

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS
FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA
RUBELSANTO**

FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW

COBÁN, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS
FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA
RUBELSANTO**

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

**POR:
FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW
CARNÉ: 200140036**

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

COBÁN, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

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. Silvia Friné Cortez Bendfeldt
VOCAL:	Ing. Geól. Luis Alfonso Laj Hun

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Civil *MSc* Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geol. Ricardo Enrique Milián de la Cruz

ASESOR

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



26 de febrero de 2015

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

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

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

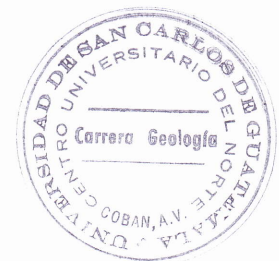
Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación de la T.U. **GEÓL. FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW**, carné n.º **200140036**, titulado: **“CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO”**, 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”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sergio David Morán Ical'.

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



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-193/2017
03 de julio de 2017


Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

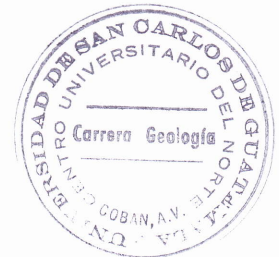
Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación de la T.U. **GEÓL. FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW**, carné n.º **200140036**, titulado: **“CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO”**, 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. Ricardo Enrique Milián de la Cruz
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. e.: geologiausac@gmail.com


Ref. 15-CG-241/2017
07 de agosto de 2017

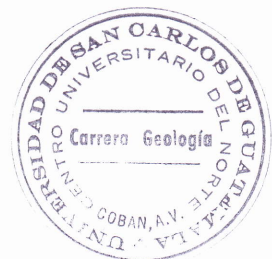
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO”**, realizado por la T.U. **GEÓL. FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW**, carné n.º **200140036**, el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. 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: "CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO."; como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Geólogo.



T.U. Geol. Friedchen Elena Hurtado Von Quednow
Carné: 200140036

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.

DEDICATORIA A:

Dios, por ser la roca de fortaleza en mi vida y que me guía día a día...

Mis Padres Alfonso Hurtado y María Elena Von Quednow, como pequeña retribución a lo mucho que me han dado en la vida, sin su amor no estaría hoy aquí...

Mis abuelos Roberto Von Quednow, Alfonso Hurtado y Martha Rosales, espero honrarlos con este logro, flores sobre sus tumbas...

Mi abuela Amalia Cuz, espero ser la mejor versión de mí, gracias a su ejemplo y cariño...

Mis hermanos y hermana Roberto Antonio, Juan Carlos y Christel Nicolle, por ser esos ángeles que Dios me regalo para una vida eterna...

Mis sobrinos y sobrina espero que con el ejemplo de perseverancia se motiven en alcanzar sus metas...

Mis tíos, tías, primos, primas y demás familia, este logro es para todos ustedes con mucho cariño...

AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna llegar hasta aquí, me hace reflexionar y agradecer a todas las personas que con su soporte científico, humano y espiritual han colaborado en la realización de este trabajo de investigación y poder así culminar con una etapa importante, parte de mi vida.

Primero quiero agradecer a Dios, por ser siempre mi guía, darme la salud, sabiduría y paciencia durante este largo camino de estudios y otorgarme la oportunidad de obtener este triunfo personal y profesional.

A mis amados padres, Alfonso y María Elena, quienes siempre me han dado su cariño incondicional, esfuerzo, dedicación, consejos, paciencia, así como el apoyo moral y económico que me ha permitido llegar a la culminación de esta carrera después de tantos años.

A mis hermanos y hermana, por su ejemplo y aliento para que no decayera, este logro no sería sin ustedes.

Mi profundo agradecimiento a Empresa Petrolera del Istmo, S. A., por haberme apoyado en la fase de campo para la elaboración de este trabajo.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y al Centro Universitario de Norte, por darme la oportunidad de prepararme como una gran profesional ante la sociedad, en especial a la Carrera de Geología, quien alimentó y cultivó mi saber.

Un especial agradecimiento a mi amiga Gabriela Alejandra Coronado Urrutia, por acompañarme en esta odisea de ilusiones y esfuerzos con la esperanza de alcanzar un peldaño más como féminas profesionales en Geología, a Bernardo Daetz y Herberth Wohlers, por su apoyo, acompañamiento, asesoramiento y paciencia en cada una de las fases de esta investigación.

A todos mis catedráticos, en especial a Ing. Geol. Sergio Morán, por su apoyo, motivación y guía a través de su experiencia profesional; Ing. Civil Msc. Julio Reynosa, por su motivación constante a través de este recorrido universitario y quien siempre me ha regalado una sonrisa; Inga. Química Verónica Juárez, por su ejemplo como fémina profesional, su apoyo y constante cariño, Ing. Geol. Osmín Vásquez e Inga. Geol. Silvia Cortéz, por su amistad y motivación, así como al Lic. Marvin Cuz Kuckling, por su apoyo y enseñanzas.

A Ing. Geol. Carlos De León e Ing. Geol. Jorge De la Cruz, sin ellos no se hubiese hecho realidad el inicio de este viaje y su aporte ha sido pieza fundamental para mi investigación.

A mis compañeros y amigos en especial a Lizandro Estuardo Macz Caal, Rafael Francisco Tot Flores, Hugo Ruano, María José Klug Aguilar, Edgar Bran Jr., Edwin Yash, Licda. Maegly Fernández y Licda. Sonia Xon Xirum.

A Ing. Geol. Oscar Pinzón e Ing. Geol. Guillermo Ramírez, por sus consejos y apoyo a lo largo de este proyecto de investigación.

A mis compañeros de trabajo y amigos, Inga. Civil Lizelly Johnally Citá Leiva, Arq.^a María José Cabrera Váldez, Henry Caal, Ing. Geol. Ramón Roldan, Lic. Alfonso Santos Velarde, Ing. Eloy Cháves Arona, Licda. Gloria Jucub, Domingo De La Torre, José Angel Grande, Abel Ruíz San Martín, Javier Gutiérrez, Arlindo Sousa y Abel Barbazan, por sus consejos, apoyo en esta travesía y siempre escucharme sin juzgar, además de sus muestras de cariño, los llevaré siempre conmigo.

A los amigos y compañeros del área de administración, contabilidad, coordinación académica, biblioteca y demás áreas del Centro Universitario del Norte, en especial a Alejandra Mendoza, Gema Valiente, Ángel Mario Catún, Miguel Yat, Julio Chen, Mario Sagüi, Adán García Veliz, Oscar Rene Choc, José Calderón, Isabel Fernández, Galindo Yat, Alberto Bol (Don Beto) y Antonio Paa (Don Tono), por verme crecer a lo largo de esta etapa y siempre saludarme con cariño.

A mis peludos, Boss, Nina y Michel, por acompañarme en mis noches de desvelo durante esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación	5
1.3. Planteamiento del problema	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Alcance y límites	6
1.5.1. Alcance	7
1.5.2. Límites	7
1.6. Objetivos	8
1.6.1. General	8
1.6.2. Específicos	8
1.7. Localización y extensión	9
1.7.1. Localización geográfica	9
1.7.2. Localización cartográfica	9
1.7.3. Vías de acceso	12
1.8. Clima y vegetación	13
1.9. Precipitación	15
1.10. Zonas de vida	16
1.10.1 Bosque muy húmedo subtropical (Cálido)	16
1.11. Drenaje	18
1.12. Fisiografía	21
1.13. Suelos	24
1.14. Meteorización	26
1.15. Erosión	26
1.16. Carst	27
1.17. Marco conceptual	30
1.17.1 Fósiles de la Formación Angostura	31
1.17.2 Fósiles de la Formación Campur	37
1.17.3 Clasificación de rocas carbonatadas	39
a. Clasificación de Dunham	39
b. Clasificación de Folk	40
1.17.4 Metodología para análisis microfacial	42

1.17.5 Tectónica	43
------------------	----

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Marco metodológico	47
2.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico	47
2.1.2 Etapa de campo	47
2.1.3 Etapa de laboratorio	48
2.1.4 Etapa de gabinete	48
2.2 Metodología	49
2.3.1. Caracterización microfaunal	49
a. Trabajo de campo y muestreo	49
b. Muestreo	56
c. Trabajo de laboratorio	57

CAPÍTULO III INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Geología local	65
3.1.1 Formación Campur	66
a. Miembro inferior	66
b. Miembro superior	73
3.1.2 Formación Angostura	76
3.1.3 Formación Sepur	81
3.2 Análisis de Facies	82
3.2.1 Facies Arrecifal (rudistas, algas calcáreas y corales)	82
3.2.2 Facies Calizas Bioclásticas	85
3.2.3 Facies Peletoidales	90
3.2.4 Facies Nódulos de Arcilla	92
3.3 Microfacies	94
3.3.1 Análisis de microfacies	94
3.4 Análisis estructural de formaciones cretácicas	110
3.4.1 Estratificaciones	111
3.4.2 Fracturamiento y fallamiento	113
CONCLUSIONES	117
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	121

ANEXOS

1. Mapa geológico	125
2. Mapa de facies	127

3. Mapa de muestras	129
4. Mapa de lineamientos	131

ÍNDICE DE CUADROS

1. Ubicación en Coordenadas UTM Zona 15, en sistema <i>NAD 27</i>	10
2. División de la Formación Campur según contenido microfaunal	38
3. Clasificación de Dunham	40
4. Clasificación de Folk, 1959-1962	42
5. Microfacies Típicas Estandar (<i>SMF</i>) de Wilson (1975)	60
6. Características de las Microfacies Típicas de Rampa (<i>RMF</i>) de Flügel (2004)	63
7. Modelo de ambiente de depositación de Wilson	106

ÍNDICE DE TABLAS

1. Clasificación de estratos propuesta por Demmico y Hardie	54
2. Muestras Indicadoras de Ambiente Arrecifal según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	95
3. Muestras Indicadoras de <i>Foreslope</i> según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	98
4. Muestras Indicadoras de <i>Lagoon</i> según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	99
5. Muestras Indicadoras de Plataforma Restringida según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	100
6. Muestras Indicadoras de Plataforma Retrabajada según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	101
7. Muestras Indicadoras de Margen de Plataforma Profunda según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	102
8. Muestras Indicadoras de Plataforma de Mar Abierto según <i>SMF</i> y <i>RMF</i>	104

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Árbol del problema	6
2. Vías de acceso del área de estudio	12
3. Mapa climatológico de Guatemala-INSIVUMEH-	13
4. Columna general de las Microfacies del Cretácico Medio Superior de Chiapas	32
5. Rango estratigráfico del Género <i>Chubbina</i> reportado en diferentes localidades	34

6	Correlación de sucesión de macroforaminíferos del Cretácico (Caribe y México)	35
7	Microfósiles género <i>Chubbina</i>	36
8	Cuenca Chapayal y su relación con anticlinal Rubelsanto	44
9	Mapa de reconstrucción del Cretácico Medio	45
10	Litologías comunes de rocas carbonatadas	51
11	Clasificación de Dunham y Folk comparación	52
12	Clasificación textural de rocas carbonatadas, Folk (1959)	58
13	Modelo base de Wilson de ambiente de depositación	59
14	Ambientes para las Microfacies Típicas de Rampa (RMF) de Flügel (2004)	62
15	Modelo de Arrecife	85
16	Empaquetamiento Bioclástico	88
17	Columna A´-A	109
18	Columna B-B´	110
19	Densidad de polos de las estratificaciones del flanco sur de la montaña de Rubelsanto	112
20	Eje de pliegue con esfuerzos comprensivos (Sigma 1); parte oeste de la montaña Rubelsanto	113
21	Dirección preferencial del fracturamiento al oeste de la montaña Rubelsanto	114
22	Elipse de deformación	115

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1.	Cultivos en el área	17
2.	Río Límones	19
3.	Presencia de agua subterránea	21
4.	Poca meteorización en el área	26
5.	Erosión en el área	27
6.	Conos y torres cársticas en el área	28
7.	Presencia de disolución y cavernas en el área	29
8.	Presencia de disolución en superficies de calizas en el área	30
9.	Muestra macroscópica y afloramiento de calizas	66
10.	Microfósiles Campur Inferior	68
11.	Rudistas en la Formación Campur	70
12.	<i>Sulcoperculinas</i> y Alveolínidos, transición Campur-Angostura	71
13.	Microfósiles asociados a la Formación Campur	73
14.	Calizas estratificadas miembro superior Formación Campur	74
15.	Microfósil del miembro superior de la Formación Campur	75
16.	Afloramiento Formación Angostura en San Miguel	76
17.	Corales y rudistas en Formación Angostura	77
18.	Diferentes cortes de Alveolínidos y microfósiles asociados	78
19.	Diferentes coretes Alveolínidos (<i>Chubbina jamaicensis</i>)	79
20.	<i>Chubbina Jamaicensis</i>	80

21. Vista de campo Formación Sepur a los alrededores de San Pedro El Limón	81
22. Exposición de indicadores microfaunales de arrecife	83
23. Ensamble de microfósiles en facies de caliza bioclástica	87
24. Microfósiles facies de caliza bioclástica	89
25. Ensamble de microfósiles en facie peletoidal	91
26. Microfósiles facie de nódulos de arcilla	93
27. Clasificación <i>RMF</i> y <i>SMF</i> con ambiente arrecifal	96
28. Clasificación <i>RMF</i> y <i>SMF</i> con características <i>Foreslope</i>	97
29. Clasificación <i>RMF</i> y <i>SMF</i> con características <i>Lagoon</i>	100
30. Clasificación <i>RMF</i> y <i>SMF</i> con características de Plataforma Profunda	103
31. Clasificación <i>RMF</i> y <i>SMF</i> con características de Plataforma de Mar Abierto	105
32. Estratificaciones y afloramientos estratificados	111

ÍNDICE DE MAPAS

1. Localización de área de estudio	11
2. Climatológico de Rubelsanto-INSIVUMEH-	14
3. Precipitación del área de estudio-MAGA-	15
4. Subcuenca del área de estudio	18
5. Red de drenaje del área de estudio	20
6. Regiones fisiográficas del área de estudio	22
7. Zonas fisiográficas ubicadas en el área de estudio	23
8. Serie de suelos para el área de estudio	26

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Al	Alveolínidos
°C	Grados centígrados
cf.	Comparar con
Cha	Chacalté
cm	centímetro
E	este
<i>et. al.</i>	Y otros
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HCl	Ácido Clorhídrico
HF1-87	Código de sección delgada
ICTA	Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agrícola
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala
km	kilómetro
MAGA	Ministerio de Agricultura y Ganadería
m	metro
µm	micra
mm	milímetro

msnm	metro sobre el nivel del mar
N	norte
NAD	Datum de Norte América
NO	noroeste
p.e.	por ejemplo
RMF	Microfacies de Tipo Rampa
Sb	Sebol
SE	sureste
SMF	Microfacies Tipo Estandar
Spc	<i>Sulcoperculina</i>
sp	especie
Sr	Estroncio
z	Tzejá
Us	Usumacintá
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator

RESUMEN

El presente informe de Trabajo de Graduación, contiene los resultados de la CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO, el cual fue realizado en una superficie de 37 km², a escala 1: 25 000, en el segmento noroeste de la hoja topográfica Canrujá.

Dentro de la etapa de campo y laboratorio se identificaron y delimitaron arealmente tres formaciones; se tomó en consideración para clasificarlas la litología, color, microfósiles y disposición. Fueron estas: Formación Campur, Formación Angostura y Formación Sepur, con sus respectivas facies y sub ambientes.

Se comprobó la presencia del marcador bioestratigráfico de la Formación Angostura: *Chubbina jamaicensis*, identificado por su morfología, y que junto al ensamblaje de otros microfósiles observados en sección delgada, resulta similar a la de la Formación Angostura de Chiapas, México.

De acuerdo con los ensambles de microfósiles, matriz y características texturales, estableciéndose sub ambientes de Plataforma Carbonatada: Plataforma Restringida, Plataforma Abierta (*Lagoon*), Margen de Plataforma de Arrecifes, *Foreslope*, Margen de Plataforma de Margen Profunda y Plataforma de Mar Abierto.

Estructuralmente el área presentó lineamientos que controlan los sub ambientes, donde aflora el flanco sur del anticlinal con dirección de estratificación hacia el suroeste, y en la parte noreste del área a los alrededores del campamento petrolero Rubelsanto la traza del eje de pliegue con dirección noroeste – sureste.

INTRODUCCIÓN

El estudio da a conocer los resultados obtenidos de la caracterización microfaunal y estructural de una superficie de 37 km², realizado al noroeste de la hoja topográfica Canrujá.

Se elaboró un mapa de microfacies presentes a escala 1: 25 000; con el objeto de comprobar la hipótesis sobre la presencia de la Formación Angostura dentro del área de estudio, mediante la determinación de la presencia del fósil guía que es la *Chubbina jamaicensis*, por medio de un análisis de secciones delgadas.

Lo anterior se realizó por el desconocimiento de las microfacies y las condiciones estructurales de las rocas sedimentarias aflorantes en la zona de estudio, por medio de la clasificación de Wilson (1975) de microfacies típicas estandar (*SMF*) y las microfacies típicas de rampa (*RMF*) de Flügel.

El flanco sur de la estructura del anticlinal de Rubelsanto aflora a nivel superficial en la zona de estudio, y según el mapa geológico generado, este flanco posee sub ambientes sedimentarios de plataforma carbonatada que refleja una secuencia progradante, se observó una litología carbonática en su mayoría y lutítica en la parte sur del área de estudio.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

A nivel regional se cuenta con varios documentos que refieren estudios realizados sobre las formaciones existentes en el área de investigación, y relacionados a las microfaunas existentes a nivel regional.

Robert W. Scott describe en su publicación *Rudistas del Cretácico de Guatemala* que en el área de Rubelsanto, el Cretácico consiste en tres formaciones, en orden ascendente: Formación Cobán, Formación Campur y Formación Sepur; la primera fue depositada sobre una plataforma carbonatada poco profunda en ambientes de arrecife y *Lagoon*; la segunda fue depositada en ambiente de arrecife con acumulaciones de rudistas, corales y estromatolitos y la tercera se depositó en plataforma interna a cuenca profunda¹.

Osmín J. Vásquez Hernández cita a Sánchez Montés de Oca (1969) sobre las calizas fosilíferas y dolomías con intercalaciones de margas de la Formación Angostura, las cuales el autor indica que afloran en Guatemala en la cuenca Péten Sur y es sobreyacida por la Formación Sepur; además que el microfósil guía es la *Chubbina jamaicensis*.²

¹ Robert W. Scott. *Rudistas del Cretácico de Guatemala*. Universidad Autónoma de México, 1995. Pág. 297.

² Osmín J. Vásquez Hernández. *Los microfósiles en las formaciones geológicas de Guatemala*. Apuntes de Micropaleontología, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estudios relacionados a geoquímica de petróleo de Guatemala y Belice describen la relación estratigráfica de columnas en las cuencas de Belice y norte-sur del Petén, Guatemala.

Henrik I Petersen (2012), interpretó en base a esas columnas estratigráficas la presencia de la Formación Angostura en el Sur de Guatemala, en su estudio citó a Fourcade *et. al.*, (1999), quien describe que la formación conocida como Angostura se encuentra compuesta de “calizas blancas con rudistas (*Biradiolites sp.* y *Thyrastylon sp.*) y foraminíferos largos como *Chubbina jamaicensis* y *Praealveolina sp.*, esta formación posee similitudes de fauna y litología a la Formación Campur.”³

En relación a estudios estructurales regionales del anticlinal de Rubelsanto, James A. Peterson (1983), describe la formación de la cuenca Chapayal que dio lugar a la formación del anticlinal de Rubelsanto. “La cuenca del Petén está dividida por el arco de la Libertad, orientado hacia el segmento noreste (cuenca norte) y un segmento mayor hacia el sur conocido como cuenca Chapayal.”⁴

Según Carlos González (2002), en la aldea San Miguel afloran calizas con indicios de microfósiles que indican la presencia de la Formación Angostura, además describe según estudios geofísicos que la estructura regional de Rubelsanto está limitada al norte por una falla

³ Henrik I Petersen, *et. al.*, *Geoquímica del petróleo crudo, aceites de filtración y roca madre de Belice y Guatemala: Indicadores de carbonatos-sistema de fuentes de petróleo*. Imprenta Científica Ltd., 2012. Pág. 133.

⁴ James A. Peterson, *Geología y Reservorios de Petróleo en el sureste de México, Norte de Guatemala y Belice*. Librería del Congreso, 1983. Pág. 19.

mayor inversa. Y el mayor fracturamiento del pliegue se encuentra más cerca de su eje.⁵

1.2 Justificación

Esta investigación surge de varios aspectos importantes desde el punto de vista geológico como lo son: falta de mapas geológicos actualizados a escala detallada, lo cual es una limitante para la interpretación estructural y determinación de ambientes de depositación en la cuenca sedimentaria Chapayal. Otro aspecto, es que se han realizado estudios recientes, en México, en donde se han definido nuevas unidades, que se consideran que afloran en el área de estudio.

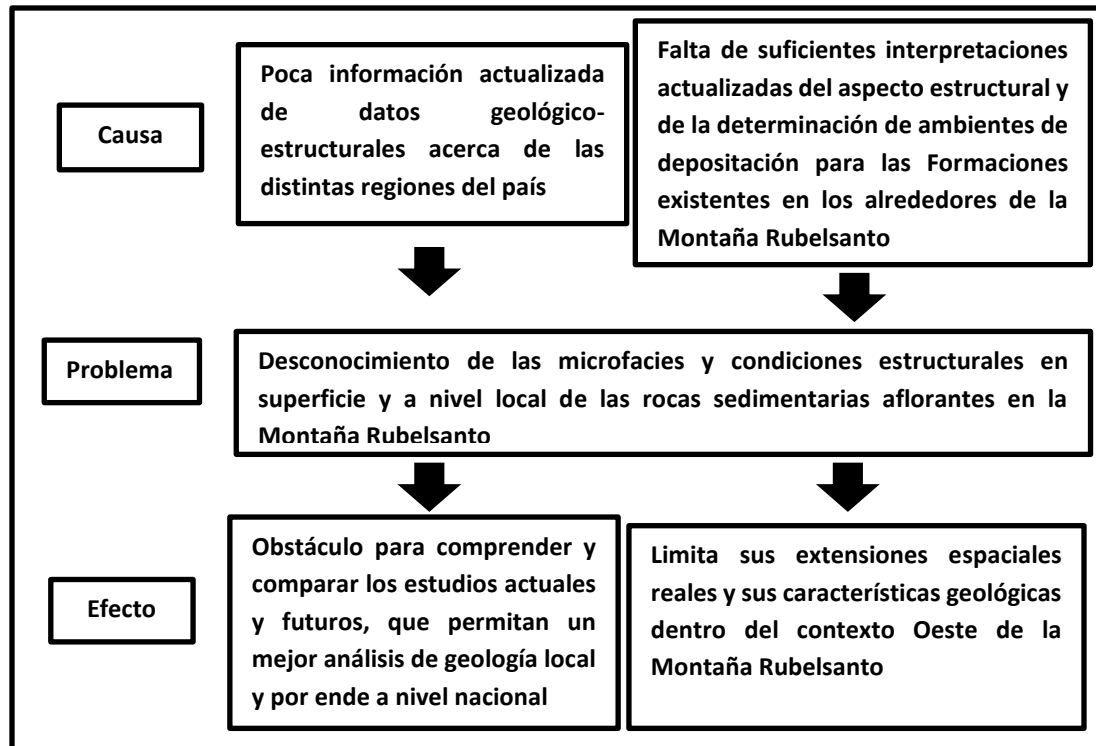
Por lo que con este estudio se realizó un mapeo geológico a detalle mediante observaciones lito-estructurales de superficie, con su respectivo análisis estructural mediante la interpretación de fracturas y un análisis microfacial a partir de la observación de secciones delgadas; que aportó datos adicionales y actualizados de la geología en la parte oeste del anticlinal Rubelsanto, se complementa así la información estructural superficial que la industria petrolera no posee.

1.3 Planteamiento del problema

¿Cuáles son las microfacies sedimentarias que caracterizan las formaciones en la montaña Rubelsanto? (Figura 1)

⁵ Carlos R. González M. *Correlación y modelado geológico de las unidades del Cobán C1-C9, dentro del campo petrolero Rubelsanto, Chisec, Alta Verapaz*. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. Pág. 56

FIGURA 1
ÁRBOL DEL PROBLEMA



FUENTE: Investigación de campo, Año 2011.

1.4 Hipótesis

En el área oeste de la montaña Rubelsanto aflora la Formación Angostura, definida por la especie *Chubbina jamaicensis*, diferenciando microfauanalmente de la Formación Campur por el contenido de foraminíferos como *Sulcoperculina cf.*

1.5 Alcance y límites

A continuación, se presenta el alcance y límite de la investigación, los cuales definen las dimensiones de la interpretación de la geología del área de estudio.

1.5.1 Alcance

Los estudios que se realizaron fueron considerados según la amplitud de la investigación: Caracterización microfaunal a partir de láminas delgadas y el análisis estructural de la parte oeste del anticlinal Rubelsanto, a través de la evaluación del mapa geológico.

Los resultados de estos tuvieron como propósito generar mayor información del área de estudio y de actualizar la misma; se determinó así, la presencia de las facies y condiciones estructurales en superficie de las rocas sedimentarias aflorantes en la montaña Rubelsanto.

Además, con la información obtenida en campo se analizaron los patrones estructurales de la orientación de la estructura regional del anticlinal de Rubelsanto para la interpretación y determinación de ambientes de depositación en la cuenca sedimentaria Chapayal.

1.5.2 Límites

La investigación que se desarrolló a lo largo del estudio técnico-científico, tuvo un enfoque relacionado a las características microfauna

les y estructurales de las diferentes formaciones geológicas encontradas en el área. Así como su distribución espacial según la metodología para análisis de microfacies en rocas sedimentarias.

Entre otros límites se puede mencionar el límite espacial, que para esta investigación comprendió 37 km², ubicados al oeste del Anticlinal Rubelsanto; la etapa de campo se realizó en 12 meses.

El apoyo de los comunitarios y autoridades gubernamentales en el ingreso al área fue una limitante de aspecto social, además existieron condiciones fisiográficas y de zona de vida que impidieron el acceso.

Otra limitante fue el equipo de análisis de laboratorio, que constó únicamente de un microscopio eléctrico; esto, restringió la interpretación de la diagénesis de los carbonatos únicamente a una caracterización petrográfica y micropaleontológica (por correlación).

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Evaluar mediante un mapeo geológico la caracterización de microfacies y geología estructural de las formaciones que afloran en el área.

1.6.2 Específicos

- a) Identificar las principales microfacies dentro de la secuencia carbonatada expuesta el anticlinal Rubelsanto.
- b) Proponer el modelo lito-estructural de la zona de estudio, según el análisis e interpretación de los datos geológicos obtenidos a nivel superficial.
- c) Graficar mediante un mapa de lineamientos la relación estructural del modelo regional con el modelo local del área de estudio a escala 1:25 000.

- d) Contrastar toda la información publicada sobre los distintos trabajos realizados en el anticlinal de Rubelsanto.

1.7 Localización y extensión

A continuación, se describe la localización y extensión del área de estudio.

1.7.1 Localización geográfica

El área de investigación se encuentra ubicada dentro de la aldea Rubelsanto perteneciente al municipio de Chisec, departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

1.7.2 Localización cartográfica

La unidad de estudio se ubica en la hoja topográfica Canrujá (2163 IV), con *Datum* NAD-27 zona 15 N y coordenadas UTM, en un total de 37 km² de extensión, los vértices del polígono se muestran en el cuadro 1.

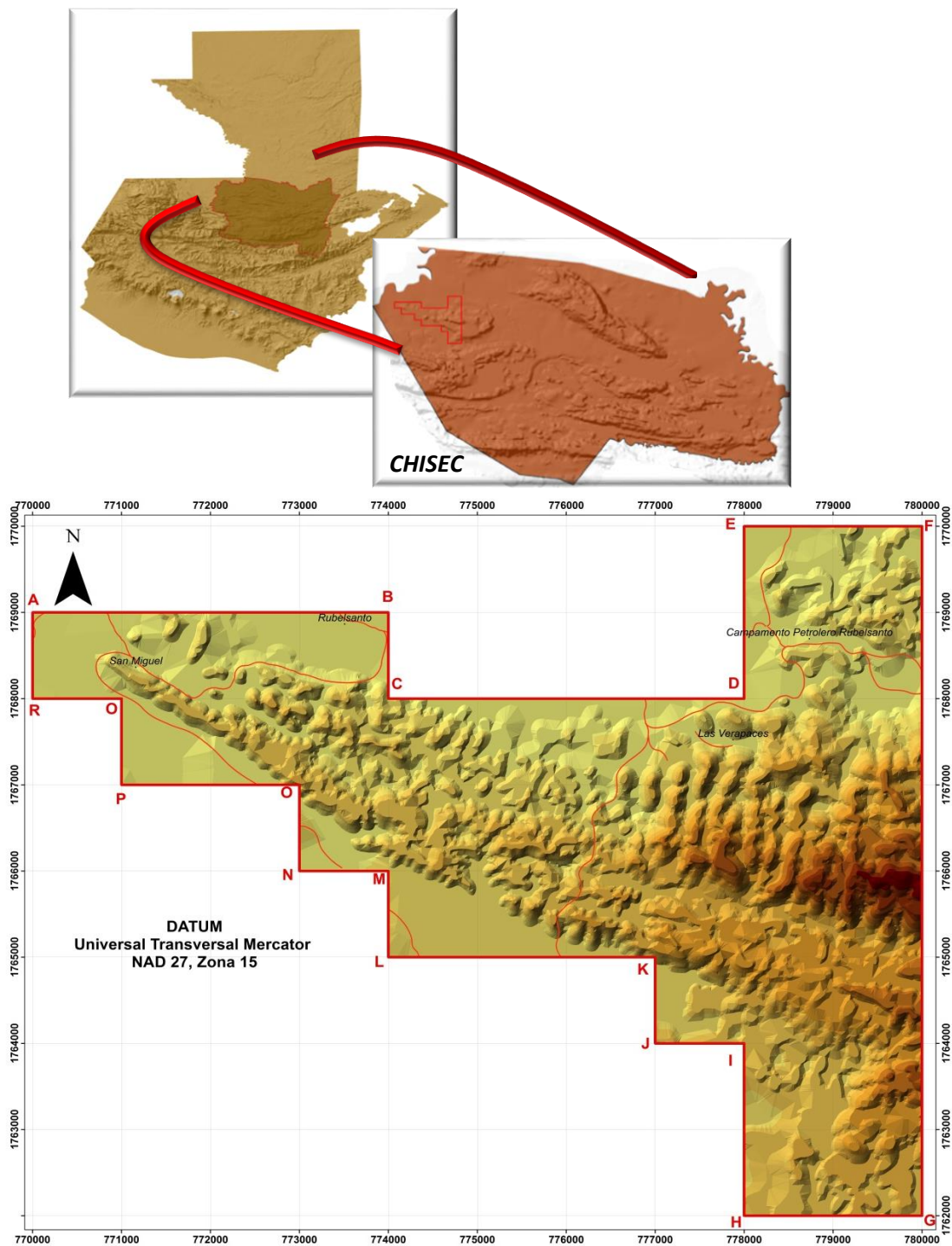
CUADRO 1
UBICACIÓN EN COORDENADAS UTM ZONA 15N, EN
SISTEMA NAD 27

VERTICE	COORDENADA ESTE (X)	COORDENADA NORTE (Y)
A	770000	1769000
B	774000	1769000
C	774000	1768000
D	778000	1768000
E	778000	1770000
F	780000	1770000
G	780000	1762000
H	778000	1762000
I	778000	1764000
J	777000	1764000
K	777000	1765000
L	774000	1765000
M	774000	1766000
N	773000	1766000
O	773000	1767000
P	771000	1767000
Q	771000	1768000
R	770000	1768000

FUENTE: Elaboración propia en base de hoja topográfica Canrujá (digital) del IGN 2011.

Las coordenadas anteriores se visualizan en el mapa 1, el cual contiene cada uno de los vértices del área de estudio.

MAPA 1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo, 2011.

1.7.3 Vías de acceso

A la zona de estudio se puede acceder por la ruta nacional desde la ciudad de Cobán por la AV-9, se llega al municipio de Chisec, hasta la intersección de la AV-5, que se le conoce como franja transversal del norte, la que atraviesa el área de este a oeste.

Las vías principales se pueden observar en la figura 2.

FIGURA 2
VÍAS DE ACCESO DEL ÁREA DE ESTUDIO

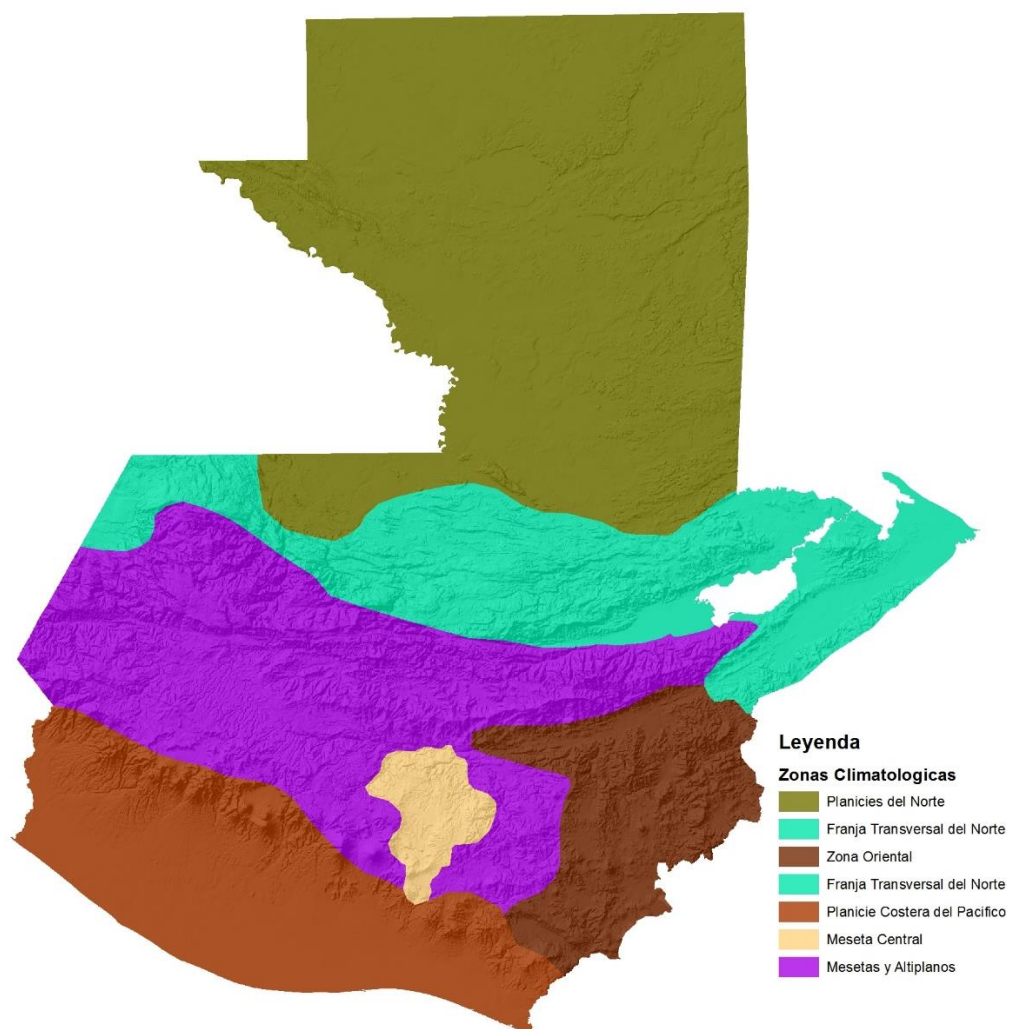


FUENTE: Investigación de campo, Año 2011.

1.8 Clima y vegetación

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología-INSIVUMEH-, ha zonificado al país en seis regiones perfectamente caracterizadas por el sistema de Thorntwaite. Para el área de estudio se hace referencia a la Zona de Planicies del Norte, como se observa en la figura 3.

