

ANALISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETACICO SUPERIOR
CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y
PLAENERS AFLORANTES EN SECTORES ALEDAÑOS A VILLA DE LEYVA
(DEPARTAMENTO DE BOYACA, COLOMBIA)

ANGEL ANTONIO BARBOSA ESPITIA

ANA PAULINA LOPEZ CARDONA

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

MANIZALES, 2009

ANALISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETACICO SUPERIOR
CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y
PLAENERS AFLORANTES EN SECTORES ALEDAÑOS A VILLA DE LEYVA
(DEPARTAMENTO DE BOYACA, COLOMBIA)

ANGEL ANTONIO BARBOSA ESPITIA

ANA PAULINA LOPEZ CARDONA

Tesis de grado para optar al título de geólogo

Presidente

PhD. MARIO MORENO SANCHEZ

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

MANIZALES, 2009



Nota de aceptación

Presidente del trabajo

Manizales, 3 de junio de 2009

Dedico a:

Mis padres, hermanos, familiares y amigos

Los cuales ayudaron a que este sueño que una

Vez tuve hoy sea una realidad

Angel.

Dedico a:

Dios, a mis padres, profesores y compañero

Que con su Exigencia y rectitud hicieron posible

Este Gran sueño

Paulina.



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Mario Moreno Sánchez, PhD. En geología y director de este proyecto por su paciencia, valiosas orientaciones y colaboración.

Luz Mary Toro, MsC. en geología por su colaboración desinteresada en las correcciones del manuscrito del proyecto.

Carlos Alberto Guzmán, Dr. En geología por su colaboración en la fase interpretativa del proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma tuvieron que ver con este proyecto, en especial a los compañeros y amigos de la fase de campo Julián, Cristian, Leonardo y Beatriz.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT	14
INTRODUCCION	15
1. OBJETIVOS	16
1.1 GENERAL.....	16
2.1 ESPECIFICOS.....	16
2. GENERALIDADES	17
2.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	17
2.2. METODOLOGIA.....	19
2.2.1 Fase preliminar	19
2.2.2 Fase de campo	19
2.2.3 Fase interpretativa	20
2.2.4 Fase Final	20
2.3. ANTECEDENTES	22
3. GEOLOGÍA GENERAL	24
3.1 ESTRATIGRAFÍA GENERAL	24
3.1.1 Formación Arcabuco	24
3.1.2 Formación Rosa Blanca.....	26
3.1.3 Formación Ritoque.....	27
3.1.4 Formación Paja.....	27
3.1.5 Grupo de San Gil	28
3.1.5.1 Formación San Gil Inferior	28
3.1.5.2 Formación San Gil Superior.....	28



3.1.6 Formación Churuvita.....	29
3.1.7 Formación San Rafael	30
3.1.8 Formación Conejo.....	31
3.1.9 Grupo Guadalupe	32
3.1.9.1 Formación Arenisca Dura	32
3.1.9.2. Formación Plaeners	32
3.1.10 Formación Arenisca Labor – Tierna.....	33
3.1. Formación Guaduas.....	33
3.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	34
3.2.1. Pliegues	35
3.2.1.1 Anticlinal de Sora-Cucaita.....	35
3.2.1.2 Sinclinal de Sora-Cucaita.....	36
3.2.1.3 Anticlinal de Gavilera- Chircal San Rafael	37
3.2.1.4 Sinclinal de Churuvita	37
3.2.1.5 Anticlinal de Arcabuco (flanco Oriental)	38
3.2.1.6 Núcleo del anticlinal de Arcabuco	38
3.2.6 Sinclinal de Villa de Leiva	39
3.2.2 Fallas	39
4. DESCRIPCION DE LAS SECCIONES LEVANTADAS	41
4.1 SECCION SECTOR VEREDA PIJAOS	41
4.2 SECCION VEREDA LAS JUNTAS	46
4.3 SECCION SORA.....	51
4.4 SECCIÓN SECTOR SAMACA	55
5. ANALISIS FACIAL	61
5.1 DESCRIPCION DE FACIES.....	61
5.1.1 Facies Sh (shale).....	61
5.1.2 Facies Shm (Shale margoso).....	62
5.1.3 Facies LI (Lodolita laminada)	62



5.1.4 Facies Lal (Limolita arenosa laminada).....	63
5.1.5 Facies Lacf (Lodolita arenosa calcárea fisil)	63
5.1.6 Facies Lm (Limonita masiva)	63
5.1.7 Facies Lsm (lodolita silíceo masiva).....	64
5.1.8 Facies Lsl (lodolita silíceo laminada).....	64
5.1.9 Facies Pm (porcelanita masiva)	65
5.1.10 Facies Sm (arenita masiva)	65
5.1.11 Facies Smf (arena masiva fosfática)	66
5.1.12 Facies Clm (Calizas lodosa masiva)	66
5.1.13 Facies Cf (caliza fosfática).....	67
5.2 ASOCIACION DE FACIES	67
5.2.1 Sector Sora.....	67
5.2.1.1 Asociación de facies (Carbonatos y Shales).....	67
5.2.1.2 Interpretación paleoambiental para este sector	68
5.2.2 Sector Samacá	71
5.2.2.1 Asociación de facies (LI, Lm y Sm)	71
5.2.2.2 Asociación de Facies (Cf, Sh, Sm y Pm)	71
5.2.2.3 Asociación de facies Smf y Sh.....	73
5.2.2.4 Interpretación paleoambiental para esta sección.....	73
5.2.3 Sector Vereda Pijaos	78
5.2.3.1 Asociación de facies Lm, Lsm y Sm.....	78
5.2.3.2 Asociación de facies LI y Lsm	79
5.2.3.3 Asociación de Facies Lal y LI.....	79
5.2.3.4 Asociación de Facies (Sm, Lsl y LI)	80
5.2.3.5 Interpretación paleoambiental para esta sección.....	80
4.2.4 Sección Vereda las Juntas.....	83
4.2.4.1 Asociación de Facies (Sh, Smf y LI).....	83
4.2.4.2 Facies LI.....	83
4.2.4.3 Interpretación Paleoambiental para esta sección	84



6. ANALISIS PALEOAMBIENTAL GENERAL	86
7. EVENTO ANOXICO (OAE2)	88
8. SUGERENCIAS.....	90
9. CONCLUSIONES	91
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	93

TABLA DE FIGURAS

	Pág
Fig. 1 Zona de estudio localizada en la sección a lo largo de la carretera Tunja-Villa de Leyva (cuena de la cordillera oriental, Boyacá) y sectores aledaños donde se encuentran expuestas las rocas del intervalo Cretácico Superior.	18
Fig. 2 Diagrama de flujo mostrando la metodología seguida en este trabajo.	21
Fig. 3 Columna estratigráfica generalizada del Cretácico en la región de Villa de Leyva (tomado y modificado de Etayo-Serna, 1968)	25
Fig. 4 Panorámica del cerro de arcabuco aflorante en cercanías a Villa de Leyva	26
Fig. 5 Panorámica del grupo San gil aflorante por la Vía Tunja- Villa de Leyva ...	29
Fig. 6 Panorámica de la Formación Churuvita aflorante por la vía Tunja-Villa de Leyva	31
Fig. 7 Panorámica del contacto entre el Grupo Guadalupe y la formación Guaduas, visto desde la carretera Cucaita- vereda las juntas.....	34
Fig. 8 Lodolita gris verdosa con espinas de pez.	42
Fig. 9 Intercalación de lodolitas y cuarzoarenitas. Nótese la dureza de las areniscas en comparación con las lodolitas.....	43
Fig. 10 Intercalaciones de lodolitas grises verdosas con lodolitas silíceas. Nótese lo masivo de los estratos y las diaclasas perpendiculares a la estratificación .	44
Fig. 11 Lodolita arenosa gris verdosa con laminación plana paralela y bioturbación.	45
Fig. 12. Lodolita arenosa mostrando un cono encajado.	45

Fig.13 Interestratificaciones de lodolitas silíceas y lodolitas grises.....	46
Fig.14 Morfología de la parte superior de la Formación Conejo en el área de estudio.	47
Fig.15 Lodolitas negras con esporádicas intercalaciones de Arenitas fosfáticas..	48
Fig.16 Lodolita gris oscura mostrando una impresión de amonite indeterminada.	49
Fig.17 Morfología de la Formación Conejo en el área de estudio.....	51
Fig.18 Caliza lodosa fosilifera masiva. Nótese la gran cantidad de restos de conchas.....	52
Fig.19 Concreción mostrando una amonite, la cual ha sido destruida por la meteorización. Nótese el tamaño centimétrico de las concreciones.....	53
Fig. 20 Intercalaciones de shales negros con arenitas calcáreas. Nótese la buena fisilidad de las arenas y lo fracturado de la roca	54
Fig. 21 Arena calcárea. Nótese las concreciones siguiendo la estratificación y la buena fisilidad	54
Fig. 22 Morfología de las Formaciones Churuvita y San Rafael en el área de estudio	55
Fig. 23 Lodolitas negras con concreciones a la base del segmento 2.....	57
Fig. 24 Contacto entre los segmentos 1,2 y 3.....	58
Fig. 25 Intercalaciones de lodolitas grises y cuarzoarenitas fosfáticas	59
Fig. 26 cuarzo recristalizado en la formación conejo. Notese el tamaño centimétrico de los cristales	60
Fig. 27 Esquema general del Modelo deposicional de las facies de la Formación Conejo Miembro Cucaita para el Cenomaniano	70



Fig. 28a. Interpretación de eventos anoxicos producidos por transgresiones.75

Fig. 28b. Tomado de Hallan & Wignall (1997) C: La columna de agua es afectada por las condiciones disoxicas, estas se incrementa durante el transcurso de la transgresión76

Fig. 29 Esquema generalizado de el modelo deposicional para las facies presentes en el Sector de Samacá.....77

Fig. 30 Modelo esquemático del ambiente de depósito para las Facies que representan la Formación Plaeners82

Fig. 31 Modelo esquemático del ambiente de depósito para las Facies pertenecientes a la parte superior de la formación Conejo85

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Paleontología	100
Anexo B: Mapa geológico y de ubicación de las secciones levantadas	Bolsillo
Anexo C: Poligonales de las secciones levantadas	Bolsillo
Anexo D: Columnas estratigráficas	Bolsillo
Anexo E: Tablas de muestras recolectadas y seleccionadas para análisis químicos, sección delgada y polen	106

RESUMEN

En los alrededores del municipio de Villa de Leyva, departamento de Boyacá, estrabaciones de la cordillera Oriental, aflora una secuencia sedimentaria del Cretácico superior la cual se correlaciona con las Formaciones San Rafael, Conejo y Plaeners. Estas corresponden a variaciones de facies arenosas, lodosas y carbonatadas. La sedimentación se dio en un ambiente netamente marino de plataforma abierta, carbonatada a mixta de bajo ángulo, con periódicas oscilaciones en el nivel del mar, en un periodo de tiempo que abarca el Turoniano hasta el Santoniano edades dadas en base al contenido fósil hallado, el cual corresponde principalmente a amonites de los géneros *Peroniceras* sp, *Forrestenia* sp, *Gemaniceras* sp? y *Benueites* sp? y foraminíferos bentónicos de los generos *Orthokarstenia*, *Heteroelix* y *Globigerina*.

Palabras clave: Facies, Formaciones San Rafael, Conejo, plaeners, ambiente marino.

ABSTRACT

Near Villa de Leiva town, department of Boyacá, Cordillera Oriental's foothills, a sedimentary sequence –belonging to Upper Cretaceous, correlative to San Rafael, Conejo and plaeners Formations, is exposed. This corresponds to variations of arenaceous, muddy and calcareous Facies. Sedimentation occurred in a marine environment, in a mixed-to-calcareous shelf of low angle with oscillations at the sea level, in a period of time between Turonian and Santonian; ages determined by the found fossil trace, which belongs mainly to *Peroniceras* sp, *Forrestenia* sp, *Germaniceras* ?, and *Benuites?* ammonites, and *Orthokarstenia*, *Heterohelix* and *Globigerina* benthic foraminifera.

Key words: Facies; San Rafael, Conejo, and plaeners Formations, marine environment.



INTRODUCCIÓN

Los estudios cada vez más detallados son una necesidad en la evaluación del conocimiento geológico de cualquier región, es por este motivo que en la presente investigación se realizó un levantamiento estratigráfico a detalle de las secuencias del Cretácico Superior, aflorantes en la región de Villa de Leyva y sus alrededores que ayuda a mejorar la resolución y exactitud en la información obtenida anteriormente por otros autores como Etayo- Serna(1968) y Renzoni (1981) de esta manera se ofrece un aporte al conocimiento geológico del país en esta región.

Además se han considerado las Facies y Asociación de estas con el fin de dar una interpretación paleoambiental.

Para lo anterior se levantaron columnas estratigráficas escala 1:200 por medio de poligonales abiertas a cinta y brújula y corregidas con GPS para una mayor exactitud, además se recolectaron muestras de roca fresca y restos fósiles, para posteriores estudios bioestratigráficos e isotópicos.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Realizar un análisis facial de las secuencias del Cretácico Superior correspondientes a las formaciones San Rafael, Conejo y Plaeners aflorantes en los sectores aledaños al Municipio de Villa de Leyva, Departamento de Boyacá.

2.1 ESPECIFICOS.

- Levantamiento de columnas estratigráficas escala 1:200 en varios sectores de interés por medio de poligonales abiertas a cinta y brújula y corregidas con GPS en el área de estudio.
- Determinar los ambientes de depósito para la secuencia estratigráfica estudiada.
- Recolectar muestras de roca frescas para posteriores estudios isotópicos y petrologicos.
- Recolectar fósiles para su análisis.
- Realizar una discusión acerca de la información obtenida y limitantes de la misma.
- Contribuir al conocimiento geológico de la secuencia estratigráfica del Cretáceo Superior en Colombia.



2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

El área estudiada se localiza hacia la parte central de la Cordillera Oriental en inmediaciones de los municipios de Villa de Leyva, Samacá y Cucaita (Departamento de Boyacá) Fig. (1) con las siguientes coordenadas referidas a Bogotá:

$$X1= 1'095.000$$

$$X2= 1'110.000$$

$$Y1= 1'060.000$$

$$Y2= 1'075.000$$

Para acceder a la zona se toma la vía que conduce de Bogotá a Tunja y luego la vía que conduce de Tunja a Villa de Leyva, la zona aparece aproximadamente 6 Km después de salir de Tunja.

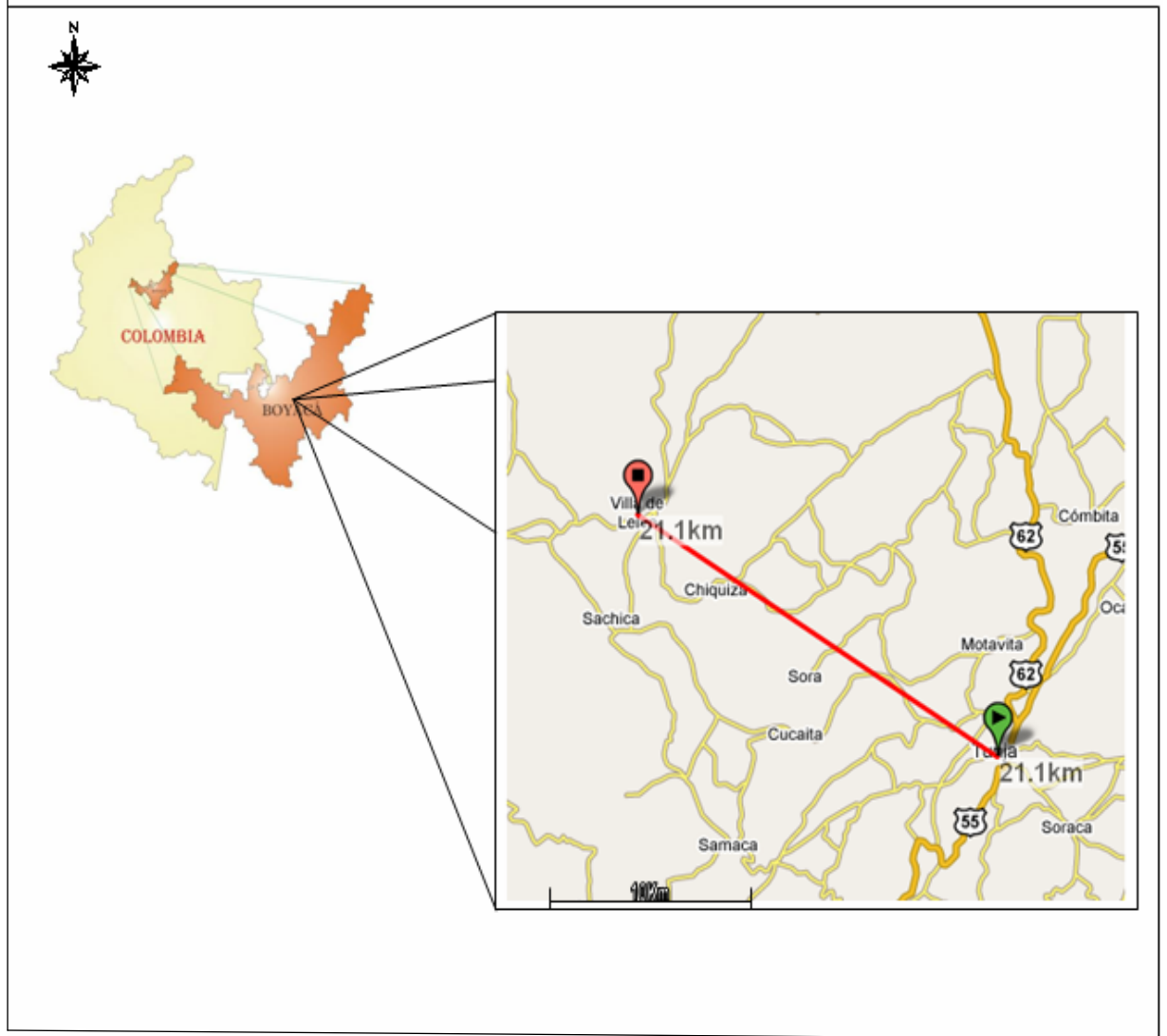


Fig. 1 Zona de estudio localizada en la sección a lo largo de la carretera Tunja-Villa de Leyva (cuenca de la cordillera oriental, Boyacá) y sectores aledaños donde se encuentran expuestas las rocas del intervalo Cretácico Superior.



2.2. METODOLOGIA

La metodología para este trabajo se desarrollo por fases de la siguiente manera:

2.2.1 Fase preliminar

En esta etapa se realizo un diagnostico de los trabajos existentes, la duración de esta etapa fue de aproximadamente tres meses y consistió en la recopilación y revisión bibliográfica de los principales trabajos realizados sobre la zona de estudio, con el fin de tener una idea preliminar acerca de las sedimentitas aflorantes en esa área.

2.2.2 Fase de campo

Luego del diagnostico se realizo el trabajo de campo el cual duro veinte días y consistió en:

Hacer un levantamiento y muestreo de las secciones estratigráficas que abarcaban el intervalo de interés (cretácico Superior). Para ello se realizo poligonales abiertas a cinta y brújula, en donde se localizaron de manera precisa con GPS las diferentes muestras de roca y fósiles recolectados. Esta actividad incluyo la descripción de los afloramientos ubicados en caminos o carreteras en donde la sección estratigráfica estaba localizada. En la descripción de los afloramientos se tuvieron en cuenta parámetros como la localización, geometría de los estratos, estructuras sedimentarias, redondez y esfericidad y forma de los granos. Al mismo tiempo se realizo el muestro y levantamiento estratigráfico por medida directa en afloramiento o por funciones trigonométricas. Como resultado de esta etapa se obtuvieron 4 poligonales abiertas con sus respectivas columnas estratigráficas a escala 1:200.



2.2.3 Fase interpretativa

Se analizo e interpreto la información obtenida en campo, la cual duro Aproximadamente cinco meses, en esta etapa se hizo la clasificación macroscópica de las muestras recolectadas, para lo cual se utilizo la clasificación de (Pettijohm *et al*, Folk, y Fritz y Moore) tomados de Pardo (2003), así mismo se intento clasificar los fósiles encontrados por medio de los Treatise Invertebrate Protista y Cephalopoda. Posteriormente a estas clasificaciones se procedió a integrar toda la información recolectada para darle una interpretación geológica. Finalmente se llego a un modelo deposicional basados en los datos arrojados por la interpretación de facies que se pudieron obtener.

2.2.4 Fase final

Consistió en la digitalización de el informe final del trabajo realizado, utilizando los programas Word 2007, Corel Draw, Autocad 2005 y adobe Photoshop Cs. En el cual se presentaron unas conclusiones, sugerencias y discusión sobre la información obtenida, además se presentan las columnas y poligonales realizadas las cuales se ubicaron en un mapa en el cual se puede determinar fácilmente la ubicación espacial de estas.

