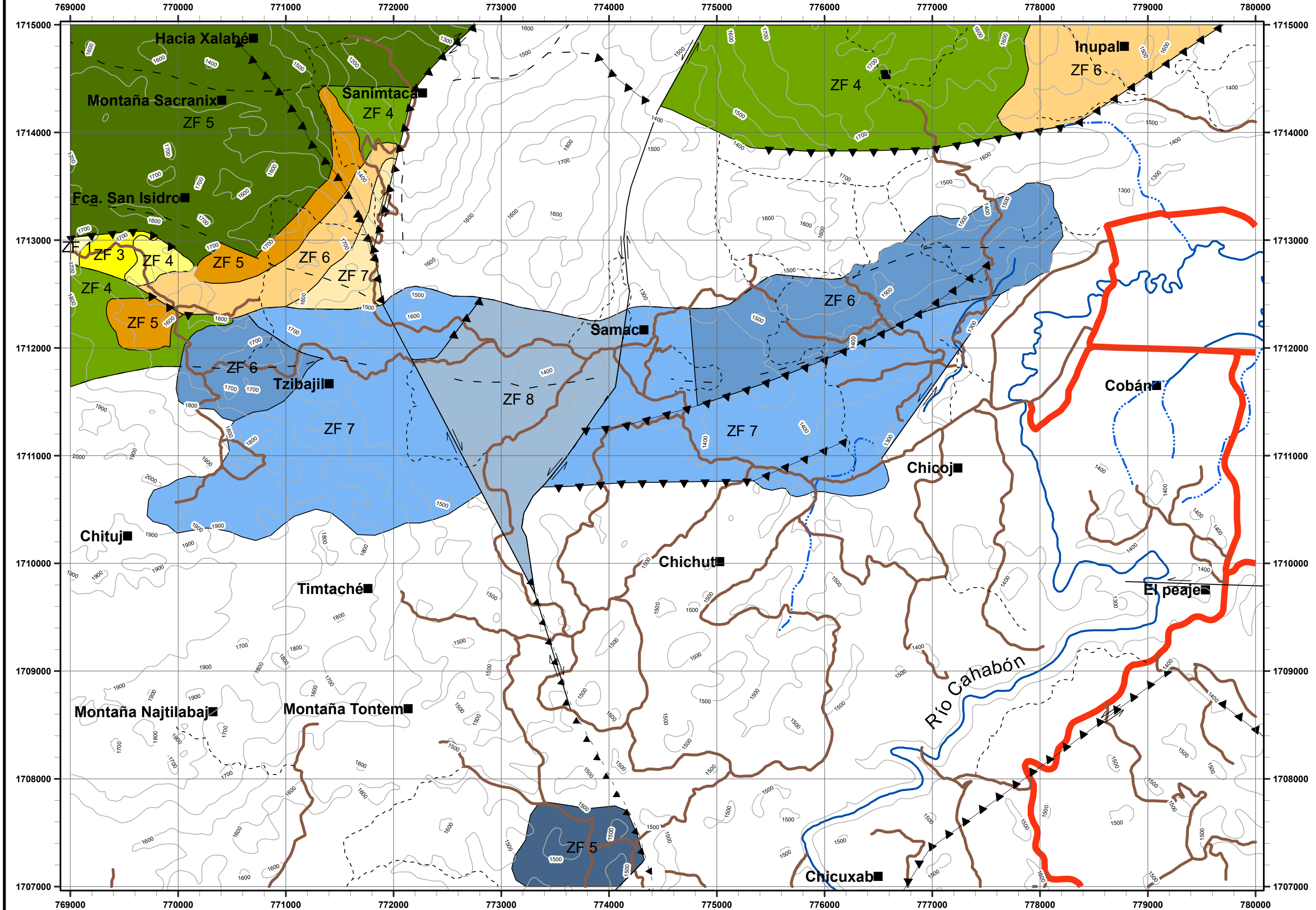
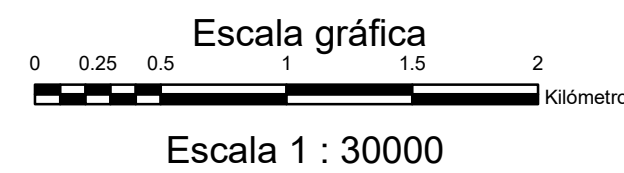
- ZF 3 Zona de facies 3
- ZF 4 Zona de facies 4
- ZF 1 Zona de facies 1