FIGURA 3
MAPA CLIMATOLÓGICO DE GUATEMALA- INSIVUMEH-

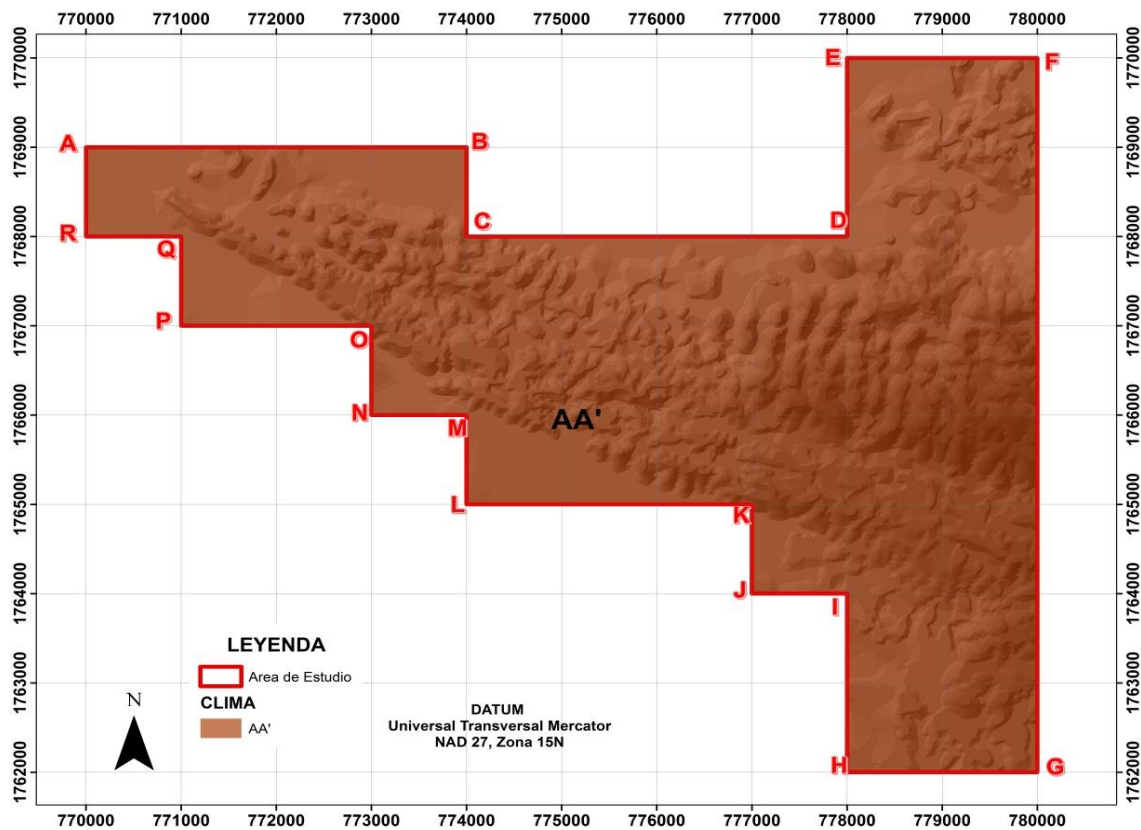


FUENTE: Investigación de campo, Año 2011.

Esta zona comprende las planicies del Petén, que se distribuye a lo largo de los departamentos de Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz e Izabal; con elevaciones menores a 300 msnm.

En esta región predominan climas cálidos con invierno benigno y bien definido, varían su carácter entre muy húmedos, húmedos y semi secos, sin estación seca bien definida. Corresponde específicamente para el área al tipo AA', como se muestra en el mapa 2.

MAPA 2 MAPA CLIMATOLÓGICO DE RUBELSANTO- INSIVUMEH-

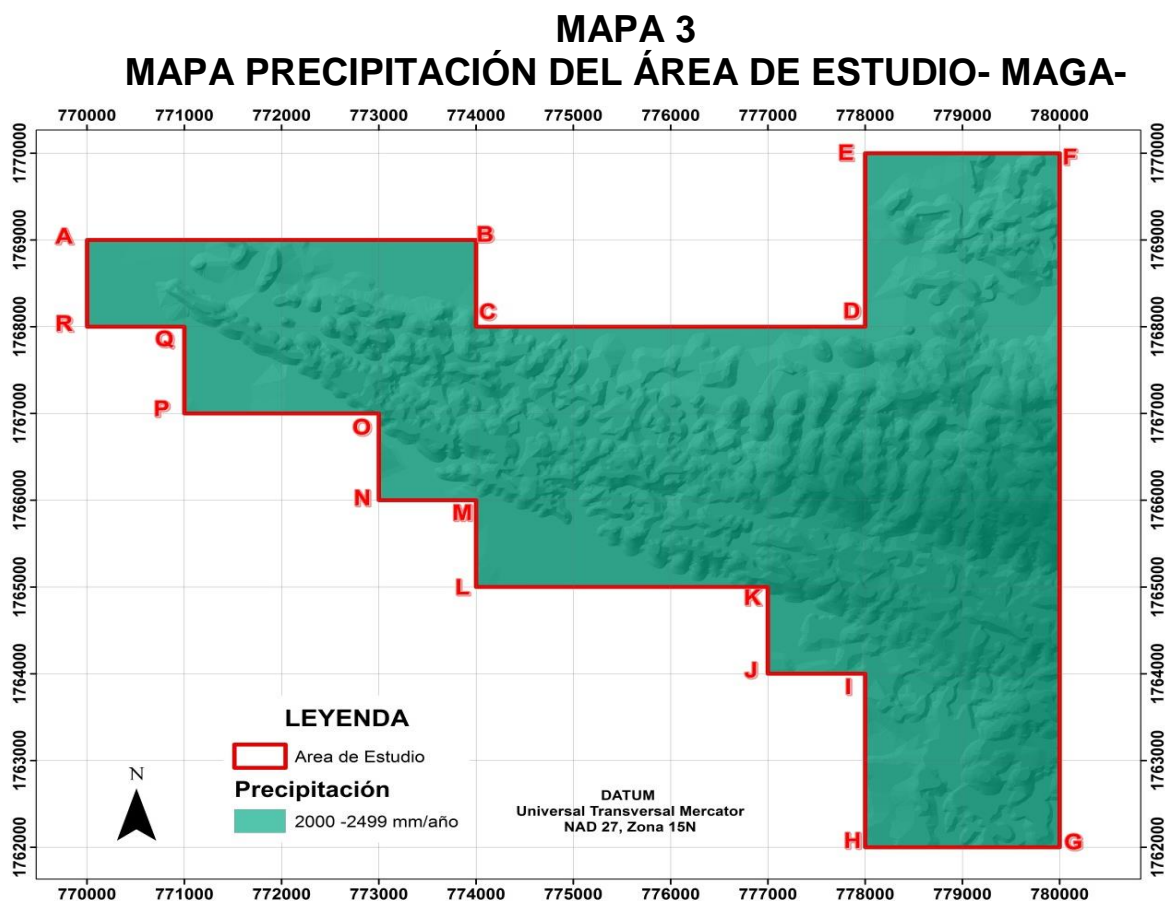


FUENTE: Investigación de campo, Año 2014, según información de INSIVUMEH.

1.9 Precipitación

En relación a la precipitación media anual según informe del Ministerio de Agricultura y Ganadería –MAGA-, oscila entre 2 000 mm a 2 499 mm por año y es condicionado por la cordillera montañosa del país, prolongándose en el área la temporada de olas de frío y representa los mayores módulos pluviométricos anuales de Guatemala.

El mapa 3 muestra la precipitación anual correspondiente al área de investigación según información del MAGA de 2001.



FUENTE: Investigación de campo, 2014, según información de MAGA.

1.10 Zonas de vida

La zona de vida, no es más que la descripción de áreas con similares comunidades de plantas y animales, según la relación existente en latitud y elevación del lugar.

Para el área de estudio y según la “clasificación de las zonas de vida en Guatemala a nivel de reconocimiento”, elaborada por Jorge de la Cruz, la zona de vida presente es la de Bosque muy húmedo subtropical (cálido).

1.10.1 Bosque muy húmedo subtropical (Cálido)

Según el documento arriba mencionado, el autor describe la localización para esta zona de vida de la siguiente manera:

Es la más extensa en Guatemala ocupa también el primer lugar en usos. En el norte del país abarca el departamento de Izabal, norte de Alta Verapaz, El Quiché y una parte del departamento de Huehuetenango, asimismo la parte sur del departamento de Petén (Sayaxché, San Luis, Poptún y Dolores).⁶

Su extensión total es de 40 700 km². En relación a las condiciones climáticas, estas son variables debido a la influencia de los vientos, de donde las lluvias influyen de mayor manera en la composición florística y en la vegetación por la mayor duración de las mismas.

⁶ Jorge René de la Cruz S. *Clasificación de las Zonas de Vida en Guatemala a nivel de Reconocimiento*. Guatemala 1982. Pág. 22.

El patrón de estas lluvias, varía en un rango de 1 587 mm a 2 066 mm anuales, con biotemperaturas de 21° C a 25° C, presentando evapotranspiración promedio de 0,45. Su topografía es plana y varía a accidentada, presenta una elevación desde 80 msnm y 1 600 msnm.

El autor indica la vegetación natural del área de estudio según su composición florística es: “*Orbignya cohune*, *Terminalia amazonia*, *Brosimum alicastrum*, *Lonchocarpus*, *Virola*, *Cecropia*, *Ceiba pentandra*, *Vochysia hondurensis* y *Pinus caribea*”.⁷

En cuanto a la agricultura no es muy diversificada, solo incluye maíz, frijol y cardamomo, por lo que es conveniente determinar áreas para un manejo sostenible de bosques, como se puede observar en la fotografía 1.

FOTOGRAFÍA 1 CULTIVOS EN EL ÁREA



a) Cultivos de cardamomo

b) Cultivos de maíz y frijol

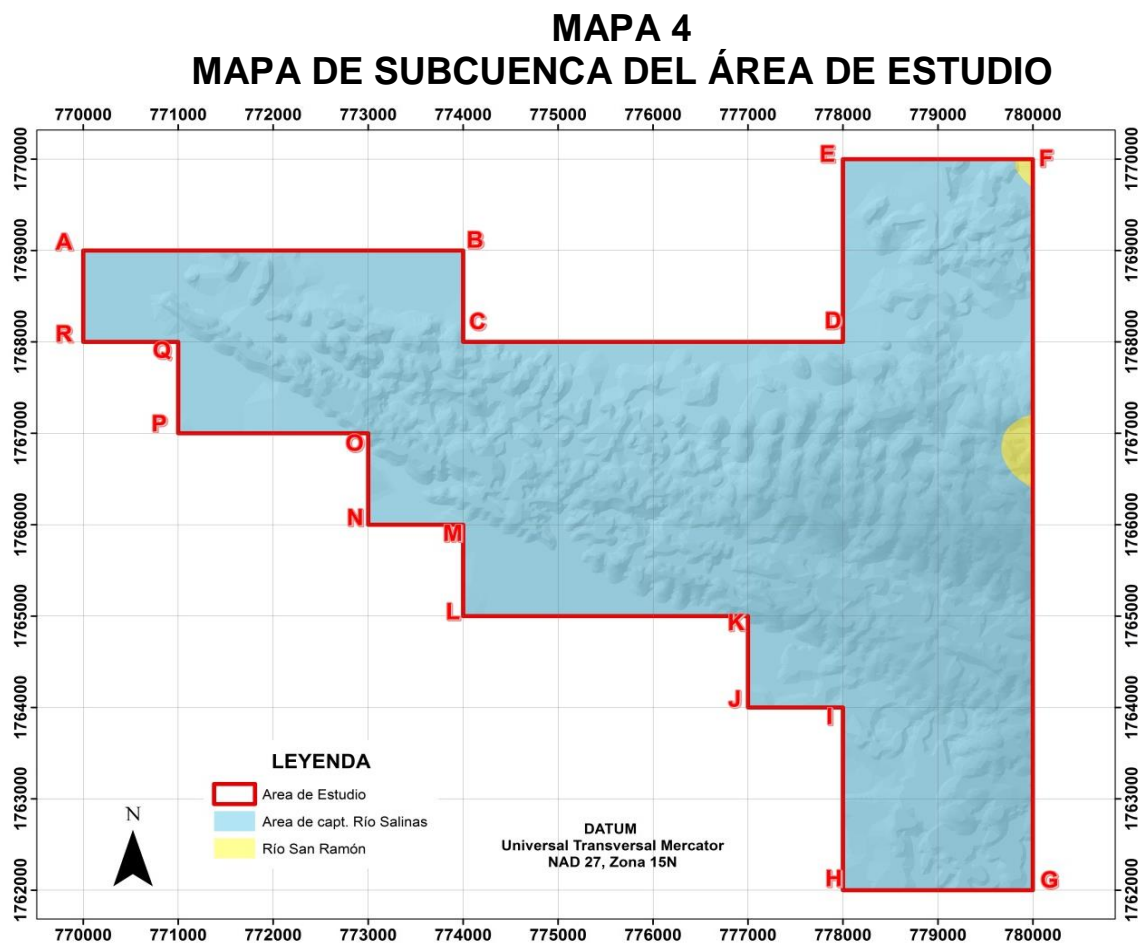
Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2012.

⁷ *Ibídem*. Pág. 23

1.11 Drenaje

La red de drenaje del área de estudio se encuentra ubicada dentro de la subcuenca del río Salinas y en pequeña parte por la subcuenca río San Ramón, las cuales pertenecen a la cuenca del río Salinas, esta cuenca tiene como vertiente el Atlántico, cubre 47 municipios y se le conoce también como cuenca Chixoy.

En el mapa 4 muestra el tipo de red de drenaje de mayor presencia en el área de estudio es la dendrítica y angular.



FUENTE: Investigación de campo, Año 2014.

El patrón dendrítico está asociado a las propiedades heterogéneas de las rocas calizas y el patrón angular, es el resultado de la presencia de rasgos estructurales como fracturamiento y fallamiento.

En la fotografía 2 se aprecia el río que pasa por la parte oeste y sur oeste de la zona de investigación, el que recolecta el caudal de las quebradas efímeras e intermitentes presentes en el área.

FOTOGRAFÍA 2

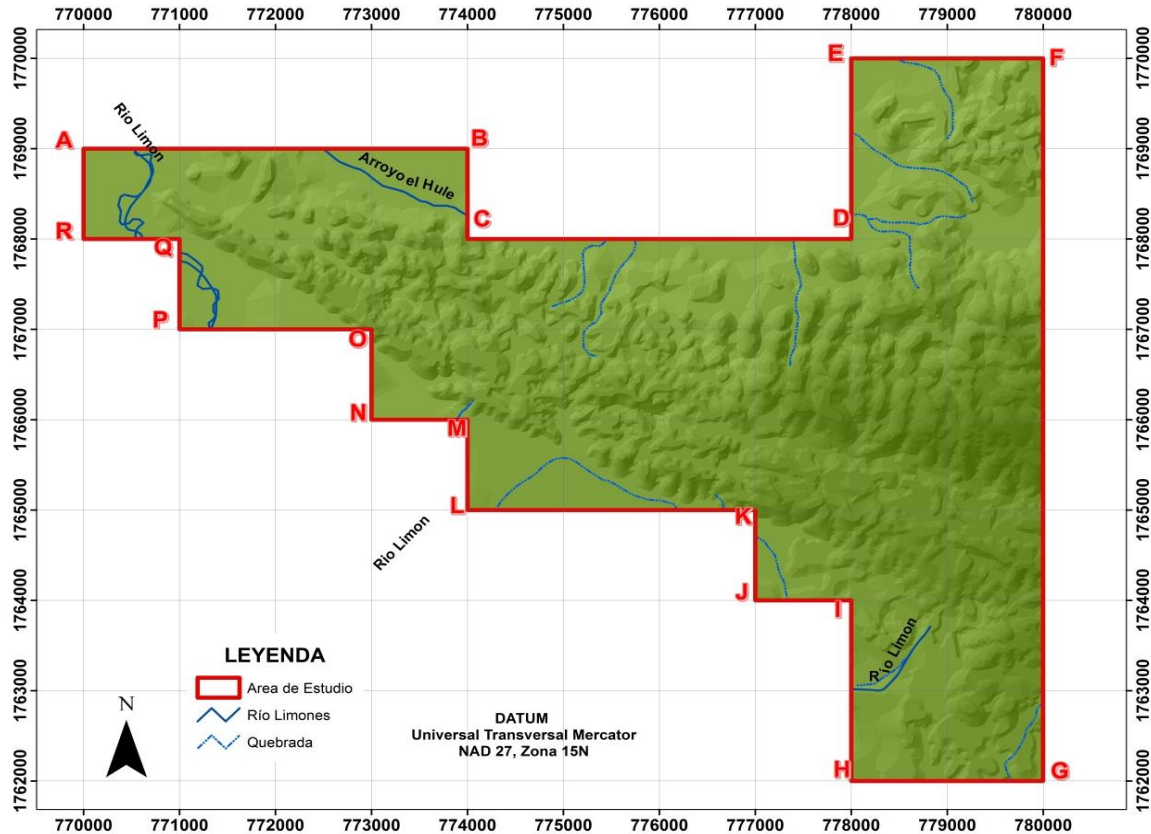
RÍO LIMONES, ÁREA DE ESTUDIO



Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2012.

A continuación, se muestra el mapa 5 que contiene la red de drenaje del área de investigación.

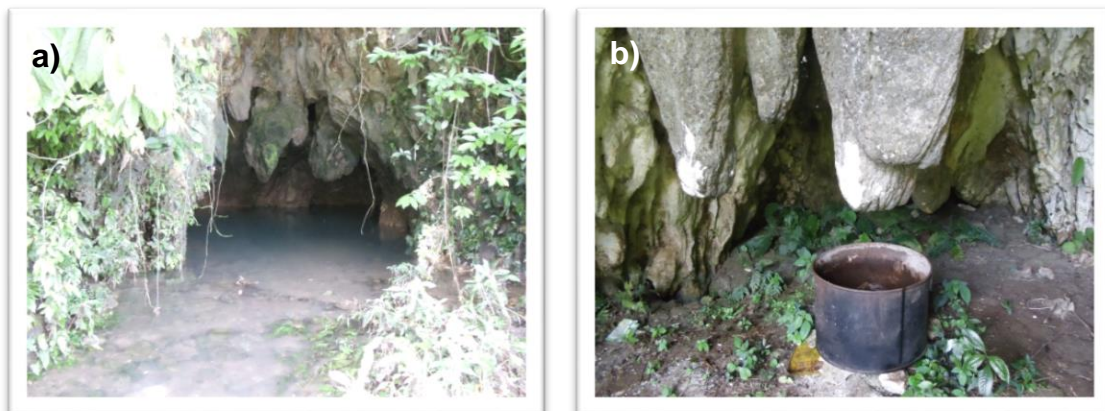
MAPA 5 MAPA RED DE DRENAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo, Año 2014.

Además, se observó en campo que el área posee una posible red de drenaje de agua subterránea por la presencia de cavernas cársticas. Como se muestran en la fotografía 3.

FOTOGRAFÍA 3 PRESENCIA DE AGUA SUBTERRANEA EN EL ÁREA



a) Caverna con afluente de agua, aldea San Pedro Limón.

b) Caverna con afluente de agua aldea San Miguel.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2012.

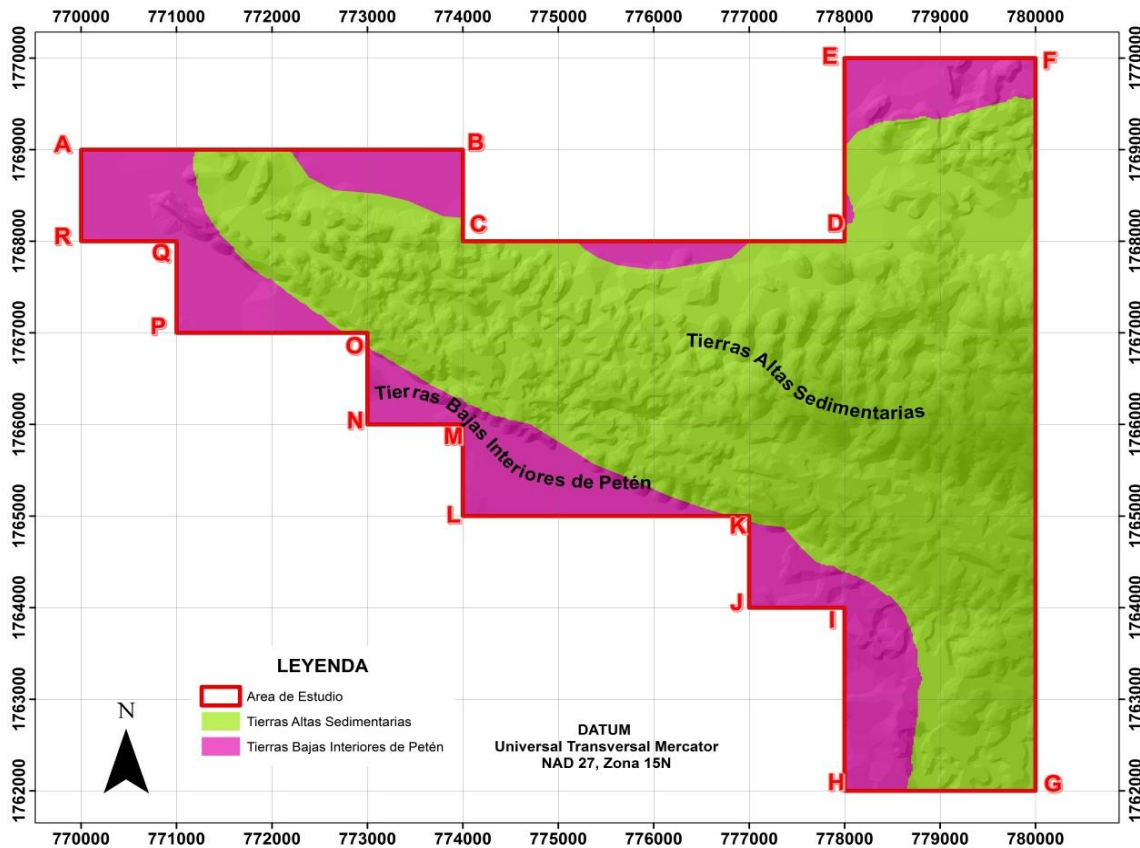
1.12 Fisiografía

En relación a la fisiografía y el perfil ambiental de Guatemala (ICTA, 1987), Guatemala se divide en once regiones fisiográficas. El área de estudio se ubica en las Tierras Altas Sedimentarias y Tierras Bajas Interiores de Petén.

Como se observa en el mapa 6, las Tierras Altas Sedimentarias tienen como características las geoformas localizadas al norte de la Sierra de Chamá, en donde se observan las colinas paralelas, anticlinales y sinclinales sumergidas⁸; presentan al mismo tiempo la topografía típica del carst, originados por pliegues, fallas y procesos erosivos.

⁸ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, “*Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1: 250 000 -Memoria Técnica*”, http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_fisiografia_memoria_2001.pdf (10 de agosto de 2012).

MAPA 6 REGIONES FISIOGRAFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo, Año 2014.

Se definió la Región de Tierras Altas Sedimentarias al norte por la cuenca del Petén y al sur por la falla Chixoy-Polochic y contactos de las Tierras Altas Cristalinas. En cuanto a las Tierras Bajas del Interior de Petén, estas se delimitan por el cinturón Plegado de Lacandón, las Tierras Altas Sedimentarias y el río Salinas.

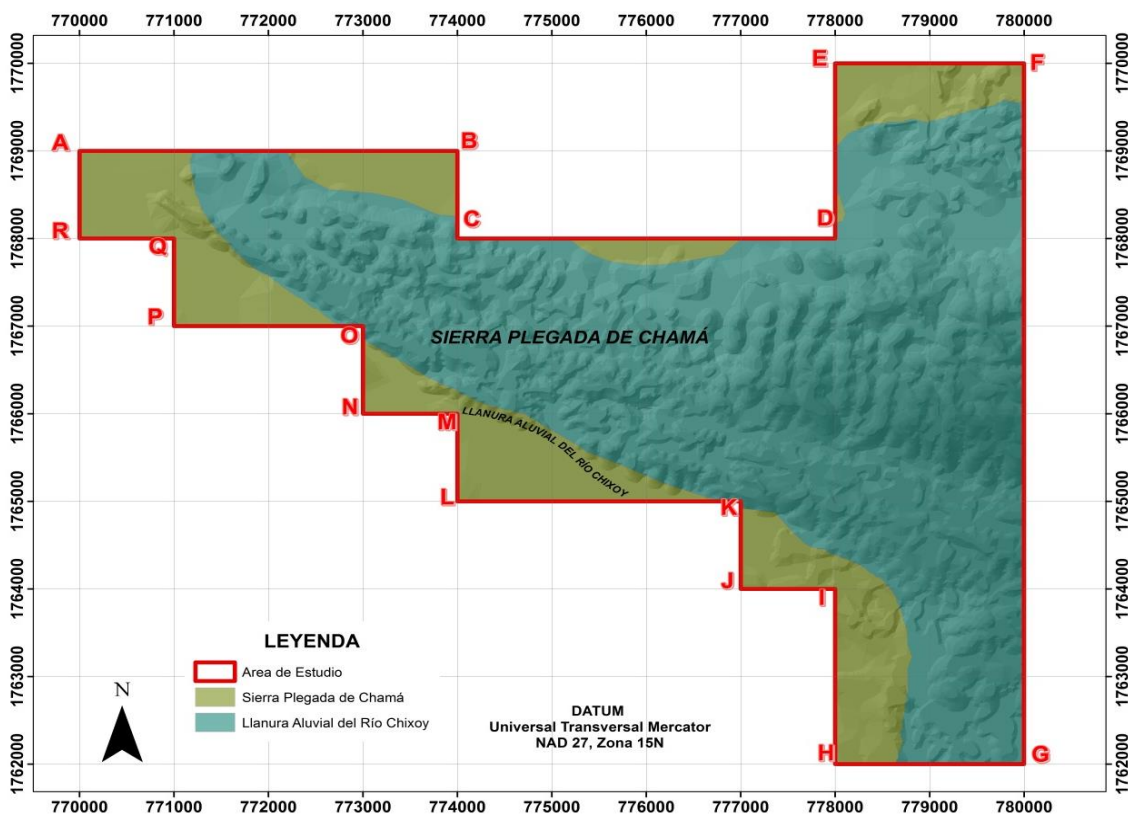
Esta última región presenta una topografía que varía de plana a suavemente ondulada, caracterizándose por paisajes de llanuras aluviales producto de los ríos que nacen en la sierra de Chamá.

Muestran una estructura sedimentaria profunda y compuesta de evaporitas en su mayor parte.

Dentro de estas regiones existen subdivisiones, denominadas zonas fisiográficas, para este estudio se cuenta con la sierra plegada de Chamá y la llanura aluvial del río Chixoy, la primera constituye el eje central norte del país desde el occidente en Huehuetenango hasta el norte de Izabal; pasa por Quiché y Alta Verapaz.

La segunda se encuentra en la parte final del río Chixoy, al noroeste de Alta Verapaz, entre Quiché y la frontera con México. Como se observa en el mapa 7.

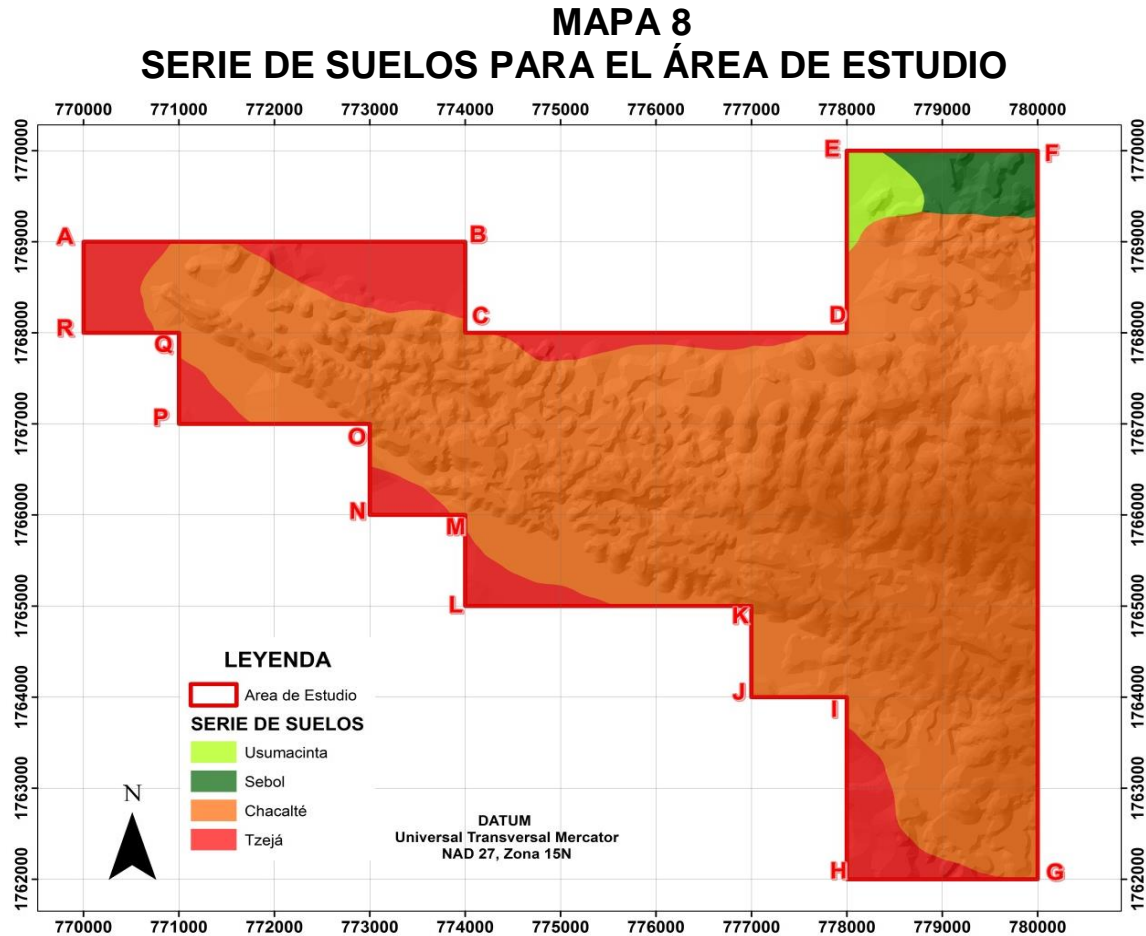
MAPA 7 ZONAS FISIGRÁFICAS UBICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



FUENTE: Investigación de campo, Año 2014.

1.13 Suelos

Según Simmons (1959), el área de estudio comprende los suelos Tzejá, Chacalté, Usumacinta y Sebol, como se observa en el mapa 8. Estos pertenecen al Grupo II y son producto de cerros de calizas, profundos y poco profundos y suelos de las Tierras Bajas de Petén.



FUENTE: Investigación de campo, Año 2014.

Los suelos Chacalté (Cha) son derivados de suelos de rocas dolomitas y calizas, los relieves son inclinados con un drenaje interno

rápido. Su coloración va de café a café muy oscuro, textura arcillosa, con consistencia plástica y espesores de 0,1 m a 0,2 m.⁹

Además, se puede encontrar una vegetación densa de maderas con especies deciduas y algunas palmeras.

En los suelos Sebol (Sb) el material procedente son sedimentos aluviales, con un relieve plano a suavemente inclinado y drenaje moderado. Su coloración es café oscuro, textura franco arcillosa y consistencia friable. Presenta espesores de 0,2 m a 0,3 m.¹⁰

Los suelos Tzejá (Tz) el material parental son esquistos arcillosos o areniscas, con un relieve ondulado a quebrado y drenaje moderado. Su coloración es café, textura franco arcillosa y consistencia friable. Presenta espesores de 0,02 m a 0,05 m.¹¹

Los suelos Usumacinta (Us) pertenece a los suelos del área de Petén, del grupo de suelos de los bosques (IIB), poco profundos, pero bien drenados.

Proceden de aluviones recientes, con un relieve plano y drenaje interno defectuoso. Su coloración es café claro, textura arcilla y consistencia moderadamente friable. Presenta espesores de 0,2 m a 0,3 m.¹²

⁹ Noé Cacao Ch., *et. al.*, *Clasificación de los suelos de Alta Verapaz y Baja Verapaz en base a la geología*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Quinto Año Carrera de Geología. Pedología, 2008. Pág. 26

¹⁰ C. Simmons, *Clasificación de los suelos de Guatemala*, Editorial José Pineda Ibarra, Ministerio de Educación, Guatemala, 1959. Pág. 494.

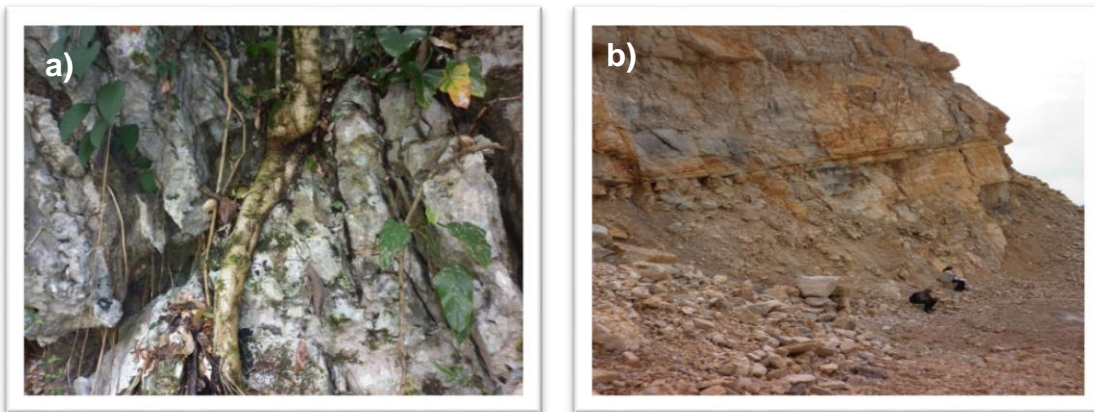
¹¹ *Ibidem* Pág. 496.

¹² *Ibidem* Pág. 557.

1.14 Meteorización

Se observó ligera desintegración de la roca dentro del área de estudio, según la clasificación de grado de la roca es poco meteorizada, debido a que es visible el 90 % de roca, además de presentar decoloración. (Fotografía 4)

FOTOGRAFÍA 4 POCA METEORIZACIÓN EN EL ÁREA



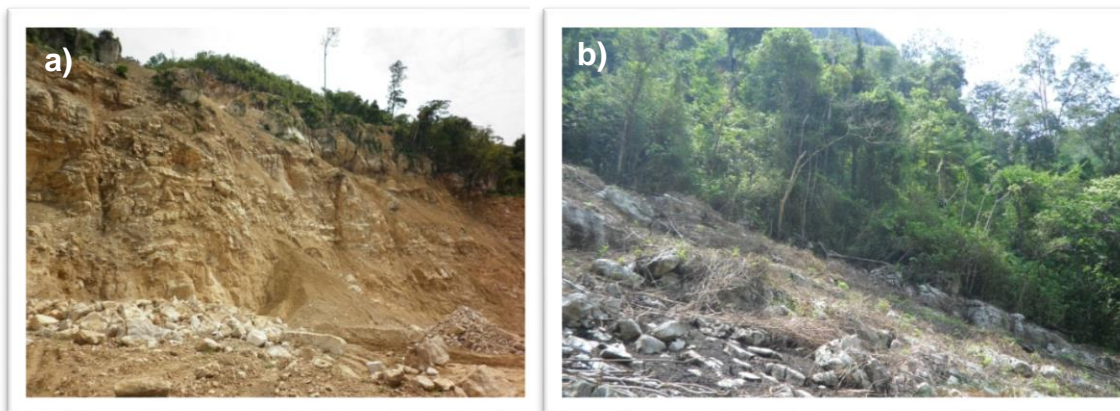
- a) Calizas con disolución que da lugar a la carstificación y presencia de meteorización biológica.
- b) Afloramiento de caliza con meteorización de leve a moderada y presencia de disolución.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2014.