METODOLOGIA

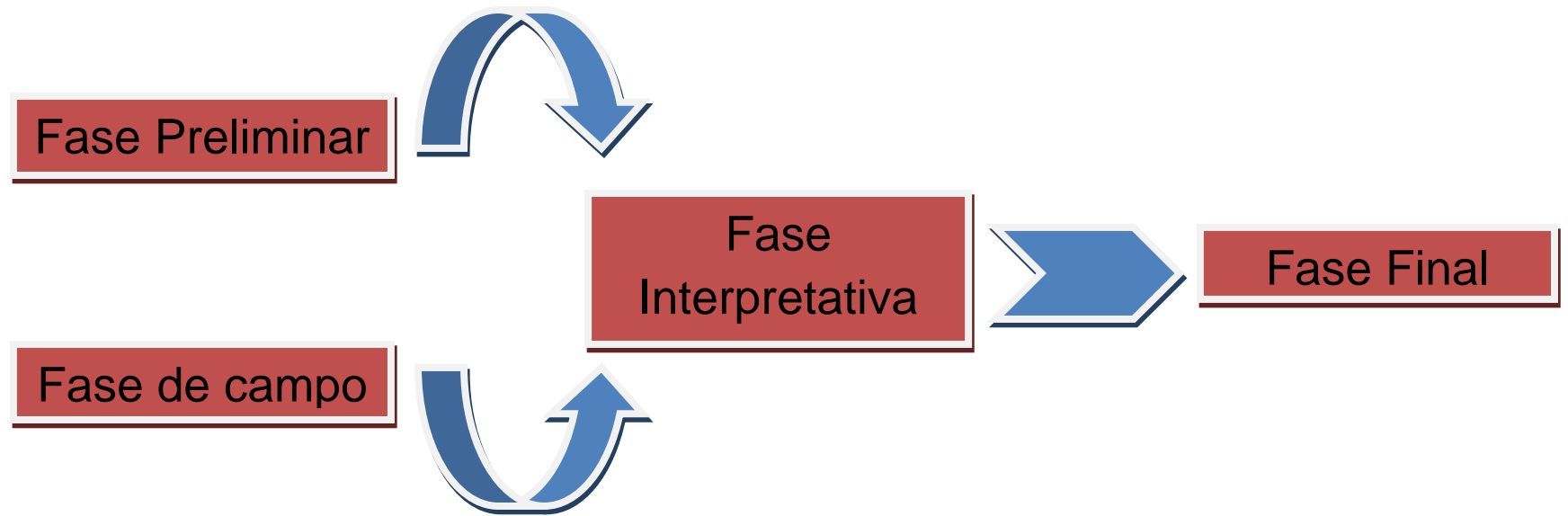


Fig. 2 Diagrama de flujo mostrando la metodología seguida en este trabajo.

2.3. ANTECEDENTES

Los estudios geológicos realizados en la región de Villa de Leyva y zonas próximas en su mayoría han sido de carácter estratigráfico, estructural y bioestratigráfico de corte mas que todo regional que incluyen descripciones e interpretaciones paleoambientales de unidades. Son pocos los trabajos dedicados exclusivamente a el estudio de las formaciones correspondientes al cretácico superior (Formaciones San Rafael, Conejo y Plaeners) y estos han sido de carácter bioestratigráfico.

A continuación se mencionan los principales estudios desarrollados en la zona.

Hubach (1931); Estudia la secuencia estratigráfica al este y oeste de la sabana de Bogotá haciendo descripciones generalizadas, define el grupo Villeta y Grupo Guadalupe para el Cretáceo, y extiende estos conceptos hacia la zona de Villa de Leyva.

Sheibe (1938); hace una recopilación de los estudios geológicos en la cordillera oriental y hace referencia a los estudios hechos por Hubach (1931); sin dar ningún aporte nuevo al conocimiento de la geología de la zona.

Burgl (1954); Realiza descripciones generales acerca del Cretácico inferior en los alrededores de Villa de Leyva y menciona algunos fósiles colectados además hace algunas interpretaciones acerca de la sedimentación en la zona.

Etayo-Serna (1964,1968); Realiza en Villa de Leyva trabajos paleontológicos y litoestratigráficos de tipo regional y formalizan las Formaciones Ritoque y San Rafael, unidades del Cretácico en esta zona.



Renzoni (1981); Describe de manera general las unidades cretácicas que cubren la zona de Tunja y sectores aledaños incluyendo sectores cercanos a Villa de Leyva, además define la formación conejo.

Etayo-Serna & Laverde(1985); Hacen una compilación de estudios a cerca del Cretácico en la región de Villa de Leyva, en el cual participan varios autores como: Ballesteros, Nivia, Cardozo, Puentes, Sarmiento, Forero, Galvis y Rubiano los cuales hacen valiosos aportes a la interpretación paleoambiental y descripción litológica de algunas unidades del cretácico inferior como las Formaciones Paja, Rosa Blanca y Ritoque.

Huber & Wiedmann (1986); Tratan de aclarar algunas características sedimentológicas y bioestratigráficas del limite Jurasico-cretácico en los alrededores de villa de Leyva.

Patarrollo, & Moreno (1997) y Kammer (1997); Hacen estudios estructurales acerca de las rocas existentes en los alrededores de Villa de Leyva pero centrados en al geología regional.

En los últimos años las investigaciones se han centrado en estudios bioestratigráficos realizados por Patarrollo (2000), Sanchez & Tchegliakova, (2005) y Patarrollo & Rojas (2007) en las Formaciones Paja y San Rafael.

3. GEOLOGÍA GENERAL

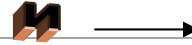
3.1 ESTRATIGRAFÍA GENERAL

Aunque muchas de ellas no son objeto de este estudio, a nivel regional afloran una serie de unidades que componen un intervalo de tiempo desde el Jurásico hasta el terciario (Fig.2), las cuales se describen brevemente a continuación.

3.1.1 Formación Arcabuco

Nombre y rango dados Según Etayo-Serna (1968) por A.A Olson, para indicar las areniscas que afloran por el río Pomeca. Comúnmente conocidas con el nombre de Arenisca de Arcabuco aunque también citada a veces como Grupo Girón. Corresponde a un conjunto de cuarzo arenitas de grano variable (medio a grueso); fuertemente cementadas por cuarzo y estratificadas en capas gruesas (hasta de 2 m. de espesor) que presentan estratificación entrecruzada; con colores entre blancos y amarillentos, intercaladas con shales rojos que a veces llegan a formar niveles de 10 a 50m de grueso.

Constituyen el Gran Lomo de Arcabuco que sirve de respaldo a la población de Villa de Leiva. Las capas superiores de esta formación podrían haber sedimentado a principios del cretáceo, pero por la nula presencia de fósiles para Renzoni (1981) no se puede afirmar si el fenómeno se emplaza a finales del Jurásico o principios del Cretácico.



Cerro de Arcabuco

Fig. 4 Panorámica del cerro de arcabuco aflorante en cercanías a Villa de Leyva

3.1.2 Formación Rosa Blanca

Según Morales *et.al* (1955) el nombre y rango fue dado por O.C Wheeler a una sucesión de calizas que aflora en el río Sogamoso aguas arriba del cerro el tablazo.

Esta constituida por aproximadamente 100m de calizas estratificadas en capas gruesas, (70 cms de espesor), que dan color amarillento al paisaje, pero que en muestra fresca son grises; estas calizas descansan directamente sobre las Areniscas de Arcabuco. Sobre el flanco occidental del núcleo del Anticlinal de Arcabuco no se observan, salvo 20m. Aproximadamente que afloran en el cañón de la quebrada Ritoque frente a la loma de la Yesera; allí son dendríticas y con aspecto conglomerático. Aunque estos 20m De calizas pueden representar acuñamiento a las anteriores, pueden igualmente representar un lentejón. Bioestratigráficamente no esta definida pero para Etayo-Serna (1968) en base a consideraciones estratigráficas regionales puede pensarse que su sedimentación ocurrió a finales del Valanginiano o principios del Hauteriviano.

3.1.3 Formación Ritoque

Nombre propuesto por Etayo-Serna (1968), para capas que tienen por localidad tipo la quebrada de dicho nombre, rodea el núcleo del Anticlinal de Arcabuco por ambos flancos; sobre el flanco oriental consta de 70m de limolitas o arcillolitas en alternancia con calizas lumaquelicas, mientras que sobre el flanco occidental predominan las limolitas con algunas intercalaciones de areniscas de grano muy fino, presentando 110m aproximadamente de espesor. Pero su mejor exposición se encuentra en la quebrada Ritoque afluente del río Samacá, en donde se observa una sucesión de limonitas grises, amarillentas a rojizas por meteorización, con bancos de calizas lumaquelicas. Hacia la parte baja mide de 75 a 110 m de espesor y contiene equinidos, trigonias y amonitas con los cuales se logro datar. La edad propuesta por el autor es Valanginiano-Hauteriviano.

3.1.4 Formación Paja

Según Morales *et.al* (1955) nombre dado por O.C. Wheeler, el cual proviene de la quebrada La Paja en su desembocadura al río Sogamoso donde esta típicamente expuesta en su banda derecha.

Esta constituida en su parte basal por 340m de shales o arcillolitas negras, con algunas intercalaciones de arenas arcillosas, los shales o arcillolitas puede presentarse rojizos por la oxidación, estas capas son consideradas por Etayo-Serna (1968) como Hauteriviano Superior.

En su parte media se distinguen 480m de intercalaciones de arcillolitas y arenitas, las cuales en los últimos 235m presentan intercalaciones de yeso. Para Etayo- serna (1968) estas capas representan el Aptiano superior.



En la parte superior consta de arcillolitas grises abigarradas de rojo a amarillo, con numerosos nódulos elipsoidales huecos de hasta 20cm de diámetro máximo y abundantes nódulos arcillosos masivos, pequeños, de hasta 5 cm de diámetro máximo, además presentan intercalaciones arcillosas blancas lustrosas. Para Etayo-Serna (1968) representaría el Aptiano superior en parte.

3.1.5 Grupo de San Gil

Nombre establecido por Hubach E. (1931), para rocas que afloran en la región de San Gil (Santander) y que prolonga estratigráficamente hasta la región de Villa de Leyva consta de dos Formaciones:

3.1.5.1 Formación San Gil Inferior

Para Etayo-Serna (1968) en secciones levantadas en Villa de Leyva, la parte basal de la formación es un conjunto de arcillolitas arenosas micáceas, suprayacidos por estratos de calizas macizas, arenosas y fosilíferas que alternan con capas de arcillolitas y shales arenosos, grises. La parte intermedia contiene interestratificaciones de arenitas cuarzosas, grises y shales. La parte superior es una alternancia de estratos de calizas, de shales micáceos oscuros y arenitas muy arcillosas y micáceas; el espesor aproximadamente correspondería a 320 m la edad para esta Formación según el mismo autor es Aptiano superior – Albiano inferior.

3.1.5.2 Formación San Gil Superior

Descrita por Etayo-Serna(1968) en la región de Villa de Leyva en la cual consta de aproximadamente 620m de espesor y esta constituida de base a techo por un segmento inferior de 230 m de espesor, de lodolitas con interestratificaciones frecuentes de arenitas y calizas, que representa el 9.65% del espesor del segmento; contiene fósiles especialmente de Gasterópodos y Lamelibranquios y un segmento superior de 390 m. de espesor, con predominio neto de shales de color gris oscuro, frecuentemente con nódulos arcillosos y algunas interestratificaciones de calco arenitas y arenitas localmente conglomeráticas. Los shales contienen fósiles especialmente de Amonites. La edad según el autor es Albiano medio – Albiano superior.

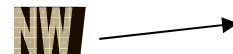


Fig. 5 Panorámica del grupo San Gil aflorante por la Vía Tunja- Villa de Leyva

3.1.6 Formación Churuvita



Nombre propuesto por Etayo-Serna (1968) para un conjunto alternante de calizas, areniscas y lutitas. Su localidad tipo se presenta a lo largo de la carretera entre puente Samacá – Sáchica.

Dividida en tres segmentos; el inferior A, con 105 m. aproximadamente, consta de alternancia de areniscas grises, cuarzosas, moscovíticas (24 bancos con espesor promedio de 1.80 m. cada uno), calizas (7 capas con espesor promedio de 14 cm. cada una), e intercalaciones arcillolíticas y limolíticas. El segmento B, con 75 m. de espesor, presenta bancos lumáquelicos calcáreos o calcáreo – arcillosos, en alternancia con arcillolitas y limonitas, y arenitas cuarzosas de grano angular a sub – angular, con hojuelas de moscovita, y gruesamente estratificadas. Las arcillolitas presentan frecuentemente nódulos arcillosos que no sobrepasan los 5 cm. de diámetro. Las areniscas se presentan en 19 bancos con 92 cm. de espesor promedio cada una, y los bancos lumáquelicos en número de 27, tienen un espesor promedio de 71 cm. cada uno. El segmento superior C, presenta alternancia de limolitas o arcillolitas con bancos macizos de areniscas de grano fino y medio, y con bancos calcáreos macizos. La edad representaría el Cenomaniano.

3.1.7 Formación San Rafael

Nombre propuesto por Etayo-Serna (1968) para capas que afloran en la localidad tipo por el Zanjón, 200m al occidente del Chircal San Rafael litológicamente consta de dos segmentos: el inferior A, lo constituyen aproximadamente 60m de shales grises con bancos calcáreos, presentándose principalmente hacia el yacente. El segmento superior B, consta de limonitas silíceas estratificadas en lechos de 3 a 20 cm. de espesor; hacia la parte superior presenta una

intercalación de 3 m. de shales negros, el espesor de este segmento es de 14m. La edad representaría el Turoniano en parte.

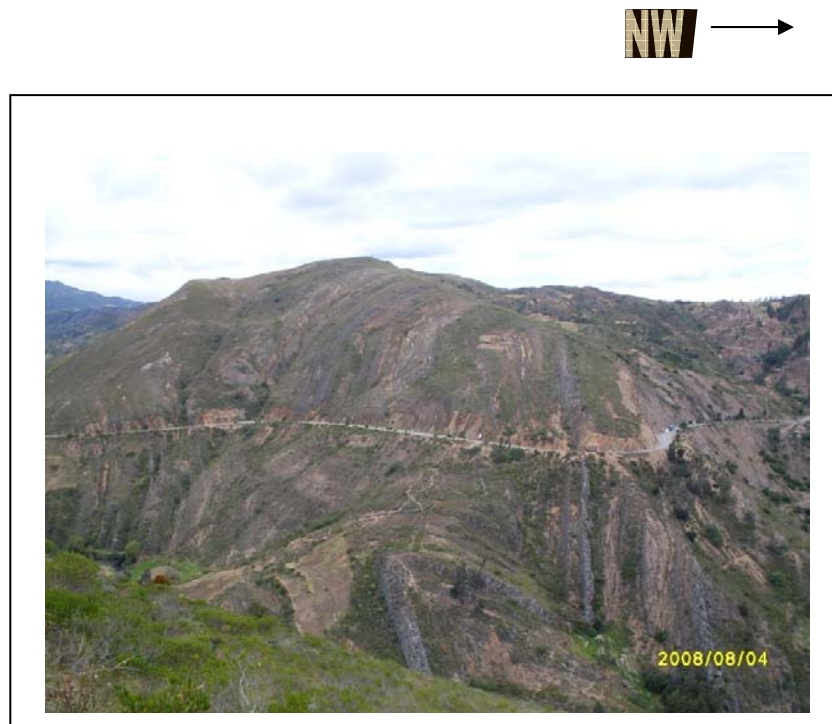


Fig. 6 Panorámica de la Formación Churuvita aflorante por la vía Tunja-Villa de Leyva

3.1.8 Formación Conejo

Formación Conejo es el nombre propuesto por Renzoni (1981, escrito en 1967) para designar la sucesión expuesta en el camino que se desprende del carretable Oicata-Chivata en la localidad de puentezuela y conduce a la vereda San Rafael bordeando el Alto del Conejo, la cual se encuentra constituida por shales, con niveles de areniscas y esporádicas capas de calizas, las cuales

infrayacen el Grupo Guadalupe y suprayace a la Formación La Frontera, en el área de Chiquinquirá.

3.1.9 Grupo Guadalupe

Nombre dado por Hubach (1931) a un conjunto de arenitas las cuales varían de tamaño de grano fino a medio fuertemente cementadas, bien seleccionadas, con dominio de cuarzo. Su localidad tipo se encuentra por la carretera Alban-Facatativa presentando una morfología escarpada. Pero definida formalmente por Pérez y Salazar(1978). Este grupo se divide en:

3.1.9.1 Formación Arenisca Dura

Nombre propuesto formalmente por Pérez y Salazar(1978); para la unidad litoestratigráfica que descansa concordantemente y transicionalmente sobre la sucesión monótona de lutitas fisiles y grises de la Formación Chipaque y que es suprayacida por una secuencia de arcillolitas, arcillolitas silíceas y liditas de la Formación plaeners. La sección tipo se encuentra en el cerro El cable (oriente de Bogotá), con un espesor de 449m, esta constituida por ocho conjuntos de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, en estratos gruesos, en un 63.8% y 36.2% de limonitas, arcillolitas y liditas.

3.1.9.2. Formación Plaeners

Nombre propuesto formalmente por Pérez y Salazar (1978); para la unidad litoestratigráfica que reposa concordantemente sobre la Formación Arenisca Dura



y suprayace a la Formación Arenisca de labor, en la sección tipo presenta un espesor de 73m, esta representada por arcillolitas, liditas, limonitas y en menor proporción areniscas de grano muy fino.

3.1.10 Formación Arenisca Labor – Tierna

Formalizada por Pérez y Salazar (1978); al oriente de Bogotá, la Arenisca de Labor presenta un espesor de 177m. Comienza por capas muy gruesas de arenisca que se intercalan con capas muy delgadas de arcillolitas. La Formación Arenisca de Labor es separada de la Formación Arenisca Tierna por 19m de arcillolitas y lodolitas; la Arenisca Tierna con un espesor de 49m, se diferencia de la Arenisca de Labor por presentar capas muy gruesas de arenisca con tamaño de grano más grueso.

Las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna y el segmento que los separa, se agrupan como una sola unidad cartográfica dada su similitud litológica y su expresión morfológica, se establece desde el techo de la Formación Plaeners Hasta la base de la Formación Guaduas.

3.1. Formación Guaduas

Fue descrita originalmente por Hettner (1892, en Montoya y Reyes ,2005) para referirse a los materiales que afloran en la sabana de Bogotá y que esta por encima del Grupo Guadalupe. Hubach (1931), denomina piso Guaduas a la secuencia que subyace al Grupo Guadalupe y es infrayada por el piso de Bogotá, por encima del Horizonte de Cacho, que sería para este autor la parte más baja del Piso de Bogotá. Esta constituida por arcillolitas abigarradas, con pequeños mantos de carbón. El espesor de la unidad en la Sabana de Bogotá es de 700 a 1000 m.

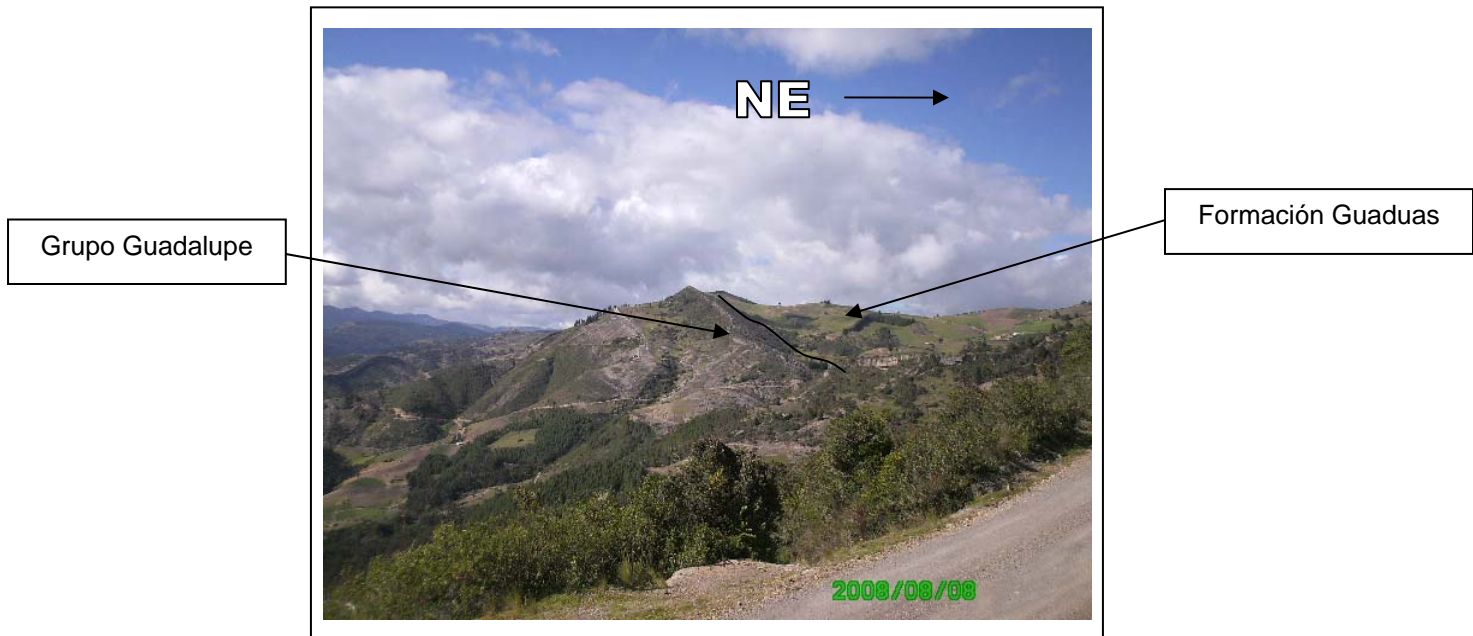


Fig. 7 Panorámica del contacto entre el Grupo Guadalupe y la formación Guaduas, visto desde la carretera Cucaita- vereda las juntas.

3.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La geología estructural de la zona de estudio fue definida por Etayo-Serna (1968) de la siguiente manera:

Tectónicamente el área queda limitada tanto al oriente como al occidente por sendos sinclinales; el sinclinal de Samacá y el sinclinal de Chiquinquirá, respectivamente. Estos límites corresponden morfológicamente a escarpes producidos por el ataque erosivo sobre las crestas de las estructuras anticlinales inmediatas a los sinclinales. Hacia el sur muestra cabeceo de estructuras sinclinales o anticlinales, mientras que hacia el norte ocurre el ensanchamiento de las mismas.