CHAMÁ 2062-I	RUBELTEM 2162-IV	CAMPUR 2162-I
TIRITIBOL 2062-II	COBÁN 2162-III	CAQUIPEC 2162-II
LOS PAJALES 2061-I	TACTIC 2161-IV	TUCURÚ 2161-V

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

Simbología

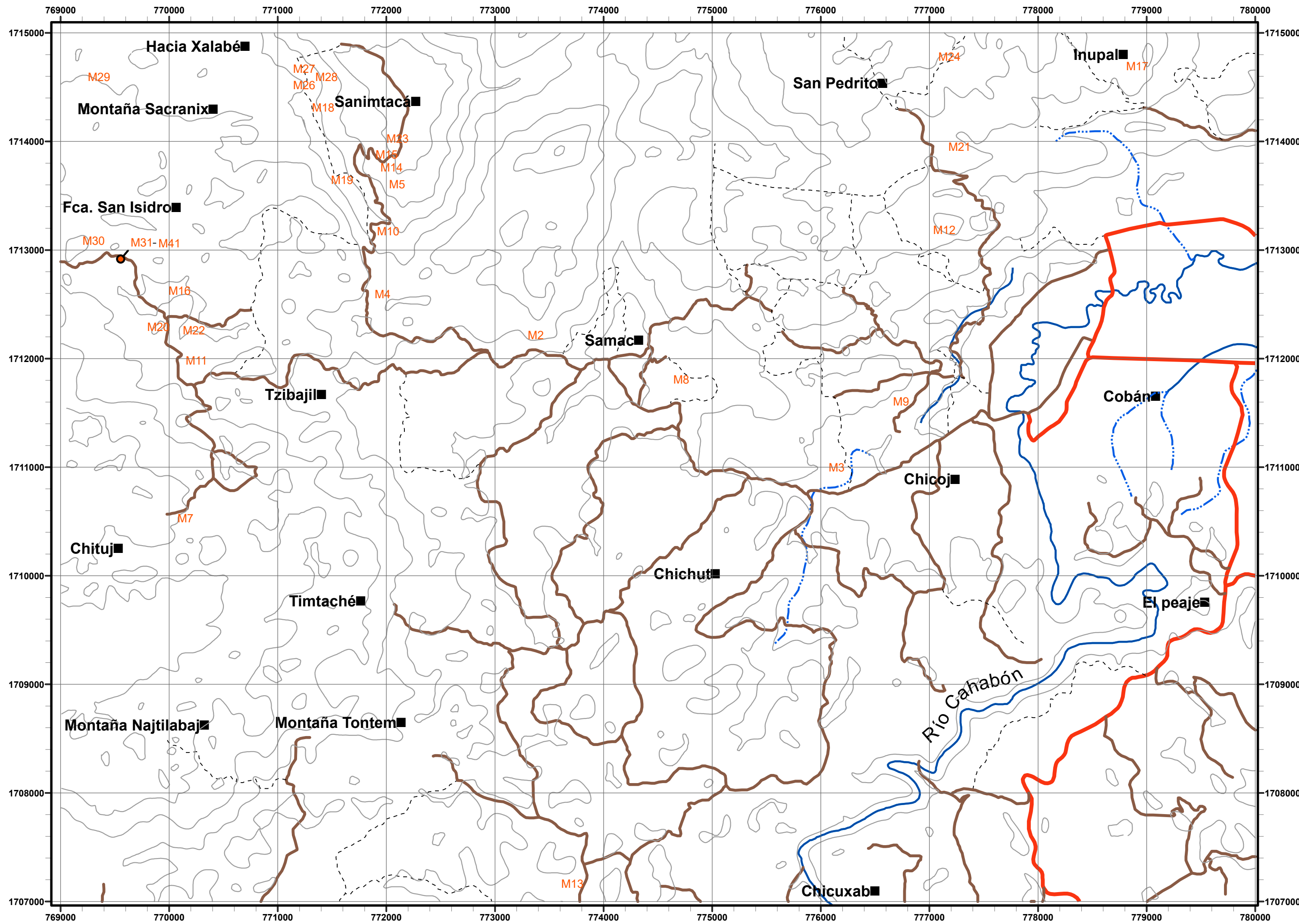
- ▲▲▲▲ Inversa
- Inferida
- ▲▲▲▲ Inversa inferida
- ⇐ Sinestral
- ⇒ Dextral
- Referencias
- Carreteras**
- Ruta Nacional
- Terracería
- Vereda
- Drenaje**
- Intermitente
- Permanente