1.15 Erosión

Dentro del área de estudio, se presenta una erosión fluvial del material debido a deforestación del área para siembra de maíz, extracción de madera y canteras artesanales. Los residuos del desgaste se transportan de las partes altas a las bajas por corrientes efímeras, intermitentes e incluso el río Los Limones. (Fotografía 5).

FOTOGRAFÍA 5 EROSIÓN EN EL ÁREA



a) y b) Afloramientos de caliza expuestos a la erosión producto de la deforestación.
Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2014.

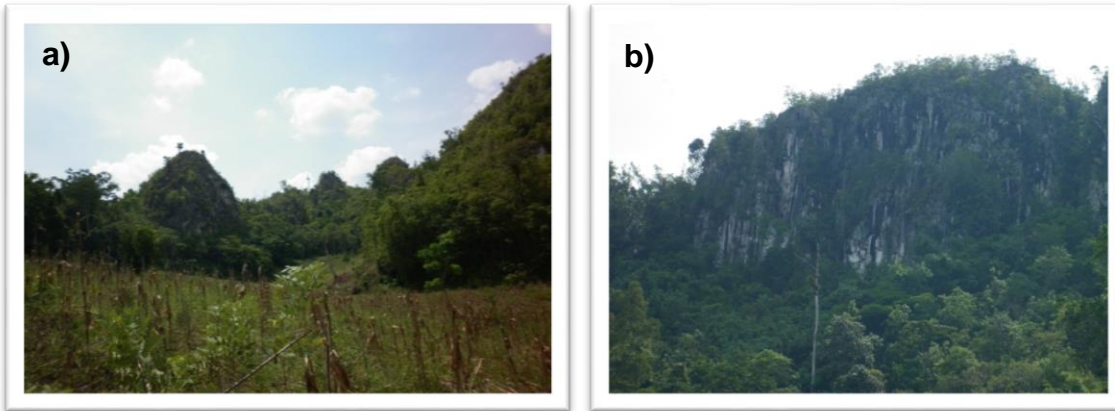
1.16 Carst

Según estudio realizado por la compañía General de Combustibles (1997), el área de estudio corresponde a un tipo de Carst Cónico, presenta áreas de lomas fuertemente quebradas con drenaje centrípeto.

Se forma por colinas residuales de paredes verticales-subverticales, desarrolladas sobre rocas carbonáticas masivas, de gran espesor, sometidas a la influencia de un clima tropical.

A estas colinas verticales se les conoce como torres (*turmkarst*), y a las subverticales como cono (*kegelkarst*); estos tipos de carstificación fueron observables en el área de estudio, (Fotografía 6).

FOTOGRAFÍA 6 CONOS Y TORRES CÁRSTICAS EN EL ÁREA



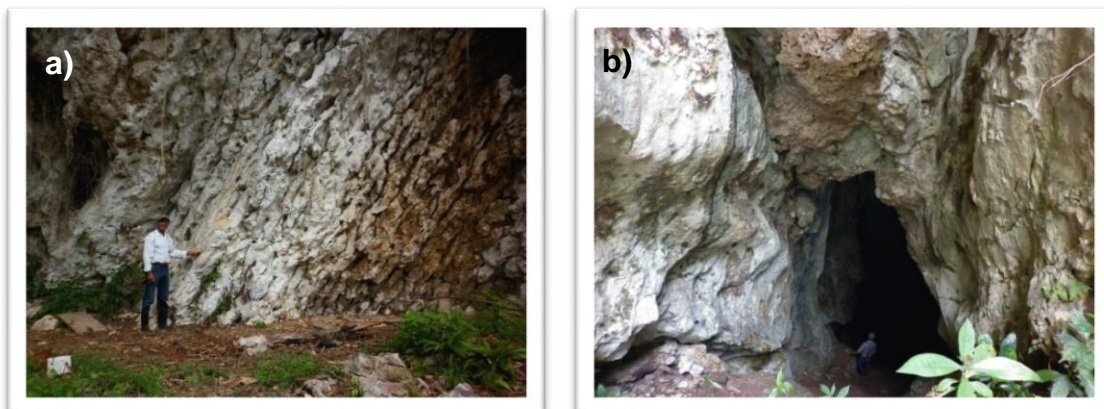
a) Ejemplo de estructuras cársticas conos cársticos en el área; b) Estructuras torres cársticas en el área.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2014.

El Carst cónico, como se observa en la fotografía anterior es un paisaje de agujeros en forma de estrella rodeada de empinadas y redondeadas colinas, se da en países de carst tropical. Mientras que en el carst de torres se forman paredes escarpadas, las cuales se originaron como conos residuales, los cuales se pronunciaron por planicies aluviales fuertes, es decir, se dio una interacción compleja de la acción del agua sobre el lecho rocoso, presentando a lo largo de la estructura direcciones preferenciales, éstas determinadas por un fracturamiento bien desarrollado.

En la fotografía 7, se observan también procesos de disolución a lo largo de este sistema de fracturas, los cuales logran separar en bloques las calizas, formaron así cavernas y dolinas.

FOTOGRAFÍA 7 PRESENCIA DE DISOLUCIÓN Y CAVERNAS EN EL ÁREA



a) Estratificación con una disolución muy marcada; b) Cavernas producto de disolución.
Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2014.

También se observó en el área la presencia de disolución “lapiaz”, el cual es modelado cárstico superficial, que se presenta en forma de surcos de diferente tamaño, más o menos profundo. Es producido porque la roca caliza se ve afectada por escorrentía en zonas de baja topografía, lo que permite la retención y canalización del agua. Como se puede ver en la fotografía 8.

FOTOGRAFÍA 8 PRESENCIA DE DISOLUCIÓN EN SUPERFICIE DE CÁLIZAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, Año 2014.

1.17 Marco conceptual

Dentro del marco conceptual se describe la información necesaria para comprender el análisis microfaunal y estructural del oeste de la montaña Rubelsanto, como los microfósiles guías que diferencian las formaciones presentes en el área de estudio, además de los modelos de análisis de microfacies que definen el ambiente de depositación.

1.17.1 Fósiles de la Formación Angostura

El fósil guía de la Formación Angostura es la *Chubbina jamaicensis*, indica una edad del Campaniano tardío al Maachtristiano, según Fourcade *et. al.* 1994. La descripción sistemática para este foraminífero bentónico es la siguiente:

Orden *Foraminiferida* Eichwald, 1830

Suborden *Miliolina* Delage and Héraouard, 1896

Superfamilia *Alveolinacea* Ehrenberg, 1939

Familia *Rhapydioninidae* Keijzer, 1946

Subfamilia *Rhapydionininae*

Género *Chubbina* Robinson, 1968 emend.

Especie tipo *Chubbina jamaicensis*, Robinson 1968

El género de *Chubbina* fue descrito en la tesis doctoral del Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008), denominado Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los *Rhapydioninidae* (Foraminífera). Donde detalla que Robinson, en 1968 describió un nuevo género de macroforaminíferos de muestras obtenidas en Jamaica y el sur de México, de la cual específicamente se hace referencia a la especie tipo *Chubbina jamaicensis*. El nombre del fósil fue dado en apreciación al Dr. Chubb, que trabajó extensivamente en material del Cretácico provenientes de la región del Caribe.

Este género indica una edad del Campaniano Superior-Maastrichtiano, mientras que Francois Michaud en su tesis presentada en 1987, la determinó en muestras del Cretácico obtenidas al sureste de México. Otros estudios del género fueron realizados por el instituto de micropaleontología mexicano del petróleo, bajo supervisión de Mario Rosales-Domínguez.

En estos estudios dividieron el Cretácico Medio-Superior de Chiapas en varias unidades la cual se presenta a continuación en la figura 9, de donde la unidad superior se refiere a los niveles del género *Chubbina*, de edad Maastrichtiano.

FIGURA 4
COLUMNA GENERAL DE LAS MICROFACIES DEL
CRETÁCICO MEDIO-SUPERIOR DE CHIAPAS

Edad	Microfacies
MAASTICHTIANO	<i>Chubbina</i>
CAMPANIANO SUPERIOR- MAASTRICHTIANO	<i>Vaughanina-Sulcoperculina</i>
CAMPANIANO SUPERIOR	<i>Pseudoguembelina</i>
TURONIANO MEDIO- OONIANCIANO MEDIO (?)	<i>Dyclina-Cuneolina</i>
	<i>Peneroplis-Pseudolituonella</i>
TURONIANO MEDIO (?)	<i>Calcisphaerula innominata</i>
CENOMANIANO SUPERIOR (?) – TURONIANO INFERIOR	← <i>Valvulammínidos- Microcodium</i>
CENOMANIANO SUPERIOR- TURONIANO INFERIOR	<i>Pseudorhapydionina chiapanensis- rotálidos pequeños</i>
	<i>Nezzazátidos</i>
CENOMANIANO	<i>Nummoculina heimi</i>

FUENTE: Modificado de Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008). *Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los Rhapydioninidae (Foraminifera)*. Departamento de Geología Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona.

Según estudios llevados a cabo por Cros *et al.* (1998), se definieron tres secciones en la evolución de la plataforma Angostura (La Trinitaria, Bajucu y Oxchuc), ubicadas al oriente de

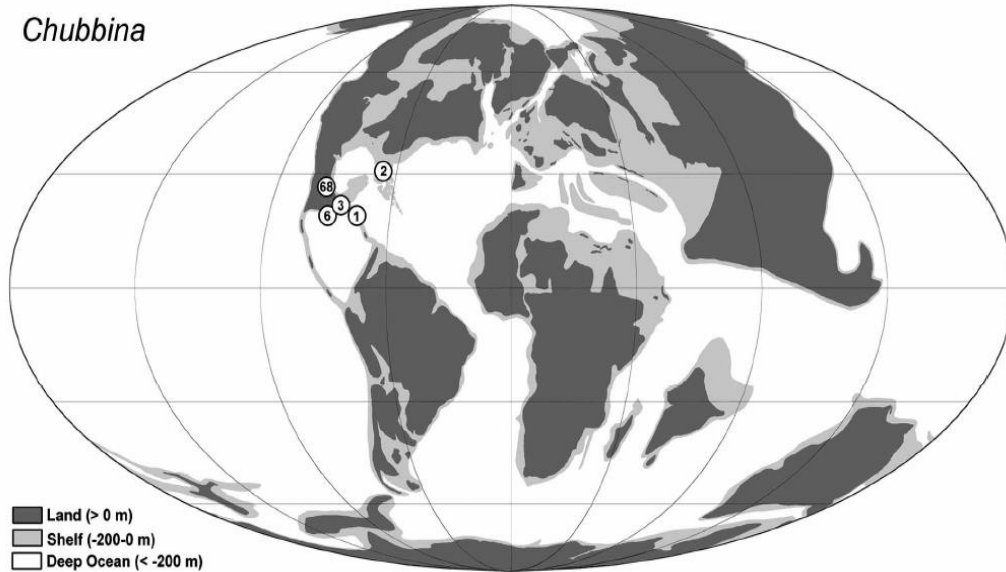
la plataforma de Chiapas, de la que subdividieron a la Formación Angostura en tres unidades sucesivas.

La primera unidad presentó foraminíferos hialinos, a diferencia de las unidades 2 y 3 que contienen foraminíferos porcelanados. Definen la presencia de *Chubbina* y *Praealveolina* sp. A., de donde el techo de esta formación se constituye por la formación Lacandón o Xochitlan perteneciente al Paleoceno.

La localidad tipo de la especie *Chubbina jamaicensis* (Robinson 1968), se encuentra en Jamaica, que corresponden a la Formación *Guinea Corn* (Campaniano Superior?-Maastrichtiano). Suele asociarse este foraminífero al rotálido *Kathina jamaicensis* (Miller y Mitchel 2003) en su parte superior, de edad Maastrichtiano Superior.

La *Chubbina jamaicensis* se encuentra distribuida a lo largo de Jamaica, Estados Unidos de Norte América, México y Cuba, pero según estudios define la presencia del Alveolínido en Guatemala.

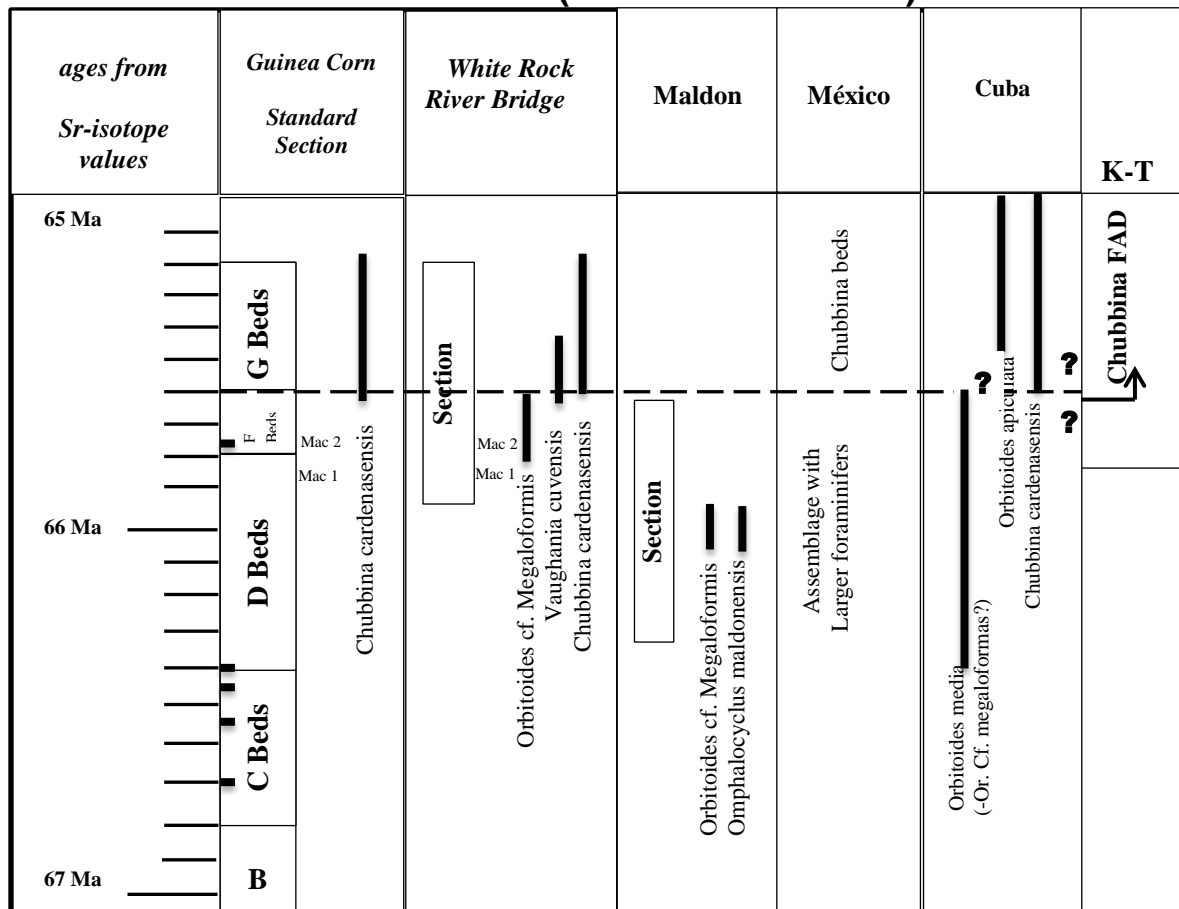
FIGURA 5
RANGO ESTRATIGRÁFICO DEL GÉNERO *CHUBBINA*
REPORTADO EN DIFERENTES LOCALIDADES



FUENTE: Modificado de Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008). *Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los Rhapydioninidae (Foraminífera)*. Departamento de Geología Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona.

En el 2005 Mitchel define la primera aparición del género *Chubbina*, como un importante *datum* en Jamaica y en el resto de la región del Caribe. En la figura 6, se presenta una tabla que correlaciona algunas sucesiones de los macroforaminíferos presentes en el Cretácico en el área caribeña y México según Mitchel 2005.

FIGURA 6
CORRELACIÓN DE SUCESIÓN DE MACROFORAMINÍFEROS
DEL CRÉTACICO (CARIBE Y MÉXICO)



FUENTE: Modificado de Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008). *Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los Rhapydioninidae (Foraminífera)*. Departamento de Geología Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona.

Como se ve en la figura anterior se utilizó el *datum* de las apariciones de la *Chubbina* y se definieron edades cronoestratigráficas que se basan en los datos del trabajo de fecha 2002, obtenidos a partir de los isotopos de *Sr*, procedentes de conchas de rudistas (barras negras al lado de la escala).

Según Robinson (1968), las formas microesféricas que se presentan para este género consisten en las tres o cuatro primeras vueltas que tienen un crecimiento estreptospiral que

pasa a ser planispiral con tendencia peneropliforma en estadios posteriores, alcanzan una dimensión máxima de más de 0,005 m.¹³

Al adquirir formas mucho más grandes, el número de camarillas medulares se multiplica rápidamente en estadios adultos. El canal preseptal ocupa un cuarto de la cámara aproximadamente.¹⁴ En la figura 7 se observan microfósiles del género *Chubbina*.

FIGURA 7
MICROFOSILES GÉNERO CHUBBINA



a)-d) *Chubbina jamaicensis* Robinson; **a), b), d)** Robinson, 1968, **c)** Hamaoui y Fourcade, 1973

FUENTE: Modificado de Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008). *Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los Rhapydioninidae (Foraminífera)*. Departamento de Geología Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona.

¹³ Dr. Vicent Vicedo Vicedo (2008), Tesis Doctoral *Morfoestructura de los Géneros Cretácicos de los Rhapydioninidae (Foraminífera)*. Pag. 77, Departamento de Geología Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Barcelona.

¹⁴ *Ibid*

1.17.2 Fósiles de la Formación Campur

Entre los principales fósiles guía se encuentra la *Sulcoperculina cf.*, *Vaughamina cubensis palmer* y *Globotruncanas*. Para el primer microfósil guía su clasificación taxonómica es la siguiente:

Suborden: *Rotaliina*
Superfamilia: *Orbitoidacea*
Familia: *Lipedorbitoididae*
Subfamilia: *Lipidorbitoidinae*
Género: *Sulcoperculina*
Especie: *Sulcoperculina cf.*

Para la *Vauhamina cubensis palmer*, la clasificación taxonómica es:

Suborden: *Rotaliina*
Superfamilia: *Rotaliaceae*
Familia: *Pseudorbitoididae*
Género: *Vaughanina*
Especie: *Vaughanina cubensis palmer*

Para los microfósiles planctónicos como la *Globotruncana*, la clasificación taxonómicamente es:

Suborden: *Globiferinina*
Superfamilia: *Globotruncanoidea*
Familia: *Globotruncanidae*
Subfamilia: *Globotruncaninae*
Género: *Globotruncana*

Según Fourcade *et. al.* (1999), y debido a las características microfauales se puede clasificar la Formación Campur en dos miembros, uno superior y otro inferior, ambos indican una edad del Campaniano como se muestra en el cuadro 2.

CUADRO 2
DIVISIÓN DE LA FORMACIÓN CAMPUR SEGÚN
CONTENIDO MICROFAUNAL

EDAD	MIEMBROS	LITOFACIES	MICROFAUNA
CAMPANIANO TEMPRANO- TARDÍO	MIEMBRO SUPERIOR	Lutitas Calcáreas Wackestones Nódulos de pedernal Dinoflagelados calcáreos	<i>Phitonella ovalis</i> , <i>P.</i> <i>Sphaerica</i> . Foraminíferos planctónicos: <i>Globotruncana gr.</i> <i>Linneaina</i> , <i>G. Gr.</i> <i>Bulloides</i> , <i>Globutruncanita gr</i> <i>calcarata</i> .
CAMPANIANO TEMPRANO	MIEMBRO INFERIOR	Packstone con fragmentos de equinodermos y rudistas Brechas y conglomerados calcáreos	Foraminíferos bentónicos: <i>Orbitocyclina minina</i> , <i>Pseudorbitoides sp</i> , <i>Sulcoperculina cf.</i> <i>Dickersoni</i> , <i>Vaughamina</i> <i>cubensis Palmer</i> .

FUENTE: Modificado de Actualización del Léxico Estratigráfico del Bloque Maya en Guatemala, Cuarto Año de Geología, Chén Bac, C.P., et al. 2010.

Existe una gran abundancia en esta formación de rudistas, además de tener numerosos ambientes de depositación, que varían desde una plataforma interna (calizas con *Alveolinas*) hasta una cuenca profunda (calizas de *Globotruncanas*). El miembro inferior se define por calizas de plataforma externa con rudistas y

grandes foraminíferos béticos y el miembro superior con calizas con nódulos de perdernal y *Globotruncanides*.

1.17.3 Clasificación de rocas carbonatadas

Para el reconocimiento de rocas carbonatadas existen varias clasificaciones en función de los elementos texturales y fábrica que las componen. En esta investigación se utilizó la clasificación de Dunham y Folk (1962). Al utilizarla, se determinó la etapa diagenética y el posible ambiente de sedimentación de las rocas del área de investigación.




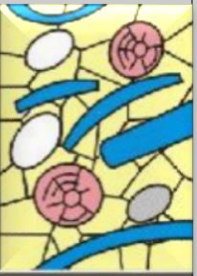

a. Clasificación de Dunham

Se basa en la textura dominante en la roca carbonatada al momento de su depositación, enfocado en el tamaño de grano, donde el lodo carbonático es menor a veinte micras.

Esta clasificación diferencia las calizas por el tipo de material de soporte (si es por granos o por lodo), es indicativo de los niveles de energía, además para utilizar esta clasificación es necesario definir las estructuras esqueléticas, que definen si se construyeron o no durante la depositación.

En el cuadro 3 se presenta la clasificación de las rocas calizas según Dunham (1962).

**CUADRO 3
CLASIFICACIÓN DE DUNHAM, 1962**

Contenido de lodo (arcilla y limo fino carbonático)		Grano Soportado	Grano Soportado sin lodo	Componentes originales unidos
Lodo soportado				
Menor 10% granos Mudstone	Mayor 10% granos Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone
				

FUENTE: Modificado de Descripción microscópica, <http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine mod 231.pdf>, (16 de noviembre 2016).

b. Clasificación de Folk

Esta clasificación para calizas tiene como objetivo dividirlas en tres familias y al mismo tiempo considerarlas en grupos según los tipos texturales influenciados por los niveles de energía durante la depositación.

Además, considera el porcentaje, la preferencia y redondez de aloquímicos y/o lodo carbonático. El desarrollo de la redondez y la ubicación en los niveles de energía se atribuyen a la secuencia de madurez textural.

La subdivisión de Folk se describe a continuación:

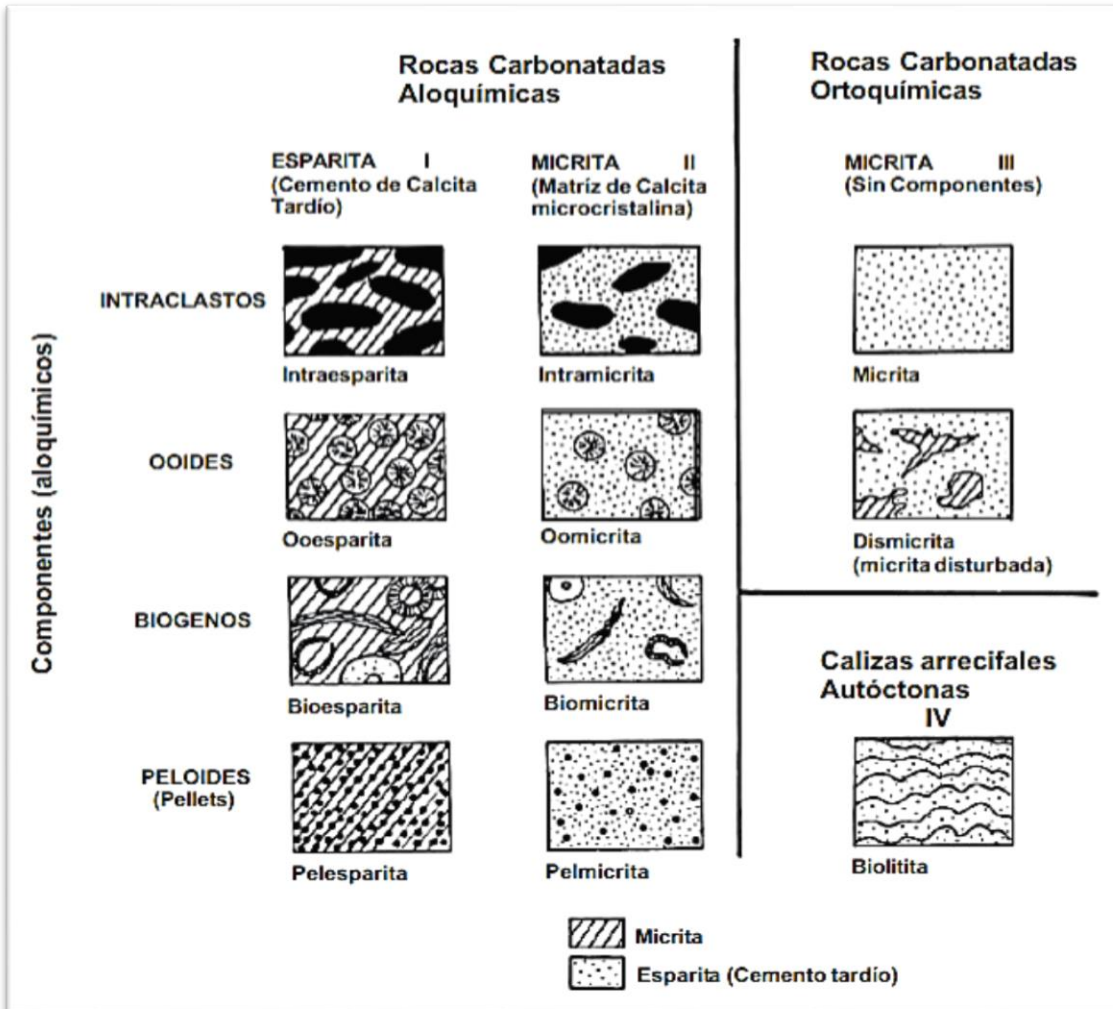
- Agregados carbonáticos o aloquímicos: se les conoce a las partículas o granos carbonáticos, dentro de los cuales

existen cuatro tipos de aloquímicos en las calizas, los intraclastos, oolitos, fósiles y *pellets*.

- Calcita microcristalina o micrita: el tamaño de grano en esta subdivisión se encuentra entre 1 y 4 μm de diámetro, y son producto del desgaste de esqueletos.
- Calcita espática o cemento: se forma por cristales de granos mayores a 10 μm de diámetro, se diferencia de la anterior por la presencia de cristales más visibles, se considera que su origen se puede dar debido a la precipitación química directamente en la roca o bien por recristalización de la micrita.

A continuación, se presenta el cuadro 4, en el que se muestra de forma gráfica la clasificación de Folk.

CUADRO 4 CLASIFICACIÓN DE FOLK, 1959-1962



FUENTE: Modificado de López-Doncel, Rubén. *Manual para la clasificación de Rocas Carbonatadas*, <https://es.scribd.com/doc/139297859/Clasificacion-de-rocas-carbonatadas>, (16 de noviembre 2016).

1.17.4 Metodologías para análisis microfacial

Existen diversas metodologías de análisis microfacial en rocas calizas, para complementar el uso de la clasificación de Dunham y Folk, las cuales se basan en los diferentes aspectos petrográficos como: el componente de los granos carbonatados,

la presencia y abundancia relativa de los fósiles esqueléticos, la abundancia de micrita y esparita, además la fábrica del carbonato.

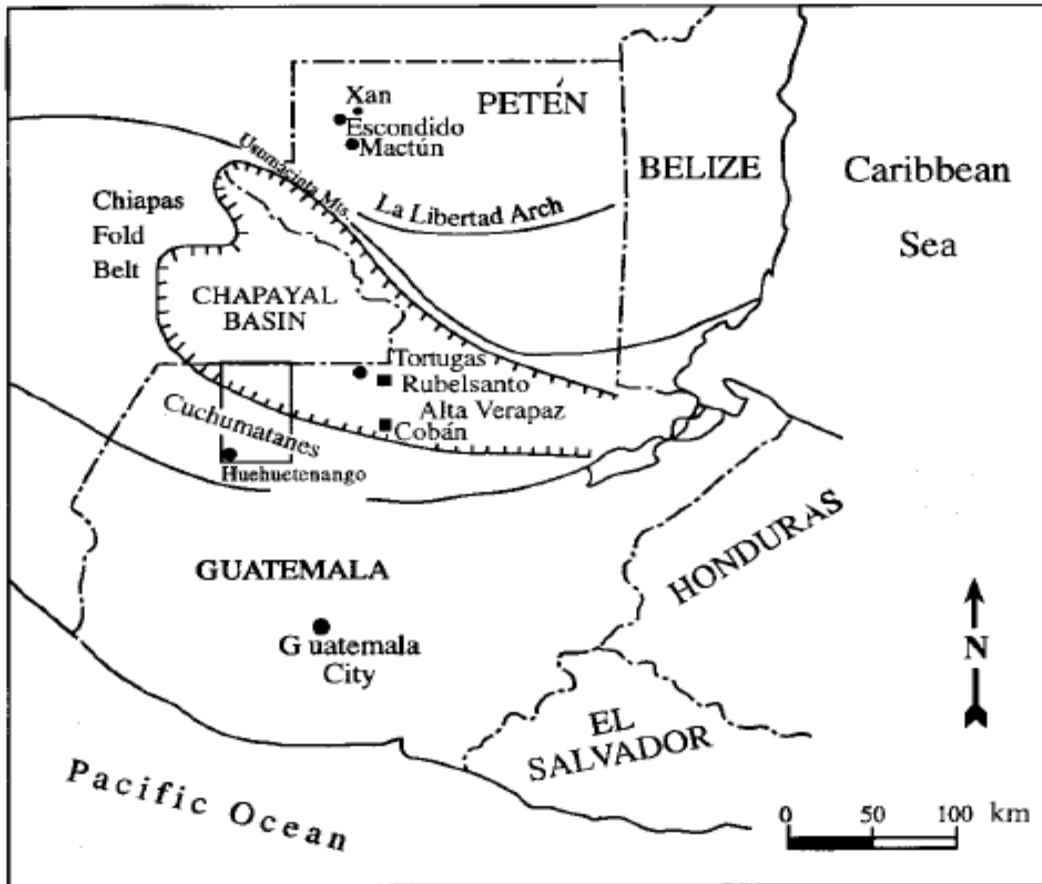
Estas metodologías son los tipos de microfacie estándar de Wilson (1975) y los tipos de microfacie de rampa de Flügel (2004), que establecen un número restringido de tipos de microfacies principales que sirven como modelos para las microfacies carbonatadas, indistintamente de la edad de las rocas carbonáticas. Se pueden agrupar en zonas de facies, que dan los parámetros y características necesarias para construir un modelo deposicional generalizado para dichas rocas.

Para la metodología de Wilson se ha determinado que además de su carácter estándar, presenta variaciones según el control ejercido por el transporte durante las tormentas, lo cual respalda la metodología de Flügel, debido al crecimiento de depósitos sedimentarios, que permiten caracterizar los cinturones de facies y superficies de valor estratigráfico difícilmente reconocibles de forma macroscópica en estos ambientes.

1.17.5 Tectónica

La estructura regional de Rubelsanto se encuentra vinculada a la cuenca Chapayal, que tuvo su origen en el cretácico superior, donde el Geosinclinal del Mesozoico fue fuertemente deformado por movimientos de la Orogénesis Laramídica, depositándose así esta cuenca marina que estuvo localizada esencialmente sobre la parte más profunda del geosinclinal. (Figura 8).

FIGURA 8
CUENCA CHAPAYAL Y SU RELACIÓN CON ANTICLINAL RUBELSANTO



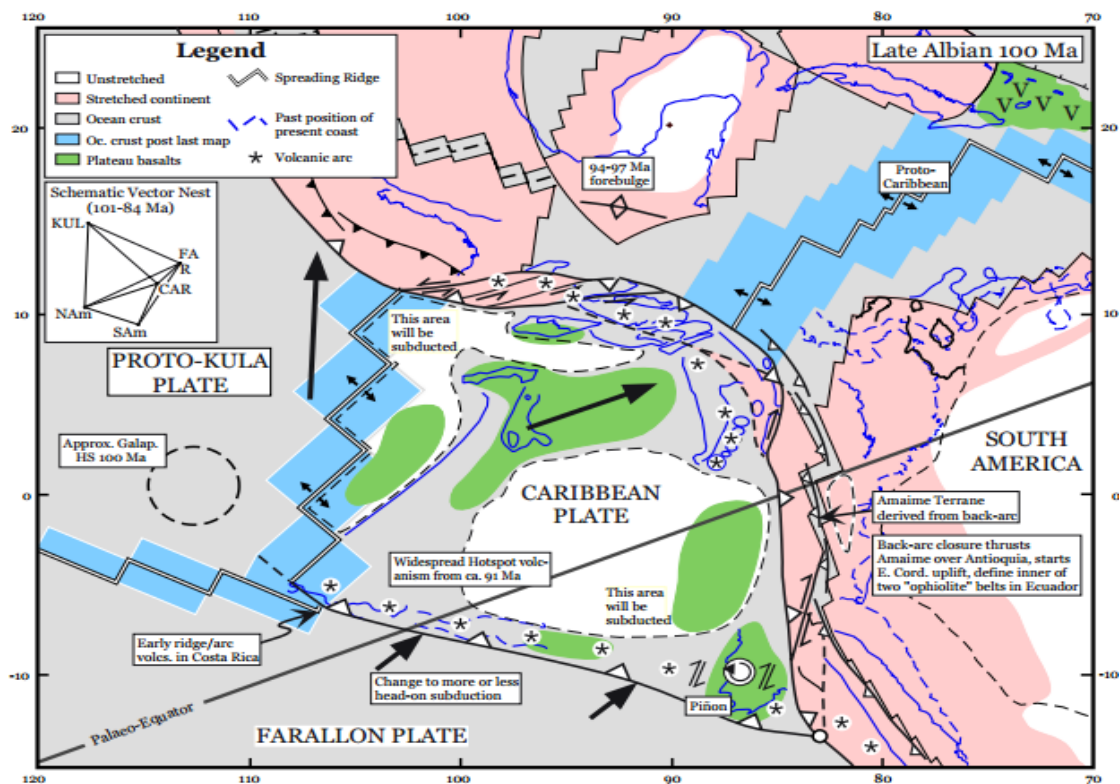
FUENTE: *Rudistas del Cretácico*, Robert W. Scott, 1995.

En la figura anterior se observa la relación de la cuenca de Chiapas y la cuenca sur de Peten, específicamente en la cuenca Chapayal. Además, la cuenca Chapayal colinda con la cuenca del suroeste de Belice.

En la figura 9 se muestra el mapa con la formación de la Cuenca Chiapas, México, restringida al Albiano Tardío (Cretácico Medio), que tiene relación con la formación de la cuenca Chapayal en Guatemala. Explica cómo se dio lugar al plegamiento producto

de un levantamiento flexural y el periodo geológico que indica pertenece al Albiano tardío aproximadamente.

FIGURA 9
MAPA DE RECONSTRUCCIÓN DEL CRÉTACICO MEDIO



FUENTE: Tomado de Pindell *et al.*, 2001, *Gulf of Mexico and Caribbean Evolution*.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Marco metodológico

2.1.1. Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

En esta etapa se recopiló toda la información concerniente a investigaciones o antecedentes a la investigación, como: mapas geológicos, informes de estudios locales y regionales con la finalidad de contrastar y analizarlos.

Se realizó un análisis de fotos aéreas y ortofotos, obtenidas en el IGN para determinar diferentes tipos de roca según la textura y un mapa de lineamientos.

También documentación disponible relacionada con la cuenca Chapayal (Petén Sur), el anticlinal de Rubelsanto y los fósiles (macro y micro) presentes, otros tópicos como fisiografía, clima, zonas de vida, drenaje, entre otros.

2.1.2. Etapa de campo

En esta etapa inicialmente se realizó el reconocimiento del área, pláticas con los líderes comunitarios para gestionar los permisos sociales y avisos para informar la presencia de personas ajenas a las comunidades.