De oriente a occidente se tiene las siguientes estructuras: anticlinal de Sora-Cucaita, formado sobre capas del Cretácico Superior a continuación se presenta el sinclinal de Sora-Cucaita, erodado en sus partes central y meridional, y a la vez cubierto por depósitos cuaternarios lacustres que forman fértil sabana. Inmediatamente sigue la estructura anticlinal compuesta, denominada Anticlinal de Gavilera-Chircal San Rafael; mientras que las estructuras adventicias de su flanco oriental son normales, las del flanco occidental están notablemente invertidas, surge luego el sinclinal estrecho que se denominara Churuvita, el cual, a su vez presenta estructuras menores tanto en sus flancos como en el núcleo. Continúa en seguida la serie monoclinal que constituye el flanco oriental del Anticlinal de Arcabuco, la cual presenta algunos repliegues tenues que producen efectos visuales de discordancia (aunque el adelgazamiento relativamente frecuente de capas hace posible localmente este fenómeno). Del flanco occidental de Anticlinal de Arcabuco desprende el Sinclinal de Villa de Leiva, que es una estructura suave, la que a continuación hacia poniente enlaza con el Anticlinal de Oiba-Careperro.

3.2.1. Pliegues

3.2.1.1 Anticlinal de Sora-Cucaita

Morfológicamente en su flanco oriental se desarrolla una cuesta notable debido al corte del nivel denominado “Limolitas Silíceas superiores” (Formación Plaeners); la estructura queda perfectamente dibujada al norte de la zona por un banco de arenisca de seis metros de espesor que destaca sobre ambos flancos. En el núcleo de la estructura las capas mas antiguas que afloran son las que se han denominado “Miembro Cucaita”. Visto de norte a sur, su flanco oriental presenta varias estructuras anticlinales y sinclinales, las cuales se manifiestan como pliegues en acordeón (Chevron) en la aparte septentrional de la estructura,



pasando luego a pliegues invertidos y finalmente a pliegues normales progresivamente hacia el sur.

En general, estos pliegues secundarios llevan vergencia occidental. El análisis del flanco occidental del Anticlinal en discusión muestra aparentemente pliegues secundarios principales en número casi igual al flanco oriental de la estructura, pero sus actuales crestas muestran vergencia occidental; esto lleva a pensar que estas estructuras secundarias fueron formadas por el plegamiento concéntrico, y que posteriormente se invirtieron por efecto de la acción de la atracción gravitatoria. Se observa como al nororiente del anticlinal no ocurre el fenómeno tan acentuadamente debido al obstáculo ofrecido a la acción gravitatoria. Este fenómeno parece general en el área.

3.2.1.2 Sinclinal de Sora-Cucaita

Es una estructura cuyos flancos presentan igualmente numeroso repliegues menores con vergencia al occidente sobre el flanco oriental y con vergencia al oriente sobre el flanco occidental; sin embargo, esta estructura no se manifiesta claramente como tal sino en retazos, debido al relleno cuaternario de la planicie de Samacá. Las capas más modernas que afloran en esta zona son arcillas y limolitas que descansan encima del nivel denominado “Limolitas síliceas superiores”, en la zona de canteras de recebo. En los niveles de limolitas síliceas los repliegues adquieren caracteres notables por su gran tumbamiento, p. Ej., en el sitio donde funcionan las canteras de recebo sobre la derivación que conduce de Cucaita a Samacá, se puede ver un anticlinal secundario con su cresta erodada y con su flanco occidental invertido y paralelo al flanco oriental, produciendo falsa impresión de normalidad. Hacia la parte norte del área estudiada llega a ser mucho más difícil precisar el eje del sinclinal debido a la multitud de repliegues existentes. La parte interna del sinclinal presenta en algunos lugares numerosas



cárcavas debidas a la actividad torrencial en las épocas de invierno, sobre los terrenos arcillo líticos y limolíticos.

3.2.1.3 Anticlinal de Gavilera- Chircal San Rafael

Es una estructural supremamente compleja en su conjunto pero perfectamente delimitada cartográficamente atendiendo el paquete de 15 m. de las “Limolitas silíceas inferiores (Formación San Rafael)”. Mientras que el flanco oriental de la estructura es suave y con capas en posición constantemente normal, el flanco occidental es abrupto y con sus capas en posición inversa.

Sobre el costado oriental de este anticlinal se desarrollan varias estructuras que hacia la llanura están cortadas en bisel por el Cuaternario; en general son pliegues suaves y de corto desarrollo. Las capas mas antiguas que afloran en esta zona son los bancos calcáreos macizos del miembro superior de la Formación Churuvita. De las estructuras menores desarrolladas sobre este flanco las más importantes pueden observarse al occidente de “Puente de Samacá”, por la carretera que conduce a Sachicá. El flanco occidental de esta estructura muestra como sus capas progresivamente van invirtiéndose y tumbándose hacia el occidente.

3.2.1.4 Sinclinal de Churuvita

Esta estructura, cuyo flanco oriental ya se describió, presenta numerosos pliegues de interés por la vergencia y forma de los mismos. En la parte central de la estructura y al nivel de la carretera Sachicá-Puente Samacá las capas mas modernas que afloran son las de la Formación San Rafael (Limolitas Silíceas). Este sinclinal tiene la peculiaridad de que hacia el núcleo y en dirección N estruja



sus capas centrales, apartando hacia los extremos sus capas más modernas, unidas solamente por una faja invertida de shales. En la aparte central de este sinclinal en el corte por la carretera ocurre una falla que se desarrolla sobre la cresta de un anticlinal menor. El flanco occidental del sinclinal esta claramente desarrollado y caracterizado por sus repliegues agudos con vergencia oriental. Aquí parece que se manifiestan los efectos de plegamiento concéntricos pero especialmente la acción de la gravedad en el proceso de inversión de los flancos.

3.2.1.5 Anticlinal de Arcabuco (flanco Oriental)

A partir del sinclinal anterior se reconoce sobre las capas de la formación San Gil Superior algunos repliegues que se acomodan al aspecto general de los desarrollados en la parte occidental de la estructura anterior; cuando estas estructuras menores son cortadas topográficamente a diversos niveles desarrollan aparentes inversiones que pueden dar idea de falso callamiento. Toda esta parte de la sucesión presenta las capas muy erguidas y con ligera flexión en su parte alta; este carácter se conserva mas o menos hasta llegar a la zona peri-anticlinal del Anticlinal de Arcabuco, excepto a la altura del Alto del Arrayán, donde se produce una ligera ondulación de la capas, lo visto desde lejos contrasta notablemente con la verticalidad de las capas adyacentes, dando la impresión de falla o discordancia.

3.2.1.6 Núcleo del anticlinal de Arcabuco

Esta constituido esencialmente por areniscas cuarzosas fuertemente cementadas por cuarzo. Ensancha progresivamente hacia el norte a la vez que su flanco oriental se hace más abrupto; este rasgo parece asociado a una falla en



profundidad, la cual fue considerada por Hubach (1931). En su terminación visible hacia el sur parece presentarse una falla oblicua, según el curso actual del Río Chíquiza.

3.2.6 Sinclinal de Villa de Leiva

Esta notable estructura se desarrolla al occidente del núcleo del Anticlinal de Arcabuco; se manifiesta suavemente hacia el norte, mientras que se destaca claramente hacia el sur. Es una estructura amplia y suave que expone de modo regresivo hacia el sur las diversas formaciones que han sido cartografiadas. Sobre su flanco oriental se levanta la loma de la Yesera, de gran importancia desde el punto de vista bioestratigráfico. Sobre capas inferiores de este sinclinal (Formación Ritoque), en su flanco oriental presentan repliegues tenues que son efecto común de la tectónica general del área.

3.2.2 Fallas

La región estudiada se caracteriza principalmente por su tectónica carente de fallas superficiales. Parece que la tectónica sea una misma que la desarrollada al norte en las zonas estudiadas por Julivert (1958) en el Departamento de Santander, esto es, simples respuestas por parte de las capas cretáceas a una tectónica de fallas profundas. Un ejemplo parece manifiesto en la progresiva verticalización que hacia el norte y en capas mas viejas presenta el flanco oriental del núcleo del Anticlinal de Arcabuco. Igualmente las estructuras desarrolladas entre la quebrada de Roa y el Rio de la candelaria podrían interpretarse como efecto producido por una pequeña dovela en profundidad.



Unas fallas oblicuas al flanco oriental del Anticlinal de Oiba, al parecer de corto desplazamiento, dislocan las capas yesíferas.

Sobre el costado sur de la loma Yesera ocurre una falla normal de escaso salto pero fácilmente detectable por un nivel calcáreo margoso que afecta. Una falla posible que se observa en la terminación periclinal del núcleo del Anticlinal de Arcabuco, sitio donde a pesar de la abrupta flexión que hacen las capas de arenisca parece que en esta parte el “doblez” no hubiese logrado realizarse.

Sobre el flanco occidental del Anticlinal de arcabuco señalo Burgl (1954) la existencia de una falla cuyo salto disminuiría hacia el sur hasta llegar a desaparecer en las zonas próximas a la Loma de la Yesera; el desarrollo de la mencionada falla, si inversa debería manifestarse de algún modo, hecho que no se observa ya que a lo largo del flanco occidental del núcleo del Anticlinal de Arcabuco los niveles limolíticos grises se superponen sin variación a las areniscas.

4. DESCRIPCION DE LAS SECCIONES LEVANTADAS

4.1 SECCION SECTOR VEREDA PIJAOS

Esta sección fue realizada en la carretera que conduce de el pueblo de Cucaita a la vereda pijao Anexo (B), se realizo en los afloramientos en los cuales se lograra ver la estratificación y características de la roca, en algunos sectores de esta vía fue imposible seguir levantando la columna por encontrarse la roca totalmente meteorizada ó estar cubierta por vegetación, la disposición general de los estratos es hacia NE/SE. Se presenta una familia de diaclasas con disposición N42E/60SW. Para esta sección de lograron identificar 2 conjuntos A y B agrupados en 5 segmentos de base a techo. Esta Formación es correlacionable con la Formación Plaeners y parte inferior de la Formación arenisca tierna del Grupo Guadalupe Pérez y Salazar (1978).

Conjunto A :

Lodolítico y arenoso, localmente conformado por los segmento 1-3.

Segmento 1

Este segmento se encuentra a la base de la columna levantada, tiene un espesor de 38m y se compone de lodolitas grises verdosas claras, silíceas, la estratificación es masiva con estratos de 5 a 10 cm, el contenido de mica blanca varia de 1-5% aumentando hacia la base, se observa la presencia de foraminíferos de forma alargada del genero *orthokarstenia* en un porcentaje de 5-2%, y restos de peces tales como vertebras, espinas (Fig. 8) y escamas en un porcentaje similar al de los foraminíferos, estos porcentajes disminuyen hacia el techo.



Fig.8 Lodolita gris verdosa con espinas de pez.

Segmento 2

Descansa concordantemente sobre el segmento 1, tiene un espesor de 18.4 m, se compone de arenitas finas y lodolitas. En la parte basal de encuentran un estrato el cual mide 20cm de cuarzoarenitas de grano fino, color amarillento, debido a la oxidación, fosfatadas y masivas, seguida de un paquete de lodolitas grises verdosas oscuras. Se pueden observar micas blancas las cuales varían su proporción entre 1-2%, no se observan estructuras internas, con estratificación plana paralela, con estratos de 6 -10 cm, además de estructura nodular, la presencia de restos de peces es escasa y solo se encuentran escamas en una proporción de hasta 2%. Sobre este en contacto neto, se encuentra un paquete de cuarzoarenitas fosfatadas de grano fino, color amarillento, masiva, los estratos varían entre 20 - 50 cm (Fig.9).



Fig. 9 Intercalación de lodolitas y cuarzoarenitas. Nótese la dureza de las areniscas en comparación con las lodolitas.

Segmento 3.

El contacto con el segmento 2 es concordante neto, posee un espesor de 20.6m, se compone de intercalaciones de lodolitas grises verdosas oscuras, con poco contenido de mica blanca máximo 1%, sin estructuras internas, con lodolitas silíceas de color gris oscuro (frescas) a café oscuro (meteorizada) (Fig.10), con una estratificación masiva, estas son ricas en foraminíferos de forma alargada del genero *orthokarstenia* ver Anexo(A), los cuales siguen la estratificación de la roca llegando a constituir hasta un 30% de la misma. Con partidura rombohedral.



Fig.10 Intercalaciones de lodolitas grises verdosas con lodolitas silíceas. Nótese lo masivo de los estratos y las diaclasas perpendiculares a la estratificación

Conjunto B.

Lodolitoarenoso, arenítico y silíceo, se encuentra representado en los segmentos 4 y 5.

Segmento 4.

El contacto con el segmento 3 se encuentra cubierto, en la parte descubierta posee un espesor de 2.2m, se compone en la parte basal de una limonita arenosa grisácea, con un espesor de 1.40m, con laminación plana paralela. Sobre ella se encuentra en contacto neto, una lodolita gris claro, con un espesor de 25 cm, con laminación plana paralela. Sobre ellas en contacto transicional, se encuentra una limolita arenosa de color gris verdoso, con laminación plana paralela y presencia de micas claras hasta en un 10%, se presentan estratos con espesores de 10-

30cm y una leve bioturbación paralela a la laminación (Fig. 11), así mismo presenta conos encajados una estructura diagenética (Fig.12).



Fig. 11 Lodolita arenosa gris verdosa con laminación plana paralela y bioturbación.



Fig. 12. Lodolita arenosa mostrando un cono encajado.

Segmento 5.

El contacto con el segmento 4 se encuentra cubierto, en la parte descubierta posee un espesor de 17.9m, se compone de lodolitas silíceas de color café oscuro a gris oscuro, con laminación plana paralela y presencia de foraminíferos de forma alargada del genero *orthokarstenia*, en un porcentaje bajo máximo un 5%, escamas y espinas de pez en una proporción similar. Intercaladas con lodolitas grises, con laminación plana paralela, en estratos de espesores 10-20 cm (Fig. 13). En la parte superior se presentan cuarzo arenitas de grano fino bien seleccionadas de color blanco que al meteorizar dan un color amarillento, masivas y con impresiones de bivalvos.



Fig.13 Interestratificaciones de lodolitas silíceas y lodolitas grises

4.2 SECCION VEREDA LAS JUNTAS

Esta sección se levanto por la vía que conduce a la vereda las juntas, 1 km antes de llegar al puente de desvió hacia la carretera que conduce a el pueblo de Motavita, Anexo (B). La disposición general de los estratos es hacia el NE/SE. Se presentan 3 familias de diaclasas con disposiciones N35W/75NE, N50W/78NE y N70W/70NE las cuales se vuelven mas constantes hacia la base de la columna. Pasando el puente de la quebrada Honda, los estratos cambian su buzamiento hacia el NW por tal motivo no se siguió el levantamiento para no repetir secuencias. Para esta sucesión se identificaron 6 segmentos agrupados en 2 conjuntos, denominados A y B de base a techo. Esta sucesión de estratos se puede correlacionar con la parte superior de la Formación Conejo Renzoni (1981). La morfología de esta zona es de colinas suaves y redondeadas, con drenajes poco pronunciados y vegetación baja de tipo pastos (Fig. 14)

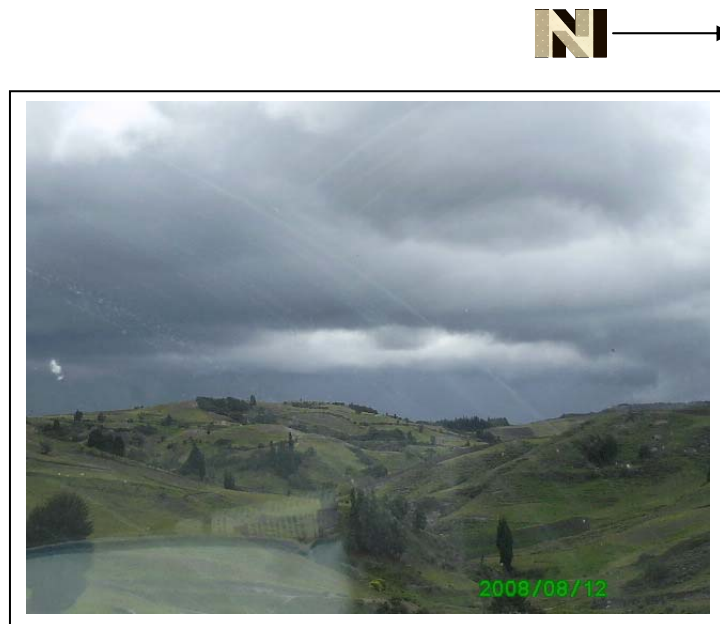


Fig. 14 Morfología de la parte superior de la Formación Conejo en el área de estudio.

Conjunto A

Lodolítico – arenoso se encuentra representado por el primer segmento de base a techo.

Segmento 1.

Constituido por lodolitas negras a gris oscuro, con buena fisilidad y arenitas de cuarzo fosfatadas, de grano fino y color amarillento compacta, cementada con espesores de 10-30 cm, y presencia de impresiones de bivalvos (Fig. 15).



Fig. 15 Lodolitas negras con esporádicas intercalaciones de Arenitas fosfáticas

Conjunto B.

Arcilloso, limonítico y arenoso esta representado por los segmentos 2-6

Segmento 2.

El contacto con el segmento 1 se encuentra cubierto, posee un espesor de 12.84m, consta de limonitas de color gris oscuro, presencia de micas con un tamaño de grano muy fino. Dichas limonitas se presentan en estratos de 4-15 cm, con foraminíferos de forma globosa del género *Globigerina*.

Segmento 3.

El contacto con el segmento 2 se encuentra cubierto, en la parte expuesta posee un espesor de 13.3m, consta de limonitas de color gris a café con presencia de micas hasta en un 10%, laminación plana paralela y nódulos de óxidos de hierro. Intercaladas con lodolitas grises oscuras, con laminación plano paralela y estructura nodular, con presencia de impresiones de Amonites (Fig. 16), bivalvos, restos de peces y foraminíferos planctónicos del género *Globigerina* Ver anexo (A). Los estratos poseen espesores que varían entre 5-15cm.



Fig.16 Lodolita gris oscura mostrando una impresión de amonite indeterminada.



Segmento 4.

El contacto con el segmento 3 se encuentra cubierto, en la parte expuesta posee un espesor de 5.8m, consta de limonitas de color gris oscuro a café, con presencia de micas y laminación plana paralela. Intercaladas con lodolitas grises con laminación plana paralela y micas en una baja proporción 1 %, además hay presencia de impresiones de bivalvos.

Segmento 5.

El contacto con el segmento 4 se encuentra cubierto, en la parte expuesta posee un espesor de 7.3m. Consta de limonitas de color gris a café, con laminación plana paralela. Intercaladas con lodolitas grises oscuras, con laminación plana paralela e impresiones de Amonites. Hacia la base se presenta un estrato de cuarzoarenitas de color amarillento, compacta y sin estructuras internas. El contacto con las lodolitas es neto.

Segmento 6.

El contacto con el segmento 5 se encuentra cubierto, en la parte expuesta posee un espesor de 14.2m, consta de lodolitas grises oscuras, con laminación plana paralela, micas en un porcentaje de hasta 1%, presencia de foraminíferos plantónicos de forma globosa del genero *Heterohelix* y *Hedbergella* junto con foraminíferos bentónicos, en una muy baja proporción de la familia Nodosariidae ver anexo (A), restos de peces y impresiones de Amonites; intercaladas con lodolitas grises silicificadas masivas.

4.3 SECCION SORA

Esta sección fue levantada en cercanías al corregimiento de Sora en el sitio denominado alto de las cruces. Para esta sucesión se identificó un conjunto denominado aquí A, dividido en 3 segmentos. En el sector se presentaba un anticlinal en el cual se levanta la columna por un flanco. La disposición general de los estratos es hacia el NE/SE. Se presenta una familia de diaclasas con disposición N35W/61NE. Esta sección se puede correlacionar con la parte media de la Formación Conejo o Miembro Cucaita Etayo-Serna (1968). La geomorfología del área está representada por colinas redondeadas de colores blancuzcos y con poca vegetación (Fig. 17)

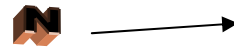


Fig. 17 Morfología de la Formación Conejo en el área de estudio

Conjunto A

Lodolítico, arenoso y calcáreo representado en los segmentos 1-2

Segmento 1.

Se presenta a la base de la columna levantada tiene un espesor de 26.6m, esta constituido por calizas esparíticas, masivas de color negro a verde oscuro, pero cuando están meteorizadas café, los estratos varían en espesores de 20-50cm, con presencia de conchas de bivalvos (Fig. 18) y concreciones elipsoidales de hasta 1m de diámetro (Fig. 19), en las cuales se pueden encontrar amonites en buen estado del genero *Forresteria* sp y *Peroniceras* sp Ver anexo (A), y al golpearlas estas emanan olor a hidrocarburos. El hallazgo de estos fósiles le dan una edad Cenomaniana a este intervalo.



Fig.18 Caliza lodosa fosilífera masiva. Nótese la gran cantidad de restos de conchas.



Fig. 19 Concreción mostrando una amonite, la cual ha sido destruida por la meteorización. Nótese el tamaño centimétrico de las concreciones.

Segmento 2.

Este segmento se encuentra en contacto neto con el segmento anterior, tiene un espesor de 47m, se encuentra constituido a la base por shales negros calcáreos, con presencia de escamas de pez y foraminíferos de forma alargada de la familia Buliminidae Anexo(A), además de nódulos de hasta 13cm de diámetro. Hacia la parte media y superior se encuentran limonitas grises a negras, con buena fisilidad. El contenido de micas varía de 4-10% haciéndose mayor hacia el techo, así mismo se encuentran restos de peces. Intercaladas con las limonitas se encuentran arenas calcáreas a calizas arenosas (Fig. 20), de colores negros a verdosos oscuros o cafés con sectores blancuscos cuando estas están meteorizadas, con buena fisilidad, bioturbación del tipo madrigueras y concreciones de hasta 70 cm Fig. (21), en las cuales se encuentran restos de peces, bivalvos, amonites y gasterópodos.