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
Análisis de las microfacies sedimentarias entre la transición de la Formación Cobán y la Formación Campur, en la esquina NW del cuadrángulo Cobán.

MAPA DE ZONAS DE FACIES
REALIZADO POR: ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA
ESCALA: 1: 30 000
Referencia Espacial: WGS-84 UTM
Zona 15N

ANEXO 2



SIMBOLOGÍA

M Número de muestra

— Curvas 100

■ Localidad

Drenaje

Tipo

— Quebrada

— Río

Carreteras

Tipo

— Ruta Nacional

— Terracería

— Vereda

CHAMÁ 2062-I	RUBELTEM 2162-IV	CAMPUR 2162-I
TIRITIBOL 2062-II	COBÁN 2162-III	CAQUIPEC 2162-II
LOS PAJALES 2061-I	TACTIC 2161-IV	TUCURÚ 2161-V

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

Escala gráfica



Escala 1 : 30000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

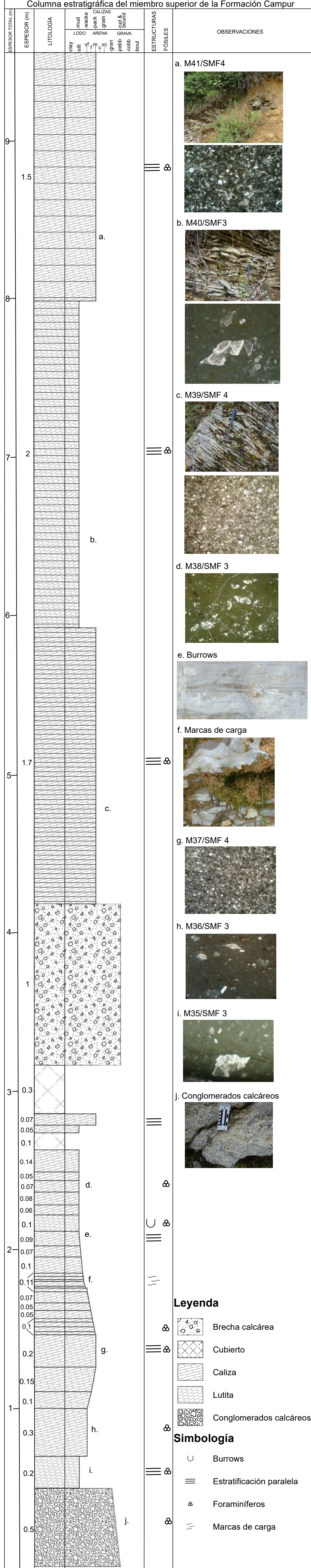
Análisis de las microfacies sedimentarias entre la transición
de la Formación Cobán y la Formación Campur,
en la esquina NW del cuadrángulo Cobán.

MAPA DE MUESTRAS Y LOCALIDADES

REALIZADO POR: ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCÍA

ESCALA: 1: 30 000
Referencia Espacial: WGS-84 UTM
Zona 15N

ANEXO 3



- Leyenda**
- Brecha calcárea
 - Cubierto
 - Caliza
 - Lutita
 - Conglomerados calcáreos
- Simbología**
- Burrows
 - Estratificación paralela
 - Foraminiferos
 - Marcas de carga

No. 071-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

INGENIERO GEOLOGO

Al trabajo titulado:

ANALISIS DE LAS MICROFACIES SEDIMENTARIAS ENTRE LA TRANSICION DE LA FORMACION COBAN Y LA FORMACION CAMPUR, EN LA ESQUINA NW/DEL CUADRANGULO COBAN

Presentado por el (la) estudiante:

ANNY YASMINA KRISTEL MOLINEROS GARCIA

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 28 de Abril de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