Posteriormente se realizaron levantamientos de datos litoestructurales con brújulas, anotando los datos en dirección de inclinación (buzamiento/dirección de buzamiento), referencias geográficas con gps para su ploteo en el mapa base.

Se definieron en el mapa base caminos o veredas que se atravesaron de forma perpendicular al área. A lo largo se recolectaron muestras orientadas de las rocas carbonáticas con contenido fosilífero, junto a su descripción macroscópica y textural.

Esto con la finalidad de delimitar las unidades litológicas y la microfauna presente. Además, se realizaron mediciones de estructuras con el método de dirección de inclinación (buzamiento/dirección de buzamiento) con la finalidad de analizar estructuralmente el área.

2.1.3. Etapa de laboratorio

En esta etapa se elaboraron 57 secciones delgadas con su respectivo análisis petrográfico de las muestras recolectadas, dentro de las instalaciones del laboratorio de Geología-CUNOR-, con la finalidad de obtener una mejor interpretación de la microfaunas presentes; se utilizó la clasificación de Dunham y Folk.

2.1.4. Etapa de gabinete

Esta fase contempló la interpretación de todos los datos obtenidos en las etapas anteriores, e incluyó la elaboración del informe final el cual incluyó el mapa geológico y su respectivo corte geológico estructural a escala 1 : 50 000.

Con las 57 láminas delgadas distribuidas en toda el área de estudio, se determinaron las distintas microfacies carbonáticas de plataforma, con la metodología de los tipos de microfacie estándar de Wilson (1975) y los tipos de microfacie de rampa de Flügel (2004).

Asimismo, se incluyó el análisis estructural por medio de diagrama de rosetas y estereogramas, que ayudaron a constituir parte de la base de la interpretación y propuesta del modelo sedimentario de las formaciones presentes en los alrededores de la parte oeste de la montaña Rubelsanto.

2.2 Metodología

A continuación, se describe la metodología empleada para la caracterización microfaunal, tanto en campo como en laboratorio.

2.2.1. Caracterización microfaunal

Esta caracterización se realizó en dos fases una de campo, la cual contempla la recolección de muestras para análisis macroscópico; la segunda es la fase de laboratorio, en la que se utilizó la metodología de los tipos de microfacie estándar de Wilson (1975) y los tipos de microfacie de rampa de Flügel (2004).

a. Trabajo de campo y muestreo

Dentro de las observaciones de campo fue importante establecer que, el estudio de los depósitos sedimentarios, son la base para esta investigación.

Se establecieron criterios para estudiar en afloramientos las facies: litología, textura, color de la roca, estratificación,

estructuras sedimentarias y características diagenéticas, y estructuras fosilíferas y biogenéticas.

- Litología: las rocas sedimentarias según su caracterización tanto de campo como de muestras se clasifican en:

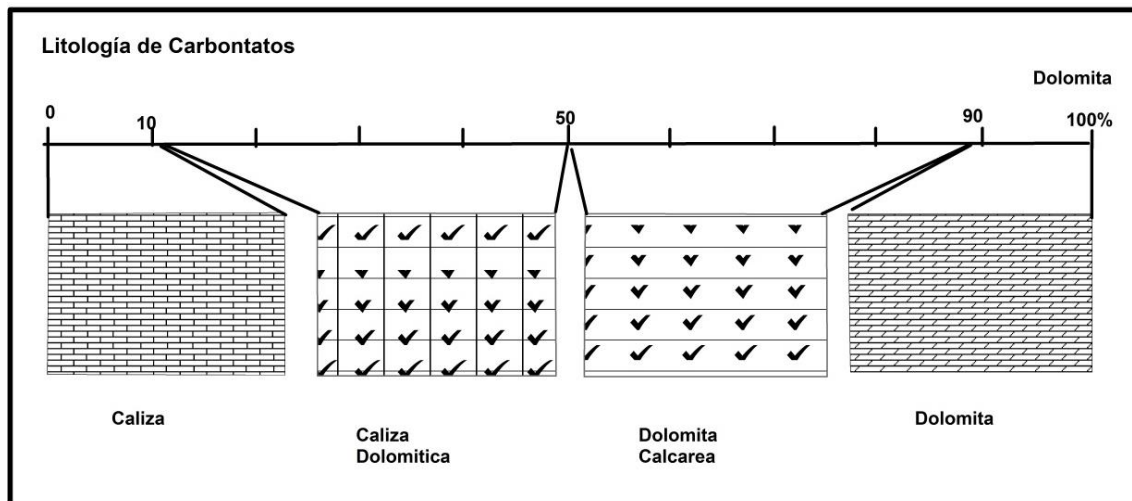
“siliciclásticas (lutitas/lodolitas, limonitas y areniscas), conglomerados y brechas, rocas carbonatadas (calizas y dolomitas), mezcla de siliciclásticas-carbonatos (margas, calizas arcillosas y arenosas), evaporitas (yeso, anhidrita y sal).”¹⁵

Rocas sedimentarias silíceas (*chert*), fosforitas y rocas ricas en materia orgánica. “Las rocas carbonatadas componen el 20 a 25% de todas las rocas sedimentarias en el registro geológico y se clasifican en calizas y dolomitas”.¹⁶ (Figura 10).

¹⁵ Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York, 2da. Edición, 2010. Pág. 53.

¹⁶ *Ibíd.*

FIGURA 10
LITOLOGÍAS COMUNES DE ROCAS CARBONATADAS









FUENTE: Modificado de Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York. Springer, 2da. Edición, 2010 pág. 54.

Las rocas carbonatadas en campo además de su color, textura, mineralogía y contenido de materia orgánica se pueden diferenciar con el uso de ácido clorhídrico (HCl), diluido al 10%, se distinguen así las dolomitas de las calizas (las calizas efervescen fuertemente, las dolomitas muestran una pequeña efervescencia o ninguna).

También se utilizó Rojo de Alizarin S, éste reactivo, es más débil que el HCl, pero la caliza se tiñe de un color rosa malva mientras que las dolomitas no presentan ninguna tinción.

- Textura: En campo se utilizó para este criterio la clasificación propuesta por Dunham (1962); esta clasificación (Figura 11) sirve para distinguir calizas alóctonas (*mudstone*, *wackstone*, *packstone* y *grainstone*) y autóctonas (*boundstone* o *biolitita*).

FIGURA 11
CLASIFICACIÓN DE DUNHAM Y FOLK, COMPARACIÓN

Carbonates					
Dunham (1962)					
Groundmass:					
Fine carbonate matrix			+ s p a r	sparry cement	
Matrix-supported		Grain-supported			
Grains: < 10%	> 10%				
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE		GRAINSTONE	BOUNDSTONE
					
Folk (1959, 1962)					
Allochems:					
< 1%	1-10%	10-50%	> 50%		
fossiliferous MICRITE	sparse BIOMICRITE	packed	poorly washed BIOSPARITE	BIOLITHITE	
Terrigenous					
Matrix-supported			Grain-supported		
Sand: < 10%	10-25%	> 25%			
sandy MUDSTONE	WACKE	SUBWACKE SANDSTONE	ARENITE		

FUENTE: Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York. Springer, 2da. Edición, 2010. Pág. 348.

En la clasificación de Dunham, destaca la textura deposicional y considera los tipos dominantes de la masa basal (contenido de fango), por lo que mucha información se puede obtener del tamaño, forma y la clasificación de los granos, la proporción radial de la matriz a los granos y la fábrica.

La clasificación de Folk se practica para la descripción de rocas carbonatadas, particularmente en sección delgada, esta considera que las rocas siliciclásticas son similares en su depositación a las rocas carbonatadas, debido a que las texturas de ambas están

controladas por los niveles de energía en las áreas de depositación.

- Color de la Roca: Muchas calizas presentan coloraciones grisáceas, también pueden desplegar una diversidad de colores, los cuales deberán ser descritos con una terminología más precisa. Mientras que las dolomitas regularmente son amarillo cremosas o café.

Debido a que los colores en las rocas carbonatadas son fuertemente controlados por condiciones deposicionales, diagénesis y reciente meteorización, se establecen cartillas de colores a nivel mundial, para esta investigación se utilizó con la cartilla de colores instituida por Munsell (1948).

El color de la roca y las facies deposicionales pueden exhibir distintas correlaciones, en especial en los sedimentos hemipelágicos y pelágicos, debido al contenido de Hierro y Manganeso.

- Estratificación: Las rocas carbonatas pueden o no estar estratificadas, para esta investigación se tomó la clasificación de Demicco y Hardie (1995), basada en tres categorías de grosor, cuyos límites fueron determinados por la experiencia del investigador. (Tabla 1).

TABLA 1
CLASIFICACIÓN DE ESTRATOS PROPUESTA POR DEMICCO Y
HARDIE

<i>m</i>	<i>Demicco and Hardie 1994</i>
1	Capas mayores a 0,10 m, Delgados a muy delgados estratos
0,30	
0,10	Capas 0,005 m a 0,1 m Laminar mayor a 0,05 m Estratos Delgados menor a 0,10 m
0,03	
0,01	
0,000 3	Capas menores a 0,005 m, laminación fina

FUENTE: Modificado de Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York. Springer, 2da. Edición, 2010. Pág. 55.

De donde los espesores que van de 0,000 5 m a 0,1 m y de 0,1 m a 0,3 m son comunes en carbonatos de plataformas, escogiéndose como límite superior para la categoría de los más delgados 0,005 m.

Además, se consideraron los límites y superficies de los estratos, su grosor, también la composición y estructuras internas de éstos además de sus secuencias verticales.

- Estructuras sedimentarias y características diagenéticas: las estructuras pueden presentar características tanto: pre-, con- y post-deposicionales, las cuales permiten que los procesos y la interpretación de paleoambientes sean estimados. “Muchas estructuras sedimentarias son

idénticas con las de rocas siliciclásticas (p.e. estratificación cruzada, *ripples*)”.¹⁷

Pero, por el impacto fuerte de los factores biogénéticos y diagenéticos en la sedimentación carbonatada, “las estructuras que existen son más comunes en/o limitadas a las calizas (p.e. fenestrales y crecimiento de cavidades, *teppes*)”.¹⁸

- Estructuras biogénéticas y fósiles: Estos son las claves sobre la información de paleoambientes y la diagénesis sedimentaria. “Son necesarias ciertas estrategias para describir los datos paleontológicos en el campo y son diferentes para sedimentos estratificados o masivos”.¹⁹

Los criterios utilizados fueron: concentración de fósiles, fábricas bioclásticas y biofabricas o trazas de fósiles.

Los tipos de fábricas son necesarios para describir los posibles modos de origen (p.e. fragmentos de crinoides, entre otros). “Si se distinguen patrones de fósiles trazas en ambientes de plataforma carbonatada, se pueden delinear

¹⁷ Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York, 2da. Edición, 2010
Pág. 58

¹⁸ *Ibíd.*

¹⁹ *Ibíd.*, Pág. 59

ambientes de deposición y determinar los niveles de mar”.²⁰

b. Muestreo

No existe una regla general para el número de muestras en un estudio de análisis microfacial, para esta investigación se utilizó como criterio de puntos de muestreo su regularidad en intervalos y también en “el número regular de eventos en la estratificación”.²¹

El tamaño de la muestra, proporcionó la exhibición de texturas, estructuras y fósiles a escala de mano según los especímenes, además en las muestras para análisis de laboratorio y para estudios paleontológicos.

Se localizó el muestreo en partes del estrato en los que se observó el máximo de potencias de información de microfauna, con la finalidad de ubicar el espécimen objeto de este estudio.

Además, se recolectaron macrofósiles, registrándose también la ubicación de cada muestra, con fotografías de la locación y algunos esquemas que detallan la descripción *in situ*.

Las muestras recolectadas se identificaron con el código HF seguido de la numeración correlativa. (p. e. HF1)

²⁰ *Ibíd.*, Pág. 60

²¹ Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York, 2da. Edición, 2010
Pág. 63

c. Trabajo de laboratorio

La composición, fábrica y textura de las rocas carbonatadas se estudia en secciones delgadas, el procedimiento de trabajo es el siguiente: Las muestras se cortan perpendicularmente al plano de estratificación.

Las secciones delgadas de microfacies generalmente son largas y de menor grosor de las que se utilizan para las secciones normales en petrografía, esto se aplica para estudiar calizas de arrecifes, calizas provenientes de áreas someras y detríticas y carbonatos depositados durante eventos rápidos y de pendientes fuertes (p.e. turbiditas).

El estudio de secciones delgadas en microscopio suministró la información básica sobre la microfauna. Para determinar la información sobre “los procesos sedimentarios y diagenéticos es necesario el análisis con fluorescencia, fotoluminiscencia y catodoluminiscencia.”²²

Se utilizaron para clasificar microscópicamente las muestras las clasificaciones de Dunham (Figura 11) y Folk, esta última se describe a continuación (Figura 12).

²² Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York, 2da. Edición, 2010
Pág. 66

FIGURA 12 CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE ROCAS CARBONATAS, FOLK (1959)

CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE ROCAS CARBONATADAS, FOLK (1959)										
CALIZAS, CALIZAS DOLOMITIZADAS Y DOLOMIAS PRIMARIAS					CALIZAS NO CLASTICAS	REEMPLAZAMIENTO DE DOLOMIAS				
Aloquímicos vr Matriz					Clase IV	Clase V				
> 10% Aloquímicos					< 10% Aloquímicos					
					1-10% 1%					
Cemento vr Matriz					Rocas Microcristalinas					
Cemento > Matriz			Cemento < Matriz							
Clase I			Clase II		Clase III					
Composición Aloquímicos	> 20% Intraclastos				MICRITA Y DOLOMICRITA (Calclitita)	BIOHERMITA	Fantasmas de Aloquímicos		Sin Fantasmas de Aloquímicos	
	25% de Oolitas				BIOHERMITA		DOLOMÍA INTRACRISTALINA		Dolomías Gruesas, Medias y Finamente Cristalinas	
	Fósiles vr Pellets				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
	3:1				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
	3:1 a 1:3				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
	1:3				BIOHERMITA		DOLOMÍA DE PELLETS			
	PELESPATITA Pelesp				BIOHERMITA		DOLOMÍA DE PELLETS			
	BIOESPARRUDITA (Coquina)				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
	BIOESPATITA (Biocalcarenita)				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
	OOESPARRUDITA (Pisolita)				BIOHERMITA		DOLOMÍA OOLÍTICA			
OOESPATITA (Biocalcarenita oolítica)				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
OOMICRUDITA				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
OOMICRITA				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
INTRAMICRUDITA				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
INTRAMICRITA				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
INTRAESPARRUDITA Conglomerado Intraformacional				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					
INTRAESPATITA (Calcarenita Lítica)				BIOHERMITA	DOLOMÍA OOLÍTICA					

FUENTE: Modificado de Joan Carles, *Atlas de Asociaciones Minerales en Lámina Delgada*, Melgarejo, Universidad de Barcelona, 2004.

La clasificación de Folk comprende una división en los carbonatos a nivel microscópico basándose en el tipo de partículas, la naturaleza y proporción de la matriz y/o el cementante presente, cada clasificación textural tiene su equivalencia con la clasificación de Dunham.

Por último, el análisis e interpretación de todos los criterios anteriores, dan como resultado las microfacies presentes en el área de investigación.

Como se mencionó, parte de la metodología de análisis fue utilizar los tipos de microfacies estándar de Wilson (1975) y los

microfacies típicas de rampa de Flügel (2004). Analizándose 57 muestras.

En las microfacies típicas estándar (SMF) de Wilson, se toma de referencia un tipo restringido de microfacies que son independientes a las edades de las rocas con la finalidad de crear un modelo base de deposición.

Este modelo base, de Wilson, se presenta a continuación en la Figura 13, en el que se observa las clasificaciones según zonas de facies, tipos de microfacies y el ambiente general de disposición.

FIGURA 13
MODELO BASE DE WILSON DE AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN

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

FUENTE: Valentina Espinel, *et. al.*, *Petrografía y Análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de Geológicas. 2010.

De la figura anterior, se presenta el cuadro 5 correspondiente a las características de cada microfacie, en relación al ambiente de deposición generalizado.

CUADRO 5
MICROFACIES TÍPICAS ESTANDAR (SMF) DE WILSON (1975)

SMF	Nombre	Características
1	espiculita	Oscura, rica en organismos, <i>mudstone</i> o <i>wackestone</i> arcilloso, conteniendo espículas de tamaño limo, las espículas están comúnmente orientadas y reemplazadas por calcita
2	calcsilita microbioclástica	Pequeños bioclastos y peloides con una textura <i>grainstone</i> o <i>packstone</i> , ondulitas en escala milimétrica, comúnmente laminados
3	<i>mudstone</i> o <i>wackestone</i> pelágico	Matriz de micrita, con granos de arena fina o limo dispersos constituidos por microfósiles pelágicos (ej: radiolarios o globigerínido) o megafauna (ej: graptolites o bivalvos de concha delgada)
4	microbrecha o <i>packstone</i> bioclásticolitoclástico	Granos desgastados de carácter robusto originalmente, puede consistir en bioclastos derivados localmente y/o litoclastos previamente cementados; también puede incluir cuarzo, <i>chert</i> , u otros tipos de fragmentos de carbonato; comúnmente gradados.
5	<i>packstone floatstone</i> o <i>grainstone</i> bioclástico	Constituido principalmente de bioclastos derivados de organismos que habitan los flancos y la parte superior de los arrecifes; rellenos geopetales o infiltrados por sedimento fino en cavidades encubiertas comúnmente
6	<i>rudstone</i> arrecifal	Grandes bioclastos y organismos de la parte superior y flancos del arrecife; sin material en forma de matriz
7	<i>boundstone</i>	Constituidos por organismos sésiles (<i>in situ</i>). Pueden ser llamados <i>framestone</i> si se constituyen por agregados masivos y de formas robustas, <i>bindstone</i> si están constituidos por incrustaciones lamelares enmarañadas construyendo cavidades y capas incrustadas de micrita, y <i>bafflestone</i> si su composición es de complejos y delicadas masas de micrita, vagamente peleteados con formas frondosas.
8	<i>wackestone whole</i> fósil	Organismos sésiles inmersos en micrita, el cual contiene algunos bioclastos dispersos, infauna y epifauna bien preservada
9	<i>wackestone</i> bioclástico o micrita bioclástica	Sedimentos micríticos que contiene fragmentos de diversos organismos mezclados y homogenizados por bioturbación; los bioclastos pueden estar micritizados .
10	<i>packstone-wackestone</i> con bioclastos desgastados y cubiertos en micrita	Los sedimentos exhiben inversión textural, los granos muestran evidencia de formación en ambientes de alta energía pero contiene matriz lodosa
11	<i>grainstone</i> con bioclastos cubiertos por cemento de esparita	Bioclastos cementados con cemento esparítico; los bioclastos pueden estar micritizados
12	coquina, <i>grainstone</i> o <i>rudstone</i> bioclástico	Constituido por un depósito de conchas de ciertos tipos de organismos dominantes (ej: algas, conchas o crinoideos); carece de matriz lodosa
13	<i>grainstone</i> bioesparítico con oncoides	Constituido principalmente por oncoides en un cemento esparítico
14	<i>lags</i>	Partículas cubiertas y desgastadas; puede incluir ooides y peloides que son ennegrecidos y manchados de hierro; con fosfatos; también puede incluir litoclastos alóctonos

Sigue...

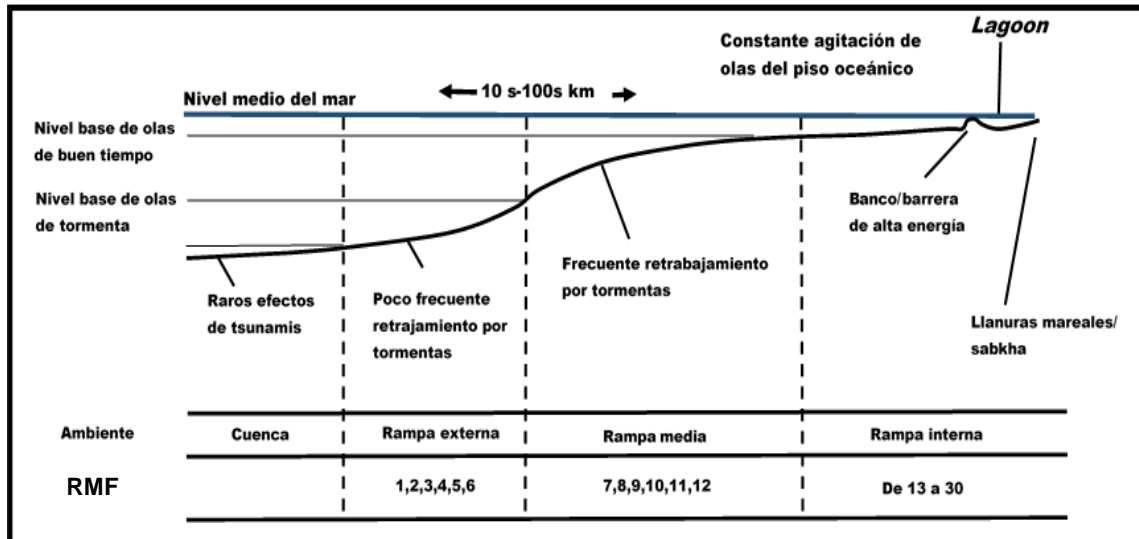
...Viene

15	oolita, <i>grainstone</i> de ooides	Bien seleccionada, bien formada, ooides recubiertos múltiplemente que van de 0.5 a 1.5 mm de diámetro; fabrica comúnmente muy empaquetada; cruza los estratos invariablemente.
16	<i>pelsparita</i> o <i>grainstone</i> peloidal	Probablemente pellets fecales; pueden ser mezclados con ostrácodos o foraminíferos; puede contener láminas gruesas gradadas y una fábrica fenestral.
17	<i>grainstone</i> o <i>grapestone</i> pelsparítico	Mezclas de facies de peloides aislados, peloides aglutinados y granos agregados (<i>grapestones</i> y <i>lumps</i>); puede incluir algunos granos recubiertos.
18	<i>grainstone</i> de foraminíferos o algas	Consiste en concentraciones comúnmente mezcladas con peloides
19	loferita	laminada a bioturbada, <i>mudstone</i> o <i>wackestone</i> peleteado; puede gradar a <i>pelsparita</i> con fábrica fenestral; la asociación de ostrácodos y peloides es común en <i>mudstone</i> ; también puede incluir micrita con foraminíferos dispersos, gasterópodos y algas
20	<i>mudstone</i> de estromatolitos de algas	Estromatolitos
21	espongiostroma	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo
22	micrita con oncooides grandes	<i>wackestone</i> o <i>floatstone</i> que contienen oncooides
23	micrita pura homogénea sin fósiles y sin laminación	Micrita; puede contener cristales de minerales evaporíticos.
24	<i>rudstone</i> o <i>floatstone</i> con litoclástos y/o bioclástos	Clastos comúnmente constituidos de micrita o calcisilitita sin fósiles, y puede tener un arreglo de lado o imbricado; puede estar cruzando los estratos; matriz esparcida.
25	<i>mudstone</i> evaporítico-carbonatado laminado	Alternancia de carbonato cristalino fino (caliza, dolomita) la cual puede ser inducido microbially y estratos diagenéticamente deformados con cristales de evaporita (yeso)
26	<i>cementstone</i> , <i>rudstone</i> y <i>packstone</i> con pisoides	Acumulaciones de pisoides, con variedad de formas, tamaños de milímetros a centímetros, pisoides densamente empaquetados, comúnmente cementados por cementos meteóricos. Los núcleos de los pisoides son usualmente pisoides rotos o cortezas de cemento.

FUENTE: Valentina Espinel, et. al. *Petrografía y Análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de Geológicas. 2010.

El análisis que se plantea en las microfacies típicas de rampa (RMF) de Flügel, conlleva a una distinción de cinturones de facies y coadyuva a la identificación del ambiente general de depositación y/o formación de las rocas. Dentro de este modelo general se observan 4 ambientes generales, los cuales se muestran a continuación (Figura 14).

FIGURA 14
AMBIENTES PARA LAS MICROFACIES TÍPICAS DE RAMPA
(RMF) DE FLÜGEL (2004)



FUENTE: Espinel, Valentina; Hurtado, Julián. *Petrografía y Análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de Geológicas. 2010.

De donde las características de este modelo generalizado se presentan a continuación en el Cuadro 6.

Cuadro 6
CARACTERÍSTICAS LAS MICROFACIES TÍPICAS DE RAMPA
(RMF) DE FLÜGEL (2004)

RMF	Nombre	Tipo de Rampa	Características
1	Calcsiltita y <i>Mudstone</i> con peloides	Externa	Fragmentos esqueléticos muy finos, espículas de esponjas y algunas veces finamente laminado.
2	<i>Mudstone</i> y <i>Wackestone</i> arcilloso con bioturbación	Externa	Pocos foraminíferos aglutinados, ostrácodos y equinodermos.
3	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con bioturbación	Externa	Diversos y abundantes fósiles (bivalvos, braquiópodos y equinodermos) y peloides; granos esqueléticos no desgastados, es común la preservación de fósiles enteros.
4	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> peloidal	Externa	Consiste de pequeños peloides, pequeños litoclastos y bioclastos.
5	<i>Mudstone</i> pelágico	Externa	Contiene microfósiles planctónicos y fósiles neotónicos de mar abierto
6	<i>Grainstone</i> peloidal y bioclástico	Externa	Gradado, laminado y con estratificación cruzada fina (tempestitas).
7	<i>Packstone</i> bioclástico	Media	Abundantes equinodermos, bivalvos y foraminíferos; granos esqueléticos desgastados.
8	<i>Packstone</i> y <i>Wackestone</i> con bioturbación	Media	Contiene varios granos esqueléticos, intraclastos, oncoides y peloides.
9	<i>Wackestone</i> , <i>Packstone</i> y <i>Floatstone</i> con bioclastos e intraclastos	Media	Con intraclastos micríticos y bioclastos derivados de rampa, puede contener algunas microbrechas.
10	Conglomerados de Caliza	Media	Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>)
11	Margas con intraclastos y guijarros de caliza	Media	Rampa distalmente empinada (<i>distally steepened ramp</i>)
12	<i>Boundstone</i> con corales	Media	<i>Framestones</i> de corales, cortezas de corales; también de algas rojas.
13	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos largos (ej: orbitolínidos)
14	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con granos esqueléticos	Interna	Con granos esqueléticos, varios intraclastos y algunos ooides (<i>near-shoal</i>)
15	<i>Floatstone</i> bioclástico	Interna	Con diversos materiales derivados de arrecifes, (cerca de arrecifes, corales, algas o fragmentos de bivalvos)
16	<i>Mudstone</i> , <i>Wackestone</i> o <i>Packstone</i> con foraminíferos	Interna	Con abundantes foraminíferos miliólidos
17	<i>Wackestone</i> bioclástico con algas	Interna	Con algas verdes <i>dasycladáceas</i>
18	<i>Wackestone</i> bioclástico con ostrácodos	Interna	
19	Caliza o <i>Mudstone</i> no bioturbado	Interna	

Sigue...

...Viene

20	<i>Wackestone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico con algas calcáreas	Interna	Con foraminíferos bentónicos.
21	<i>Packstone</i> y <i>Floatstone</i> con oncoides	Interna	Oncoides aglutinados, con granos esqueléticos, sedimentarios y cuarzo terrígeno.
22	Caliza o <i>Mudstone</i> dolomítico	Interna	Micrita finamente laminada; con escasos fósiles de ostrácodos y foraminíferos.
23	<i>Bindstone</i> Fenestral	Interna	Fábrica de algas ramificadas en sedimento fino limo-lodo.
24	<i>Mudstone</i> y <i>Packstone</i> intraclástico	Interna	
25	<i>Bindstone</i> con láminas de evaporitas y carbonatos	Interna	Contiene cristales evaporíticos (yeso).
26	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico de grano medio a grueso	Interna	Contiene varios granos esqueléticos bentónicos.
27	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> bioclástico	Interna	Compuesto de pocos granos esqueléticos dominantes (ej: predominantemente equinodermos o predominantemente foraminíferos).
28	<i>Floatstone</i> y <i>Rudstone</i> Bioclástico	Interna	Exhibe una fábrica altamente desordenada.
29	<i>Grainstone</i> con ooides	Interna	Presenta ooides concéntricos densamente empaquetados.
30	<i>Grainstone</i> y <i>Packstone</i> con ooides y conchas	Interna	Presenta abundantes fragmentos de conchas.

FUENTE: Valentina Espinel, *et. al.*, *Petrografía y Análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva (Boyacá)*. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de Geológicas. 2010.

CAPÍTULO 3

INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Geología Local

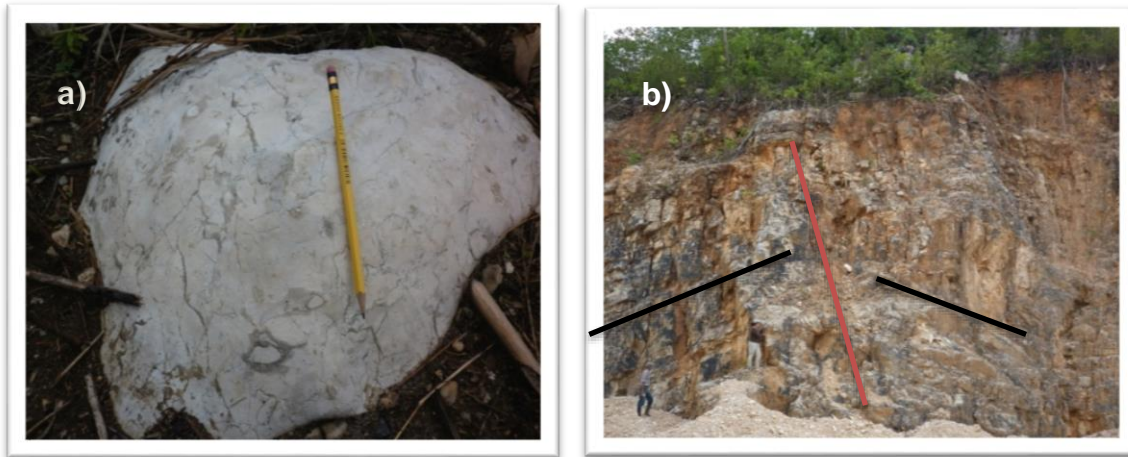
Se definieron formaciones calcáreas, que presentaron en su mayoría una tonalidad beige a beige claro, poco porosas, fracturadas y cristalinas, con espesores de 0,30 m a 1 m estratificadas con contenido de fósiles (Fotografía 9).

Según la clasificación de Dunham, se definió la presencia de facies de *wackstone* a *grainstone* y según la clasificación de Folk, se identificó facies de micrita a bioesparita.

Del análisis se observó que la facie de mayor presencia en el área de estudio, es la combinación de *grainstone* bioesparítica, además se interpretó que la mayoría de secciones con esta combinación son producto de un ambiente de arrecife, que aflora notablemente en la estructura de Rubelsanto.

También se observa zonas de facies pertenecientes a ambientes de margen de plataforma, antearrecife y laguna costera.

FOTOGRAFÍA 9 MUESTRA MACROSCÓPICA Y AFLORAMIENTO DE CALIZAS



- a) Muestra macroscópica de caliza color beige con microfósiles indicativos de ambiente arrecifal.
Coordenada UTM: X 773000, Y 1767500
- b) Afloramiento de caliza donde se puede observar la presencia de estratificación (negro) y falla (rojo), que provoca un leve cambio en la dirección de inclinación de la estratificación.
Coordenada UTM: X 774000, Y 1767898

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

3.1.1 Formación Campur

La Unidad de Calizas de color beige y de grano fino, es la predominante en el área de estudio, según Michaud *et. al.* (1992) y Fourcade *et. al.* (1994), esta formación se puede subdividir en dos miembros: inferior y superior. Para éste estudio las muestras analizadas corresponden en su mayoría a la unidad inferior, con poca presencia de la unidad superior.

a. Miembro inferior

En campo se observaron calizas con color beige claro, de grano fino y estratos de 1 m de espesor, con buzamiento al sureste y suroeste. El contacto observado entre el miembro inferior y superior de esta formación es gradual.

El contacto entre la Formación Campur y Sepur en superficie se identifica en el relieve, ya que la Formación Campur presenta un relieve abrupto debido a la presencia de escarpes, mientras que la segunda presenta uno suave a ondulado, debido a la presencia de lutitas.

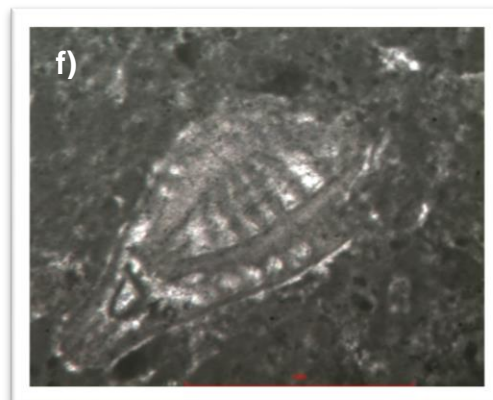
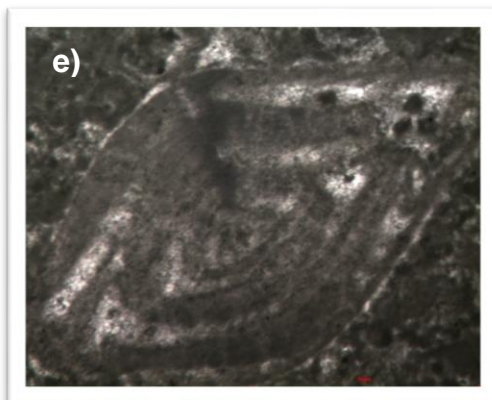
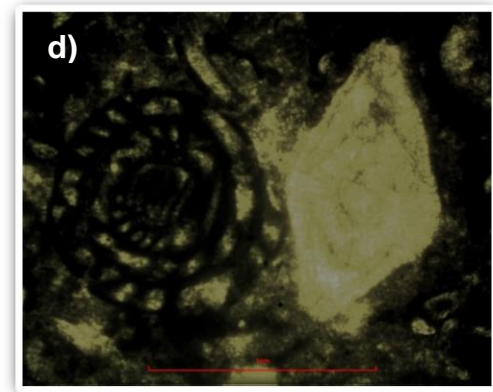
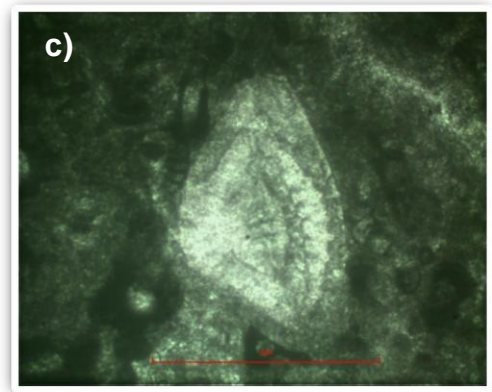
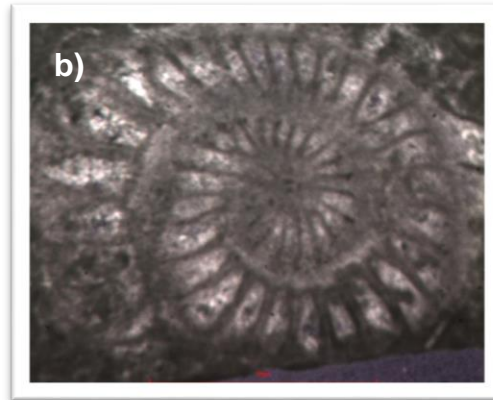
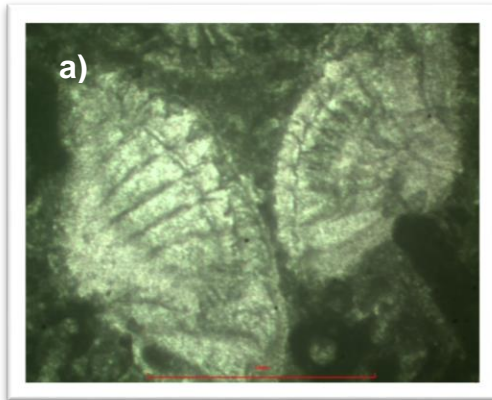
De las facies observadas en campo para la Formación Campur, se definió que un 25 % del área cartografiada corresponde a *wackstone* y *packstone*; también se identificaron facies de *packstone* y *grainstone*, según la clasificación de Dunham. El contenido fosilífero a nivel macroscópico es de calizas *grainstone* con rudistas y algas calcáreas.