Fig.20. Intercalaciones de shales negros con arenitas calcáreas. Nótese la buena fisilidad de las arenas y lo fracturado de la roca

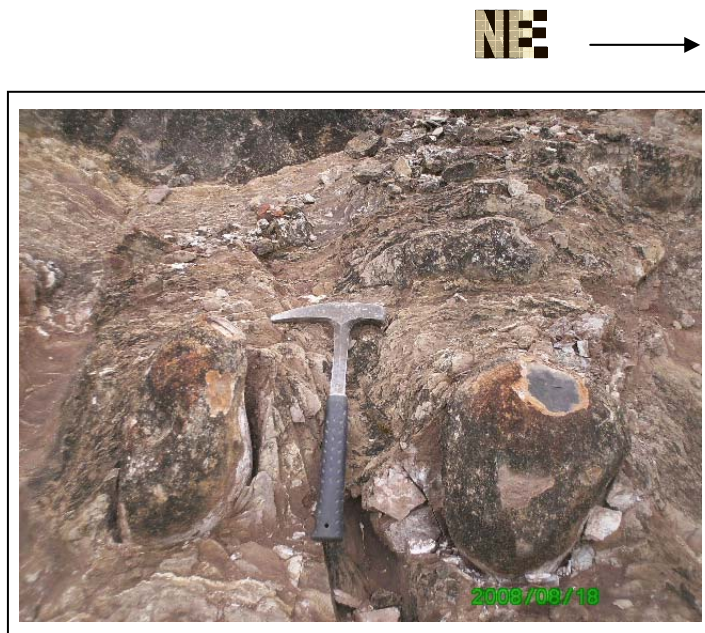


Fig. 21. Arena calcárea. Nótese las concreciones siguiendo la estratificación y la buena fisilidad

4.4 SECCIÓN SECTOR SAMACA

Esta sección fue levantada por un camino de desvío es el sector conocido como ladrilleros, Ver anexo (B). Para esta sección se identificaron 5 segmentos agrupados en 3 conjuntos (A, B y C). El conjunto A es correlacionable con la parte mas superior de la Formación Churuvita Etayo-Serna (1968), el conjunto B se correlaciona con la Formación San Rafael Etayo-Serna (1968), y el Conjunto C se correlaciona con la parte baja de la formación Conejo Renzoni (1981). En este sitio los estratos presentan una disposición hacia el NE/SE. Se presenta una familia de diaclasas con disposición N42W/85NE, las cuales se encuentran rellenas por óxidos de hierro. La morfología de la zona esta dada por colinas suaves y redondeadas (Fig.22).

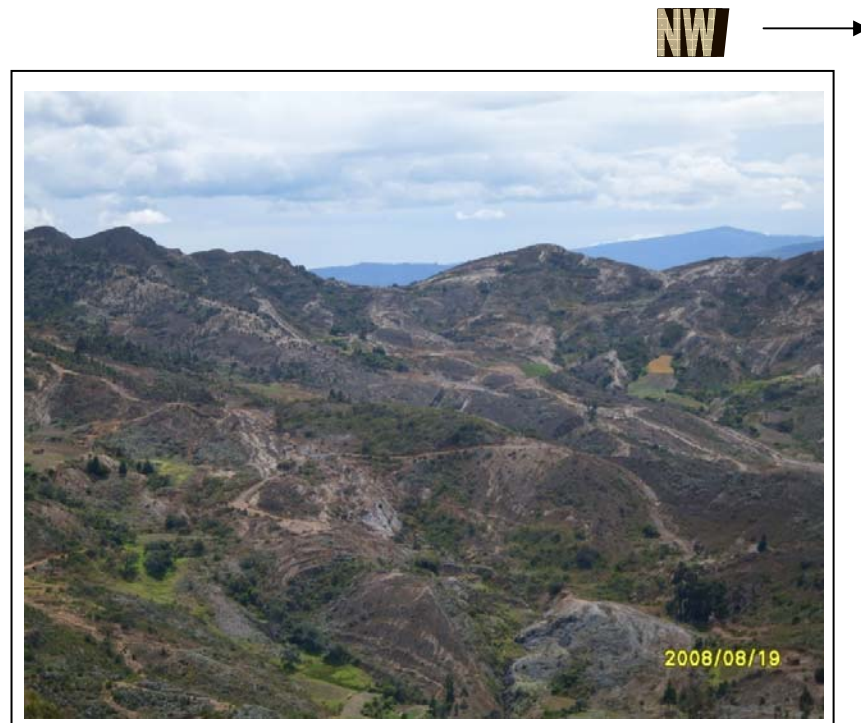


Fig.22. Morfología de las Formaciones Churuvita y San Rafael en el área de estudio

Conjunto A.

Lodolítico y arenoso se encuentra representado por el primer segmento de base a techo.

Segmento 1.

Se encuentra a la base de la columna levantada, posee un espesor de 35.8m, esta constituido por lodolitas grises verdosas oscuras, laminación plana paralela, con variaciones a limonita arenosa, con un porcentaje de micas que varia de 5-20% haciéndose mayor hacia los contactos con las cuarzoarenitas finas, de colores amarillentos a crema, bien seleccionadas, en estratos que varían entre 20 cm - 2m, con las cuales se encuentran intercaladas. Los contactos entre estas son netos.

Conjunto B

Lodolítico, calcáreo y arenoso. Esta representado por los segmentos 2-4.

Segmento 2.

Se encuentra en contacto neto con el segmento 1, posee un espesor de 23 m, esta constituido por lodolitas negras con buena fisilidad, presencia de concreciones de hasta 20cm (Fig. 23) de diámetro, en las cuales se pueden encontrar amonites de la familia Pseudotissotiinae y algunas del genero *Benueites* sp?. Además en los estratos superiores se presentan foraminíferos no conservados, e impresiones de bivalvos del genero *Mytiloides* sp ver Anexo(A), intercaladas con capas de fragmentos fosfáticos cementados por esparita, de colores amarillentos a blancuzcos por la meteorización, en espesores de hasta 60 cm.



Fig.23 Lodolitas negras con concreciones a la base del segmento 2.

Segmento 3.

Se encuentra en contacto neto con el segmento 2 (Fig. 24), posee un espesor de 25.2m, hacia la base se encuentra constituido por lodolitas grises oscuras con laminación plana paralela, fosfatos en una proporción de hasta el 2%; el contenido de micas alcanza hasta el 3 %, buena fisilidad. Se presentan foraminíferos poco conservados de los cuales solo se logra ver las impresiones, además de escamas de pez, impresiones de bivalvos, impresiones de amonites del genero *Germaniceras?* (ver anexo A), por lo cual se le asigna una edad Turoniano. Hacia la parte superior se encuentran un estrato de cuarzo arenitas, finas, masivas de color amarillento, con un espesor de 80 cm, en contacto transicional a la base con lodolitas grises oscuras y al techo con una capa de arcillolitas grises de color claro con buena fisilidad.



Fig.24 Contacto entre los segmentos 1,2 y 3

Segmento 4.

El contacto con el segmento 3 se encuentra cubierto, en la parte descubierta presenta un espesor de 15.6m, consta de porcelanitas de colores grises con partidura en rombo, masivas, con estratos en espesores de 10-15cm, en los cuales se pueden encontrar eventualmente impresiones de amonites.

Conjunto C

Lodolítico y arenoso compuesto por el segmento 5.

Segmento 5.

El contacto con el segmento 4 es neto, hacia la parte inferior consta de un paquete de 16.8m de lodolitas de color gris oscuro, con buena fisilidad, con un contenido

de micas hasta de 1%, intercaladas con un estrato de cuarzoarenita de grano fino, bien seleccionada, masiva, de 1m de espesor, de color amarillento. Hacia la parte media se presenta un paquete de lodolitas grises oscuras, de 35m de espesor, con buena fisilidad, las cuales hacia el techo se vuelven arcillosas, con presencia de impresiones de bivalvos y escamas de pez. Hacia la parte superior se presentan en contacto neto, un paquete de lodolitas grises oscuras, con buena fisilidad, presencia de foraminíferos no conservados y escamas de pez. Intercaladas con cuarzo arenitas de grano fino (Fig. 25) bien seleccionadas, masivas, fosfatizadas, en estratos de hasta 50cm de espesor, con presencia de conchas de bivalvos, y cuarzo recristalizado (Fig. 26).



Fig.25 Intercalaciones de lodolitas grises y cuarzoarenitas fosfáticas



Fig.26 cuarzo recristalizado en la formación conejo. Notese el tamaño centimetrico de los cristales

5. ANALISIS FACIAL

Partiendo del concepto de *facies* como el conjunto de características litológicas, de estructuras físicas y biológicas similares, diferenciables a escala de muestra de mano, y definidas así con el objetivo final de deducir una interpretación ambiental (Walker & Plint, 1992), se han definido facies para cada una de las secciones levantadas de acuerdo a las descripciones de campo hechas. Para el nombre de facies se utilizaron letras descriptivas de las principales características de la roca, siendo el primer componente el tipo de litología y el segundo su cualidad a resaltar, como por ejemplo **Sh** será un shale, **Shm** será un shale margoso, **Am** será una arcillolita masiva, **LI** será una limonita o lodolita laminada, **Sm** será una arenita masiva, **Lm** será una lodolita masiva, **Ls** será una lodolita silícea

5.1 DESCRIPCION DE FACIES

En las secciones anteriormente descritas se distinguen y describen las siguientes Facies:

5.1.1 Facies Sh (shale)

Está representada por lodolitas de colores negro a gris claro, con buena fisilidad, además pueden poseer laminación plana paralela. Se pueden presentar fosfatos los cuales están asociados a restos de amonites y espinas de pez. Las impresiones de bivalvos y foraminíferos plantónicos también pueden estar presentes.

Se interpreta, como trasportada en suspensión y depositada por asentamiento de partículas, en condiciones anoxicas, en donde las corrientes no actúan o son de



muy baja energía. El origen de los fosfatos es interpretado, como aportados por restos de peces y reemplazamiento posterior en las amonites.

5.1.2 Facies Shm (Shale margoso)

Facies constituida por shales calcáreos de color predominantemente gris oscuro, en ocasiones negro grisáceo. Se puede encontrar laminación plano paralela discontinua a continua o estratos sin una laminación visible, con acumulación de foraminíferos bentónicos y restos de amonites como el *Apticus* (Ver anexo A), además en algunos sitios puede presentar nódulos o concreciones calcáreas.

Por las características antes mencionadas se interpreta, como originada por procesos tanto físicos (precipitación por pérdida de energía de las corrientes transportantes) y procesos geoquímicos o biológicos, los cuales hacen posible la precipitación de carbonatos junto con las partículas terrígenas constituyentes de la armazón de la roca.

5.1.3 Facies LI (Lodolita laminada)

Representada por arcillolitas de colores grises oscuros, claros a verdosos con laminación plana paralela, en las cuales se encuentran leves variaciones en el contenido de micas llegando a ser limoníticas.

Por sus características es interpretada, como transportada en suspensión y depositada por asentamiento de partículas, por pérdida de energía del medio, con fluctuaciones en el aporte de materia orgánica y minerales arcillosos. Según Blatt, Middleton and Murray (1980:134) la laminación se puede dar por cambios físicos o químicos en la depositación.



5.1.4 Facies Lal (Limolita arenosa laminada)

Se encuentra representada por limolitas principalmente arenosas con colores grises verdosos, con laminación plana paralela y con presencia de bioturbación siguiendo la estratificación.

Según sus características se interpreta como transportada en suspensión y posteriormente depositada por asentamiento de partículas, debido a pérdida de energía del medio, con fluctuaciones en el aporte de material arenoso y arcilloso.

5.1.5 Facies Lacf (Lodolita arenosa calcárea fisil)

Esta constituida por lodolitas, con colores grises verdosos a café cuando se encuentra meteorizada, en las cuales se presenta un porción de arena aproximadamente en un 30% con un tamaño de grano fino, con cuarzo en formas subangulares a subredondeados. Posee buena fisilidad y muestra presencia de carbonatos como cementante. Se observan evidencias de bioturbación del tipo madrigueras. Es frecuente la presencia de restos de peces, bivalvos en especial ostreas y concreciones calcáreas.

Esta facies se interpreta, como el producto de la interacción de depositación clástica, por asentamiento de partículas y depositación química, por precipitación directa de carbonatos en aguas tranquilas con una tasa de sedimentación baja, lo cual propicia la bioturbación.

5.1.6 Facies Lm (Limonita masiva)

Limonita exclusivamente masiva, de color gris oscuro a gris claro, con fractura concoidea, localmente puede tener una fracción arenosa, su espesor varia de 5



hasta 20cm en estratos principalmente tabulares.

Las características litológicas y texturales sugieren un transporte en suspensión y depositación por asentamiento de partículas tamaño lodo, debido a la pérdida de energía del medio. El aspecto masivo según Blatt, Middleton y Murray (1980:134) puede ser ocasionado por destrucción de la laminación por organismos retrabajadores del sedimento.

5.1.7 Facies Lsm (Iodolita silícea masiva)

Representada por Iodolitas silíceas, de colores grises a cafés, con variaciones en la cantidad de sílice, llegando a alcanzar la proporción de un chert. Principalmente masiva, en estratos tabulares, fractura concoidea. Se pueden encontrar fósiles de foraminíferos de forma alargada bien conservados.

Esta facies se asocia a periodos de muy baja o no depositación clástica, en donde la geoquímica varía adquiriendo gran silicidad, a partir de la cual se deposita la sílice en forma coloidal. Aunque también se puede formar por acumulación de testas o especulas silíceas de radiolarios y esponjas, o por diagénesis y reemplazamiento de calizas. Para este caso la interpretación más acorde sería una depositación bioquímica de restos de organismos silíceos.

5.1.8 Facies Lsl (Iodolita silícea laminada)

Está constituida por Iodolitas silíceas, de colores cafés a grises oscuros, con laminación plana paralela; con contenido de foraminíferos bentónicos y alguna presencia de bioturbación siguiendo la estratificación de la roca. Esta facies se interpreta, como originada por precipitación de organismos silíceos junto con



materia orgánica, en donde existen periodos en los cuales hay variación en el aporte de los mismos lo cual originaria la laminación.

5.1.9 Facies Pm (porcelanita masiva)

Consiste de porcelanitas de colores grises oscuros, negros a cafés, de hasta 15cm, masivas, con partidura en rombo, en estratos tabulares, en los cuales ocasionalmente se encuentran impresiones de amonites.

Se puede interpretar de la misma forma que la Facies Lsm.

5.1.10 Facies Sm (arenita masiva)

Correspondientes a cuarzoarenitas, masivas, de tamaño de grano fino a medio, con contactos transicionales a netos, colores amarillentos, con buena selección, en paquetes de hasta 50cm y estratos de forma tabular.

Se interpretan, como el producto de sedimentación en caída de energía de las corrientes que transportan los materiales, lo cual ocasiona una depositación en suspensión, pero sin sufrir transporte posterior. Según Reineck & Singh (1980:30) el aspecto masivo de los sedimentos arenosos puede ser por la depositación rápida, en donde el material es acumulado como una masa homogénea. Aunque su estructura masiva puede también ser interpretada como perdida de las características primarias de la roca por el retrabajamiento de organismos.



5.1.11 Facies Smf (arena masiva fosfática)

Están representadas por cuarzoarenitas, de colores amarillentos a naranja claro, de tamaño de grano fino a medio, bien seleccionadas, en paquetes de 15-20 cm, de forma tabular, masivas, las cuales se observan fosfáticas gracias al contenido de conchas, las cuales están enriquecidas en este componente. En algunas capas se puede observar cuarzo recristalizado.

Estas facies se interpretan de una manera similar a las facies Sm, pero adicionalmente se tiene un enriquecimiento en fosfatos. Según Leeder (1999) esto ocurre en periodos en los cuales en las aguas se produce la muerte de organismos ricos en este componente, lo cual produce dicho enriquecimiento en el agua, que posteriormente reemplaza fases carbonatadas previas.

5.1.12 Facies Clm (Calizas lodosa masiva)

Corresponde a calizas masivas, compactas, de colores gris oscuro a negro en muestra fresca, o verdoso en roca no fresca, el tamaño de grano varia desde limo a arena fina, los estratos son generalmente tabulares de hasta 1.2m de espesor, los cuales presentan concreciones calcáreas de hasta 1m de diámetro, en las cuales se pueden encontrar amonites en buen estado, así mismo presenta presencia de conchas de bivalvo en especial ostreas.

Según Blatt, Middleton y Murray (1980) el origen del carbonato tamaño arcilla, puede tener tres orígenes: abrasión mecánica o biológica de grandes partículas, precipitación inorgánica directa del agua de mar o precipitación de restos de organismos calcáreos. Para este caso las tres opciones pueden estar presentes.



5.1.13 Facies Cf (caliza fosfática)

Representada por calizas masivas, de colores grises oscuros a amarillentos por la meteorización, en estratos de hasta 60 cm de espesor, con fragmentos fosfáticos presentes en conchas, con tamaño de grano predominantemente limo. no presenta estructuras internas, pero se logran encontrar concreciones calcáreas, en las cuales se pueden encontrar amonites y bivalvos. La interpretación del origen de estas Facies es la misma que para las Facies Clm y el origen de los fosfatos se interpreta como reemplazamiento de fosfatos por carbonatos en las conchas de bivalvos.

5.2 ASOCIACION DE FACIES

5.2.1 Sector Sora

5.2.1.1 Asociación de facies (Carbonatos y Shales)

En este sector se presenta una sola asociación de facies, la cual corresponde a la base, de la facies Clm (caliza lodosa masiva) y hacia la parte media y superior, intercalaciones entre la Facies Shm (shale margoso) y la facies Lacf (Lodolita arenosa calcárea fisil).

Los rasgos, texturales y biológicos observados permiten interpretar esta asociación de facies, como un ambiente marino de baja energía, en donde los sedimentos fueron transportados en suspensión por debajo del nivel de acción de olas; en el cual el material detrítico era aportado por esporádicas corrientes y posteriormente depositado sin retrabajamiento. En este tipo de ambiente según (Wright & Burchette, 1996) tanto la sedimentación química como la terrígena se



presentaban. Este ambiente fue reductor evidenciado en los colores predominantemente oscuros de las rocas asociadas producido por la buena conservación de la materia orgánica. El hallazgo de foraminíferos bentónicos de la familia Textularidae asociados a fósiles de amonites del genero *Peroniceras* sp y *Forresteria* sp, gasterópodos, bivalvos del genero *Inoceramus* sp y peces bien conservados, sugiere unas condiciones en las cuales la vida estaba presente tanto en la columna inferior como en la columna superior de agua, con condiciones de baja oxigenación en la parte inferior y bien oxigenadas en la parte superior. La buena conservación de los fósiles confirma la hipótesis de un ambiente tranquilo, con una depositación en suspensión sin un posterior transporte.

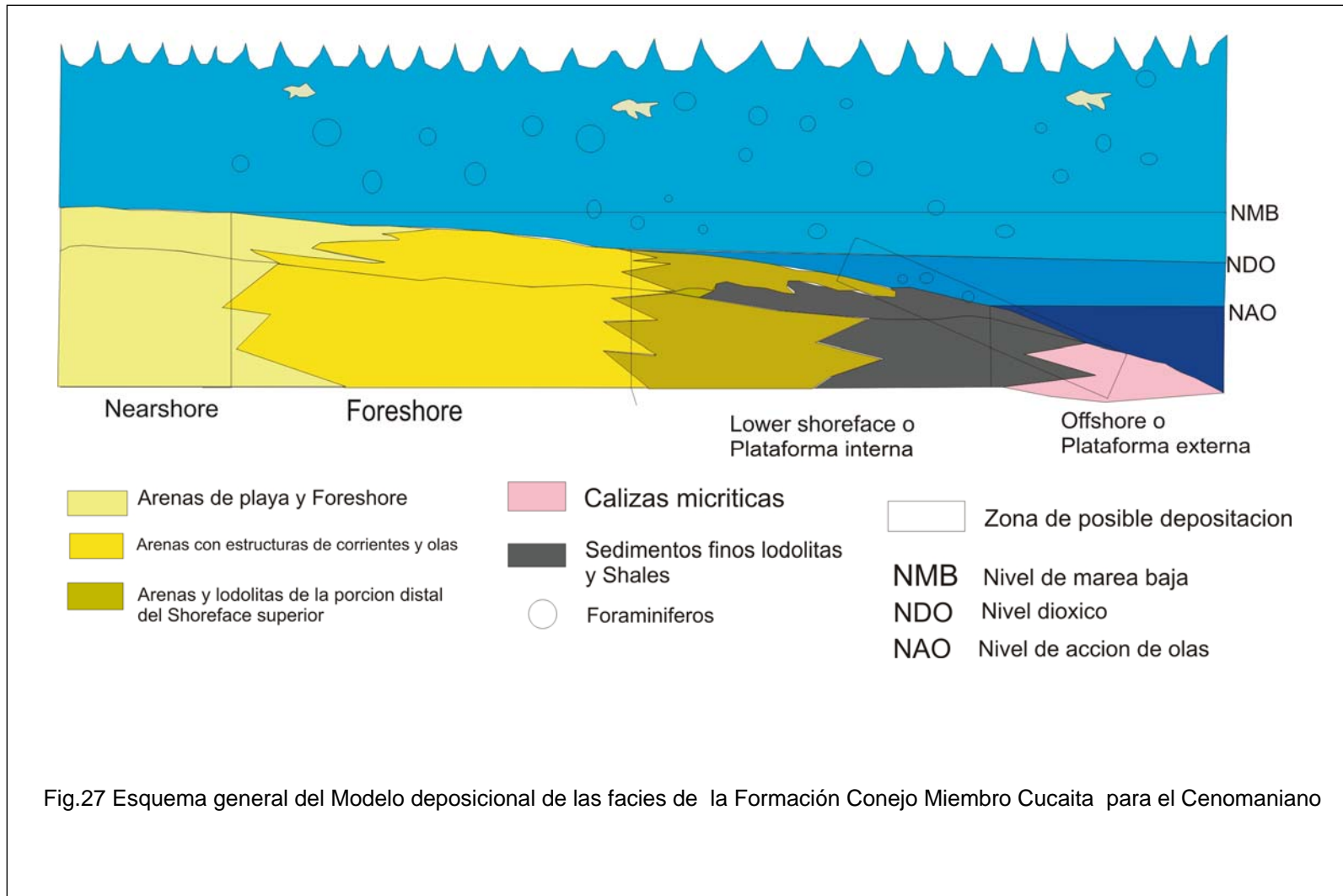
5.2.1.2 Interpretación paleoambiental para este sector

El bajo aporte de material terrígeno cuya porción se puede ver controlada por bajo relieve continental o por una plataforma muy amplia de pendiente muy suave, es condición especialmente favorable para la producción de los sedimentos calcáreos según (Tucker and Wright, 1990). Esta situación debió presentarse durante la época de depositación de la formación estudiada.