El contenido fosilífero a nivel microscópico es: *Sulcoperculina globosa* (40 %) y de *Dickersoni* (25 %) en la parte central del área; *Merlinginas cretáceas* (10 %), Texturálidos (6 %), Alveolínidos (*Chubbina jamaicensis*, 3 %) y Miliólidos (*Quinqueloculina* 5 %, *Biloculina* 5%), rudistas (3 %), algas calcáreas (3 %), además de la presencia de litoclastos, lo que indica que son calizas bioclásticas con contenido peletoidal. (Fotografía 10).

Los microfósiles presentes e indicativos del miembro inferior de la Formación Campur son: *Sulcoperculina cf.*, *Sulcoperculina dickersoni*, *Vaughanina cubensis palmer* y *Sulcoperculina vermuti* y *Sulcoperculina globosa*.

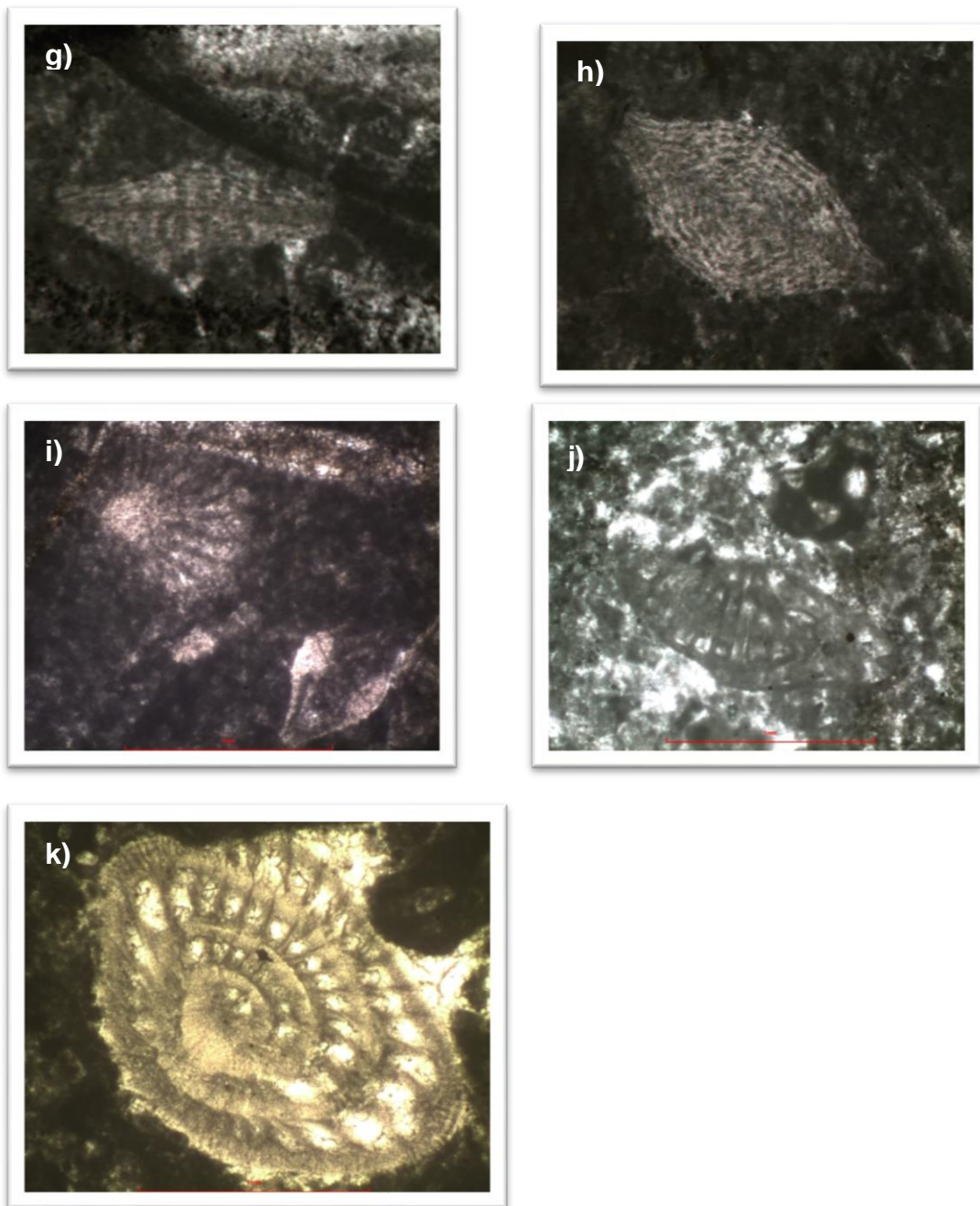
La fotografía 10 muestra cortes de los microfósiles guía del miembro inferior de la Formación Campur.

FOTOGRAFÍA 10
MICROFÓSILES CAMPUR INFERIOR



Segue...

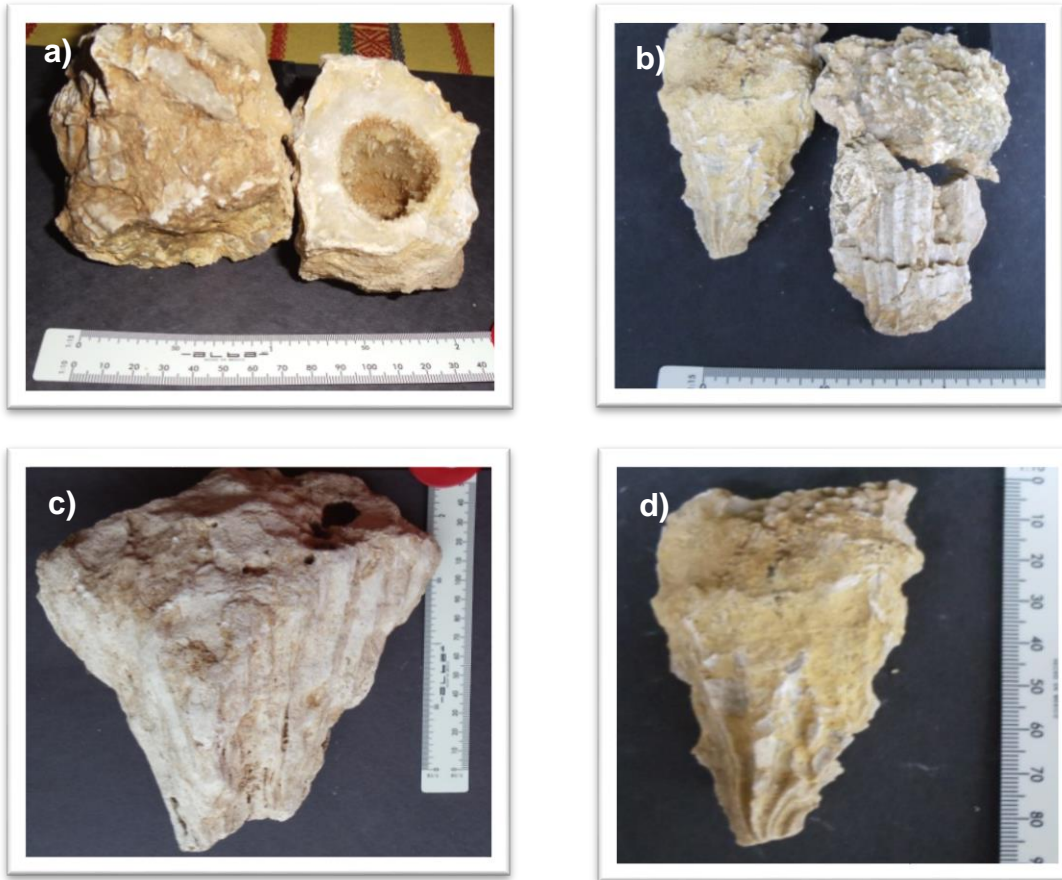
...Viene



a) Corte lateral *Sulcoperculina sp.*; b) Corte ecuatorial transversal *Sulcoperculina sp.*; c) Corte lateral *Sulcoperculina sp.*; d) *Sulcoperculina dickersoni palmer.*; e) Sección axial *Sulcoperculina dickersoni palmer.*; f) Sección axial *Sulcoperculina vermuti.*; g) *Vaughanina cubensis palmer.*; h) *Vaughanina cubensis palmer.*; i) Sección axial *Vaughanina cubensis palmer.*; j) Sección axial *Vaughanina cubensis palmer.*; y k) Corte tangencial *Sulcoperculina sp.*
Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Ésta formación presentó microfósiles de rudistas, de tamaño de 0,02 m a 0,1 m a tamaño. (Fotografía 11).

FOTOGRAFÍA 11 RUDISTAS EN LA FORMACIÓN CAMPUR

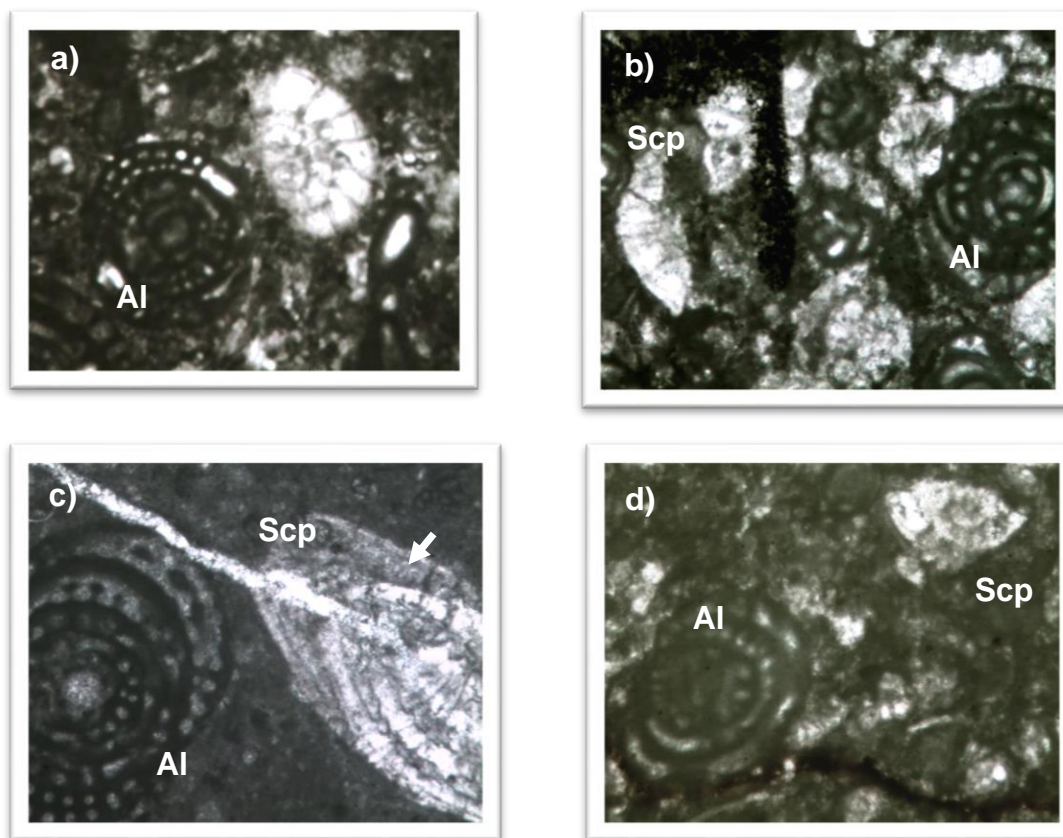


a), b), c) y d) rudistas con diferentes cortes y tamaños

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Se observaron áreas con transición microfaunal entre la Formación Campur y la Formación Angostura, debido al contenido de fragmentos de *Alveolínidos* (*Chubbina jamaicensis* (35 %), de *Rotálidos* (2 %) y *Sulcoperculinas* en menor porcentaje (20 %), esto asociado a una disminución en la profundidad del nivel de agua (Fotografía 12).

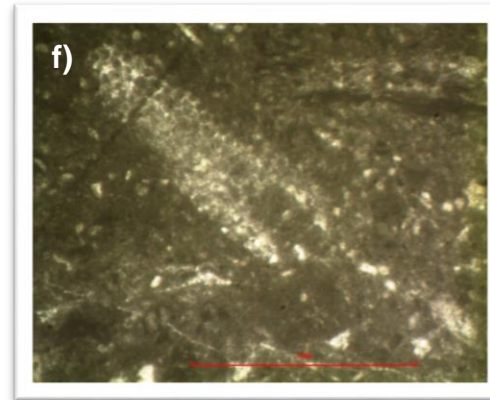
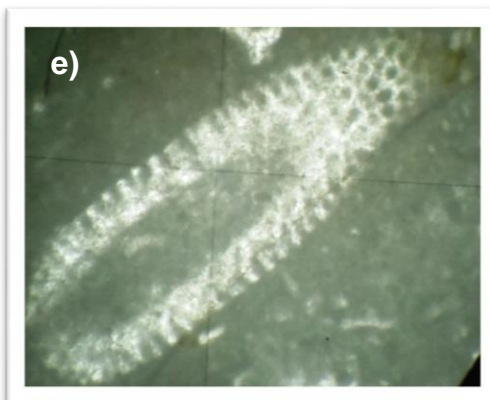
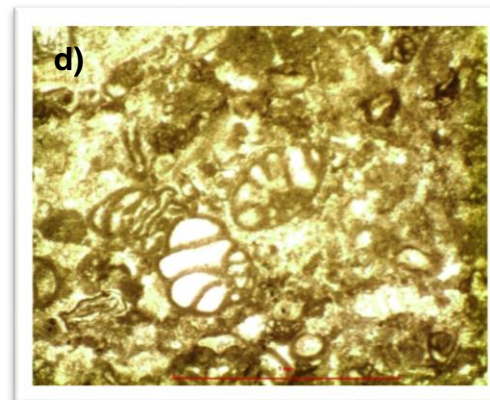
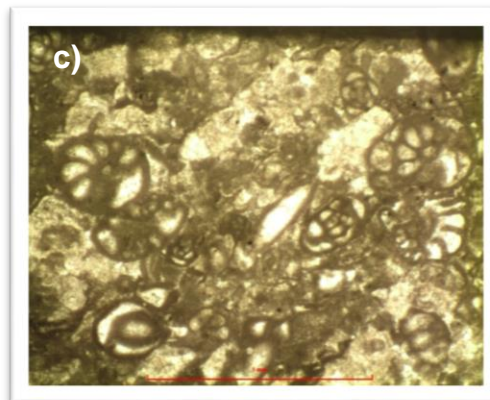
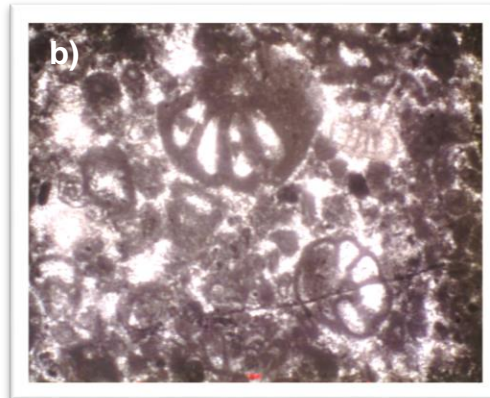
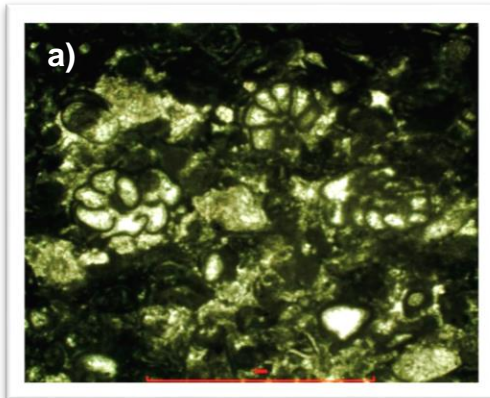
FOTOGRAFÍA 12
Sulcoperculinas Y Alveolínidos, TRANSICIÓN CAMPUR-ANGOSTURA



a), b), c) y d) Alveolínidos (*Chubbina jamaicensis*) y Sulcoperculinas en calizas *grainstone* y *packstone* demostrando la transición entre la Formación Campur y Formación Angostura.
Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

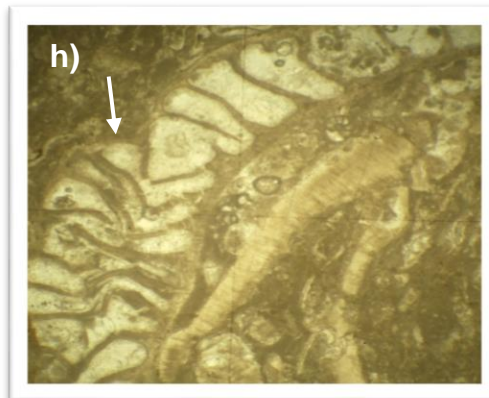
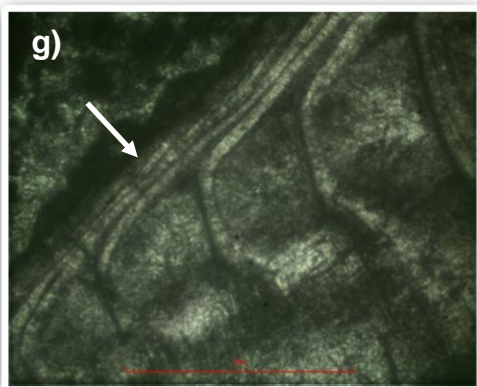
En algunas muestras se observó que había mayor porcentaje de *Merlinginas cretáceas* (40 %) con una combinación de *Discyclina Schlumbergeri* (20 %), además de ser calizas bioclásticas, se identificaron texturálidos (15 %), corales (15 %), algunos *pellets* y otros fósiles propios de margen de plataforma y arrecife. (Fotografía 13).

FOTOGRAFÍA 13
MICROFÓSILES ASOCIADOS A LA FORMACIÓN CAMPUR



Sigue...

...Viene



a) *Grainstone* con *Merlinginas* cretáceas. HF65; b) *Grainstone* con *Merlinginas* cretáceas. HF75; c) *Grainstone-Packstone* con *Merlinginas* cretáceas. HF80; d) *Grainstone-Packstone* con *Merlinginas* cretáceas. HF81; e) *Packstone-Wackstone* con cortes tangenciales de corales. HF58; f) *Packstone-Wackstone* con cortes tangenciales de corales. HF15; g) *Packstone-Wackstone* con rudistas. HF1 y h) *Packstone-Wackstone* con rudistas. HF78.

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

b. Miembro superior

El miembro superior de la Formación Campur se definió microscópicamente, debido a que en campo la litología que presenta es similar a la descrita para el miembro inferior, calizas de color beige claro, fracturadas y estratificadas (05°/N350), con facies a nivel superficial que van de *Packstone* a *Grainstone*. (Fotografía 14).

FOTOGRAFÍA 14 CALIZAS ESTRATIFICADAS MIEMBRO SUPERIOR FORMACIÓN CAMPUR



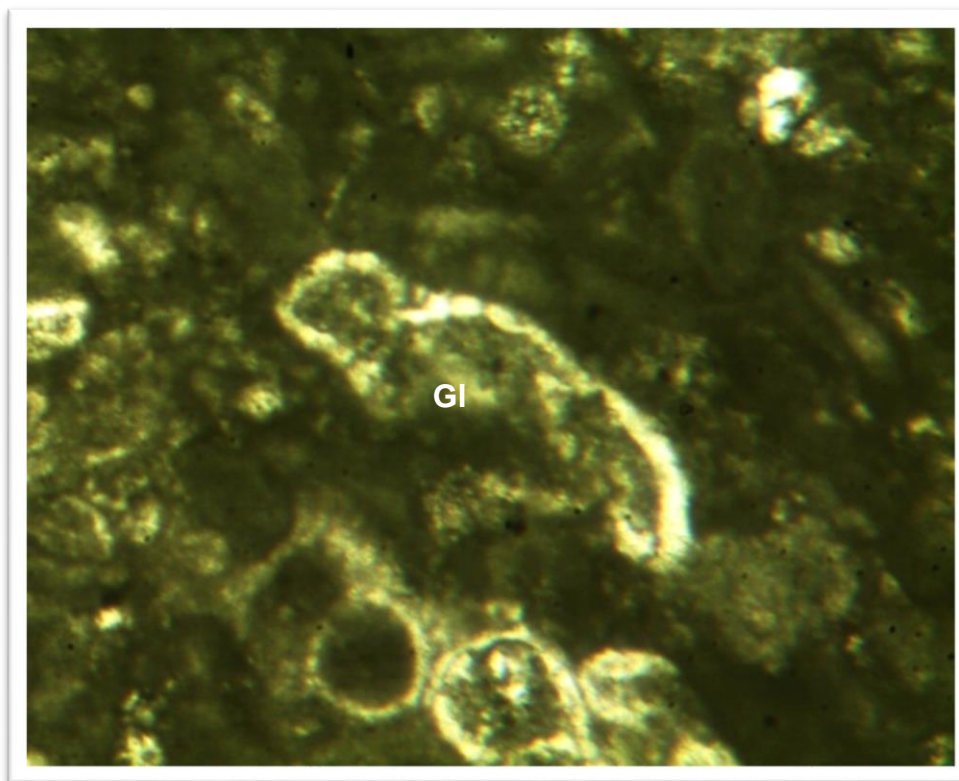
Coordenada UTM X 777800, Y 1767250

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

El miembro superior se define por la presencia de *Globo truncanas* (fósil guía) en la muestra HF32, en una muestra ubicada al noreste del área de estudio.

Además, la muestra presentó microfósiles asociados tales como *Miliólidos* (20 %), posibles *Rotálidos* (5 %), *Merlinginas cretáceas* (5 %), entre otros (25 %) y *Globo truncanas* (45 %). Con una matriz bioesparítica, indicando un ambiente de margen de plataforma de arrecife. (Fotografía 15)

FOTOGRAFÍA 15
MICROFÓSIL DEL MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN
CAMPUR



Globotruncana (GI) en una caliza *grainstone*.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

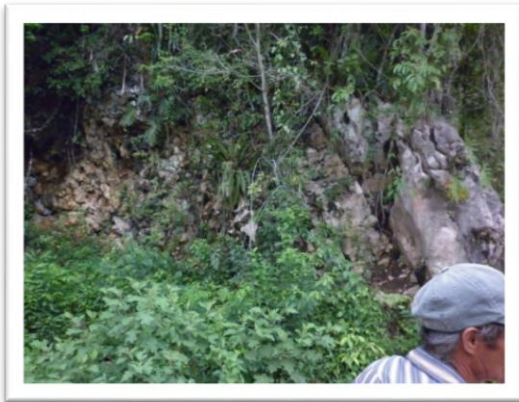
Los microfósiles guías, tanto del miembro inferior como del superior de la Formación Campur, indican que esta formación posee una edad del Campaniano temprano (83,6 Ma \pm 0,2 Ma²³)

²³ "Sociedad Internacional de Ciencias Geológicas. *Tabla cronoestratigráfica internacional*", <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01Spanish.pdf>. (16 mayo de 2012)

3.1.2 Formación Angostura

Esta formación se ubicó al oeste de la zona de estudio aflora en la aldea San Miguel, sobre el camino a la aldea El Limón, caracterizada por calizas de color beige claro, con espesores de 1 m a 2 m, de las cuales, la mayoría son *wackstone* a *packstone* y *packstone* a *grainstone*, estratificadas con una orientación preferencial de 56°/N210. (Fotografía 16).

FOTOGRAFÍA 16 AFLORAMIENTO FORMACIÓN ANGOSTURA EN SAN MIGUEL

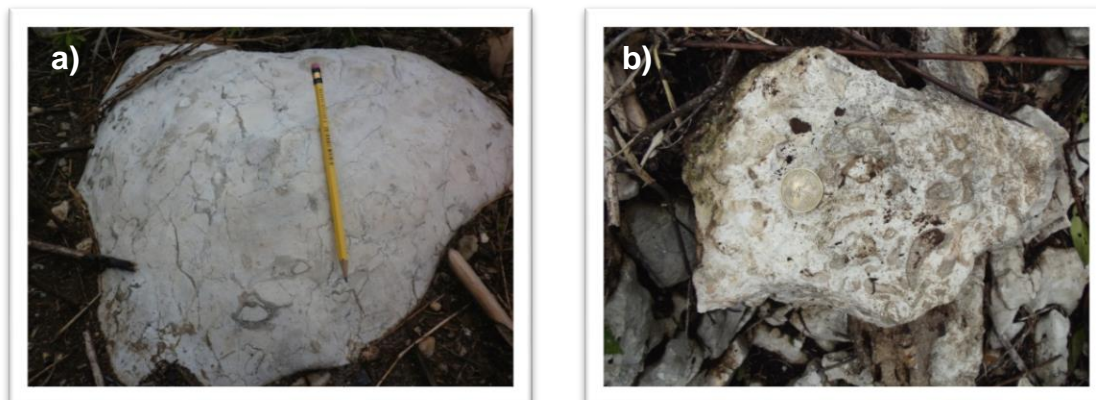


Coordenada UTM X 772200, Y 1768126.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Macroscópicamente, presentó un alto contenido fosilífero de rudistas y corales (Fotografía 17), apreciándose estos también en la parte oeste, central y noreste del área, siempre junto a una transición entre a la Formación Campur, como se puede apreciar en el anexo 1 que corresponde al mapa geológico.

FOTOGRAFÍA 17 CORALES Y RUDISTAS EN FORMACIÓN ANGOSTURA

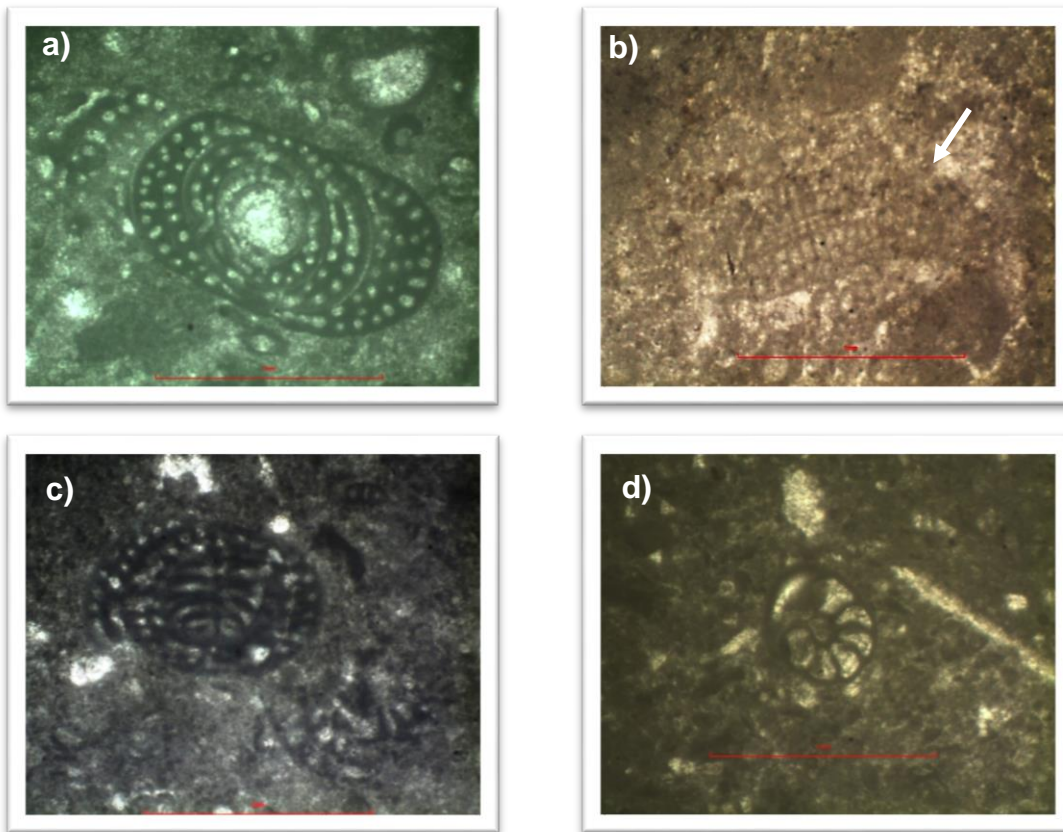


a) y b) Muestras de macroscópicas con una asociación de corales y rudistas.
 Coordenada UTM de a) X 773000, Y 1767500; b) X 779825, Y 1768756
Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Microscópicamente se observó la siguiente asociación de fósiles característicos: *Chubbina jamaicensis* (45 %) como microfósil guía; fragmentos de *Discyclinas schlumbergeri* (19 %), *Merlingina cretácica* (20 %), gasterópodos (1 %), algas calcáreas (5 %), rudistas (8 %) y corales (2 %), en calizas clasificadas como *packstone* a *grainstone*. (Fotografía 18).

Las calizas que se encontraron son *bioclásticas*, presentaron algunas muestras, microfósiles recristalizados con dolomía; matriz de esparita y bioesparita que definen un ambiente arrecifal, para ésta formación. La edad de estos fósiles se encuentra entre el Campaniano-Maestrictiano.

FOTOGRAFÍA 18
DIFERENTES CORTES DE ALVEOLINIDOS Y MICROFOSILES ASOCIADOS
DE LA FORMACIÓN ANGOSTURA

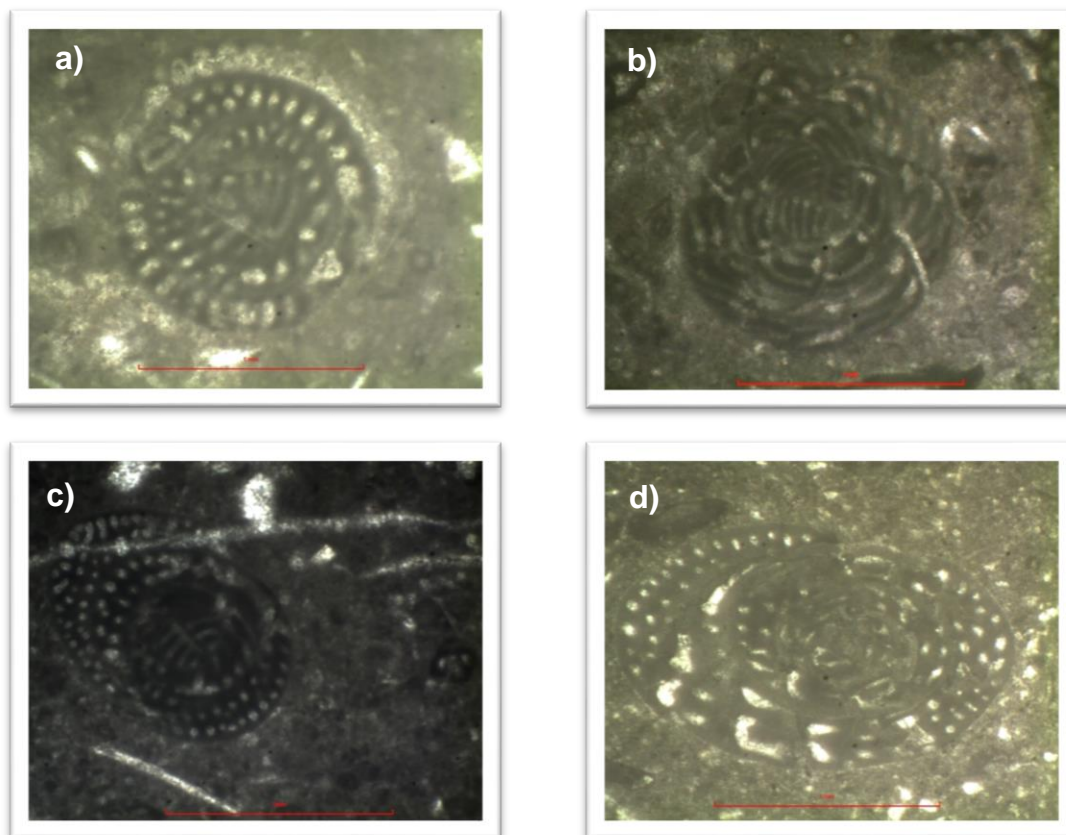


a) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF23; b) Corte transversal de *Discyclina schlumbergeri*. HF1; c) Corte axial de *Chubbina jamaicensis*. HF72 y d) Corte longitudinal *Merlingina cretacea*. HF66

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Según los rasgos morfológicos de los alveolínidos, se identificaron que son propios de la especie *Jamaicensis* y se estableció la presencia de la Formación Angostura dentro del flanco sur del anticlinal Rubelsanto (Fotografía 19).

FOTOGRAFÍA 19
DIFERENTES CORTES ALVEOLINIDOS (*Chubbina jamaicensis*)

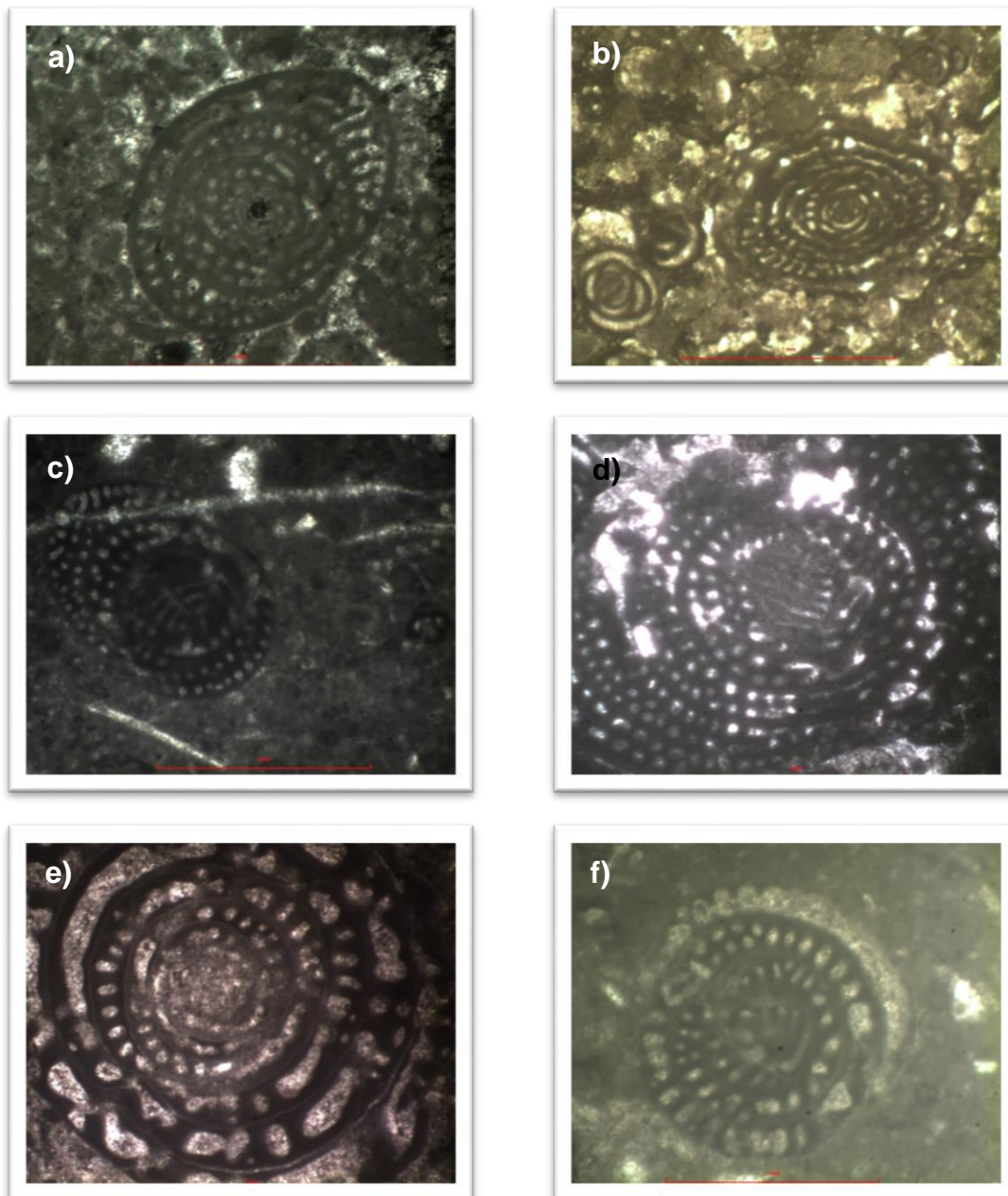


- a) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF10; b) Corte tangencial de *Chubbina jamaicensis*. HF10; c) Corte tangencial-transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF66 y d) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF14

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

En la fotografía 20 se observan cortes que encajan con el microfósil *Chubbina jamaicensis*, encontrado en el área de estudio; se comprueba así la hipótesis sugerida en esta investigación. Estos se encuentran asociados a la *Discyclinas Schlumbergeri*, Miliólidos (Biloculinas, etc.), algas y rudistas.

FOTOGRAFÍA 20
Chubbina Jamaicensis



a) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF81; b) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF6; c) Corte tangencial-transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF66; d) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF34; e) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF34 y f) Corte transversal de *Chubbina jamaicensis*. HF10

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

3.1.3 Formación Sepur

El área se caracteriza por rocas lutíticas y posibles margas color café, de espesores no mayores a 0,50 m entre estratos, afloran a lo largo de la parte sur-oeste del área (Fotografía 21), presentan un contacto gradual con las calizas de la Formación Campur, también se observaron intercalaciones de calizas, con una pátina calcárea de color rojizo-naranja.

El relieve en esta zona es suave a ondulado, lo que es un indicativo morfológico para el contacto entre formaciones, además de su litología. Según Vinson 1962, les asigna una edad entre el Campaniano-Maestrichtiano.

FOTOGRAFÍA 21 VISTA DE CAMPO FORMACIÓN SEPUR EN LOS ALREDEDORES DE SAN PEDRO EL LIMÓN



Coordenada UTM X 777310, Y 1764200.

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

3.2 ANÁLISIS DE FACIES

Para realizar éste análisis es necesario definir el concepto de facies, como la suma de características litológicas y biológicas de un depósito sedimentario o unidad de roca, impartido por el ambiente depositacional.

De este concepto, se desglosan algunos elementos de importancia, como la litología dentro de una facies con textura, su estructura y el contenido faunístico.

Para su respectivo análisis se debe realizar una evaluación sistemática de los componentes paleontológicos y sedimentológicos que conforman a estas facies, por lo que se puede aplicar como una herramienta útil a la interpretación y reconstrucción de los ambientes sedimentarios que prevalecieron en el pasado geológico.

Dentro de las facies identificadas en el oeste de la montaña Rubelsanto, están presentes las Arrecifales, Calizas Bioclásticas, Peletoidales y Nódulos de Arcilla.

3.2.1 Facies Arrecifal (rudistas, algas calcáreas y corales)

Estas facies se ubican en el borde de una plataforma, formándose por un banco de carbonatos o un arrecife y separando las facies profundas de la plataforma somera.

Entre los indicadores sedimentológicos se puede mencionar la presencia de una matriz *grainstone* bioesparítica además de una sustitución de calcita por dolomita.

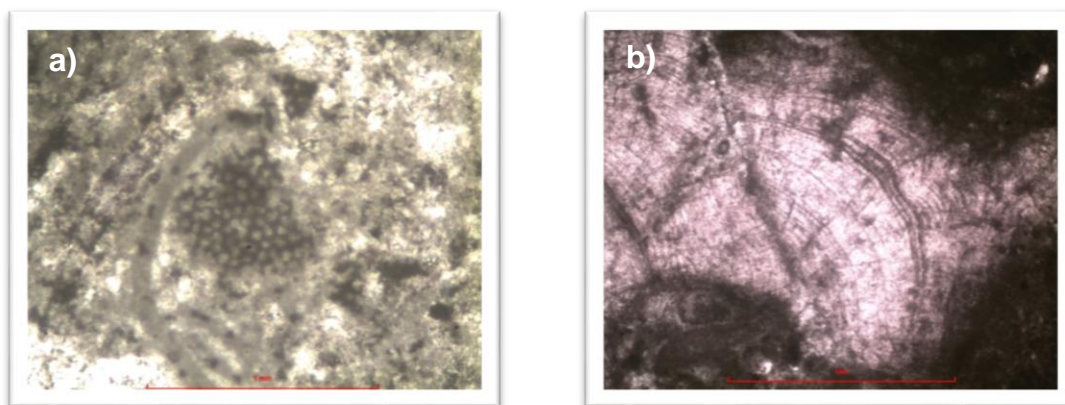
Entre los indicadores paleontológicos se pueden mencionar un alto contenido de rudistas, algas calcáreas, además de presencia de corales fragmentados y espículas en un 2 %, observándose los demás microfósiles deformados y fragmentados (*Miliólidos*, *Merlinginas cretáceas*, *Sulcoperculinas sp.*, *Alveolínidos*, *etc.*).

Éstos indicadores paleontológicos y sedimentológicos definen que esta facies corresponde a una zona de alta energía, en donde el oleaje es el proceso dominante (Fotografía 22)

Esta facies se determinó a partir del análisis de 17 muestras al oeste de la montaña Rubelsanto: HF2, HF3, HF10, HF14, HF15, HF23, HF32, HF34, HF39, HF53, HF58, HF66, HF68, HF76, HF78, HF79, HF82.

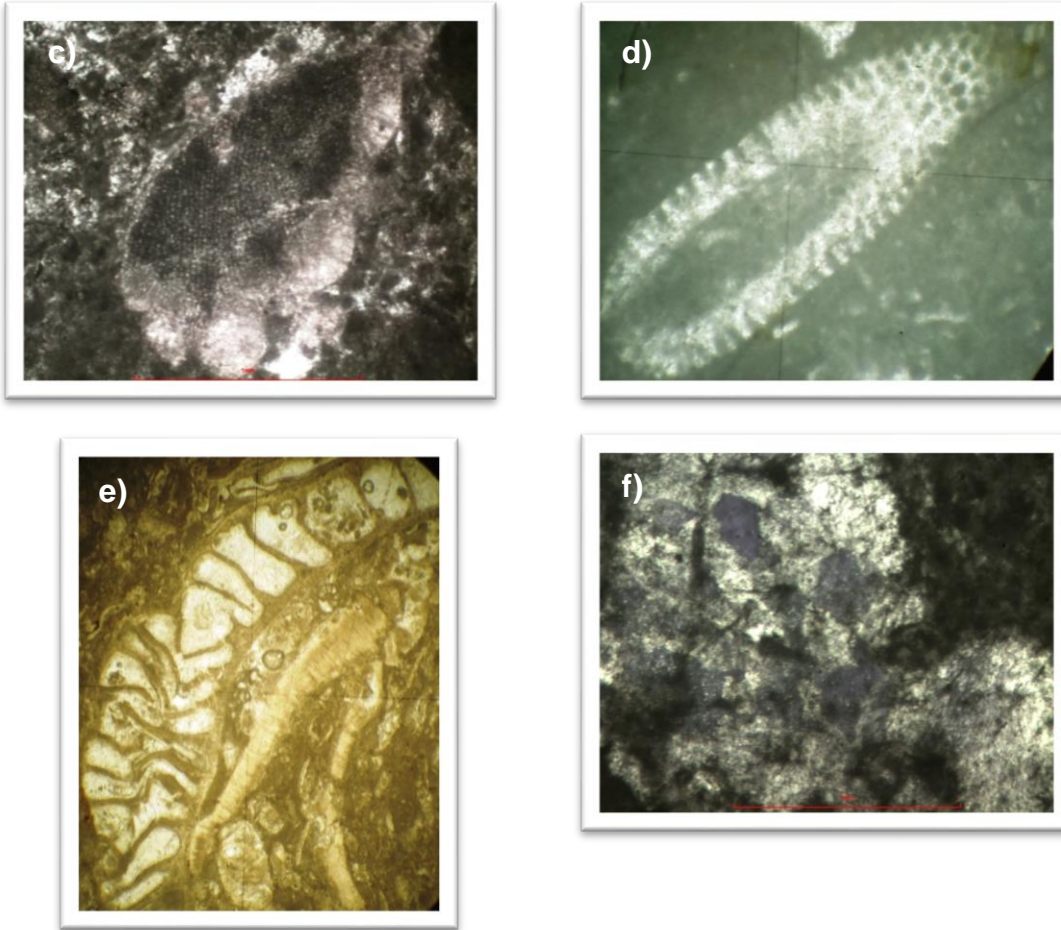
FOTOGRAFÍA 22

EXPOSICIONES DE INDICADORES MICROFAUNALES DE ARRECIFE



Sigue...

...Viene



a) Fragmento de coral. HF3; b) Corte transversal de rudista. HF39; c) Fragmento de alga calcárea. HF58; d) Corte Tangencial de coral. HF58; e) Corte longitudinal de alga calcárea. HF78 y f) Sustitución de calcita en microfósiles. HF78.

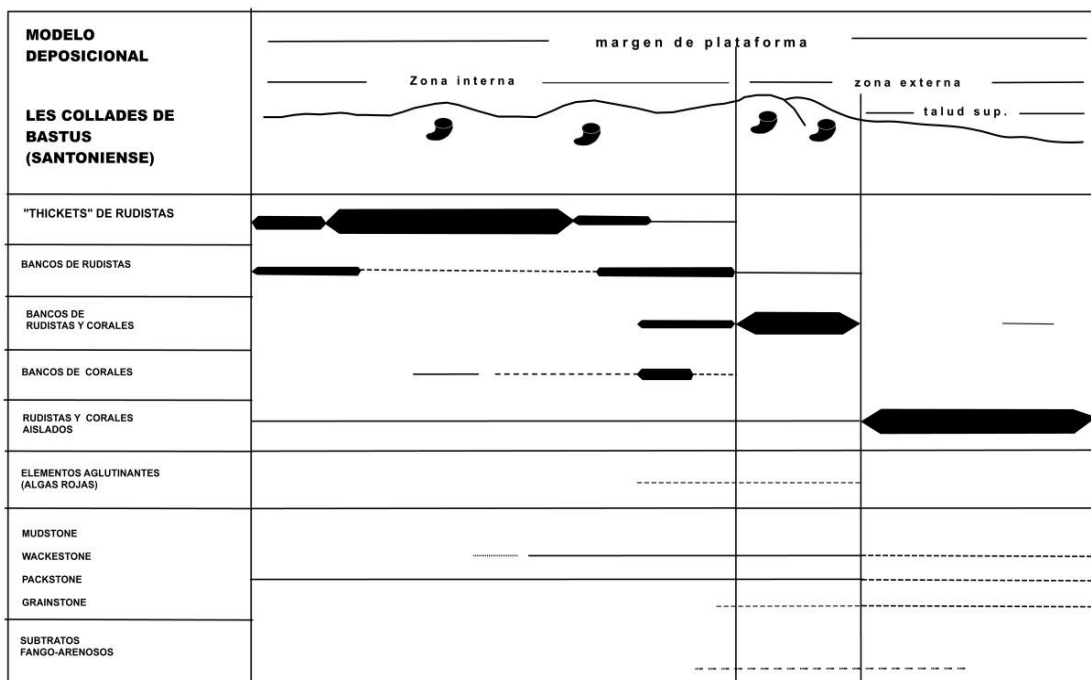
Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

E. Gili (1982), estableció un modelo de arrecife para el Santonniense, con la finalidad de determinar en qué parte se encuentran la facies arrecifal según las características de empaquetamiento, textura, ensamble de fósiles, fósiles indicadores, entre otros, como se muestra en la figura 11 del capítulo 2, que describe la clasificación de Dunham y Folk.

Según la figura 15, se puede establecer que por las características microfaunales esta facies corresponde a la parte

central de barrera de arrecife, aproximándose a la zona externa, indicativo por la asociación de rudistas y corales.

FIGURA 15
MODELO DE ARRECIFE



FUENTE Modificado de E. Gili, *Análisis Sedimentológico e Interpretación ambiental de una formación de rudistas*, Madrid, 1982.

La facies de arrecife se observa en los alrededores de la aldea San Miguel, bordea a las calizas bioclásticas. También se la puede observar al centro del área sobre el caminamiento entre el campamento petrolero de Rubelsanto y la aldea El Limón; al este, aparece bordeada por otras facies que indican ambientes de plataforma profunda.

3.2.2 Facies Calizas Bioclásticas

Ésta facies es indicador de profundidad en la plataforma carbonatada; algunos autores la definen como fósiles que fueron

transportados, fragmentados y que sufrieron abrasión, convirtiéndose en la parte orgánica de los *debris* (Grabau, 1920).

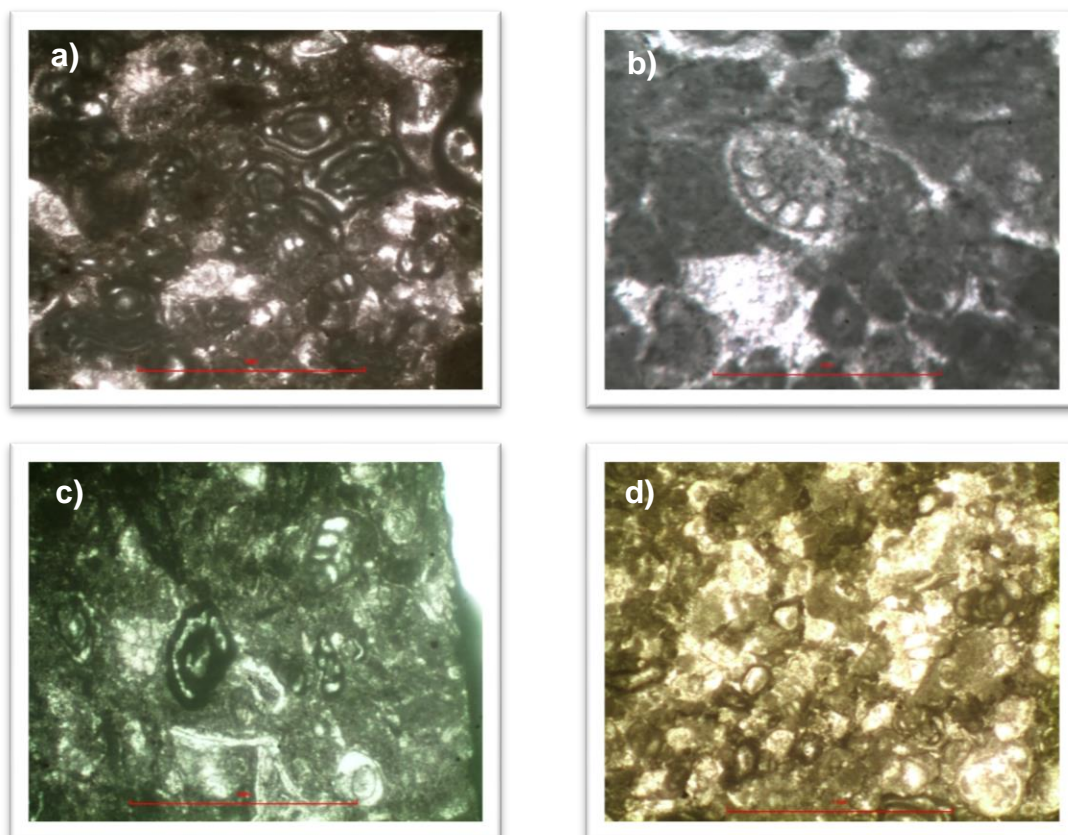
Se definió a partir de 14 muestras, las cuales se codificaron como: HF1, HF4, HF9, HF12, HF19, HF24, HF26, HF54, HF69, HF70, HF73, HF74, HF75, HF87, como se observan en el anexo 3, mapa de muestras.

Las calizas bioclásticas se encuentran entre las facies de arrecife y peletoidal, presentan una transición facial, la cual se denominó peletoidal bioclástica; la facies bioclástica presentó como indicador sedimentológico una matriz clasificada como *grainstone* bioesparítico y se localiza en los alrededores de la aldea San Miguel.

Al centro del área, a lo largo del caminamiento entre el campo petrolero y la aldea El Limón se puede observar también estas facies, al observar el mapa de facies se puede definir que se encuentran a lo largo del flanco sur del anticlinal.

Presentan como ensamble de fragmentos de fósiles los siguientes: Miliólidos, Alveolínidos (*Chubbina jamaicensis*), *Merlingina cretácea*, *Pseudonummoloculina heimi*, algunos *Rotálidos* y algunos fragmentos de algas, además con presencia de líticos y sustitución de calcita por dolomita. (Fotografía 23)

FOTOGRAFÍA 23
ENSAMBLE DE MICROFÓSILES EN FACIES DE CALIZA
BIOCLÁSTICA



a) Empaquetamiento bioclástico denso de Miliólidos. HF54; b) Empaquetamiento bioclástico moderado de foraminíferos. HF87; c) Empaquetamiento bioclástico moderado de texturálidos y posibles Miliólidos. HF19 y d) Empaquetamiento bioclástico denso de Miliólidos y foraminíferos. HF9.

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

La presencia de bioclóstos es un indicador de flujos de detritos, debido a que mezclan diferentes fragmentos de microfósiles. En la figura 16, se presenta la clasificación de fábrica bioclástica utilizada y modificada de Kidwell y Holland (1991).

FIGURA 16 EMPAQUETAMIENTO BIOCLÁSTICO



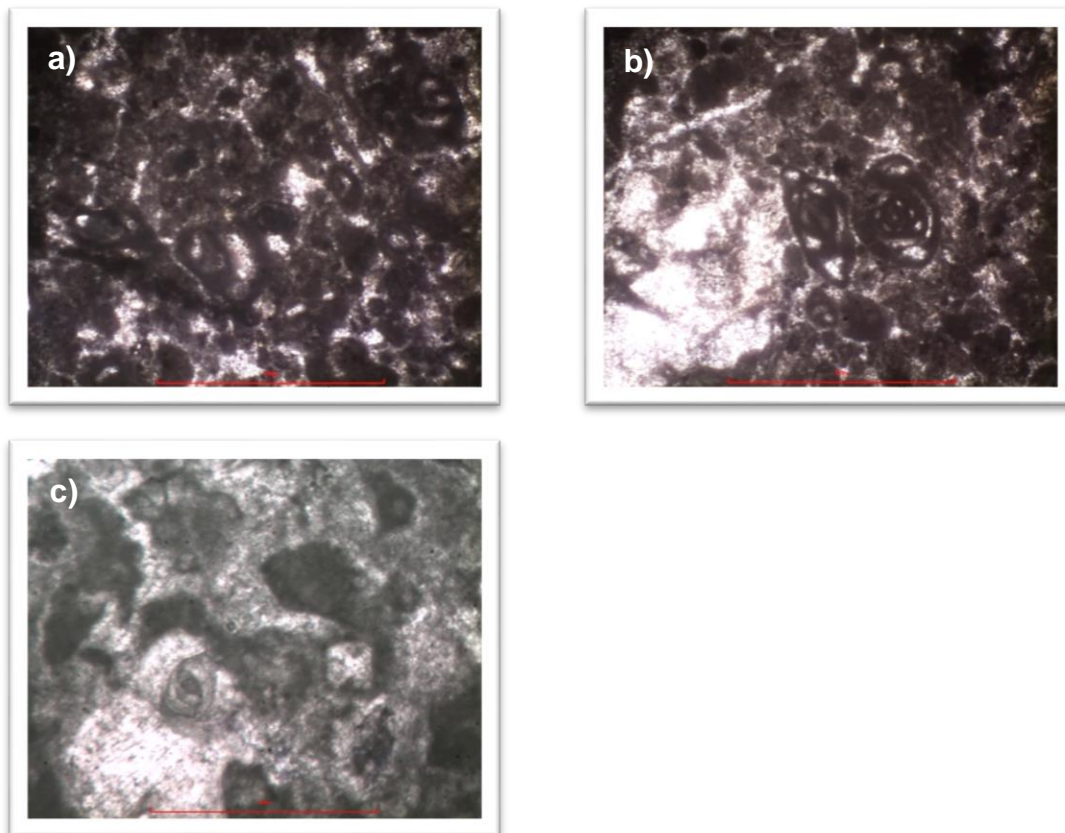
FUENTE: Modificado de Erik Flügel, *Microfacies of Carbonate Rocks*, London New York. Springer, 2da. Edición, 2010 pág. 61.

Al analizar las secciones bioclásticas de la fotografía 23 con lo descrito por Flügel en la figura 16, se determinó que el tipo de empaquetamiento en las muestras va desde dispersos hasta moderadamente y densamente empaquetados.

En la facies bioclástica y peletoidal se observó una transición que combinaba características tanto de sedimentos formados por fragmentos de microfósiles (típico de la bioclástica) y presencia de granos esféricos carbonáticos y microcristalinos (típico de la peletoidal). Esta transición se identificó en tres muestras: HF75, HF85 y HF86, las que se ubicaron al lado este de la comunidad Las Verapaces y la aldea El Limón. La primera en contacto con calizas bioclásticas y la segunda en contacto con las facies arrecifales.

A esta combinación entre fragmentos de esqueletos de microfósiles y un contenido de peloides, se le clasificó como *grainstone* bioesparítico que contiene moderados peloides con morfologías subangulares a redondeadas, además de abundantes bioclastos, como se observa en la fotografía 24.

FOTOGRAFÍA 24 MICROFÓSILES EN FACIES DE CALIZA BIOCLÁSTICA



a) *Grainstone* bioclástica con peloides y Miliólidos. HF75; b) *Grainstone* bioclástica con peloides y Miliólidos. HF75 y c) *Grainstone* bioclástica con Miliólidos y texturálidos. HF86
Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

El ensamble microfaunal es Miliólidos, fragmentos de rudistas y algas calcáreas, *Sulcoperculinas sp.*, y algunos alveolínidos no muy definidos.

Las características bioclásticas indican una moderada a alta energía de oleaje, posiblemente de una zona en la periferia del arrecife.

3.2.3 Facies Peletoidales

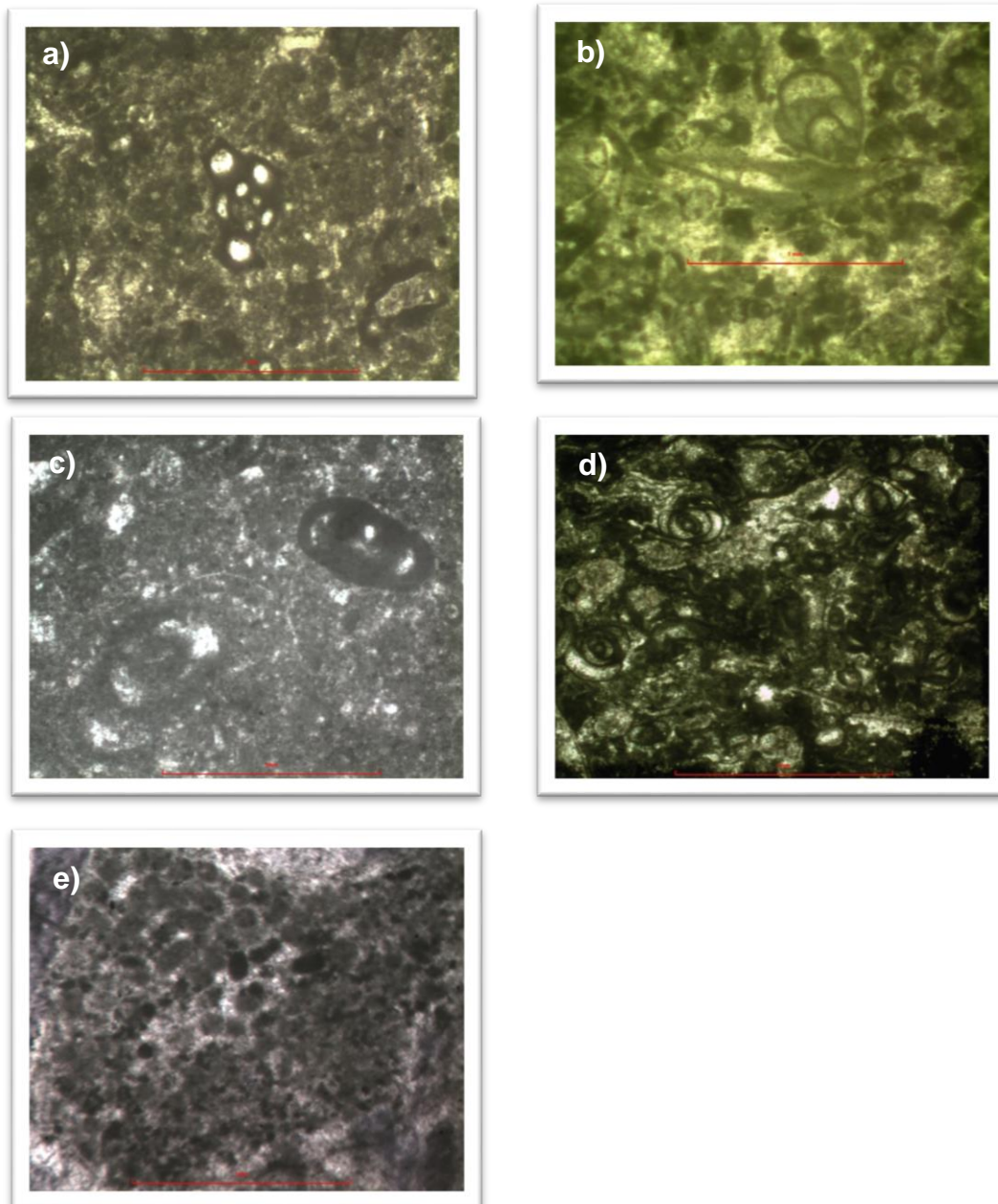
La Facies Peletoidal es originada por una caliza compuesta por peloides, pero también existen otros fragmentos de fósiles dentro de la matriz, la cual se clasifica en la mayoría de muestras de *packstone* a *grainstone* bioesparítico. Según Wilson (1975) estas facies pueden encontrarse en ambientes con agua caliente y de moderada circulación.

En el área de estudio esta facies bordea a las facies de arrecife; como se contempla en el anexo 2. Se identificó que al oeste, cerca de la aldea San Miguel, se encuentra relacionada a tectonismo, por la presencia de un corte a lo largo de la misma, el cual se verificó a través de fotografías aéreas. Este rasgo estructural se observa nuevamente hacia el este, a 4 km de la aldea San Miguel.

Se determinó la presente facies a través de 16 muestras estudiadas a nivel microscópico, correspondientes a los códigos, HF8, HF17, HF25, HF29, HF30, HF55, HF59, HF61, HF65, HF67, HF71, HF72, HF77, HF80, HF81 y HF84.

A continuación, se presenta la fotografía 25 donde se observa el ensamble de microfósiles para la facies peletoidal.

FOTOGRAFÍA 25
ENSAMBLE DE MICROFÓSILES EN FACIES PELETOIDAL



a) *Grainstone* peletoidal. HF8; b) *Grainstone* peletoidal con fragmentos de foraminíferos. HF17; c) *Grainstone* peletoidal con Miliólidos. HF59; d) *Grainstone* peletoidal con Miliólidos. HF65 y e) *Grainstone* peletoidal con texturálidos y fragmentos de foraminíferos. HF84.

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

El contenido microfaunal en éstas muestras contienen fragmentos de *Merlinginas cretáceas*, Miliólidos, Alveolínidos, algas, rudistas y corales, algunas *Discyclinas schlumbergeri* y

texturálidos, algunas muestras como la HF65 presentaron sustituciones de lodo en fósiles correspondiente a este ambiente, y en otras muestras la sustitución de calcita y dolomita.

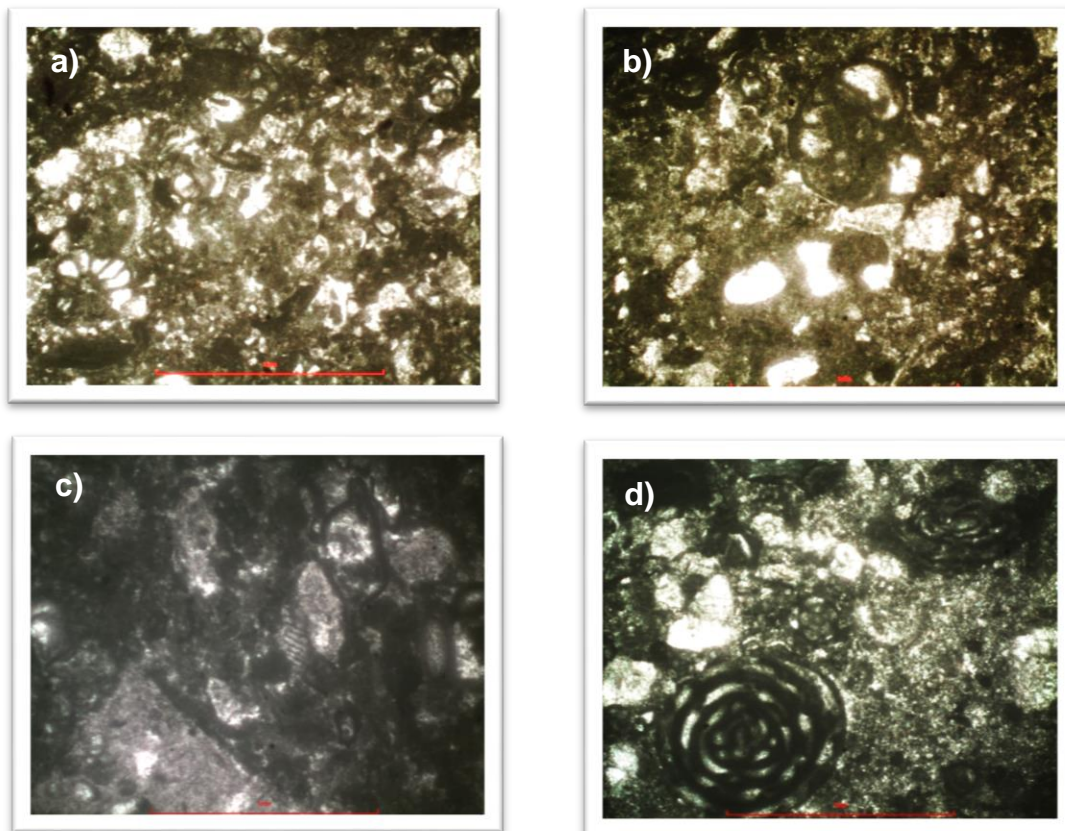
3.2.4 Facies de Nódulos de Arcilla

Esta facies bordea las calizas peletoidales y bioclásticas, lo que permitió la subdivisión en tres sub facies., la primera es la de nódulos de arcilla (Fotografía 26), la segunda es de nódulos de arcilla con alfombras de bioclastos y la tercera de nódulos de arcilla con contenido de *Globotruncana*.

Se interpretó que existe una profundización de la plataforma hacia el norte del área (Anexo 2), por la presencia de esta facies, otros rasgos litológicos el contenido de alfombras de bioclastos y las sustituciones por arcilla. Micropaleontológicamente un indicativo de ambientes más profundos de cuenca es el microfósil *Globotruncana*, identificado en esta área de estudio.

La facies aflora al norte del área debido al plegamiento y procesos erosivos que ha sufrido la estructura regional de Rubelsanto, expone en superficie las facies más profundas.

FOTOGRAFÍA 26 MICROFÓSILES FACIES DE NÓDULOS DE ARCILLA



a) *Grainstone* con nódulos de arcilla y fragmentos de foraminíferos. HF63; b) *Grainstone Packstone* con matriz de nódulos de arcilla. HF63; c) *Packstone* con matriz de nódulos de arcilla y fragmentos de foraminíferos. HF41 y d) *Grainstone* con matriz de nódulos de arcilla y posible Miliólido. HF33

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Como se observa en la fotografía 26, esta facies presentó en su mayoría una matriz clasificada como *Packstone* a *Grainstone* bioesparítico, las muestras analizadas en esta facies fueron HF5, HF18, HF27, HF33, HF41, HF63 y HF83; que presentaron un ensamble de fragmentos de Miliólidos, *Sulcoperculinas sp.*, *Merlingina cretácea*, algunos Alveolínidos, *Globotruncana*, Texturálidos y posibles Rotálidos.

3.3 Microfacies

Las microfacies se pueden definir como el conjunto de los caracteres paleontológicos y litológicos de una roca, examinados a pequeña escala. Su análisis es objetivo del estudio.

3.3.1 Análisis de microfacies

De este análisis se identificó que las microfacies que afloran al oeste de la montaña de Rubelsanto son de los siguientes ambientes: de plataforma abierta (*lagoon*), plataforma restringida, retrabajada arrecife y antearrecife, *foreslop* y de margen de plataforma profunda.

A continuación, se presenta la Tabla 2 que contiene las muestras colectadas en el área que indican un ambiente de Margen de Plataforma de Arrecife, incluyendo la textura y su clasificación de microfacies *SMF* y *RMF*.

TABLA 2
MUESTRAS INDICADORAS DE AMBIENTE ARRECIFAL SEGÚN
SMF Y RMF

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF2	<i>Wackstone</i>	Esparita	11	7	Margen de plataforma de Arrecife
HF3	<i>Wackstone</i>	Biomicrita	11	13	
HF4	<i>Wackstone</i>	Biomicrita	11	13	
HF8	<i>Packstone</i>	Biomicrita	11	27	
HF9	<i>Greinstone</i>	Bioesparita	11	13	
HF10	<i>Packstone</i>	Micrita	11	7	
HF12	<i>Mudstone</i>	Micrita	11	27	
HF14	<i>Wackstone</i>	Bioesparita	11	9	
HF17	<i>Packstone</i>	Biomicrita	11	7	
HF23	<i>Packstone</i>	Bioesparita	11	9	
HF26	<i>Mudstone</i>	Micrita	11	27	
HF32	<i>Packstone</i>	Micrita	11	7	
HF41	<i>Packstone</i>	Biomicrita	12	27	
HF53	<i>Packstone</i>	Esparita	11	9	
HF58	<i>Wackstone</i>	Esparita	11	7	
HF67	<i>Wackstone</i>	Esparita	11	6	
HF68	<i>Mudstone</i>	Esparita	7	29	
HF69	<i>Packstone</i>	Esparita	11	27	
HF80	<i>Greinstone</i>	Esparita	11	6	
HF81	<i>Packstone a Greinstone</i>	Bioesparita	11	7	
HF82	<i>Packstone a Greinstone</i>	Bioesparita	11	7	
HF84	<i>Packstone a Greinstone</i>	Bioesparita	11	6	
HF87	<i>Packstone a Greinstone</i>	Bioesparita	11	27	

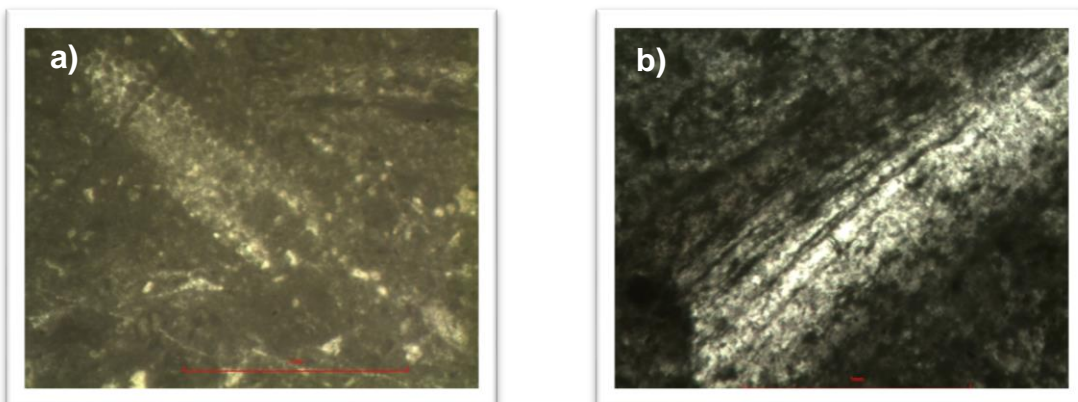
Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

De la tabla anterior, las muestras analizadas corresponden a la zona 5 del modelo de base de Wilson, según la clasificación *SMF* presentan la microfacies 7 (*boundstone*), 11 (calizas *grainstone* con bioclastos cubiertos por cemento de esparita) y 12 (calizas *coquina*, *grainstone* o *rudstone* bioclástico).