El tamaño lodo predominante en las facies, indica un deposito de material en un medio de baja energía en el fondo, en el cual hubo pequeñas y periódicas variaciones en el nivel del mar, evidenciado en los cambios de condiciones anoxicas (Facies Shm y Clm) en donde la actividad biológica fue baja, variando a condiciones relativamente oxigenadas, Facies (Lacf) con una tasa de sedimentación baja, en donde la actividad biológica era mas alta y se podían encontrar organismos retrabajadores del sedimento, como lo sugieren la presencia de la icnofacies *Thalassinoides*.



Las anteriores texturas y estructuras analizadas según Ramírez & Ramírez (1994) en estudios hechos en el Valle del Magdalena, sugieren un ambiente de depósito en un ambiente de plataforma media (*Lower shoreface*), dominado por sedimentación fina (Johnson & Baldwin, 1996).



5.2.2 Sector Samacá

En este sector se presentan 3 asociaciones de facies principales, las cuales se describen a continuación.

5.2.2.1 Asociación de facies (LI, Lm y Sm)

Las facies LI se presentan principalmente a la base de la secuencia, sobre ellas se presentan intercalaciones de las facies Lm y Sm.

Los rasgos principalmente texturales y biológicos permite interpretar esta asociación de facies, como un ambiente de relativa baja energía, en donde las corrientes que llevaban el material terrígeno, variaban en algunos periodos de tiempo su capacidad de transporte, esto se ve evidenciado en los constantes cambios en la granulometría de las asociaciones, con un súbito cambio de energía bajo, a energía alta en periodos en los cuales habían tormentas y depositaban las facies Sm. Para Reineck & Singh (1980: 373) la fuente de arena en las capas tormentosas, las cuales se pueden encontrar hasta los 40 km de la costa se asigna a las arenas costeras, las cuales durante fuertes tormentas son erodadas y transportadas a la región de plataforma por las olas. Además, se evidencia un buen aporte de materia orgánica el cual esta presente en todas las facies excepto en la Facies Sm, confirmando su aloctonia a este ambiente.

5.2.2.2 Asociación de Facies (Cf, Sh, Sm y Pm)

En esta asociación de facies, se encuentran intercalaciones de las facies Cf y Sh pasando luego a la facies Sm, la cual luego pasa nuevamente a la facies Sh, y



esta permanece hasta encontrar la facies Pm.

Los rasgos texturales y biológicos para esta asociación de facies, permiten interpretarla, como un ambiente marino de baja energía, en el cual existieron intervalos de tiempo en el cual la depositación de carbonatos se hizo mas o igualmente importante que la depositación terrígena. Habían esporádicos episodios de depositación de materiales como arenas debido a cambios locales de energía, esto debido según Wright & Burchette (1996) a cambios en el tiempo climático. El hallazgo de las asociaciones de fósiles de hábitos de vida, tanto bentónicos como plantónicos, indica que hubo actividad biológica en la columna de agua tanto superior como inferior, en donde convivieron varias especies de organismos como son los amonites del genero *Germaniceras* ? y *Benuites* ?, foraminíferos plantónicos y bivalvos del genero *Mytiloides* sp. Este inoceramido de habito bentónico según Hallan & Wignall (1997), se caracteriza por vivir en ambientes marinos profundos con una disponibilidad de oxigeno baja. Las pocos organismos bentónicos encontrados hacen pensar en que la subsistencia era difícil y solo los más capacitados sobrevivían, por tal motivo la ausencia de bioturbación indica la nula presencia de organismos cavadores. La variación en el color de las facies Sh, se interpreta como un mayor o menor aporte de material orgánico a la cuenca, tomándose los colores negros como mayor aporte y los colores grises como menor aporte. Finalmente las facies Pm es aquí interpretada como formada por depositación de organismos silíceos, para los que según Blatt, Middleton & Murray (1980:578) en la mayoría de las veces, su remanente orgánico es escaso y ha perdido todos sus detalles. De acuerdo a Higuera & Cuellar (1986) las facies lutitas-caliza-chert arealmente distribuida representa la parte más distal sobre la plataforma continental, lo cual podría adaptarse a esta asociación de facies.

5.2.2.3 Asociación de facies Smf y Sh

Esta asociación de facies se presenta hacia el techo de la sección levantada y esta representada principalmente por intercalaciones de las Facies Smf y Sh.

Los rasgos texturales y biológicos para esta asociación de facies permiten interpretarla, como el producto de un ambiente en el cual las oscilaciones en el nivel del mar eran constantes, originando las intercalaciones entre las facies Sm y Sh. Las Facies Sh representarían ambientes más tranquilos en condiciones energéticas bajas Walker & Plint (1992), en comparación con las facies Sm las cuales se depositaban en un ambiente un poco más agitado, el cual daba lugar a la existencia de organismos retrabajadores del sedimento, los cuales destruían la laminación original de estas facies.

Esta asociación de facies según Johnson & Baldwin (1996) es típica de un ambiente dominado por tormentas, en un área de offshore interno a shoreface externo.

5.2.2.4 Interpretación paleoambiental para esta sección.

Es evidente un ambiente marino en el cual el mar tenía un carácter oscilatorio, evidenciado en un traslape de subambientes, empezando a la base con un subambiente de plataforma principalmente externa (*offshore* medio), en donde la sedimentación se daba en unas condiciones tranquilas, con pequeñas oscilaciones en el nivel del mar y esporádicos episodios tormentosos. Luego se presenta un eventual profundización en la cuenca representando una transgresión, la cual según Hallan & Wignall (1997) originan la dispersión de aguas anoxicas y por ende la muerte de muchas especies bentónicas y algunas plantónicas (Figs 27 y 28) generando un enriquecimiento en fosfatos, los cuales según Leeder



(1999:73) marcan periodos de mortalidad en masa. Las condiciones se vuelven mucho más tranquilas domina la sedimentación fina, la productividad de carbonatos decrece por la poca actividad biológica de organismos productores de estos y profundización en la cuenca. Según Higuera y Cuellar (1986) en estudios hechos para el Cretácico en el área de Ortega-Tetuán, la asociación facial presente representaría la parte más distal de una plataforma continental (*offshore* externo). Posteriormente hubo un cambio radical en el ambiente en donde los sedimentos evidencian un cambio en las condiciones energéticas del sistema (regresión), pasando a una plataforma dominada principalmente por sedimentación de arenas bioturbadas, lo cual representa una somerización del ambiente representando según Johnson y Baldwin (1996) un ambiente de *offshore* interior a *shoreface* exterior.

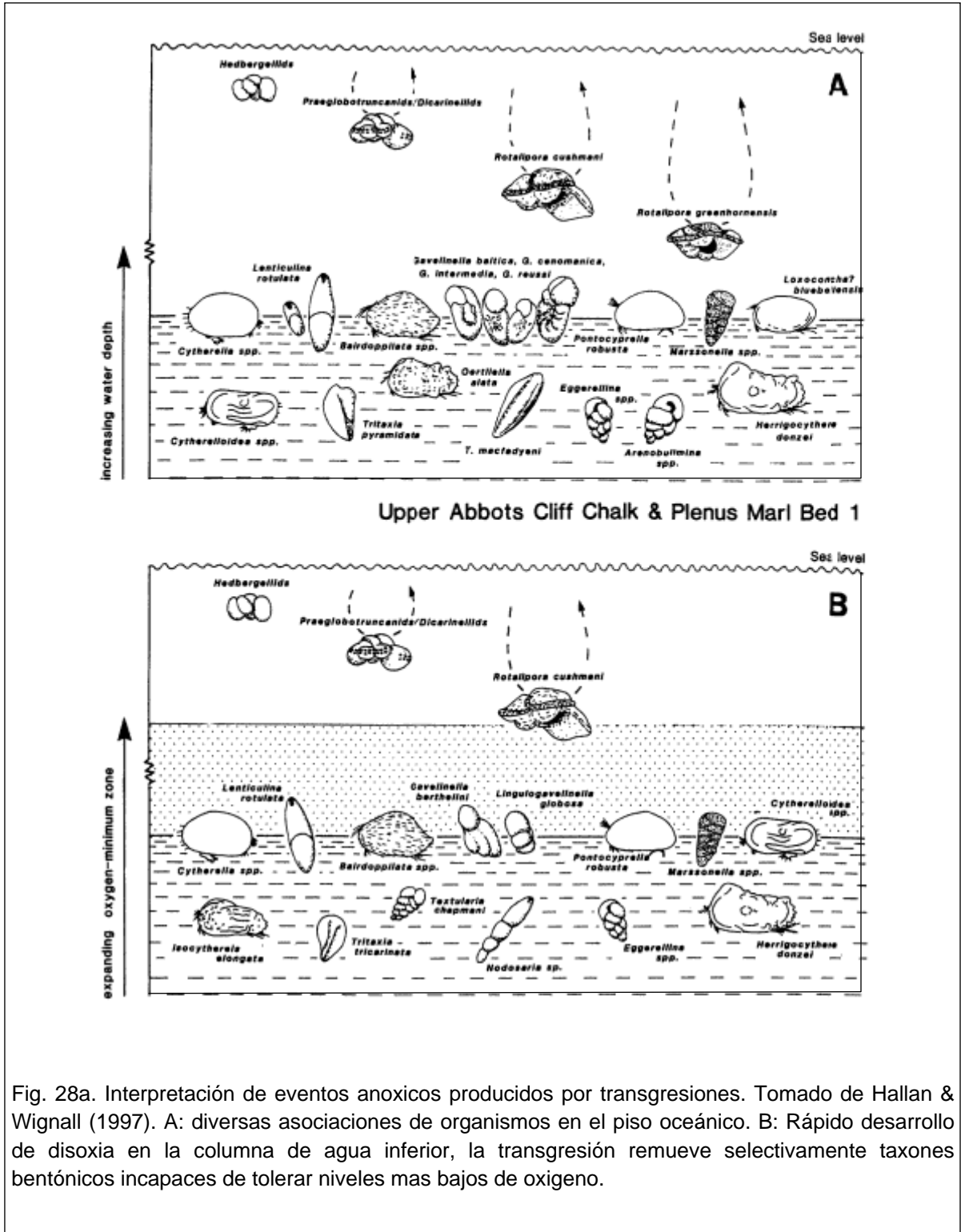


Fig. 28a. Interpretación de eventos anoxicos producidos por transgresiones. Tomado de Hallan & Wignall (1997). A: diversas asociaciones de organismos en el piso oceánico. B: Rápido desarrollo de disoxia en la columna de agua inferior, la transgresión remueve selectivamente taxones bentónicos incapaces de tolerar niveles mas bajos de oxígeno.

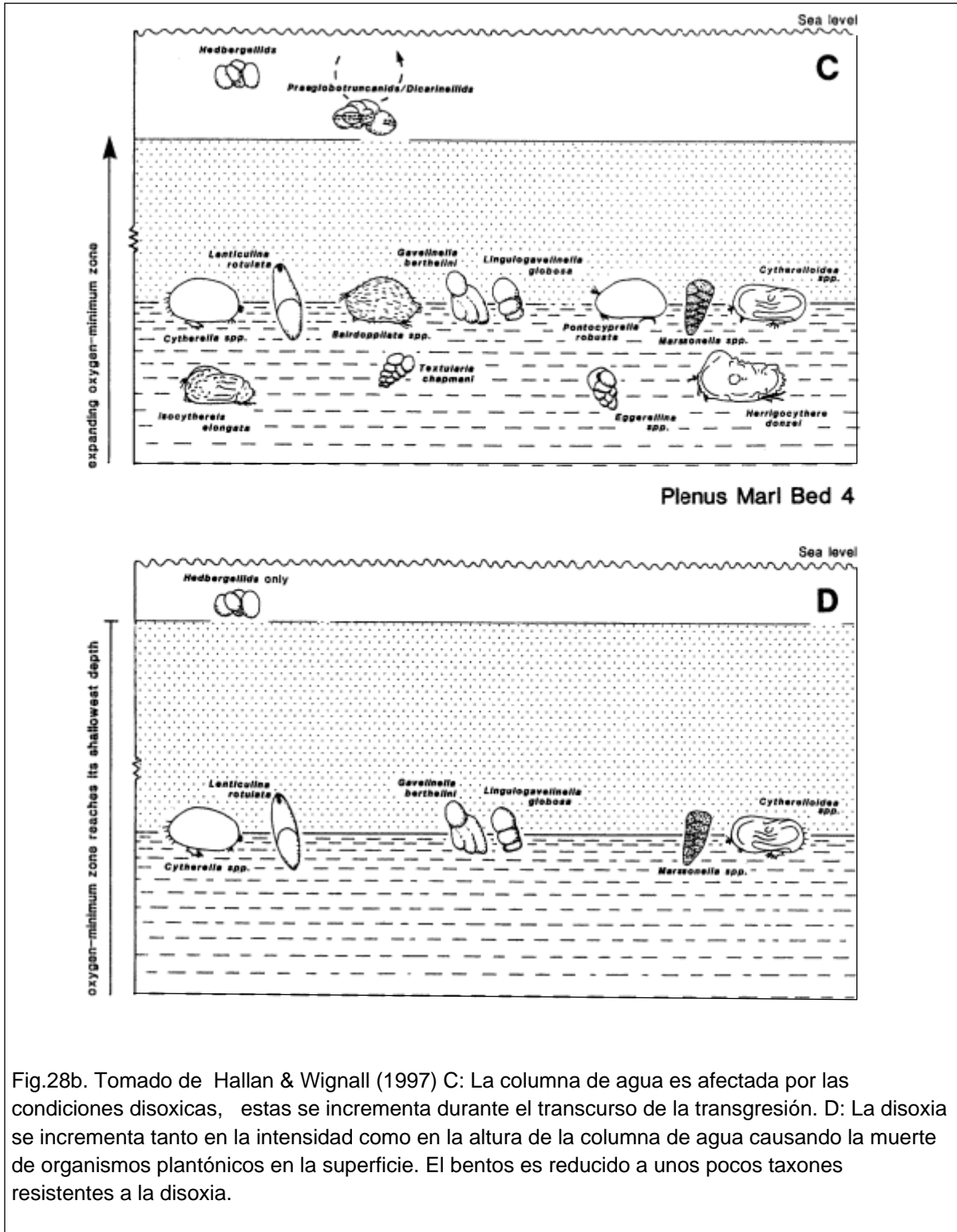
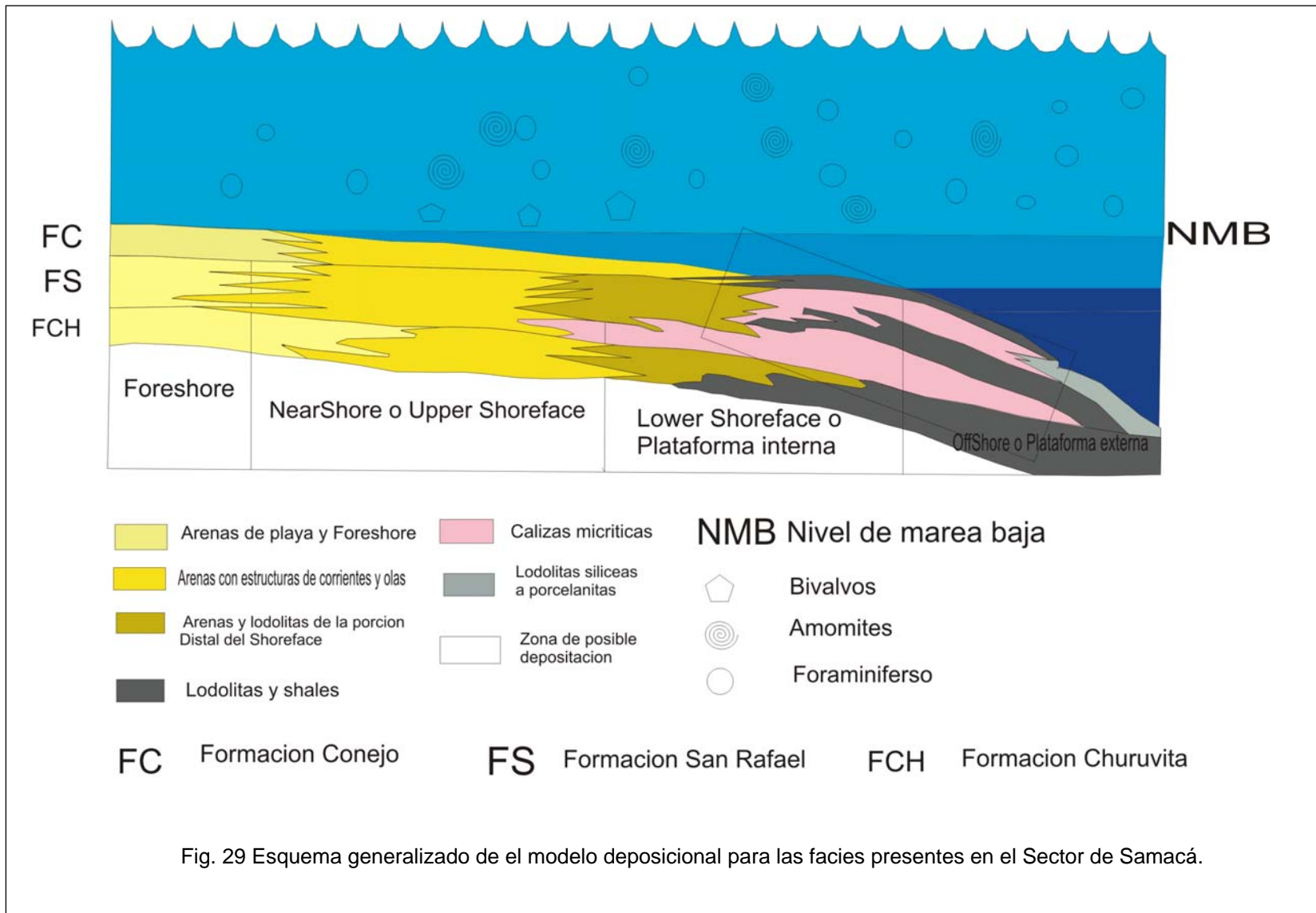


Fig.28b. Tomado de Hallan & Wignall (1997) C: La columna de agua es afectada por las condiciones disoxicas, estas se incrementa durante el transcurso de la transgresión. D: La disoxia se incrementa tanto en la intensidad como en la altura de la columna de agua causando la muerte de organismos plantónicos en la superficie. El bentos es reducido a unos pocos taxones resistentes a la disoxia.



5.2.3 Sector Vereda Pijaos

En este sector se presentan 3 asociaciones de facies las cuales se presentan a continuación:

5.2.3.1 Asociación de facies Lm, Lsm y Sm

Se presenta a la base de la sección levantada, representada principalmente por la Facies Lm, al aparecer contenido de sílice se pasa a las facies Lsm. Las facies Sm aparecen esporádica y repentinamente sin tener un carácter secuencial.

Por las características, texturales y biológicas esta asociación de facies se interpreta, como un ambiente en el cual, la precipitación de sílice y la sedimentación terrígena estaban activas, la sedimentación se presentaba por asentamiento de partículas en suspensión, la presencia de vida plantónica representada por los foraminíferos del genero *Orthokarstenia* (bentonico) indican condiciones oxigenadas, pero con periodos anoxicos en donde la vida se tornaba difícil, esto evidenciado en el bajo porcentaje de foraminíferos llegando a ser en casos inexistentes. Las esporádicas apariciones de las facies Sm representan episodios en los cuales las arenas son transportadas y depositadas en episodios de tormentas. El paso a las Facies Lsm es ocasionado según Blatt, Middleton & Murray (1980) por una disminución en el aporte de material terrígeno en condiciones tranquilas, en donde empieza a dominar la precipitación química o biológica sobre la terrígena.

5.2.3.2 Asociación de facies LI y Lsm

Esta asociación de facies se presenta como intercalaciones entre las Facies LI y Lsm.

por las características, texturales y biológicas se interpreta un dominio de la sedimentación química o biológica sobre la sedimentación terrígena, con una buena suficiencia en oxígeno, evidenciado en la rica presencia de foraminíferos bentónicos, según Krasheninnikov (1960, en Loeblich, Jr & Jappan, 1964) algunos foraminíferos se alimentan de diatomeas y plantas vivientes además las algas producen oxígeno, esto explicaría el origen del oxígeno en este ambiente y estas serían las condiciones ideales para el desarrollo y rápida reproducción de la vida bentónica, con un buen suplemento de alimento, baja energía del medio y disponibilidad de oxígeno, además esta idea explicaría el origen de la sílice en las Facies Lsm, el cual provendría de las algas presentes en el medio; aunque también existieron episodios en los cuales hubo un mayor aporte de material terrígeno con una rápida sedimentación y las condiciones para la supervivencia de los microorganismos se volvían difíciles, explicando así el porque los foraminíferos siempre se encuentran asociadas a las facies Lsm en gran cantidad, mientras que en las facies LI se encuentran en una baja proporción.