Según la clasificación de Flügel las muestras de la tabla 2, presentan microfacies *RMF* 6 (*grainstone* peletoidal y bioclástico), 7 (*packstone* bioclástico), 9 (*wackstone*, *packstone* y *floatstone* con bioclastos e intraclastos), 13 (*wackstone* y *packstone* bioclástico con foraminíferos), 27 (*grainstone* y *packstone* bioclástico) y 29 (*grainstone* con ooides) correspondiente a la rampa interna y media.

Estas microfacies presentaron fragmentos de rudistas, gasterópodos, algas y corales característicos de ambiente arrecifal, los cuales se observan en la fotografía 27.

FOTOGRAFÍA 27 CLASIFICACIÓN *RMF* Y *SMF* CON CARACTERÍSTICAS ARRECIFALES

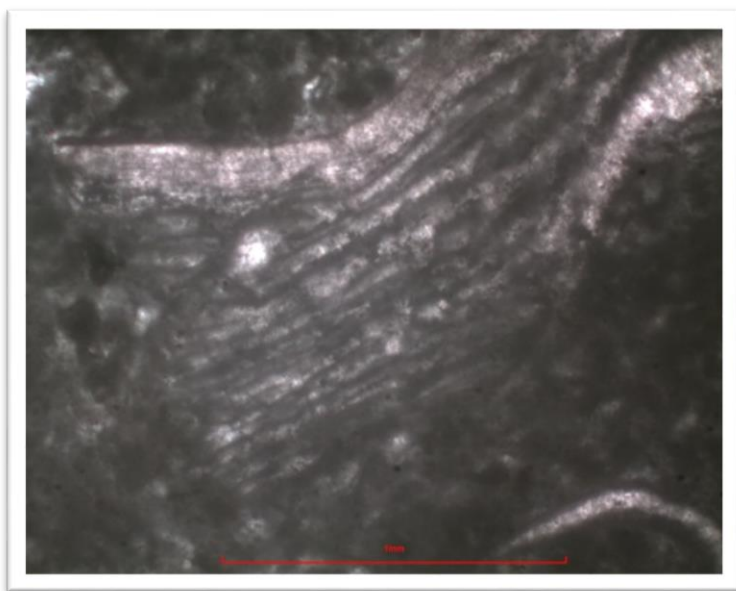


a) Caliza con algas en matriz *grainstone* bioesparítico con característica arrecifal. HF14
y b) rudistas propios de zona arrecifal. HF17.

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Dentro del análisis de laboratorio se identificó muestras con características de facies arrecifal en ambiente de *foreslope*, HF15, HF16, HF34 y HF39, presentaron fragmentos de fósiles como Miliólidos, algas calcáreas y algunos Alveolínidos y la presencia de bioclastos (Fotografía 28).

FOTOGRAFÍA 28 CLASIFICACIÓN *RMF* Y *SMF* CON CARACTERÍSTICAS *FORESLOPE*



Caliza con matriz *grainstone* bioesparítico con característica de *foreslope*.HF39

Tomada por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

En la tabla 3 se presentan muestras indicadoras de ambiente *foreslope* correspondiente a la zona 4 del modelo base de Wilson, presenta microfacies *SMF* como 4 (microrecha o *packstone* pelágico) y 5 (*packstone floatstone* o *grainstone* bioclástico), indicador de un ambiente de talud, se apreció diversidad de facies en este ambiente, esto se interpreta por el transporte de sedimentos.

TABLA 3
MUESTRAS INDICADORAS DE FORESLOPE SEGÚN SMF Y RMF

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF15	<i>Packstone</i>	Bioesparita	5	9	<i>Foreslope</i>
HF16	<i>Packstone</i>	Bioesparita	4	3	
HF18	<i>Packstone</i>	Bioesparita	5	6	
HF24	<i>Packstone</i>	Biomicrita	5	9	
HF34	<i>Greinstone</i>	Biomicrita	5	9	
HF39	<i>Mudstone</i>	Esparita	5	9	
HF54	<i>Packstone</i>	Esparita	5	9	
HF55	<i>Wackstone</i>	Bioesparita	5	6	
HF63	<i>Packstone</i>	Biomicrita	5	6	
HF70	<i>Wackstone</i>	Esparita	5	9	
HF71	<i>Wackstone</i>	Esparita	5	4	
HF72	<i>Wackstone</i>	Esparita	5	4	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 014.

En la clasificación *RMF*, se identificarán ejemplos claros de microfacies 3 (*wackstone* y *packstone* bioclástico con bioturbación), 4 (*wackstone* y *packstone* peletoidal), 6 (*grainstone* peletoidal y bioclástico), 7 (*packstone* bioclástico), 9 (*wackstone*, *packstone* y *floatstone* con bioclastos e intraclastos), correspondiente a la rampa media y externa.

El ambiente de *lagoon* (Tabla 4) se definió según las microfacies *SMF* 8 (*wackstone whole fossil*), 9 (*wackstone* bioclástico o micrita bioclástica), 17 (*grainstone* o *grapestone* *pelsparítico*) y 18 (*grainstone* de foraminíferos o algas) ubicadas dentro de la zona 7 del modelo base de Wilson, con presencia de algunas recristalizaciones en fósiles y fragmentos de *Chubbina jamaicensis*, *Merlingina cretácea*, *Pseudonummoloculina heimi* y

Sulcoperculina sp.; teniendo el ejemplo tipo para este ambiente en la muestra HF1.

TABLA 4
MUESTRAS INDICADORAS DE LAGOON SEGÚN SMF Y RMF

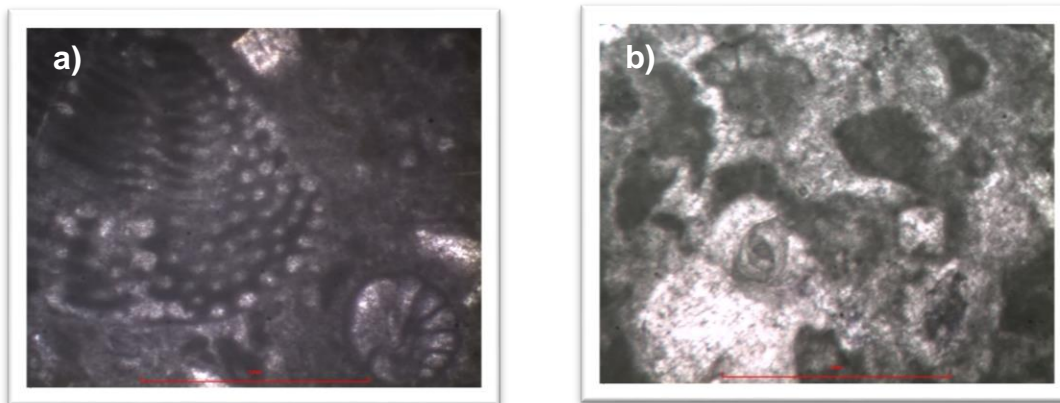
MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF1	<i>Mudstone</i>	Esparita	18	27	<i>Lagoon</i>
HF59	<i>Wackstone</i>	Esparita	17	29	
HF61	<i>Mudstone</i>	Esparita	17	29	
HF66	<i>Wackstone</i>	Micrita	8	20	
HF73	<i>Wackstone</i>	Esparita	18	13	
HF74	<i>Wackstone</i>	Micrita	9	17	
HF75	<i>Packstone</i>	Esparita	18	13	
HF77	<i>Greinstone</i>	Esparita	17	27	
HF86	<i>Greinstone</i>	Bioesparita	18	13	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

A estas muestras se les clasificó dentro de las microfacies *RMF* con 13 (*wackestone* y *packestone* bioclástico con foraminíferos), 17 (*wackestone* bioclástico con algas), 20 (*wackestone* y *packstone* bioclástico con algas calcáreas), 27 (*grainstone* y *packstone* intraclástico) y 29 (*grainstone* y *packstone* conoides y conchas), pertenecientes en su mayoría a la rampa interna

En la fotografía 29 se observan secciones de calizas con características relacionadas con facies de ambiente de *lagoon*, tales como peletoidal-bioclástica y texturas de matriz *wackstone* micrítico y bioesparítico.

FOTOGRAFÍA 29
CLASIFICACIÓN *RMF* Y *SMF* CON CARACTERÍSTICAS
DE LAGOON



a) Caliza con matriz *wackstone* micritico y fragmentos de foraminíferos. HF74 y b) Caliza con matriz peletoidal-bioclástica y fragmentos de foraminíferos. HF86

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

En la tabla 5, se presentan las muestras con las que se estableció la presencia de un ambiente de Plataforma Restringida, ubicadas en la zona 8 del modelo de base de Wilson, presenta la microfacies SMF 18 (*grainstone* con foraminíferos o algas), y la microfacies RMF 26 (*grainstone* y *packstone* bioclástico de grano medio a grueso).

TABLA 5
MUESTRAS INDICADORAS DE PLATAFORMA RESTRINGIDA
SEGÚN *SMF* Y *RMF*

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF76	<i>Greinstone</i>	Esparita	18	26	Plataforma restringida
HF78	<i>Greinstone</i>	Esparita	18	26	
HF79	<i>Greinstone</i>	Esparita	18	26	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

En la tabla 6 se presentan muestras pertenecientes a la Plataforma Retrabajada de la zona 6 del modelo base de Wilson para los ambientes de depositación, según la clasificación *SMF* las microfacies que indicaron el ambiente son 12 (*coquina, grainstone o rudstone* bioclástico), 14 (*lags*) y 17 (*grainstone o grapestone* pelsparítico).

TABLA 6
MUESTRAS INDICADORAS DE PLATAFORMA RETRABAJADA
SEGÚN *SMF* Y *RMF*

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF25	<i>Wackstone</i>	Biomicrita	14	6	Plataforma Retrabajada
HF29	<i>Wackstone</i>	Micrita	14	27	
HF30	<i>Mudstone</i>	Micrita	14	27	
HF33	<i>Greinstone</i>	Biomicrita	12	23	
HF85	<i>Greinstone</i>	Esparita	17	29	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

En la misma tabla se muestra la clasificación de microfacies *RMF* que indican la ubicación de éstas en la rampa interna, fueron identificadas como 6 (*grainstone* peletoidal y bioclástico), 27 (*grainstone* y *packstone* intraclástico) y 29 (*grainstone* y *packstone conoides* y conchas).

Se identificó la presencia de tres muestras que definen un ambiente de Margen de Plataforma Profunda, según la presencia de microfacies *SMF* 2 (*calcisiltita* microbioclástica) y 3 (*mudstone*

o *wackestone* pelágico), ubicadas en la zona 3 del modelo base de Wilson como se presenta en la tabla 7.

TABLA 7
MUESTRAS INDICADORAS DE MARGEN DE PLATAFORMA PROFUNDA SEGÚN SMF Y RMF

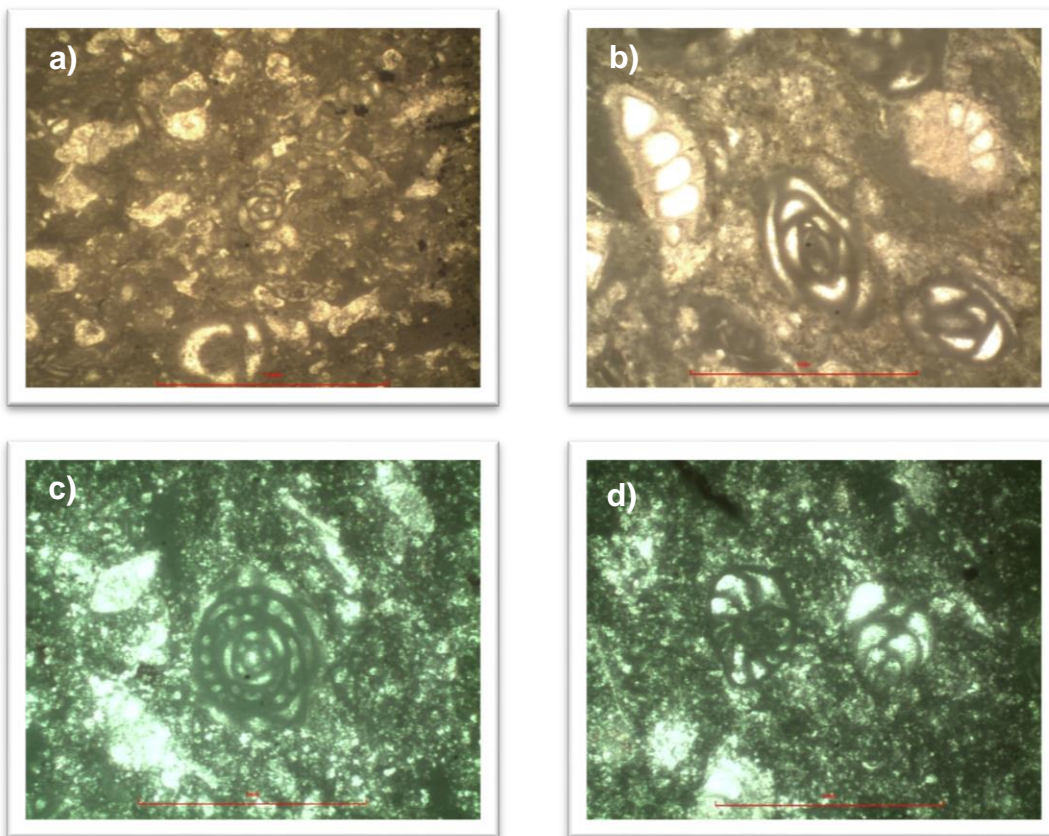
MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF5	<i>Packstone a Greinstone</i>	Bioestparita	3	5	Margen de plataforma profunda
HF19	<i>Greinstone</i>	Bioesparita	2	6	
HF27	<i>Mudstone</i>	Esparita	2	6	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

Según la clasificación de Flügel estas muestras corresponden a microfacies *RMF* 5 (*mudstone* pelágico) y 6 (*grainstone peletoidal* y *bioclástico* correspondientes a la rampa externa).

A continuación, se muestra la fotografía 30 que incluye muestras con características bioclásticas y nódulos de arcilla, presentando matriz de grano fino con la presencia de fragmentos de fósiles observados en zonas de plataforma profunda.

FOTOGRAFÍA 30
CLASIFICACIÓN *RMF* Y *SMF* CON CARÁCTERÍSTICAS
DE PLATAFORMA PROFUNDA



a) Caliza con matriz de Nódulos de Arcilla con Miliólidos.HF5; b) Caliza con matriz bioclástica y fragmentos de foraminíferos.HF19; c) Caliza con matriz Nódulos de Arcilla con Alveolínidos y Sulcoperculinas *cf.* HF27 y d) Caliza con matriz Nódulos de Arcilla con texturálidos y *Merlingina Cretácea*.HF27

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

En el ambiente de Plataforma de Mar Abierto, se presentaron dos muestras al oeste de la montaña de Rubelsanto, con textura *grainstone* bioesparítico, como se observa en la tabla 8.

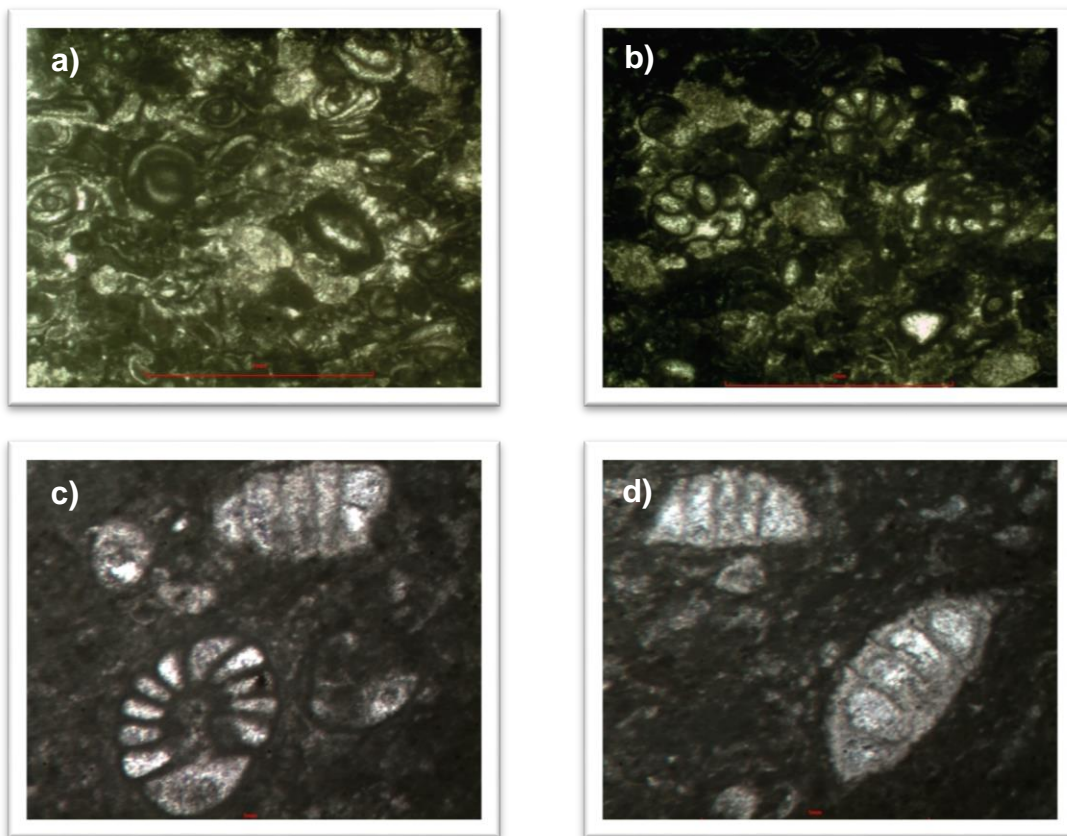
TABLA 8
MUESTRAS INDICADORAS DE PLATAFORMA DE MAR
ABIERTO SEGÚN SMF Y RMF

MUESTRA	TEXTURA		MICROFACIE		AMBIENTE
			SMF	RMF	
HF65	<i>Greystone</i>	Bioesparita	2	6	Plataforma de Mar Abierto
HF83	<i>Packstone</i>	Biomicrita	2	6	

Fuente: Investigación de laboratorio, 2014.

Según las microfacies SMF se clasificaron como 2 (*calcisiltita* microbioclástica) de la zona 2 del modelo base de Wilson, y para microfacies RMF corresponde a la rampa externa con el numeral 6 (*grainstone* peletoidal bioclástico). A continuación, se puede observar muestras típicas con características peletoidales y de nódulos de arcilla con fragmentos de fósiles presentes en la Plataforma de Mar Abierto (Fotografía 31).

FOTOGRAFÍA 31
CLASIFICACIÓN RMF Y SMF CON CARACTERÍSTICAS DE
PLATAFORMA DE MAR ABIERTO



a) Caliza con matriz peletoidal y fragmentos de Miliólidos elongados.HF65; b) Caliza con matriz peletoidal y fragmentos de texturálidos. HF65; c) Caliza con matriz de nódulo de arcilla con fragmentos de texturálidos y otros foraminíferos.HF83 y d) Caliza con matriz de nódulos de arcilla con posibles *Sulcoperculinas* cf. HF83

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

En esta zona de plataforma de mar abierto, como se observa en la fotografía 31 también se da presencia de nódulos de arcilla.

Del análisis de microfacies y la asociación de éstas, se identificaron los ambientes ubicados dentro del modelo de asociación de facies de depositación de Wilson (Cuadro 7), por medio de tonalidades para su mejor comprensión, según las características ambientales de cada uno: naranja para la Facies de Arrecife, azul para la Facies Bioclástica (que incluye la

transición entre peletoidal y bioclástica), rojo para la Facies Peletoidal y amarillo para la Facies de Nódulos de Arcilla.

CUADRO 7
MODELO DE AMBIENTE DE DEPOSITACIÓN DE WILSON

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

						X			HF1
				X					HF2
				X					HF3
				X					HF4
		X							HF5
				X					HF8
				X					HF9
				X					HF10
				X					HF12
				X					HF14
			X						HF15
			X						HF16
				X					HF17
			X						HF18
		X							HF19
				X					HF23
			X						HF24
						X			HF25
				X					HF26
		X							HF27
						X			HF29
						X			HF30
				X					HF32

Sigue...

...Viene

					X				HF33
			X						HF34
			X						HF39
				X					HF41
				X					HF53
			X						HF54
			X						HF55
				X					HF58
						X			HF59
						X			HF61
			X						HF63
X									HF65
						X			HF66
				X					HF67
				X					HF68
				X					HF69
			X						HF70
			X						HF71
			X						HF72
						X			HF73
						X			HF74
						X			HF75
							X		HF76
						X			HF77
							X		HF78
							X		HF79
				X					HF80
				X					HF81
				X					HF82
X									HF83
				X					HF84
					X				HF85
						X			HF86
					X				HF87

FUENTE: Elaboración propia 2014.

De este modelo, se identificó que el ambiente dominante es el margen de plataforma de arrecife, junto con otros ambientes

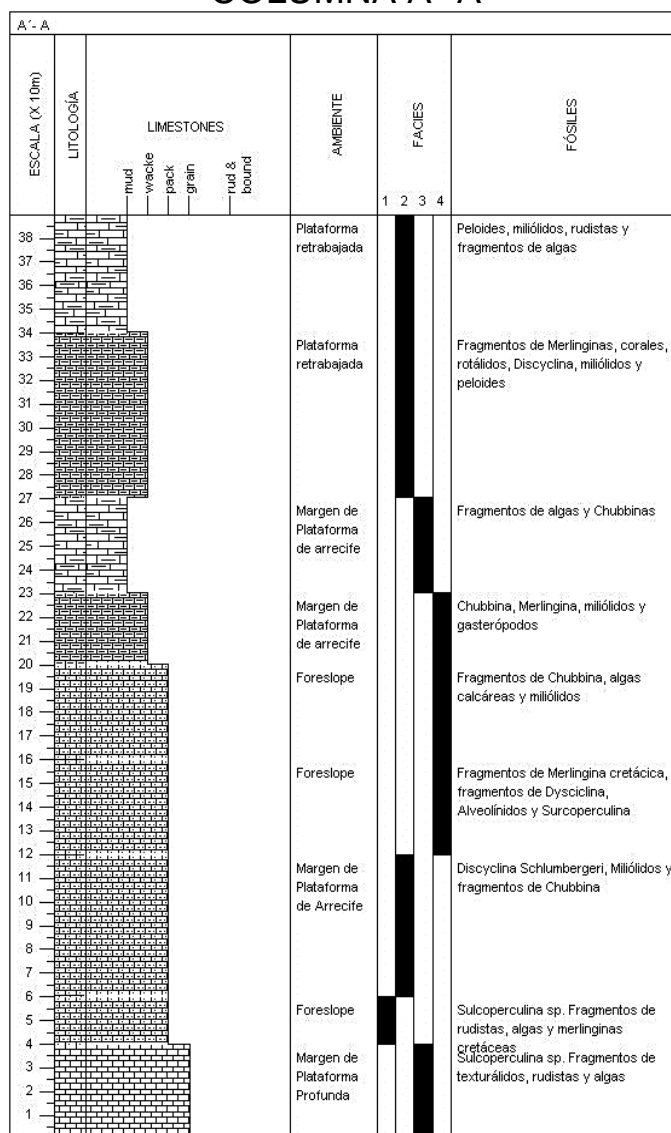
que van desde plataforma restringida hasta plataforma de mar abierto. Además, al comparar las microfacies *SMF* y *RMF* en este modelo de Wilson se interpreta que el proceso de formación de esta estructura sedimentaria tuvo un frecuente retrabajamiento por tormentas por haber depositación constante entre el margen de arrecife y el ambiente *Foreslope*.

De las zonas de facies se realizaron dos columnas levantadas al oeste del área, por la aldea San Miguel, donde se definió la presencia de *Chubbina jamaicensis* y cambios de facies relacionados a la estructura regional, anticlinal Rubelsanto.

El levantamiento de la columna A'-A, se realizó desde el este de la comunidad Las Verapaces en dirección a la carretera que conecta a la aldea San Miguel con San Pedro El Limón (Anexo 2).

El techo de esta columna está formado por calizas peletoidales (A) con una textura *wackestone*, fosilíferas y rasgos característicos del ambiente de Plataforma Retrajada, en su base presenta una caliza bioclástica con textura *grainstone* perteneciente al Margen de Plataforma Profunda. Esto indica una regresión, como se observa en la figura 17.

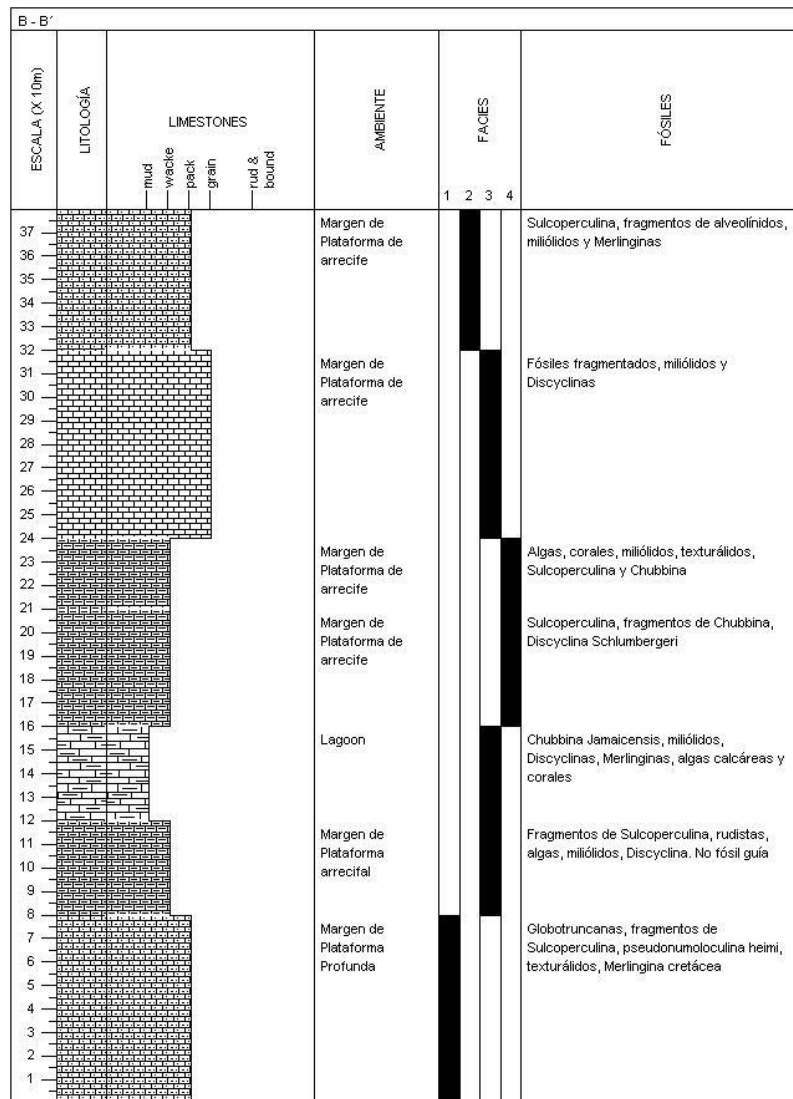
FIGURA 17
COLUMNA A'-A



FUENTE: Elaboración propia 2014.

La columna B-B' se ubica al oeste del área. Donde abarca las formaciones Angostura y Campur (Figura 18). En el techo predominan calizas peletoidales perteneciente al margen de plataforma arrecifal (B') y en la base una caliza con nódulos de arcilla (B), rasgo indicativo de un Margen de Plataforma Profunda; esto indica que en el área se da una regresión, es decir, que gradada de grano grueso (base) a fino (techo).

FIGURA 18
Perfil B-B'



FUENTE: Elaboración propia 2014.

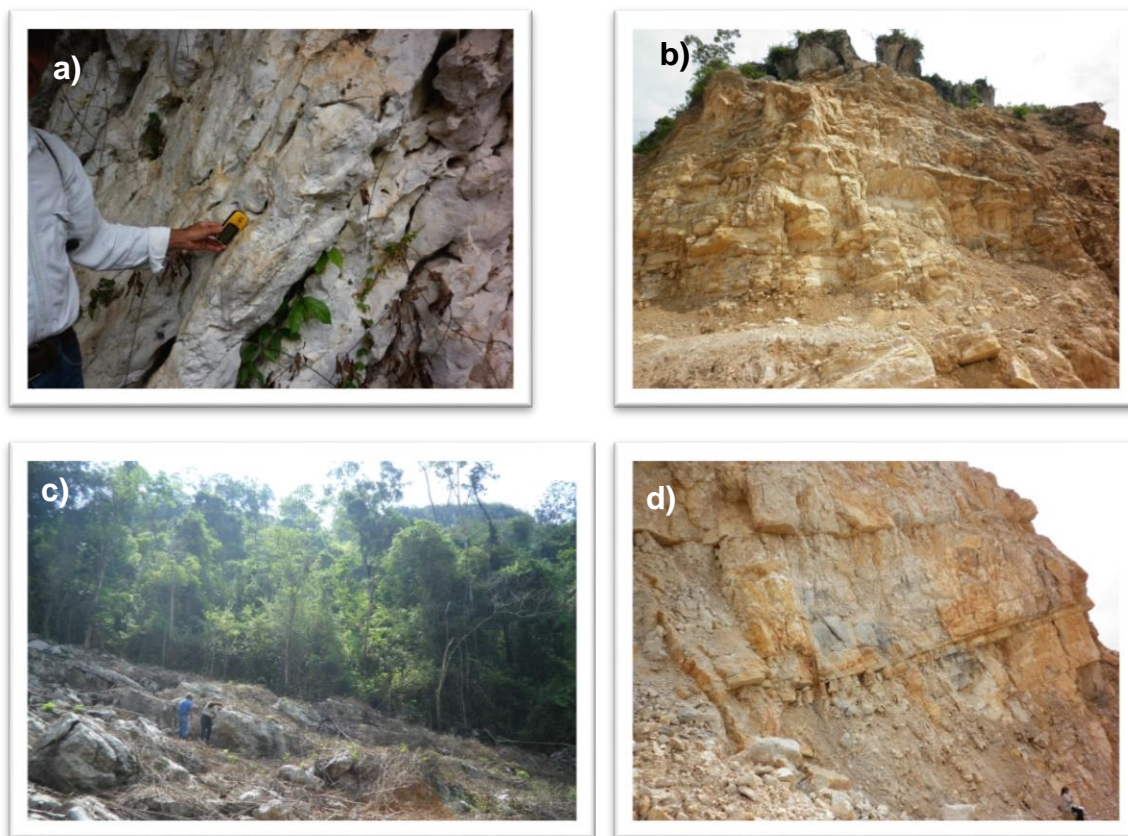
3.4 Análisis estructural de las formaciones cretácicas

En la zona de estudio se observó la presencia de rasgos estructurales, como estratificaciones, fracturamiento y fallamiento, además en la parte noroeste del área se observa una traza del eje de pliegue que indica una estructura mayor de deformación.

3.4.1 Estratificaciones

En el área se observó una serie de estratificaciones que buzan hacia el suroeste que corresponden al flanco sur de la estructura mayor, como se ve en la fotografía 32.

FOTOGRAFÍA 32 ESTRATIFICACIONES Y AFLORAMIENTOS ESTRATIFICADOS



Coordenada UTM a): X 775150, Y 1766000; b): X 778000, Y 1766998; c): X 776825, Y 1767378 y d): X 778995, Y 1767145.

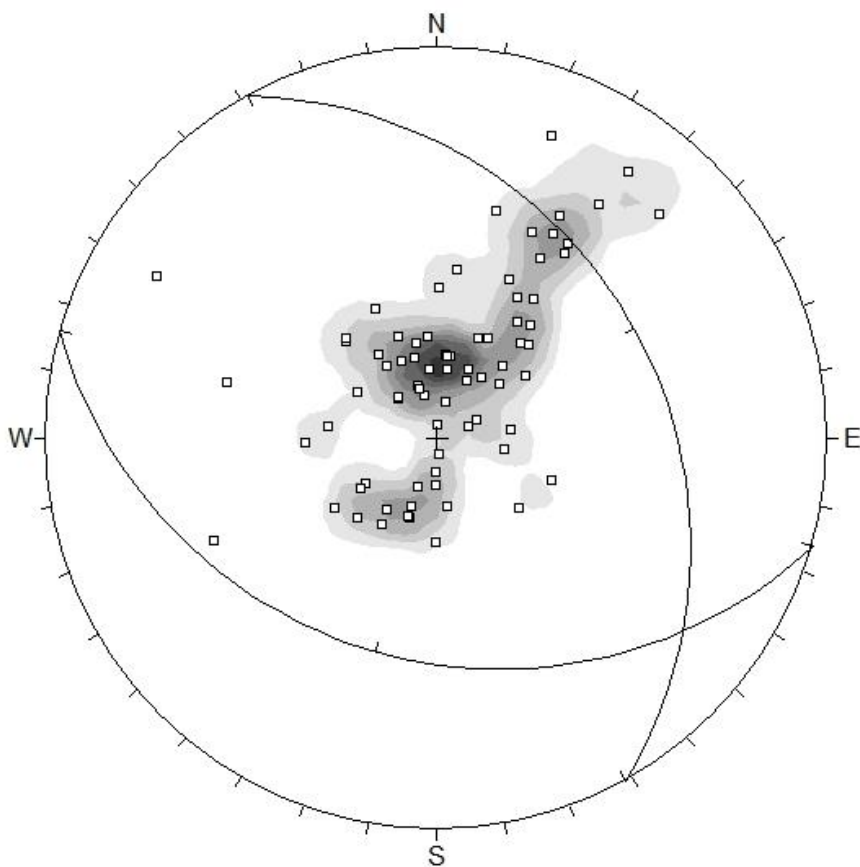
a), b), c) y d) Afloramientos de caliza color beige con estratificación en el flanco sur de la montaña Rubelsanto.

Tomadas por: Friedchen Elena Hurtado Von Quednow, 2014.

Existen dos orientaciones preferenciales de la estratificación, la de mayor concentración buza al sur ($31^\circ/\text{N}196$) y la de menor concentración buza al noreste ($30^\circ/\text{N}61$) como se observa en la figura 19. Además, el mapa de lineamientos

coincide con la dirección preferencial del rumbo de la estratificación (Anexo 4).

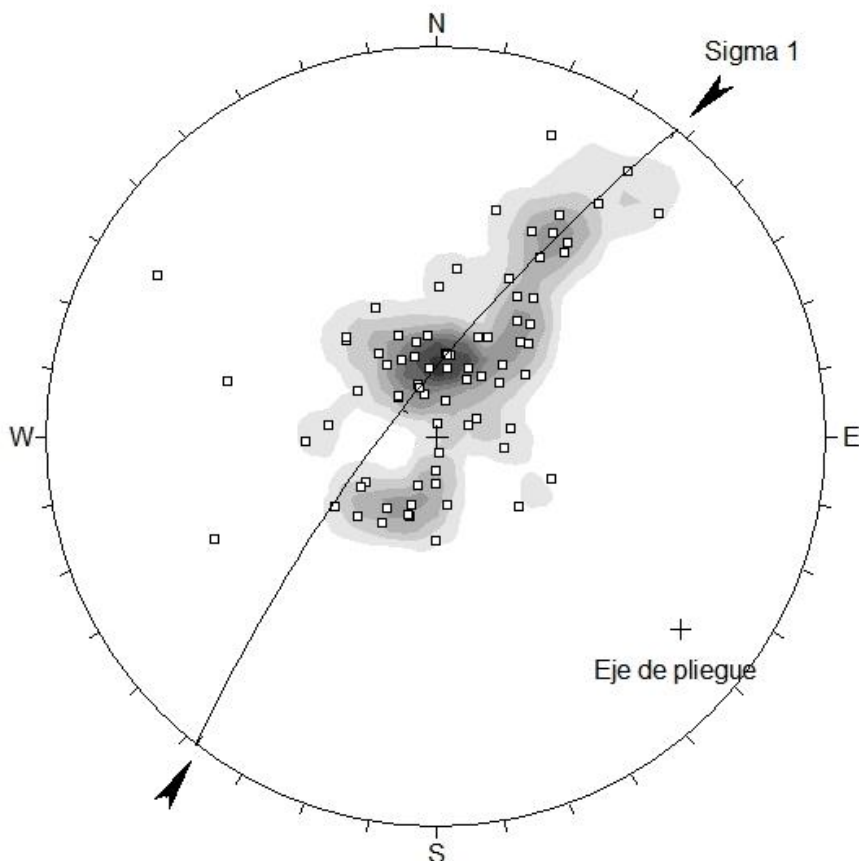
FIGURA 19
DENSIDAD DE POLOS DE LAS ESTRATIFICACIONES DEL
FLANCO SUR DE LA MONTAÑA DE RUBELSANTO



FUENTE: Elaboración propia 2014.

Al analizar las estratificaciones, según su disposición espacial y resultado estadístico, mediante el uso de estereogramas se definió la presencia de una estructura local plegada, cuya traza de eje es $13^{\circ}/N128$; de este modelo la dirección del esfuerzo compresivo es N37E (Figura 20).

FIGURA 20
EJE DE PLIEGUE CON ESFUERZOS COMPRESIVOS (SIGMA 1)
DE LA PARTE OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO



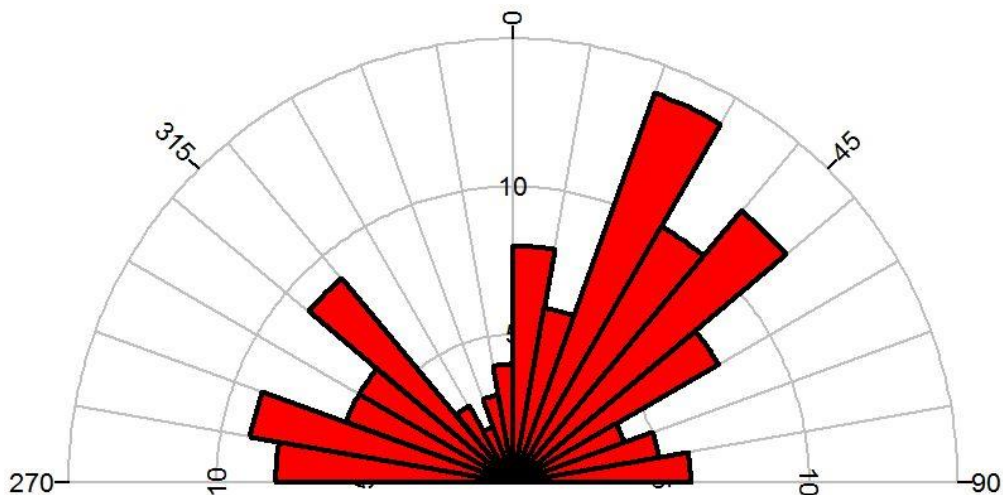
FUENTE: Elaboración propia 2014.

Carlos González (2002), describió el eje regional como un pliegue anticlinal ligeramente encofrado, fallado, de doble cierre, con su zona de charnela orientada del E al NO con una suave inmersión de aproximadamente 4° al NO, en el subsuelo según estudios geofísicos.

3.4.2 Fracturas y fallamiento

El área de estudio se obtuvieron datos de fracturas, que al ser analizados permitió identificar orientaciones preferenciales: N25 a N45 (Figura 21).

FIGURA 21
DIRECCIÓN PREFERENCIAL DE FRACTURAMIENTO
AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO



FUENTE: Elaboración propia 2014.

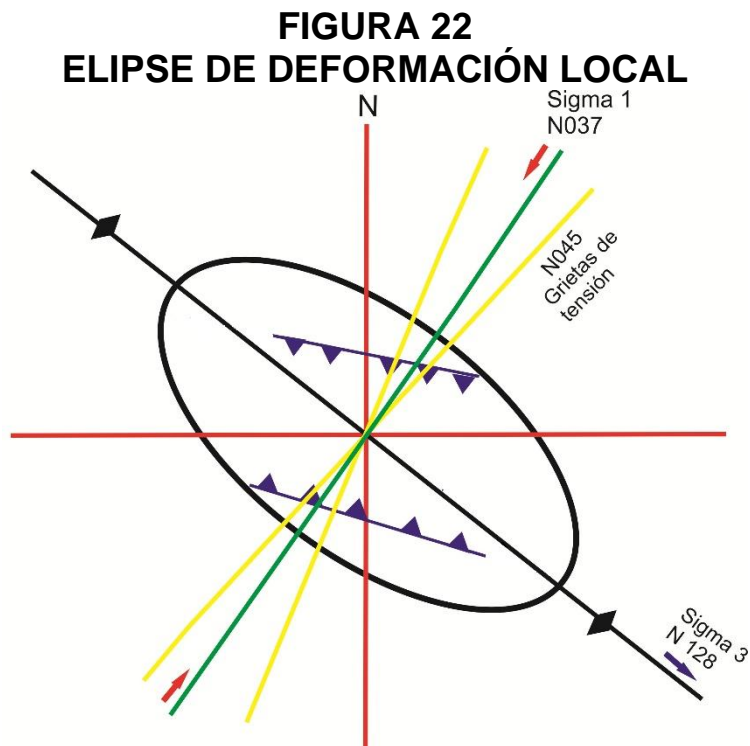
Del diagrama anterior, ambas orientaciones preferenciales de fracturas corresponden a diaclasas de tensión que van paralelas al esfuerzo de compresión (σ_1), considerando el modelo de un pliegue.

En campo se observó la presencia de dos fallas inversas, la primera tiene una dirección de buzamiento $43^\circ/\text{N}185$ y la segunda $4^\circ/\text{N}189$, esto corrobora la información de Carlos González (2002), sobre la descripción de que en el área de estudio se presenta un sistema dominante de fallas inversas, limitando al norte y sur, el área de Rubelsanto; además indica que estas fallas buzando al centro de la estructura y se orientan con rumbo paralelo a la misma (NO-SE).

Como ya se mencionó, estudios anteriores a esta área indican la presencia a nivel regional de una estructura mayor (antiforme), por lo que los datos estructurales analizados

pertenece al flanco sur de dicha estructura, lo que dificulta una interpretación más amplia de la misma.

Del análisis estructural local la elipse de deformación, presenta el siguiente arreglo (Figura 22):



FUENTE: Elaboración propia 2014.

Como se observa el esfuerzo principal (sigma 1) en relación a la traza del eje local es de N37E y la traza del eje (sigma 3) es N128, esta deformación originó grietas de tensión que son paralelas al esfuerzo principal con dirección N25 y N45, además de observarse en el modelo un fallamiento inverso con dirección de buzamiento N189.

Con la información estructural del área y la distribución espacial de las facies (Anexo 2), se interpreta que existe una

fuerte relación estructural en la distribución áreal de facies, debido a la continuidad de los lineamientos presentes, es decir, que éstos sirven de límites entre las facies.

CONCLUSIONES

- a) Con análisis microfaunal se determinó que las formaciones presentes en el área son Campur y Angostura; definidas por la presencia de sus fósiles guía, la *Sulcoperculina sp.*, *Sulcoperculina dickersoni* y *Vaughanina cubensis palmer*, para la primera y Alveolínidos (*Chubbina jamaicensis*) para la segunda, aflora esta última en al sur del anticlinal Rubelsanto y cuya mejor exposición se encuentra a lo largo de la aldea San Miguel.

- b) Con base en el arreglo textural y el contenido aloquímico de la Formación Angostura se definió la presencia de las siguientes microfacies típicas estandar: *SMF 2*, con facies de nódulos de arcilla de ambiente de Plataforma de Mar Abierto; *SMF 5*, con facies peletoidal, bioclástica y arrecife de ambiente de *Foreslope*; *SMF 11*, con facies peletoidal y arrecife de ambiente de Margen de Plataforma Profunda y *SMF 8, 9 y 18*, con facies bioclástica a arrecife de ambiente de *Lagoon*.

- c) Con base al arreglo textural y el contenido aloquímico se definió en la Formación Campur la presencia de las siguientes microfacies típicas estandar: *SMF 2*, con facies de nódulos de arcilla, peletoidal y bioclástica de ambiente de Plataforma de Mar Abierto a Margen de Plataforma profunda; *SMF 5*, con facies de nódulos de arcilla, bioclástica y arrecife de ambiente de *Foreslope*; *SMF 7*, con facies arrecife de ambiente de Margen de Plataforma de Arrecife; *SMF 11*, con facies bioclástica a arrecife de ambiente de Margen de Plataforma de Arrecife; *SMF 12*, con facies de

nódulos de arcilla de ambiente de Margen de Plataforma de Arrecife; *SMF* 14, con facies peletoidal de ambiente de Plataforma Retrabajada; *SMF* 17, con facies peletoidal y bioclástica de ambiente de Plataforma Retrabajada a *Lagoon* y *SMF* 18, con facies arrecife de ambiente de Plataforma Restringida.

- d) Los datos sedimentológicos y micropaleontológicos del área corroboran que existen tres formaciones cretácicas: Formación Campur, Formación Angostura y Formación Sepur. Las dos primeras con características litológicas similares que son calizas de color beige claro con gradaciones de *wackstone* a *grainstone*; estructuralmente presentan dos estratificaciones preferenciales, con una dirección de inclinación al sur ($31^{\circ}/N196$) y la otra al noreste ($30^{\circ}/N61$), las que forman una traza de eje local con dirección sureste ($13^{\circ}/N128$), localizado en el flanco sur de la estructura regional de Rubelsanto. La Formación Sepur constituida por lutitas y margas de color café, con rumbo de estratificación este-oeste.
- e) Las microfacies típicas estándar tienen un control litológico y estructural, el primero por las formaciones cretácicas presentes en el área además de los ambientes de depositación que dieron lugar a esta y el segundo asociado a la presencia de lineamientos regionales observados que afectan la continuidad lateral de las microfacies.
- f) Se definió la profundización de la cuenca en el área, por la presencia de indicadores de Margen de Plataforma Profunda como *Globotruncanas* (fósil indicador), facies de nódulos de arcilla y alfombras de bioclastos, propias de este ambiente de baja energía. Las columnas estratigráficas levantadas en el área indican una progradación, es decir, que gradan de grano grueso a fino en el techo; pero en facies indican ambientes de Plataforma Profunda y de Mar Abierto.

RECOMENDACIONES

- a) Elaborar una columna litológica de la Formación Angostura en la Aldea San Miguel, donde se presenta su mejor exposición, para determinar los contactos entre la Formación Campur - Angostura y definir la facie con mayor abundancia del microfósil guía *Chubbina Jamaicensis*.

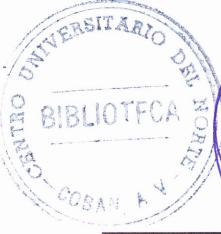
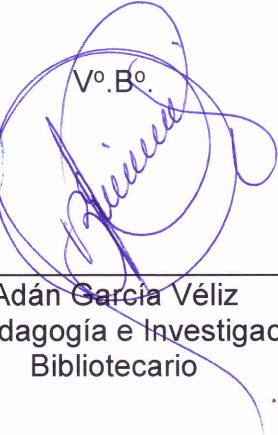
- b) Realizar la descripción litológica y textural de las calizas sin diferenciar (Anexo 2), reportadas en la parte oeste de la Montaña Rubelsanto, para determinar por medio del análisis de microfacies (*SMF* y *RMF*) el ambiente de depositación según el Modelo de Wilson y correlacionarlas con esta investigación para completar el modelo litológico y mapa de facies.

- c) Continuar con el análisis de facies indicadoras de profundización de cuenca en las calizas del flanco norte de la estructura Rubelsanto, para ubicar la facie de mayor abundancia del microfósil guía *Globotruncana*, perteneciente al Miembro Superior de la Formación Campur, el cual es un indicativo importante de profundidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Berlanga, José. *Estudio bioestratigráfico con base a macroforaminíferos del terciario inferior de la sierra de Chiapas*. México: snt., 1990.
- Butterlin, Jacques. *Claves para la determinación de macroforaminíferos de México y del Caribe, del cretácico superior al mioceno medio*. México: Instituto Mexicano del Petróleo, 1981.
- Consultoría de Energía Van Meurs y Asociación limitada. *Reporte final del proyecto de desarrollo de petróleo y energía de Guatemala, Canadá*: snt., 1981
- Cross, Pierre, Et.Al. *Evolución sedimentaria de la plataforma carbonata del cretácico de Chiapas, México*. Londres, Gran Bretaña: Elsevier Science, 1998.
- Espinel, Valentina y Julián Hurtado. *Petrografía y análisis facial de las rocas calcáreas aflorantes de la sección Tunja-Villa de Leiva Boyacá*. Universidad de Caldas. Departamento de Ciencias Geológicas. España: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2010.
- Fourcade, Erick, Et. Al. *Estratigrafía del cretácico y paleoambientes del sureste de la Cuenca Petén, Guatemala*. Universidad Pierre et Marie Curie Francia: 1999.
- Flügel, Erik. *Microfacies de rocas carbonatadas, análisis interpretación y aplicación*. Estados Unidos de América: Springer, 2010.
- González, Carlos. *Correlación y modelado geológico de las unidades del Cobán C1-C9, dentro del campo petrolero Rubelsanto, Chisec, Alta Verapaz*, Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2002.
- Matin Pecheux, Jean. *Desde miliólidos a alveolínidos (foraminíferos largos): la fauna del cretácico superior y del terciario tardío de Chiapas (Sureste de México)*. Tesis Doctoral en Paleontología. Universidad de Nice. Francia: Facultad Ciencias de la Tierra, 2002.

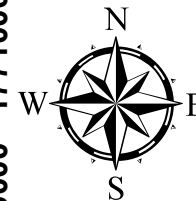
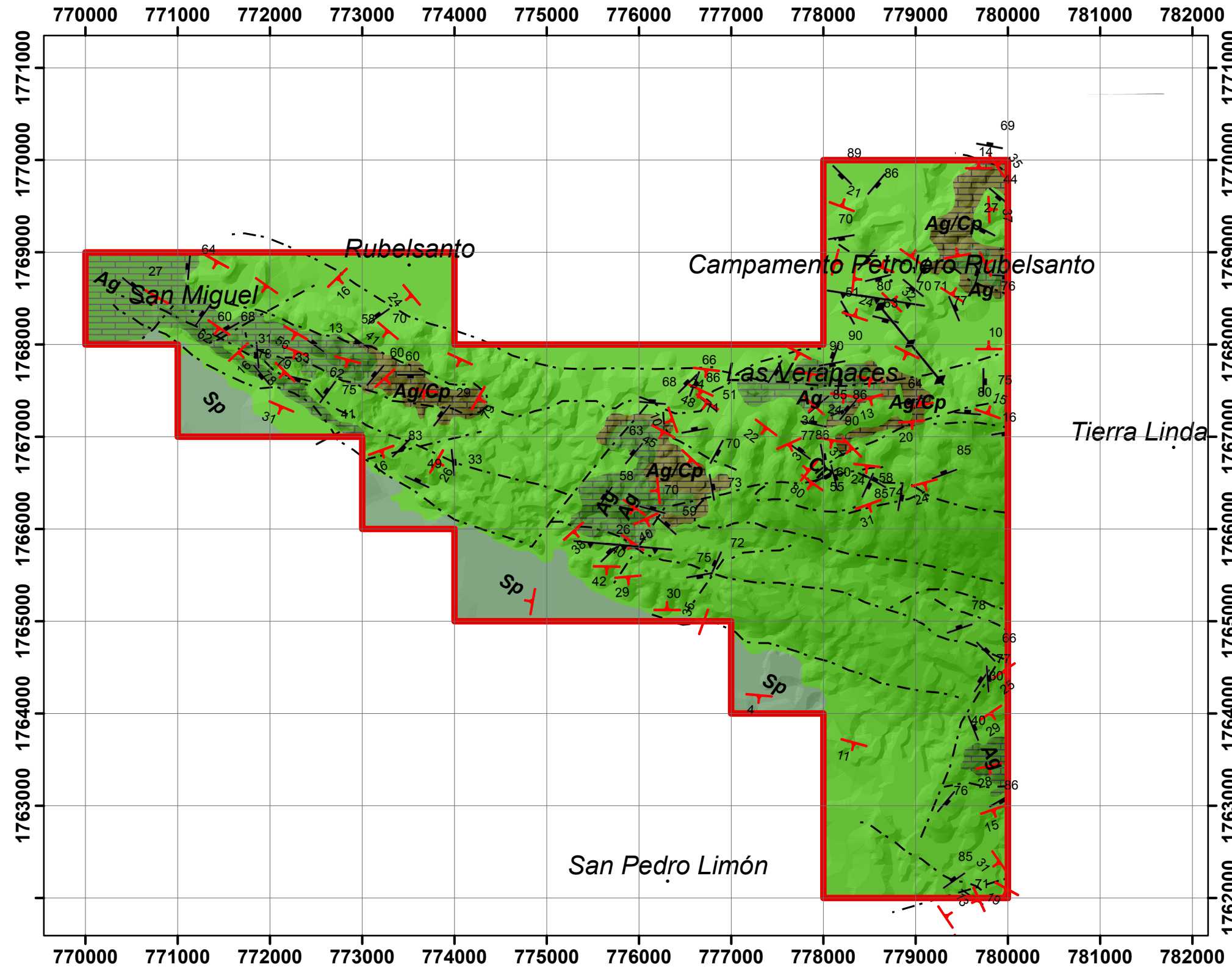
- Oviedo, Angélica. *Rudistas del cretácico superior del centro al sureste de México (Recuento sistemático de rudistas americanos)*. Tesis Doctoral en Paleontología. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España: Facultad de Paleontología, 2005.
- Peterson, James. *Geología del petróleo y reservorios del sudeste de México, Norte de Guatemala y Belice*. Estados Unidos de América: Estudios Geológicos, 1983.
- Robinson, E. "Chubbina, un nuevo género de alveolínido del cretácico de Jamaica y México". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 11. 4. (1970): 72-92.
- Rosales, María. "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. "Rudistas del cretácico de Guatemala" *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 12. 2. (1981): 294-306.
- Vásquez, Osmín Jared. *Los microfósiles en las formaciones geológicas de Guatemala*; Curso Micropaleontología. Carrera Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2010.
- Vicedo, V. Et. Al. *Los alveolináceos (foraminíferos) del cretácico superior de la Sierra de Chiapas SE México*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España. 2007.

Adán García Véliz
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
 Bibliotecario

ANEXOS

MAPA GEOLOGICO

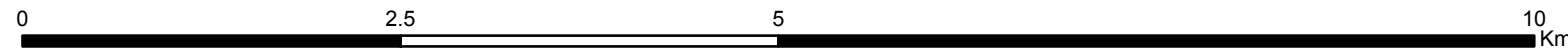


Leyenda


- Sp Sepur
- Ag Angostura
- Ag/Cp Trans. Angostura-Campur
- Cp Campur

Simbología

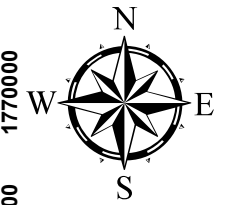
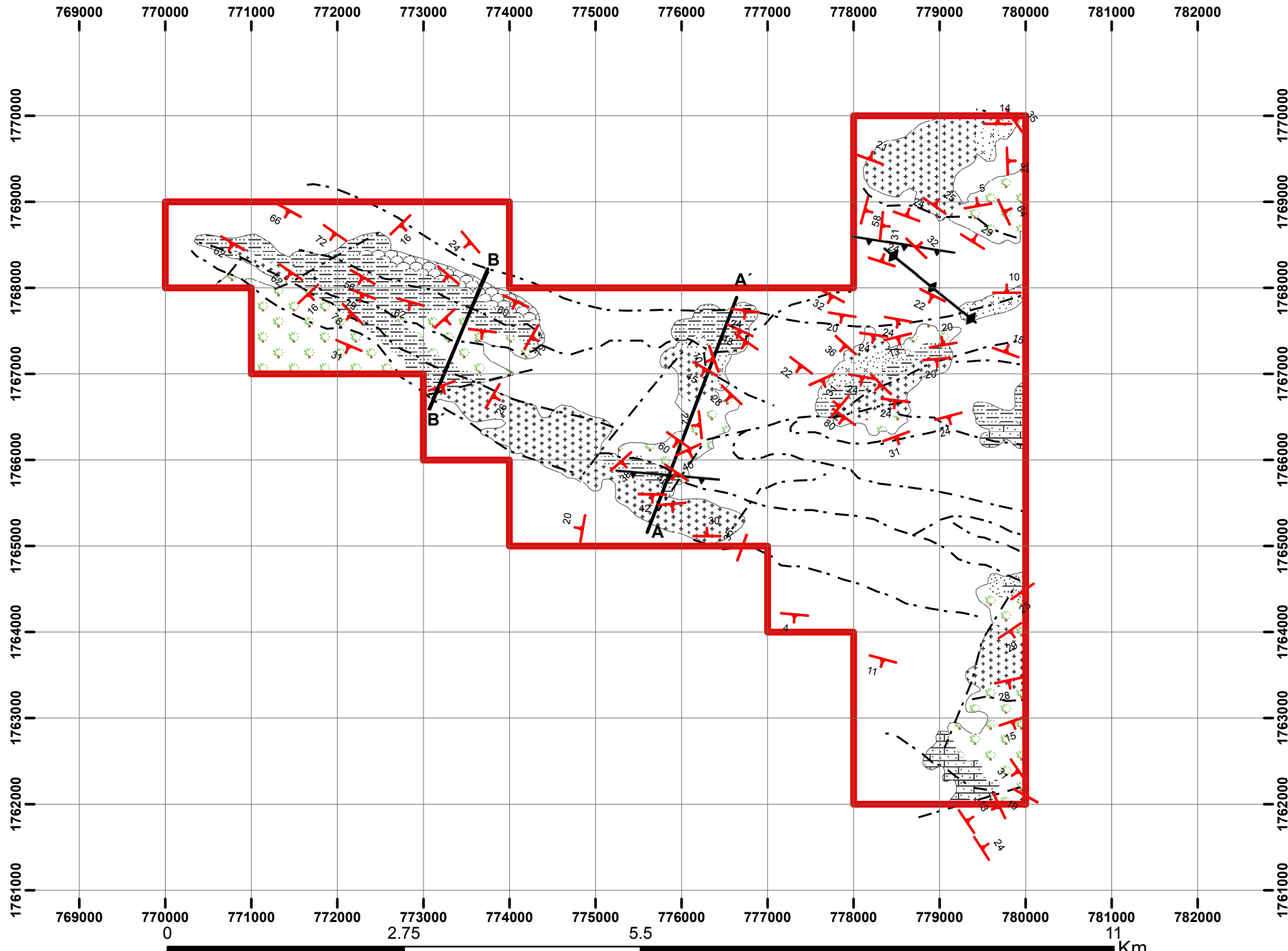
- 10 Estratificación
- Traza de eje de pliegue
- 24 Fracturas
- Falla Inversa
- Lineamientos estructurales
- Area Oeste Rubelsanto



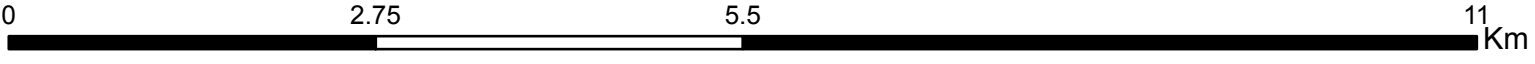
ESCALA 1: 25 000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
	INGENIERO GEOLOGO		
Caracterización Microfaunal y Estructural de las Formaciones Cretácicas al Oeste de la Montaña Rubelsanto.			
Contiene: Mapa Geológico			
Realizado por: Hurtado Von Quednow, Friedchen Elena.			
Escala numérica: 1: 25 000	Revisado por: Ing. Sergio D. Morán	Referencia espacial: NAD27, Zona 15N.	ANEXO 1

MAPA DE FACIES

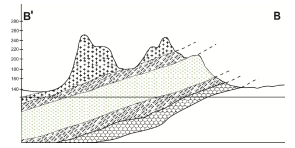


- Leyenda**
- FACIES**
- Arrecifal
 - Caliza Bioclastica
 - Peletoidal y Bioclastica
 - Caliza Peletoidal
 - Nodulos de Arcilla
 - Nodulos con Globotruncana
 - Nodulos de Arcilla con Bioclastos
 - Calizas sin diferenciar
- Simbología**
- Estratificación
 - Falla Inversa
 - Traza de eje de pliegue
 - Area Oeste Rubelsanto
 - Lineamientos estructurales

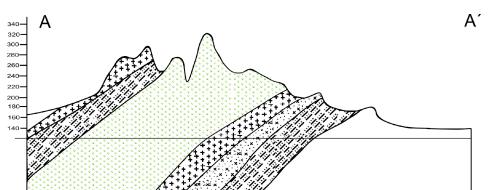


ESCALA 1: 25 000

PERFILES



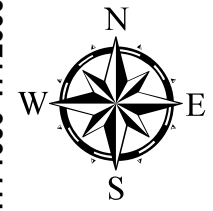
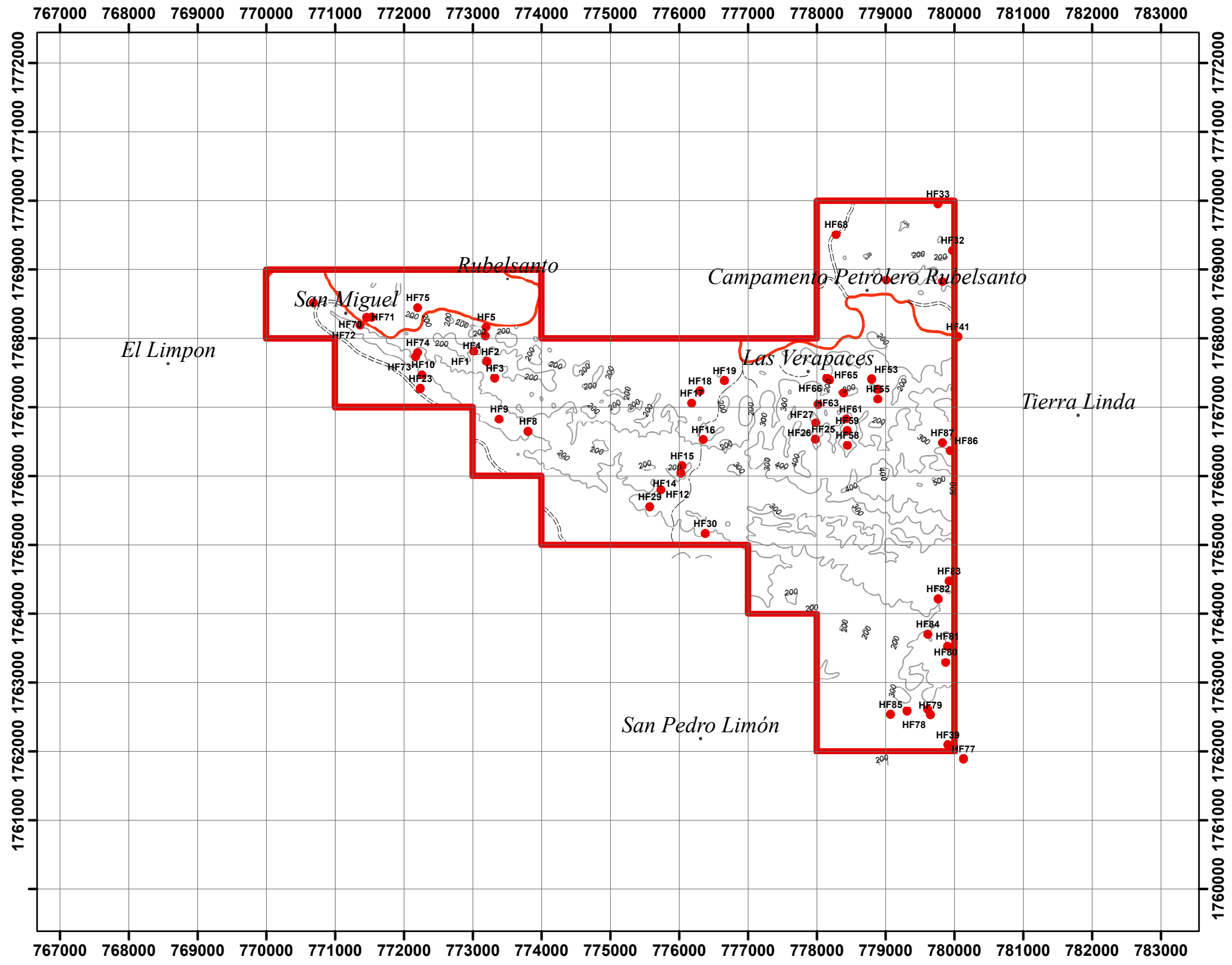
ESCALA 1: 15 000



ESCALA 1: 15 000

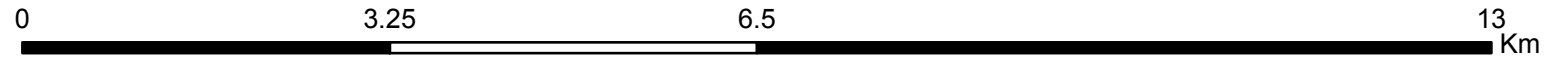
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
INGENIERO GEOLOGO			
Caracterización Microfaunal y Estructural de las Formaciones Cretácicas al Oeste de la Montaña Rubelsanto.			
Contiene: MAPA DE FACIES			
Realizado por: Hurtado Von Quednow, Friedchen Elena.			
Escala numérica: 1: 25 000	Revisado por: Ing. Sergio D. Morán	Referencia espacial: NAD27, Zona 15N.	ANEXO 2

MAPA DE MUESTRAS



SIMBOLOGÍA

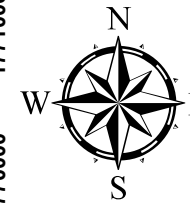
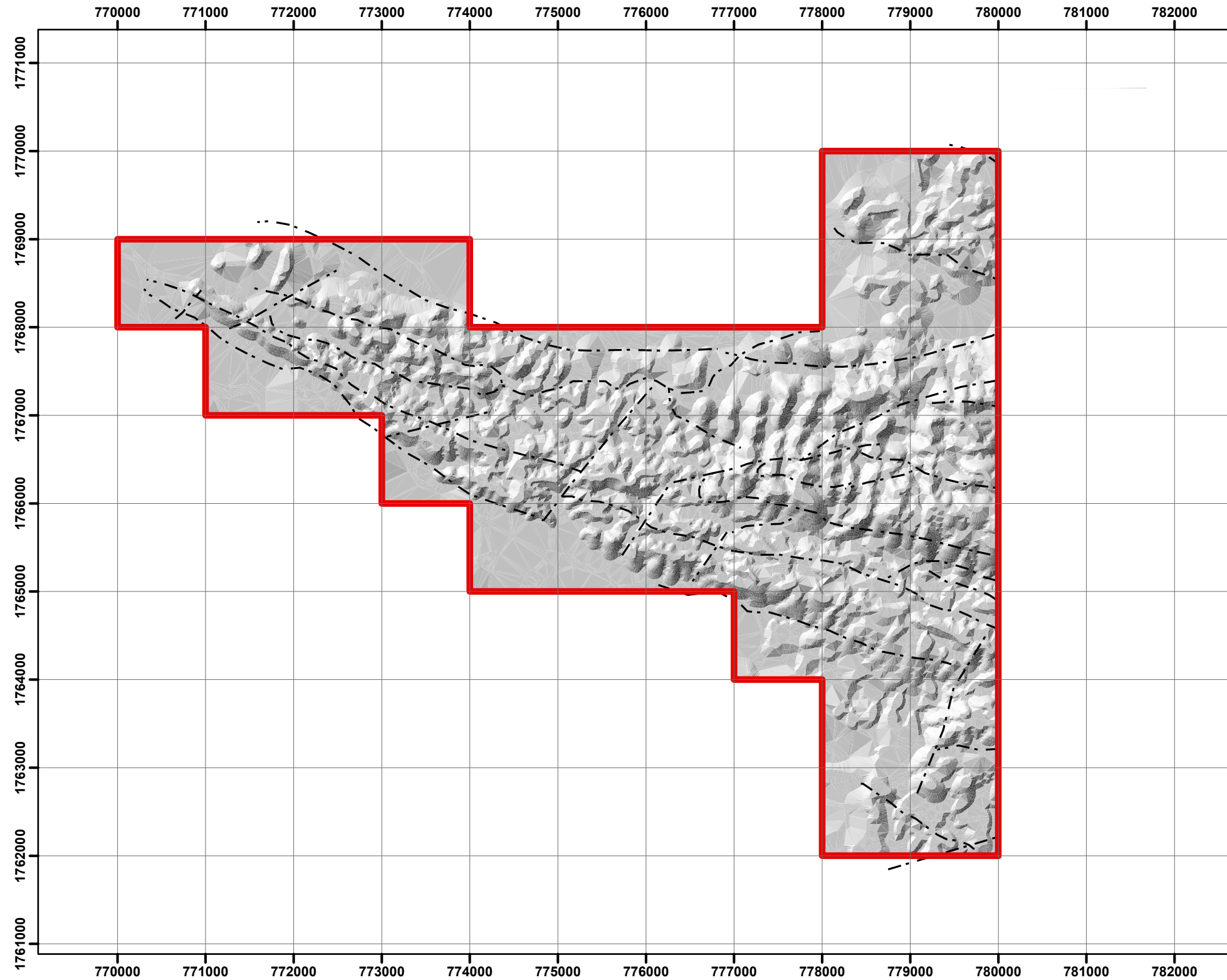
- MUESTRAS
- Curvas Topográficas 100 m
- Caminos**
- Franja Transversal del Norte
- Terracería
- Veredas
- Area Oeste Rubelsanto





ESCALA 1: 25 000

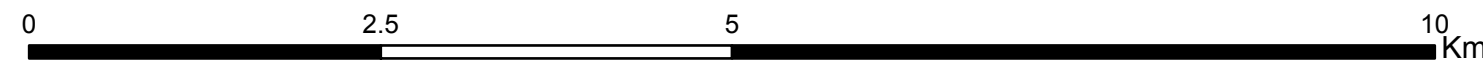
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	INGENIERO GEOLOGO	
Caracterización Microfaunal y Estructural de las Formaciones Cretácicas al Oeste de la Montaña Rubelsanto.		
Contiene: Mapa de Muestras		
Realizado por: Hurtado Von Quednow, Friedchen Elena.		
Escala numérica: 1: 25 000	Revisado por: Ing. Sergio D. Morán	Referencia espacial: NAD27, Zona 15N.
		ANEXO 3

MAPA DE LINEAMIENTOS




Simbología

-  Lineamientos estructurales
-  Area Oeste Rubelsanto



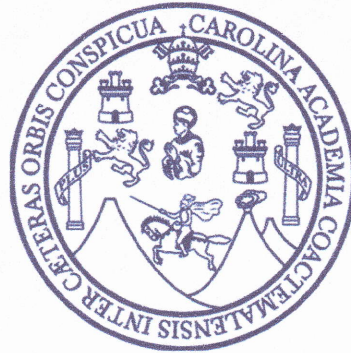
ESCALA 1: 25 000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
	INGENIERO GEOLOGO		
Caracterización Microfaunal y Estructural de las Formaciones Cretácicas al Oeste de la Montaña Rubelsanto.			
Contiene: MAPA DE LINEAMIENTOS			
Realizado por: Hurtado Von Quednow, Friedchen Elena.			
Escala numérica: 1: 25 000	Revisado por: Ing. Sergio D. Morán	Referencia espacial: NAD27, Zona 15N.	ANEXO 4

No. 153-2017

**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 GEÓLOGO

Al trabajo titulado:

**CARACTERIZACIÓN MICROFAUNAL Y ESTRUCTURAL DE LAS FORMACIONES
CRETÁICAS AL OESTE DE LA MONTAÑA RUBELSANTO**

Presentado por el (la) estudiante:

FRIEDCHEN ELENA HURTADO VON QUEDNOW

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 11 de Agosto de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