4.2.3.3 Asociación de Facies Lal y LI

Esta asociación de facies está presentada a la base, por la Facies LI sobre la cual en contacto transicional se presenta la Facies Lal.

Por sus características texturales y composicionales, se puede interpretar como un ambiente en el cual la energía del medio era baja, aunque con variaciones pequeñas en la misma, lo cual provocaba un aumento o disminución en la



granulometría. La presencia de bioturbación paralela a la estratificación según Walker y Plint (1992), indica un ambiente relativamente profundo, con una tasa de sedimentación baja, y con algo de oxigenación. El hallazgo de conos encajados según Usdowsk (1963, en Corrales., Rosell., Sanchez, Vera & Vilas, 1977) representarían una recristalización temprana de capas de fango calcáreo, cuando estas aun se encuentra sin consolidar, esto sugiere que las capas de las Facies Lal en donde se encontraron sufrió una diagénesis temprana durante su formación.

4.2.3.4 Asociación de Facies (Sm, Lsl y Ll)

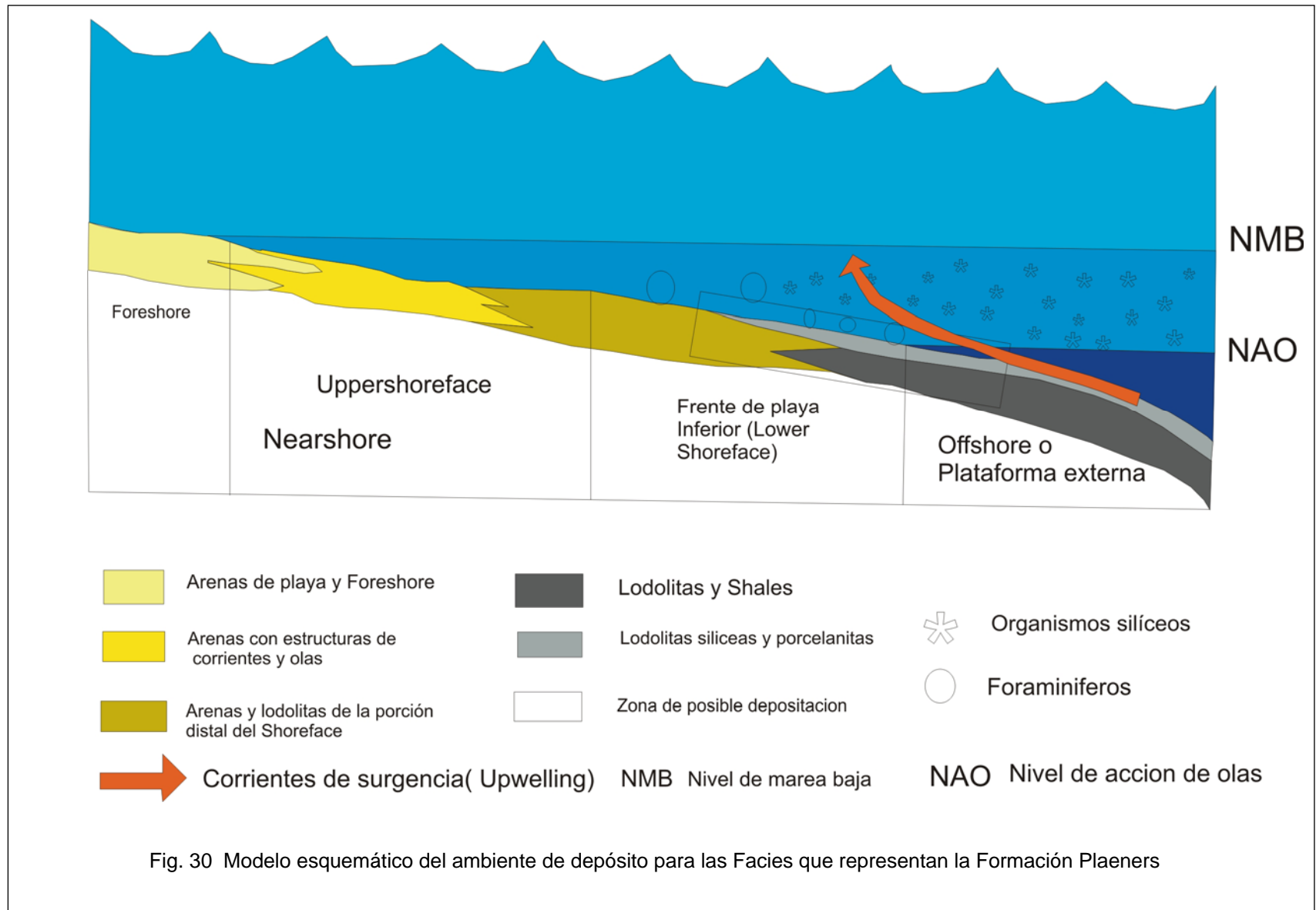
Esta asociación de facies se encuentra hacia el techo de la sección levantada y se presentan como intercalaciones de las Facies Lsl y Ll con dominancia hacia el techo de la Facies Sm.

según sus características texturales, composicionales y biológicas, representa un ambiente en el cual la sedimentación química o biológica dominaban, en intervalos de tiempo con condiciones relativamente oxigenadas, en donde la vida plantónica subsistía, y el aporte de materia orgánica era variante; intercalados con periodos de tiempo en los cuales se hacia mas importante la sedimentación terrígena y en el cual la vida bentónica no subsistía por la carencia de oxígeno y según Walker y Plint (1992), la rápida sedimentación. Las Facies Sm pueden representar, un ambiente más somero dominado principalmente por arenas y una más baja proporción de sedimentos finos (Johnson & Baldwin, 1996).

4.2.3.5 Interpretación paleoambiental para esta sección.



Para esta sección se interpreta, un ambiente marino tranquilo en donde existieron corrientes de surgencia (upwelling), las cuales aportaban nutrientes de las partes inferiores de la columna de agua, a las partes superiores y oxígeno a las partes profundas, fomentando la existencia de organismos silíceos y foraminíferos bentónicos. Así la sedimentación a través de todo el intervalo de tiempo se mantuvo dominada principalmente por sedimentación química o biológica, donde la sedimentación terrígena se producía en menor proporción, la existencia de bioturbación paralela a la estratificación, sugiere un ambiente de plataforma relativamente profunda, representando el *offshore* externo a interno, en donde hubo capas que sufrieron una diagénesis temprana. Hacia la parte superior se presenta el traspaso a un ambiente diferente. Según Johnson & Baldwin (1996) este tipo de las facies representarían el *shoreface* inferior.



4.2.4 Sección Vereda las Juntas

4.2.4.1 Asociación de Facies (Sh, Smf y LI)

Se encuentra a la base de la sección levantada, la Facies Sh corresponde a shales negros localizados a la base y sobre la cual se sobre impone las Facies Sm.

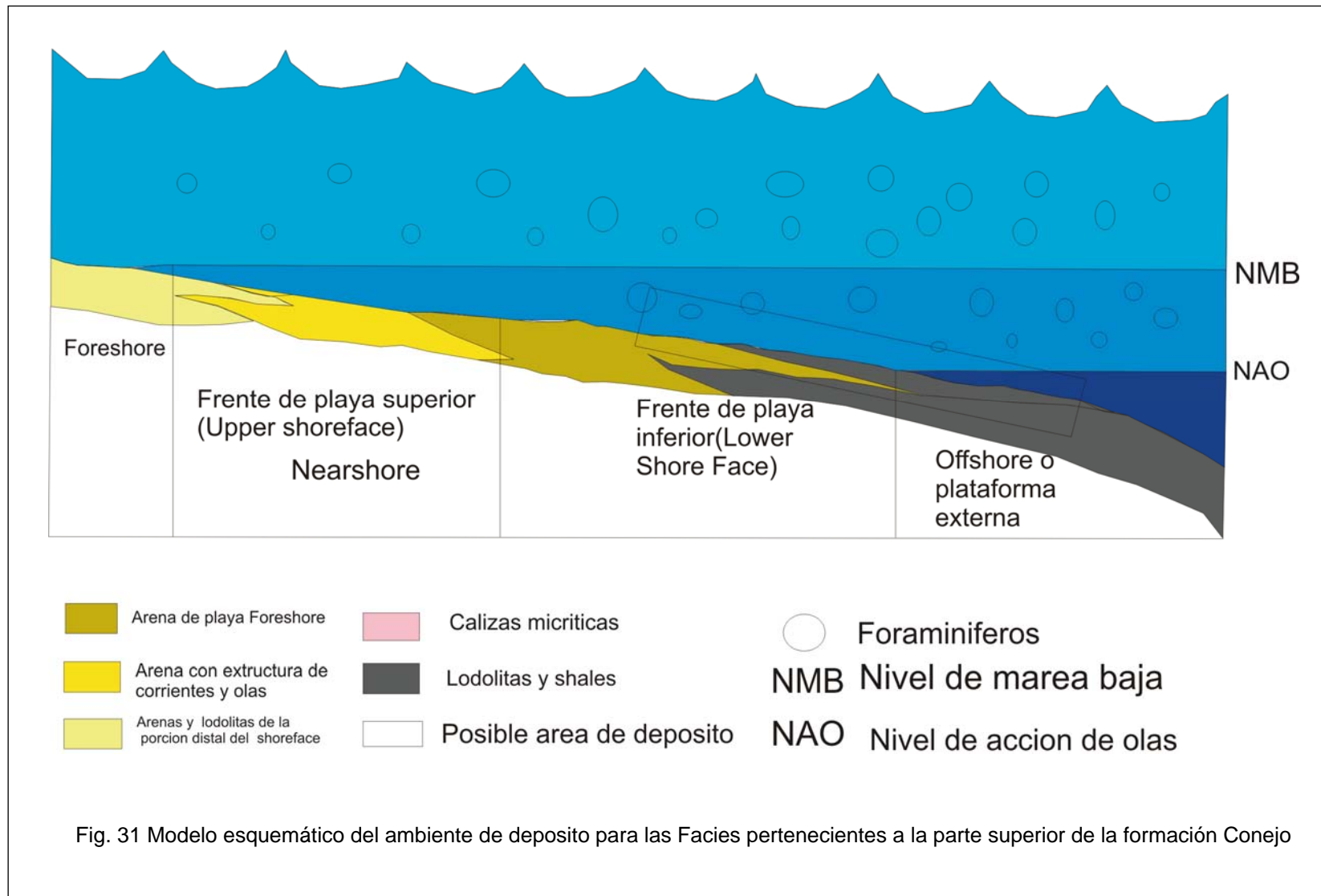
Por las características texturales, físicas y biológicas, se interpreta una ambiente de relativamente tranquilo con un muy buen aporte de materia orgánica, en unas condiciones anoxicas, con una depositación principalmente por asentamiento de partículas en suspensión en ausencia de corrientes de fondo. Donde habría esporádicos episodios tormentosos en los cuales se depositaron las facies Smf.

4.2.4.2 Facies LI

Esta facies se encuentran a través de la mayoría del segmento levantado y regularmente no se asocia a ninguna otra, aunque hay variaciones en el color y granulometría de la misma, los cambios de colores grises oscuros a tonos mas claros son interpretados como una variación en el aporte de materia orgánica a la cuenca, las variaciones en la granulometría se interpretan como leves oscilaciones en la energía de las corrientes transportantes. En general representarían un ambiente con una mayor energía que la asociación de facies anterior, en donde en la columna de agua superior la vida plantónica era rica, evidenciado en los foraminíferos plantónicos del genero *Heterohelix*, *globigerina* y *Hedbergella* y en la columna de agua inferior la vida subsistía, evidenciado en los foraminíferos bentónicos de la familia Nodosariidae? hallados en un muy buen estado y depositados sin un previo transporte.

4.2.4.3 Interpretación Paleoambiental para esta sección

Esta sección se interpreta como depositada en un ambiente marino profundo, tranquilo, de plataforma externa, en donde prevalecían la depositación terrígena fina, en el cual el aporte y la conservación de la materia orgánica era buena pero variante a través del tiempo, la parte mas superior de la sección representaría condiciones similares, pero en un ambiente mas cerca al *shoreface*, donde las condiciones eran mas agitas y un poco mas propicias para la vida tanto plantónica como bentónica.



6. ANALISIS PALEOAMBIENTAL GENERAL

El ambiente general para las cuatro secciones levantadas es un ambiente marino de plataforma mixta, esto sustentado en las espesas secuencias predominantemente lutíticas, con interestratificaciones locales de calizas, lodolitas síliceas, porcelanitas, arenas y en menor proporción niveles fosfáticos. En estas sucesiones es predominante la presencia de lodolitas fisiles (shales) negras a grises en las cuales se encuentran organismos autóctonos de la cuenca, sin embargo el contenido fósil no es indicativo de un ambiente en especial, pero si es definitivo para dar una edad de depositación, aunque este varia en toda la columna en cuanto a diversidad y cantidad. Por otro lado la depositación se debió dar en una cuenca con probable actividad tectónica temporal por el cierre de la cuenca de Bogotá (Etayo-Serna., Renzoni, & Barrero, 1976), por el cambio a un régimen tectónico convergente (López, 2005; Moreno-Sánchez & Pardo, 2003), quizá con leve subsidencia y sedimentación lenta, esto evidenciado en el régimen erosivo bajo, demostrado por la poca o nula presencia de discontinuidades o superficies erosivas. El mar tenia carácter oscilatorio notorio evidenciado en la sobre imposición de ambientes de plataforma externa o cercanos a ellos sobre ambientes de plataforma interna y viceversa, estos cambios faciales pudieron ser originados por inestabilidad tectónica en la paleocuenca combinados con transgresiones marinas de origen eustatico correspondientes a ciclos de segundo orden (Hallan & Wignall, 1997), lo cual es corroborado por Etayo-Serna., Renzoni, & Barrero (1976). La plataforma al parecer fue abierta y de bajo ángulo, pues no se identificaron grandes bancos arrecifales u otras tipos de barreras que restringieran la circulación de agua hacia la línea de costa ni tampoco se encontró presencia de turbiditas, brechas o flujos que indiquen la presencia de un talud o inclinación pronunciada de la plataforma. Por ultimo la presencia de facies calcáreas sugiere un clima tropical el cual es el propicio para la sedimentación de dichas Facies. Para Sellwood (1978) la asociación de foraminíferos bentónicos,



moluscos, briozoos y algas calcáreas es indicativo de aguas templadas, aunque la asociación completa no se encuentra la asociación de foraminíferos bentónicos y moluscos además de la carencia de arrecifes indicaría este tipo de aguas.



7. EVENTO ANOXICO (OAE2)

Para el momento en que se estaban depositando los sedimentos correspondientes a las Formaciones Churuvita y San Rafael (limite Cenomaniano-Turoniano) a nivel global ocurrieron diferentes fenómenos geológicos, climáticos y biológicos, importantes. La Tierra era un planeta cálido y el gradiente térmico entre los polos y la zona tórrida era menor al actual (Frakes, 1999; Fassell & Bralower, 1999; Hay & De conto, 1999), el limite Cenomaniano – Turoniano ha sido identificado como el momento en el que el nivel del mar alcanzo su mayor nivel durante el Mesozoico (Hallan & Wignall, 1997).

Este echo ocasiono transgresiones que según Hallan & Wignall (1997) originan la dispersión de aguas anoxicas, las cuales sumados a otros mecanismos como la actividad volcánica pueden llegar a ocasionar extinciones. Así mismo para este periodo de tiempo se ha reconocido un evento de extinción masiva importante, este hecho ha sido atribuido a un Evento Anoxico Oceánico (OAE2) y es considerado como un evento de extinción escalonada a gradual (Hallan & Wignall, 1997).

La formación San Rafael muestra según la evidencia paleontológica una gran proliferación de bivalvos del genero *Mylioides* sp apartir del Turoniano Temprano, los cuales dominan ambientes antes dominados por el *Inoceramus pictus* (Hallan & Wignall, 1997) en el Cenomaniano Tardío. Así mismo para la formación estudiada según investigaciones realizadas por Sanchez & Tchegliakova (2005) la presencia de foraminíferos del genero *Dicarinella* es casi nula. Estos dos hechos según Hallan & Wignall (1997) son característicos de la extinción en masa ocurrida en el periodo de tiempo mencionado en Inglaterra. Según lo expuesto anteriormente este fenómeno también tomo lugar en Colombia en donde la evidencia facial indica la presencia de una transgresión de tipo eustático (Etayo-Serna., Renzoni, & Barrero ,1976) la cual produjo el Evento Anoxico Oceánico



(OAE2) que combinado con la actividad volcánica en la zona, (Lopez, 2005; Moreno-Sanchez & Pardo, 2003) evidenciada en la presencia de bentonitas (Sanchez & Tchegliakova ,2005; Patarrollo & Rojas, 2007) las cuales se orinan por alteración de cenizas volcánicas (blatt, Middleton & Murray) pudieron originar la extinción masiva en el área estudiada.

8. SUGERENCIAS

Se sugiere hacer un estudio petrográfico detallado para la parte superior de la Formación San Rafael y la formación Plaeners para así determinar el origen de la sílice constituyente de los cherts y porcelanitas presentes en esas formaciones y de esta forma mejorar el modelo paleoambiental planteado en este estudio.

Así mismo se sugiere realizar un estudio de estratigrafía secuencial en la parte baja de la formación conejo la cual muestra unas sucesiones que al parecer pueden representar ciertos ciclos a los cuales se les podrían dar una interpretación adecuada por medio de la estratigrafía de secuencias.

Realizar un estudio bioestratigráfico detallado de los foraminíferos que se pueden encontrar en la Formación Conejo con los cuales se podrían definir las características de salinidad, oxigenación, rata de sedimentación y profundidades de la cuenca para dicha formación.

9. CONCLUSIONES

El cretácico superior en las secciones estudiadas está representado desde el Cenomaniano hasta el Coniaciano, en el cual el ambiente predominante fue marino de baja energía y en donde la vida estaba presente en formas tanto bentónicas como plantónicas.

La sedimentación para el Cretácico Superior en el área de estudio se dio principalmente en condiciones relativamente tranquilas con periódicos episodios tormentosos, a través de toda la secuencia en la cual no hubo una aparente interrupción en la sedimentación.

La Formación San Rafael, corresponde principalmente a Facies lodosas y en una menor proporción carbonatadas, silíceas, arenosas y fosfáticas, que se depositaron en un fondo de una plataforma externa.

La formación Conejo, corresponde a Facies lodosas, arenosas y carbonatadas que se depositaron en un fondo de una plataforma principalmente interna o cercana a una plataforma externa.

La Formación Plaeners corresponde a Facies principalmente silíceas y lodosas con una menor proporción de Facies arenosas que se depositaron en un ambiente de plataforma externa inferior



Los Foraminíferos encontrados en la Formación conejo pueden ser de gran utilidad en la búsqueda de hidrocarburos ya que con ellos se podría determinar líneas de costa y posibles trampas estratigráficas.

La Formación conejo se muestra como un buen prospecto para la exploración de hidrocarburos ya que presenta las unas condiciones faciales ideales para la producción y entrapamiento del petróleo.

Según la evidencia paleontológica y facial el evento anoxico mundial (OAE2) también tuvo lugar en Colombia para el limite Cenomaniano-Turoniano.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BLATT, H., MIDDLETON, G & MURRAY, R (1980). Origen of sedimentary rocks. Prentice-Hall, INC. New yérsey. 782p.

BURGL, H. (1954). El cretáceo inferior en los alrededores de Villa de Leyva, Boyacá. Boletín Geológico. Serv. Geolo. Nal. V.2, N .1. pp. 5-22. Bogotá.

----- (1961). Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la cordillera Oriental de Colombia. Serv. Geolo. Nal. V.7, Ns .1-3. pp. 85-118. Bogotá.

CARDOZO, E & RAMIREZ, C (1985). Ambientes de depósito de la Formación Rosa blanca: Área de Villa de Leyva. Etayo F & Laverde., eds. Proyecto Cretácico, Publicaciones especiales del Ingeominas. N. 16, capítulo XXIII, pp. 1-13.

CORRALES, I., ROSELL, j., SANCHEZ, L., VERA, T & VILLAS, L (1977). Estratigrafía. Rueda. Madrid. 718p.

ETAYO-SERNA, F. (1968). El sistema Cretácico en la región de Villa de Leiva y zonas próximas. Geología Colombiana N. 5. pp. 5-74. Bogotá.

----- (1968). Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leyva y zonas próximas. Boletín de geología. N. 21. pp.19-32. Bucaramanga.

----- (1968). Apuntaciones acerca de algunas Amonitas interesantes del



Hauteriviano y del Barremiano de la Región de Villa de Leyva (Boyacá, Colombia, S.A). Boletín de Geología. N. 24. Bucaramanga.

------(1964). Posición de las faunas en los depósitos Cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. Boletín de Geología. UIS, Ns. 16 -17, 141 p.

ETAYO-SERNA, F., RENZONI, G. & BARRERO D. (1976). Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia: I Congreso Colombiano de Geología, Bogotá, V. 1, p. 217–253.

FASELL, M & BRALOWER, T. (1999). Warm, equable midcretaceous: Stable isotope evidence. En: Barrera, E. & Johnson, C., Eds. Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System, p. 121-142, Geological society of america Special paper 332, Boulder, Colorado.

FRAKES, L.A. (1999). Estimating global thermal state from Cretaceous sea surface and continental temperature data. En: Barrera, E. & Johnson, c., eds. Evolution of the Cretaceous Ocean- Climate system, p. 49-57, Geological society of America Special Paper 332, Boulder, Colorado.

FORERO, H. & SARMIENTO, L. (1985). La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leyva. Etayo F. & Laverde., eds. Proyecto Cretácico. Publicaciones geológicas especiales del Ingeominas N. 16, capítulo XVII, pp. 1-16.

GALVIS, N. & RUBIANO, J. (1985). Redefinición estratigráfica de la Formación Arcabuco, con base en el análisis facial. Etayo F. & Laverde., ed. Proyecto



Cretácico. Publicaciones especiales geológicas del Ingeominas N. 16, capítulo XXIV, pp. 1-16.

HALLAN, A & WIGNALL, P (1997). Mass Extinctions and their Aftermath. Oxford University Press. 320p. Oxford.

HAY, W & DECONTO, R. (1999). Comparison of modern Late Cretaceous meridional energy transport and oceanology. En: Barrera, E. & Johnson, C., Eds. Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System, p. 238-300, Geological Society of America Special paper 332, Boulder, Colorado.

HIGUERA, O & CUELLAR, C (1986). Análisis estratigráfico de las rocas del Cretáceo e interpretación del programa sísmico Ortega- Tetuan. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. 118 p. Bogotá.

HUBACH, E. (1931). Contribuciones a las unidades estratigráficas de Colombia. Ins. Geol. Nal. Inf 1212. En: Compilación de estudios Geológicos oficiales en Colombia. Tomo XVI. Bogotá.

HUBER, C & WIEDMANN, J (1986). Sobre el límite Jurásico-Cretácico en los alrededores de Villa de Leyva, Dpto. de Boyacá, Colombia. Geología Colombiana . N. 15. PP. 81-92. Bogotá.

JOHNSON, H & BALDWIN, C. (1996). Shallow Clastic Seas. En: Reading, H., eds. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Oxford: Blackwell publishing. 3ra Ed. Cap 7. Pp 232-277.



JULIVERT, M. (1958). Geología de la zona tabular entre San Gil y Chiquinquirá. Boletín de geología. N. 2. pp. 33-47. Bucaramanga.

KAMMER, A. (1997). Los pliegues del sistema sinclinal de Tunja. Análisis estructural y modelamiento geométrico. Geología Colombiana. N. 22. pp. 3-25. Bogotá.

LEEDER, M (1999). Sedimentology And sedimentary Basins: From turbulence to tectonics. Blackwal Publishing. 592p. Victoria.

LOEBLICH, Jr & JAPPAN, H (1964). Treatise on Invertebrate Paleontology C protista 2. 900p. Kansas.

MONTOYA, D & REYES, G. (2005). Geología de la Sabana de Bogotá. Informe técnico del INGEOMINAS. Bogotá.

MORALES, L.G *et al* (1955). En: Compilación de estudios geológicos en Colombia. INGEOMINAS. Tomo XVII.1994. pp 141-144. Bogotá.

MORENO, M & PARDO, A (2003). Stratigraphical and sedimentological constraints on western Colombia: Implications on the evolution of the Caribbean plate, En: Bartolini, C. Buffler, R. T. & Blickwede, J. eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 891– 924.



RAMIREZ, N & RAMIREZ, H (1994). Estratigrafía y origen de los carbonatos del Cretácico Superior en el Valle Superior del Magdalena, Departamento del Huila, Colombia. En: Etayo, F. eds. Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia. Capitulo V. p. 1-15

PARDO A. (2003). Sedimentología Conceptos Básicos y Manual de Laboratorio. Universidad de Caldas. Manizales.

PATARROLLO, P. (2000). Distribución de Amonitas del Barremiano de la Formación Paja en el sector De villa de Leyva (Boyacá, Colombia). Bioestratigrafía. Geología Colombiana. N. 25. pp.149-162. Bogotá.

PATARROLLO, P & MORENO, M. (1997). Nuevas Consideraciones en torno al cabeceo del Anticlinal de Arcabuco, en cercanías de Villa de Leyva-Boyacá. Geología Colombiana. N. 22. Pp. 27-34. Bogotá.

PATARROLLO, P & ROJAS, A. (2007). La sucesión y la fauna del Turoniano de la Formación San Rafael en Pesca y su comparación con la sección tipo en Samacá (Boyacá-Colombia). Geología Colombiana N. 32. pp. 89-96. Bogotá.

PEREZ, G y SALAZAR, A (1978). Estratigrafía y Facies del Grupo Guadalupe. Geología Colombiana N. 10. Pp. 7-113. Bogotá.

LÓPEZ, E (2005). Evolución Tectónica de la región Caribe de Colombia. Informe técnico del INGEOMINAS. Bogotá.



REINECK, H and SINGH, I (1980). Depositional sedimentary environments. Second revised and updated edition. 549p. Springer. New York.

RENZONI, G. (1981). Geología del cuadrángulo J-12 Tunja. INGEOMINAS, Boletín Geológico. N. 24, 2. Pp. 31-48. Bogotá.

SANCHEZ, C & TCHEGLIAKOVA, N (2005). Foraminíferos planctónicos de la Fm San Rafael, Cretácico Superior en los alrededores de Villa de Leiva, Boyacá-Colombia. Geología Colombiana. No 30; p. 99-126. Bogotá.

SCHEIBE, E.A. (1938). Estudios geológicos y paleontológicos sobre la cordillera oriental de Colombia. Min. Ind y Trab. Parte 1. pp. 1-58. Bogotá.

SELLWOOD, B. (1978). Shallow-water Carbonate Environments. Reading. H., eds. Sedimentary Enviroments and Facies. Blackwell. Cap 10. P 259-303. New York.

TUCKER, M. & WRIGHT, P (1990). Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific publications. Oxford.

WRIGTH, V & BURCHETTE, T (1996). Shallow-Water carbonate environments. En: Reading, H., eds. Sedimentary Environments: Proceses, Facies and Stratigraphy. Blackwell publishing. 3ra Ed. Cap 9. P 325-392.



WALKER, R & PLINT, G (1992). Wave and Storm Dominated shallow Marine Systems. En: Walker, R and James, N. Facies Models: response to level change. Ontario: Geological Association of Canada, p 219-238.

ANEXO A
PALEONTOLOGIA

Lamina 1

Fig. 1a - 1b *forresteria* encontrada en el miembro Cucaita de la Formación Conejo (Escala 5cm).

Fig. 2 Familia BARROISICERATINAE genero no identificado, encontrado en el miembro conejo de la formación conejo (escala 1 cm).

Fig. 3 Apticus perteneciente a un amonite, encontrado en el el miembro Cucaita de la Formación Conejo. (Escala 1cm)

Fig. 4a- 4b *Peroniceras* encontrado en el miembro Cucaita de la Formación Conejo (Escala 1 cm).

Lamina 2

Fig. 1a-1b y 4 *Benueites?* Encontrados en la Formación San Rafael(Escala 1 cm)

Fig. 3 *Germaniceras?* Encontrado en la Formación San Rafael (escala 1cm)

Lamina 3

Fig. 1 y 4 *Globigerina* encontradas en la parte superior de la Formación Conejo.

Fig. 2 *Heterohelix* encontrada en la parte superior de la Formación Conejo.

Fig. 3 *Hedbergella* encontrada en la parte superior de la Formación Conejo.

Fig. 5 Familia Nodosariidae? Encontrado en la Parte superior de la Formacion Conejo.

Fig. 6 *Orthokarstenia* Encontrado en el Miembro Cucaita de la Formación Conejo.

Fig. 7-10 Familia Buliminidae Encontrados en el Miembro Cucaita de la Formación Conejo.

Lamina 4

Fig. 1 *Inoceramus* sp encontrados en el miembro Cucaita de la Formación Conejo (escala 1cm)

Fig. 2 *Mylitoides* sp Encontrado en la Formacion San Rafael (escala 1cm)

AMONITES

Lamina 1

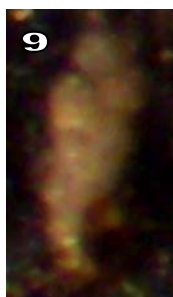
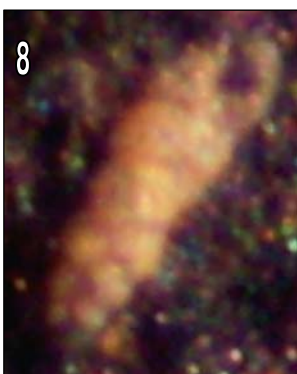
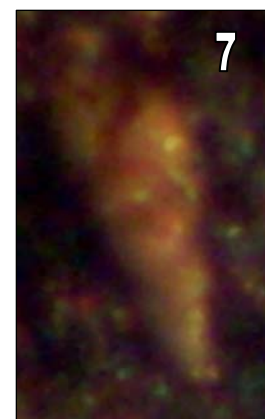
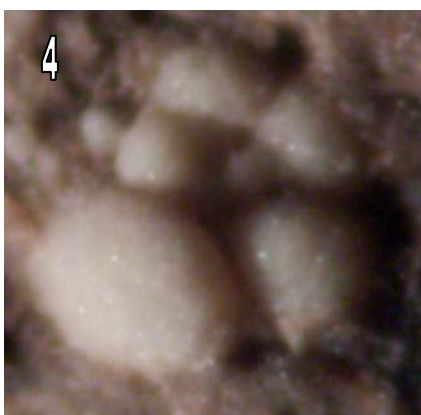
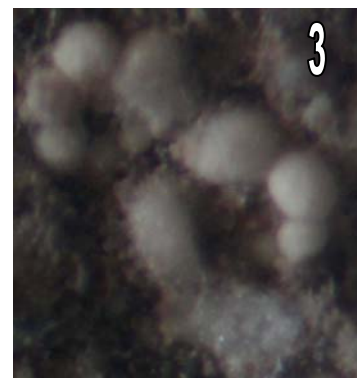
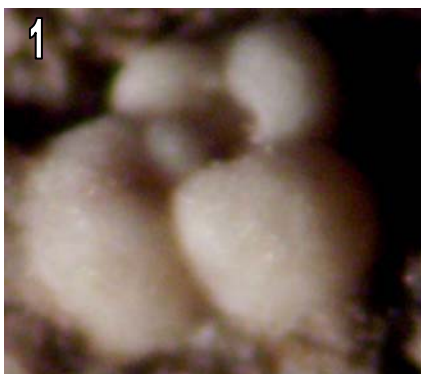


Lamina 2



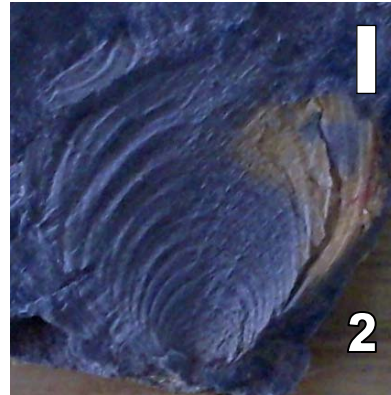
FORAMINIFEROS

Lamina 3



BIVALVOS

Lamina 4



ANEXO E

TABLAS

TABLA DE MUESTRAS RECOLECTADAS

CODIGO DE MUESTRA	LITOLOGIA	COTA (msnm)	COORDENADAS PLANAS (x)	COORDENADAS PLANAS (Y)	TIPO DE ANALISIS
Ap-01	Carbón	3150	1104228	1072254	carbono
Ap-02	Carbón	3165	1104277	1072286	carbono
Ap-03	Carbón	3195	1104435	1072413	carbono
Ap-04	Lodolita	3095	1102929	1070821	carbono
Ap-05	Lodolita	3081	1102996	1070652	carbono
Ap-06	Lodolita	3071	1103032	1070607	carbono
Ap-07	Lodolita	3062	1103060	1070572	carbono
Ap-07a	Lodolita				carbono
Ap-07b	Lodolita				carbono
Ap-07c	Lodolita				carbono
Ap-07d	Lodolita				carbono
Ap-07e	Lodolita				carbono
Ap-08	Lodolita	3060	1103060	1070575	carbono
AP-08a	Lodolita				carbono
Ap-08b	Lodolita				carbono
Ap-08c	Lodolita				carbono
Ap-09	Lodolita	3052	1103061	1070530	carbono
Ap-09a	Lodolita				carbono
Ap-09b	Lodolita				carbono
Ap-09c	Lodolita				carbono
Ap-09d	Lodolita				carbono
Ap-09e	Lodolita				carbono
Ap-10	Lodolita	3041	1103037	1070487	carbono
Ap-10a	Lodolita				carbono
Ap-10b	Lodolita				carbono
Ap-10c	Lodolita				carbono
Ap-10d	Lodolita				carbono
Ap-10e	Lodolita				carbono
Ap-10f	Lodolita				carbono
Ap-11	Lodolita	3052	1108952	1074256	carbono
Ap-12	Lodolita	3036	1109013	1074314	carbono
Ap-12a	Lodolita				carbono
Ap-12b	Lodolita				carbono
Ap-12c	Lodolita				carbono

Ap-13	Lodolita	3040	1109130	1074332	carbono
Ap-14	Lodolita	3043	1109279	1074435	carbono
Ap-14a	Lodolita				carbono
Ap-14b	Lodolita				carbono
Ap-15	Lodolita				carbono
Ap-16	Lodolita	2979	1109509	1074400	carbono
Ap-16a	Lodolita				carbono
Ap-16b	Lodolita				carbono
Ap-16c	Lodolita				carbono
Ap-17	Lodolita	2847	1108094	1070682	carbono
Ap-17'	Caliza				oxigeno
Ap17a	Lodolita				carbono
Ap-17a	Lodolita				carbono
Ap-17b	Lodolita				carbono
Ap-17c	Lodolita				carbono
Ap-17d	Lodolita				carbono
Ap-17e	Lodolita				carbono
Ap-17f	Lodolita				carbono
Ap-17g	Lodolita				carbono
Ap-17h	Caliza				oxigeno
Ap-18	Caliza	2829	1108065	1070724	oxigeno
Ap-18'	Lodolita				carbono
Ap-18a	Lodolita				carbono
Ap-18b	Lodolita				carbono
Ap-18c	Lodolita				carbono
Ap-18d	caliza				oxigeno
Ap-18e	caliza				oxigeno
Ap-19	Lodolita	2754	1103898	1061214	carbono
Ap-19a	Lodolita				carbono
Ap-19b	Lodolita				carbono
Ap-19c	Lodolita				carbono
Ap-19d	Lodolita				carbono
Ap-19e	Lodolita				carbono
Ap-19f	Lodolita				carbono
Ap-20	Lodolita	2755	1103898	1061214	carbono
Ap-20a	Lodolita				carbono
Ap-20b	Lodolita				carbono
Ap-21	Lodolita	2758	1103844	1061245	carbono
Ap-21a	Lodolita				carbono

Ap-21b	Lodolita				carbono
Ap-21c	Lodolita				carbono
Ap-21d	Lodolita				carbono
Ap-21e	Lodolita				carbono
Ap-21f	Lodolita				carbono
Ap-21g	Lodolita				carbono
Ap-21h	Lodolita				carbono
Ap 21i	Lodolita				carbono
Ap-21j	Lodolita				carbono
Ap-22	Lodolita	2773			carbono
Ap-22a	Lodolita				carbono
Ap-23	Lodolita	2779	1103683	1061284	carbono
Ap-23a	Lodolita				carbono
Ap-23b	Lodolita				carbono
Ap-23c	Lodolita				carbono
Ap-23d	Lodolita				carbono
Ap-23e	Lodolita				carbono
Ap-23f	Lodolita				carbono
Ap-23g	Lodolita				carbono
Ap-23h	Lodolita				carbono
Ap-23i	Lodolita				carbono
Total muestras recolectadas = 94					

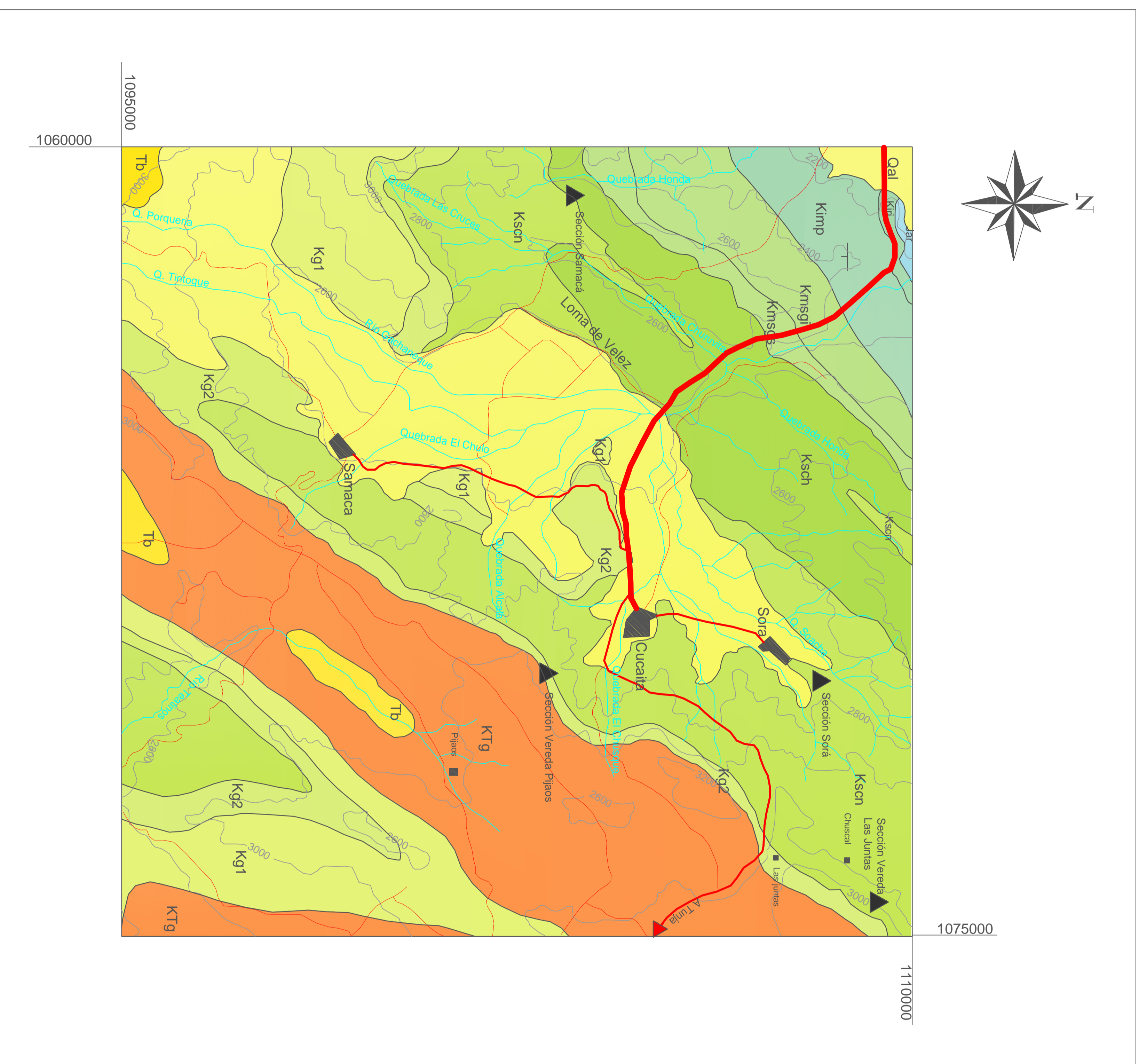
**TABLA DE MUESTRAS SELECCIONADAS PARA ANALISIS QUIMICOS,
POLEN Y SECCION DELGADA**

CODIGO DE MUESTRA	LITOLOGIA	COTA (msnm)	COORDENADAS PLANAS (x)	COORDENADAS PLANAS (Y)	TIPO DE ANALISIS	OTROS ANALISIS
Ap-01	Carbón	3150	1104228	1072254	carbano	
Ap-02	Carbón	3165	1104277	1072286	carbano	
Ap-03	Carbón	3195	1104435	1072413	carbano	
Ap-07	Lodolita	3062	1103060	1070572	carbano	
Ap-07a	Lodolita				carbano	
Ap-07b	Lodolita				carbano	
Ap-07c	Lodolita				carbano	
Ap-07e	Lodolita				carbano	
Ap-08	Lodolita	3060	1103060	1070575	carbano	
AP-08a	Lodolita				carbano	
Ap-08b	Lodolita				carbano	
Ap-09	Lodolita	3052	1103061	1070530	carbano	
Ap-09a	Lodolita				carbano	
Ap-09b	Lodolita				carbano	
Ap-09e	Lodolita				carbano	
Ap-10	Lodolita	3041	1103037	1070487	carbano	
Ap-10a	Lodolita				carbano	
Ap-10b	Lodolita				carbano	
Ap-10d	Lodolita				carbano	

Ap-10e	Lodolita				carbano	
Ap-10f	Lodolita				carbano	
Ap-11	Lodolita	3052	1108952	1074256	carbano	
Ap-12	Lodolita	3036	1109013	1074314	carbano	
Ap-12a	Lodolita				carbano	
Ap-12b	Lodolita				carbano	
Ap-12c	Lodolita				carbano	
Ap-13	Lodolita	3040	1109130	1074332	carbano	
Ap-14	Lodolita	3043	1109279	1074435	carbano	
Ap-14a	Lodolita				carbano	
Ap-16	Lodolita	2979	1109509	1074400	carbano	polen
Ap-16a	Lodolita				carbano	polen
Ap-16b	Lodolita				carbano	polen
Ap-16c	Lodolita				carbano	polen
Ap17a	Lodolita	2847	1108094	1070682	no	Polen
Ap-17'	Caliza				oxigeno	
Ap-17c	Lodolita				carbano	
Ap-17d	Lodolita				carbano	
Ap-17e	Lodolita				carbano	
Ap-17f	Lodolita				no	Polen
Ap-17g	Lodolita				carbano	
Ap-17h	Caliza				oxigeno	Sección delgada
Ap-18	Caliza	2829	1108065	1070724	oxigeno	
Ap-18a	Lodolita				carbano	
Ap-18'	Lodolita				carbano	
Ap-18c	Lodolita				carbano	

Ap-18d	caliza				oxigeno	
Ap-18e	caliza				oxigeno	Sección delgada
Ap-19	Lodolita	2754	1103898	1061214	carbono	
Ap-19b	Lodolita				no	Polen
Ap-19c	Lodolita				carbono	
Ap-19d	Lodolita				carbono	
Ap-19e	Lodolita				carbono	
Ap-19f	Lodolita				carbono	Sección delgada
Ap-20	Lodolita	2755	1103898	1061214	carbono	
Ap-20a	Lodolita				carbono	
Ap-20b	Lodolita				carbono	Polen
Ap-21	Lodolita	2758	1103844	1061245	carbono	
Ap-21a	Lodolita				carbono	
Ap-21c	Lodolita				carbono	
Ap-21d	Lodolita				carbono	
Ap-21e	Lodolita				carbono	
Ap-21h	Lodolita				carbono	
Ap-21i	Lodolita				carbono	
Ap-21j	Lodolita				carbono	Polen
Ap-22	Lodolita	2773			carbono	
Ap-22a	Lodolita				carbono	Polen
Ap-23	Lodolita	2779	1103683	1061284	carbono	Polen
Ap-23a	Lodolita				no	Polen
Ap-23c	Lodolita				carbono	
Ap-23d	Lodolita				carbono	
Ap-23e	Lodolita				carbono	

Ap-23f	Lodolita				carbono	
Ap-23g	Lodolita				carbono	
Ap-23h	Lodolita				carbono	
Ap-23i	Lodolita				carbono	
Total muestras para análisis geoquímico = 71						
Total muestras para polen = 12						
Total muestras para sección delgada = 3						



LEYENDA

- Qal Depósitos cuaternarios
- Tb Formación Bogotá
- Ktg Formación Guaduas
- Kg1 Formación Labor y Tierra
- Kg2 Formación Paeners
- Kscn Formación Cornejo
- Ksch Formación Churuvita
- Kmsgs Formación San Gil Superior
- Kmsgl Formación San Gil Inferior
- Kimp Formación Paja
- Kiri Formación Ritoque
- Jar Formación Arcabuco

CONVENCIONES

- Drenaje
- Curva de nivel
- Vía
- Área construida
- Localización de sección levantada

UNIVERSIDAD DE CALDAS
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
 PROGRAMA DE GEOLOGIA

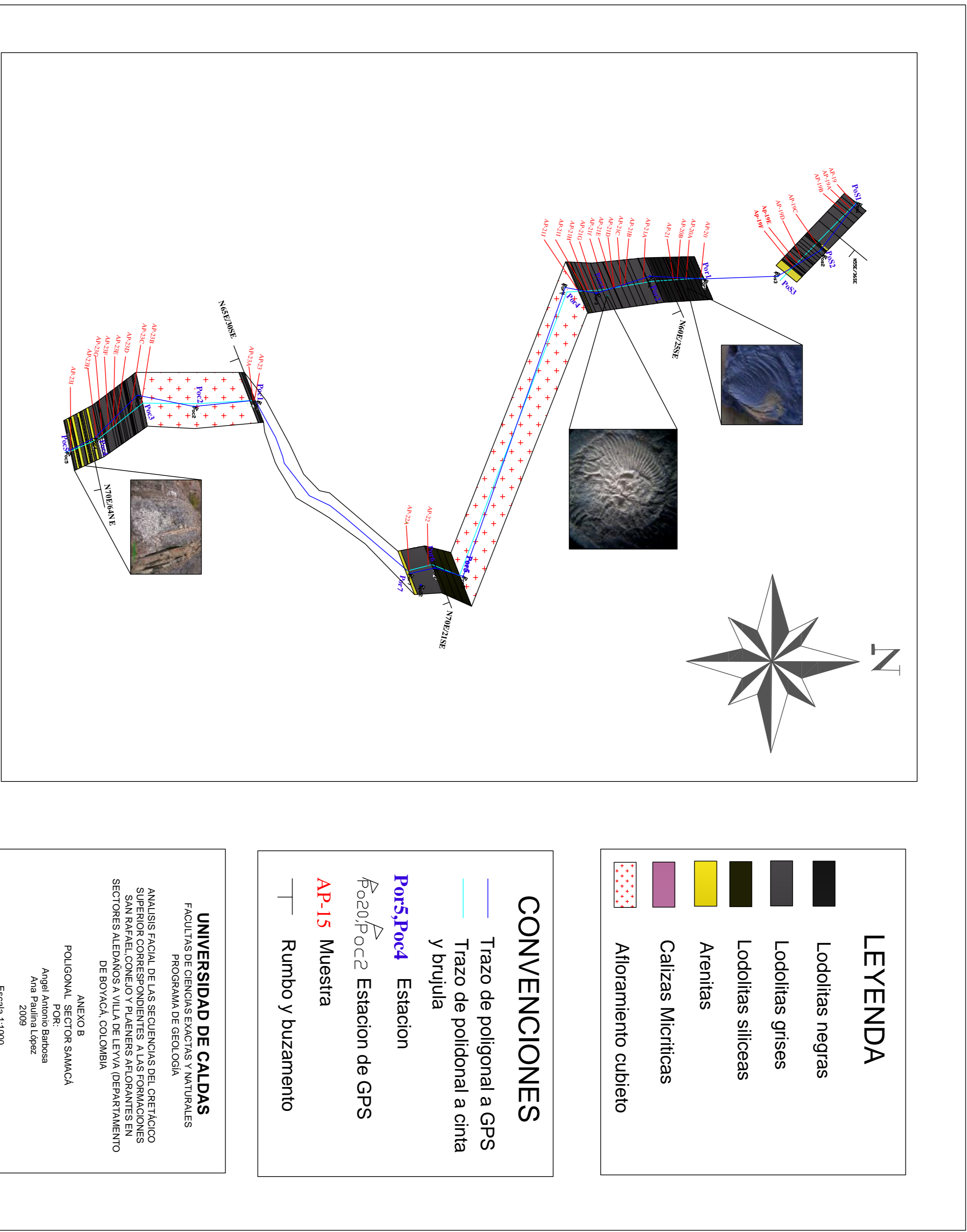
ANEXO B

Mapa geológico del área estudiada y localización de las secciones levantadas (Tomado de Renzoni, Rosas y Etayo, 1989)

Digitalizado por:
 Angel Antonio Barbosa
 2009

ESCALA 1: 50000

0 500 1000 1500 2000 2500m



LEYENDA

	Lodolitas negras
	Lodolitas grises
	Lodolitas silíceas
	Arenitas
	Calizas Micríticas
	Afloramiento cubieto

CONVENCIONES

	Trazo de poligonal a GPS
	Trazo de polidonal a cinta y brújula
	Estacion
	Muestra
	Rumbo y buzamiento

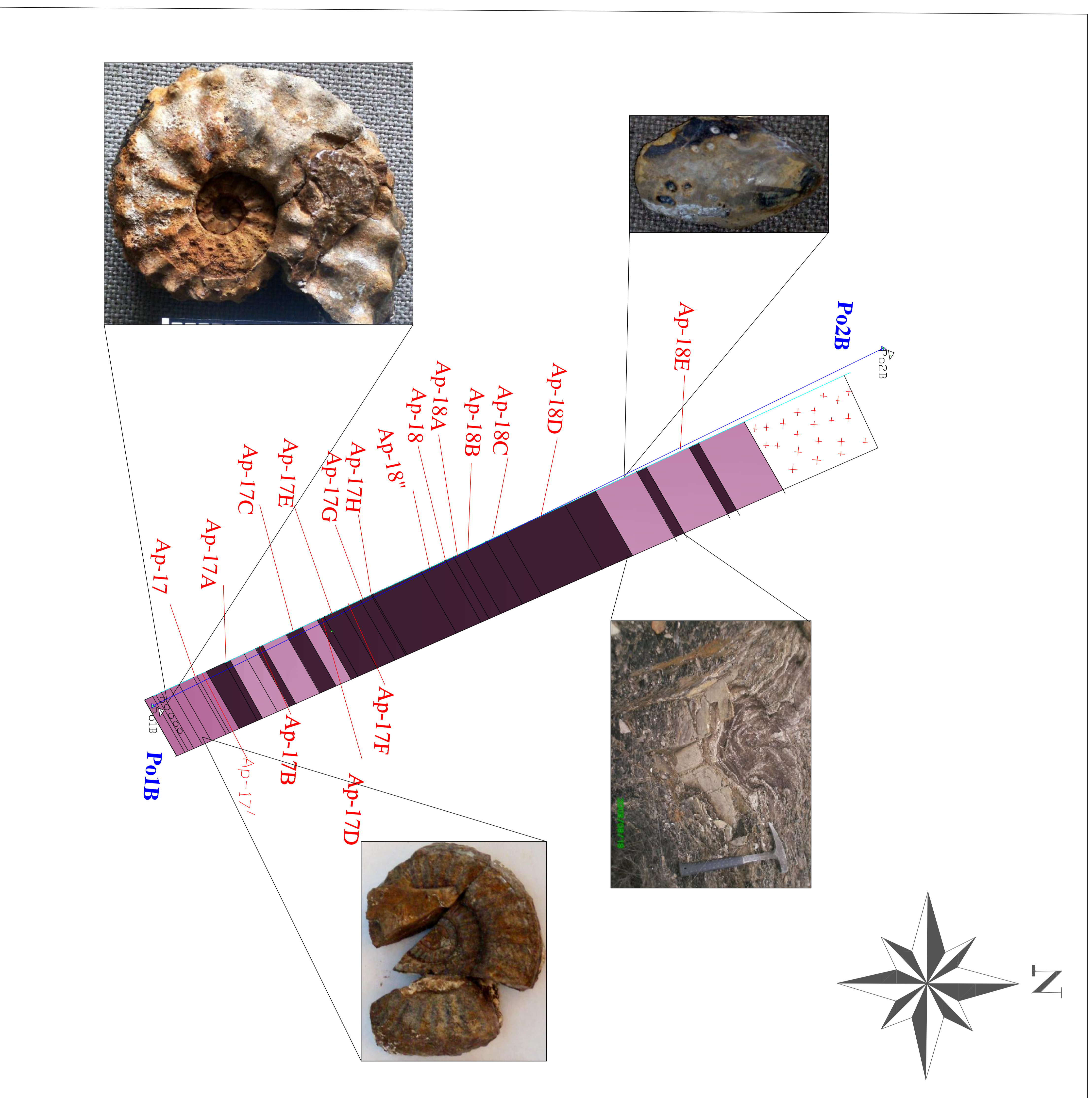
UNIVERSIDAD DE CALDAS
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
 PROGRAMA DE GEOLOGÍA

ANÁLISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y PLANERS AFLORANTES EN SECTORES ALEDANOS A VILLA DE LEYVA (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, COLOMBIA)


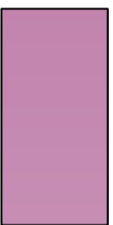

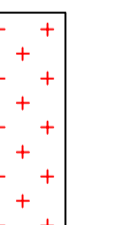
ANEXO B
 POLIGONAL SECTOR SAMACÁ
 POR: Angel Antonio Barbosa
 Año: 2009

Escala 1:1000



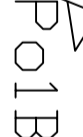

0 10 20 30 40 50



LEYENDA

-  Lodolitas silíceas
-  Arenitas
-  Calizas Micríticas
-  Afloramiento cubierto

CONVENCIONES

-  Trazo de poligonal a GPS
-  Trazo de polidonal a cinta y brújula
- Po1** Estacion
-  Estacion de GPS
- AP-15** Muestra
-  Rumbo y buzamiento

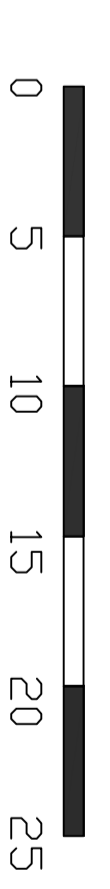
UNIVERSIDAD DE CALDAS

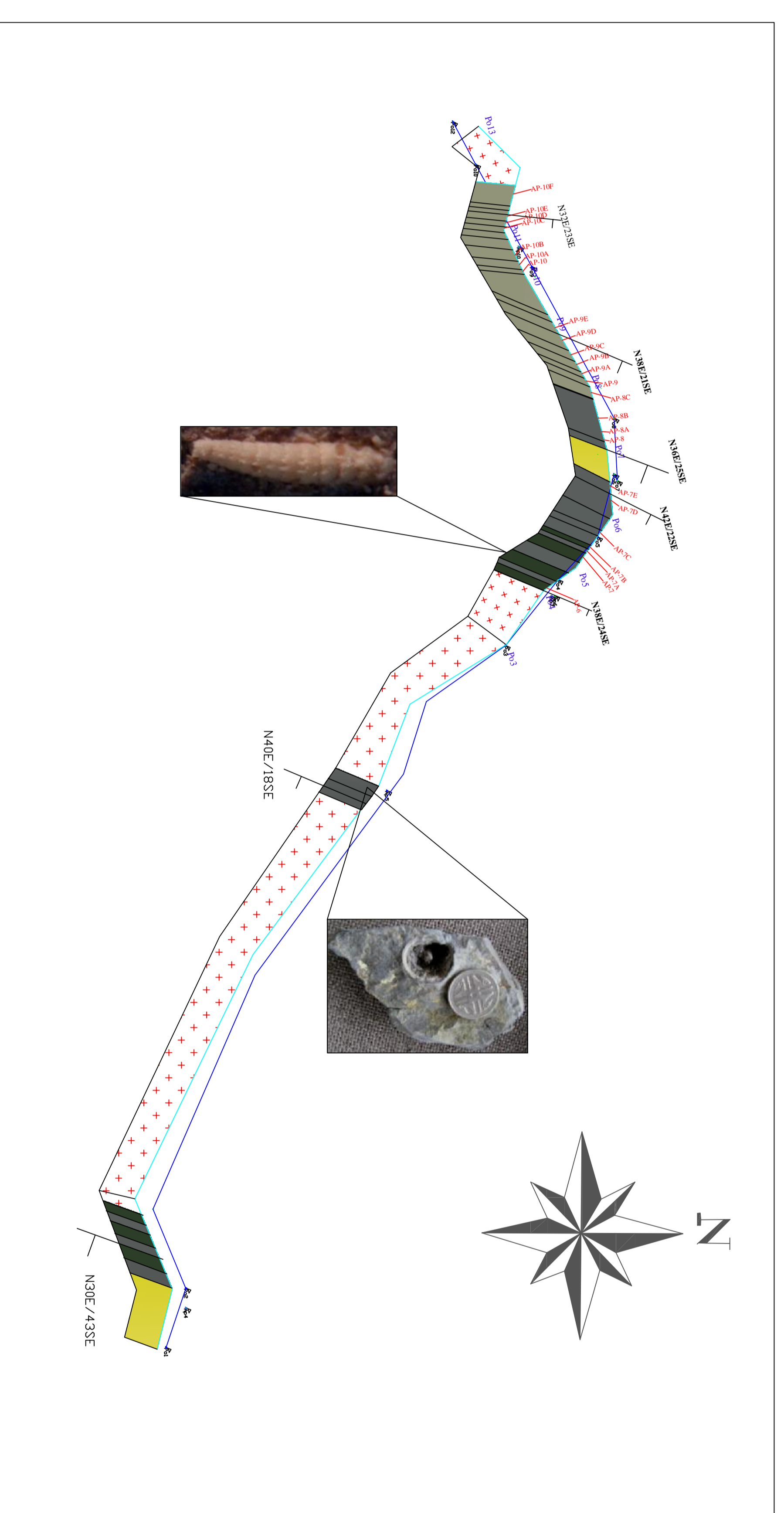
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
 PROGRAMA DE GEOLOGÍA
 ANALISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y PLANEROS AFLORANTES EN SECTORES ALEDAÑOS A VILLA DE LEYVA (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, COLOMBIA)

ANEXO B
 POLIGONAL SECTOR SORA

POR:
 Angel Antonio Barbosa
 Ana Paulina López
 2009

Escala 1:250





LEYENDA

	Lodolitas grises verdosas claras
	Lodolitas grises verdosas oscuras
	Arenitas
	Lodolitas silíceas
	Afloramiento cubierto

CONVENCIONES

	Trazo de poligonal a GPS
	Trazo de poligonal a cinta y brújula
	Estación
	Estación de GPS
	Muestra
	Rumbo y buzamiento

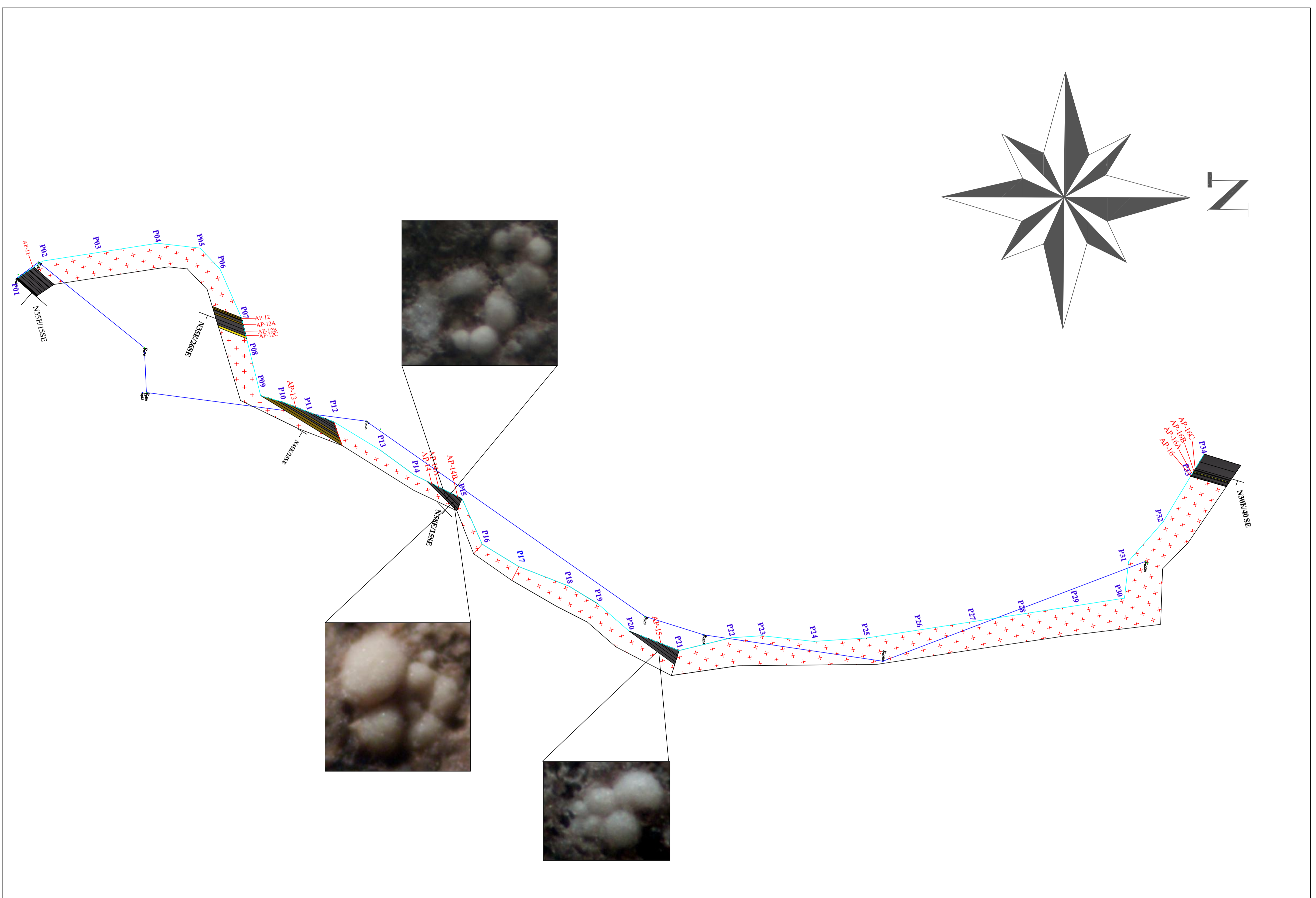
UNIVERSIDAD DE CALDAS
 FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
 PROGRAMA DE GEOLOGÍA

ANÁLISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR
 CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y
 PLENERS AFLORANTES EN SECTORES ALEDANOS A VILLA DE
 LEYVA (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, COLOMBIA)



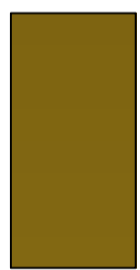
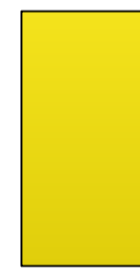
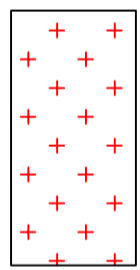
ANEXO C
 POLIGONAL SECTOR VEREDA PUJOS

POR
 ANGEL ANTONIO BARBOSA
 ANA PAULINA LÓPEZ
 2009




Escala 1:1000
 0 10 20 30 40 50



LEYENDA

-  Lodolitas negras
-  Lodolitas grises
-  Arcillolitas
-  Arenitas
-  Afloramiento cubierto

CONVENCIONES

-  Trazo de poligonal a GPS
-  Trazo de polidonal a cinta y brujula
-  Estacion
-  Estacion de GPS
-  Muestra
-  Rumbo y buzamiento

UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
PROGRAMA DE GEOLOGÍA

ANÁLISIS FACIAL DE LAS SECUENCIAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR CORRESPONDIENTES A LAS FORMACIONES SAN RAFAEL, CONEJO Y PLAENERS AFLORANTES EN SECTORES ALEDAÑOS A VILLA DE LEYVA (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, COLOMBIA)

ANEXO B
POLIGONAL SECTOR VEREDA LAS JUNTAS

POR:

Angel Antonio Barbosa
Ana Paulina López

2009

Escala 1 : 1000

