

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN ROSABLANCA EN LA
QUEBRADA PLATANALITO, ZAPATOCA, SANTANDER

ALICIA CAICEDO DURÁN
AIDALID PACHECO SUÁREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012.

ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN ROSABLANCA EN LA
QUEBRADA PLATANALITO, ZAPATOCA, SANTANDER

ALICIA CAICEDO DURÁN
AIDALID PACHECO SUÁREZ

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

Director

M.Sc. ALBERTO ORTÍZ FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2012.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de vivir, tener una familia, estudiar y adquirir los conocimientos que me han traído hasta este momento.

También agradezco a mi mamá CARMEN ALICIA DURÀN, mis hermanos Javier, Daniel, Alejo, Sergio y Yisi, por su esfuerzo y dedicación, porque siempre me apoyaron y me animaron a seguir adelante con mis estudios, a toda mi familia en general.

Agradezco a mi amiga y compañera de tesis Aidalid Pacheco Suárez “Andalid” porque juntas afrontamos los contratiempos que se presentaron durante el desarrollo del proyecto.

A mis amigas y amigos Andalid, Silvis, Ginita, Carolina (la Pepe), Tatis, Adri, Carlitoxxx, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional y juntos compartimos, disfrutamos y reímos de los buenos momentos que la vida nos presentaba, y a todos aquellos con quienes en su momento compartí alegrías y disfrutamos los instantes que nos traía del día a día.

Al director del proyecto Alberto Ortíz, y todos y cada uno de los profesores de la escuela de Geología y demás que hicieron parte de mi formación académica, por compartir sus conocimientos y contribuir a mí desarrollo profesional.

A la empresa SOCIEDAD DE YESOS PRADA LTDA, en especial al Ingeniero Diego Eduardo Niño, por su colaboración, tiempo y conocimiento fundamental en el desarrollo del proyecto y a todo el personal.

ALICIA

AGRADECIMENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirnos concluir con este proyecto y por todas las bendiciones que día a día recibo de él, a mi familia por su paciencia y su apoyo incondicional para poder superarme profesionalmente, en especial a mi madre (la señora Blanca) que día a día se esforzó por sacarme adelante, a mi papá, a mi hermana (Diosa) y a su esposo, a mis demás hermanos, tíos y sobrinos.

A mi compañera de proyecto “la malix” por su paciencia y dedicación al desarrollo de este proyecto, pero sobre todo por su amistad incondicional durante toda nuestra vida universitaria.

A mis amigos y amigas de la universidad, Caro, Alix, Silvis, Nagi, Adri y Tatis y a todos mis amigos y amigas que no he nombrado pero que les tengo un lugar especial en mi corazón, por compartir mis tristezas y mis alegrías y por hacer parte de mi desarrollo profesional y personal.

A la empresa SOCIEDAD DE YESOS PRADA LTDA, y en especial al Ingeniero Diego Eduardo Niño A, por su colaboración fundamental e incondicional y su valioso conocimiento y a todos sus trabajadores.

Al profesor y director de este proyecto Alberto Ortíz, a todos los profesores de la escuela de Geología por compartir su conocimiento y contribuir con mi desarrollo ético y profesional, al Técnico laboratorista de la escuela de Geología Luis Eduardo Garrido y la reinita Sonia Sánchez.

AIDALID

DEDICATORIA

A mis padres CARMEN ALICIA DURAN LEAL Y ALEJO CAICEDO ALDANA (Q.E.P.D), porque siempre quisieron que estudiara y me superara.

A mis hermanos por su apoyo

A mis amigos y compañeros

“Afronta tu camino con coraje,
no tengas miedo de las críticas de los demás.
Y, sobre todo, no te dejes paralizar por tus propias críticas”
Paulo Coelho

ALICIA

DEDICATORIA

A mi hijo por ser el motor de mi vida

Al esfuerzo de mis padres y hermanos

A Erick Illidge, por todos los momentos que juntos compartimos

A mis amigos y compañeros, por formar parte de mi crecimiento personal y profesional.

"Intenta no volverte un hombre de éxito, sino volverte un hombre de valor."

Albert Einstein.

AIDALID

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	22
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3. GENERALIDADES.....	25
3.1 LOCALIZACIÓN.....	25
4. METODOLOGÍA.....	27
4.1 BÚSQUEDA Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO.....	27
4.2 ETAPA DE CAMPO.....	27
4.3 ETAPA DE LABORATORIO.....	28
4.4 ETAPA DE OFICINA.....	29
4.5 INTERPRETACIÓN DE DATOS OBTENIDOS Y ELABORACIÓN DEL INFORME.....	30
5. ANTECEDENTES.....	31
6. MARCO TEÓRICO.....	35
6.1 SECUENCIAS DEPOSITACIONALES.....	37
6.2 SYSTEMS TRACTS.....	39
6.2.1 Lowstand Systems Tract.....	40
6.2.2 Transgressive Systems Tract (TST).....	42
6.2.3 Highstand Systems Tract (HST).....	44
7. MARCO GEOLÓGICO.....	46
7.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	46
7.1.1 Evolución tectónica de la cuenca del valle medio del magdalena.....	46
7.1.1 Estilos estructurales de la cuenca del valle medio del magdalena.....	49
7.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	52
8. MARCO ESTRATIGRÁFICO.....	55

8.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	55
8.2 ESTRATIGRAFÍA DETALLADA.....	61
8.2.1 Segmento Basal	64
8.2.2 Segmento Medio.....	67
9. ANÁLISIS FACIAL.....	75
9.1 DESCRIPCIÓN DE FACIES.....	75
9.1.1 Facies Cuarzo arenisca masiva. (ACm)	75
9.1.2 Facies Arenisca lodosa, calcárea bioturbada de bioclastos. (Alcbb).....	76
9.1.3 Facies Cuarzo arenisca masiva con bioclastos. (Acmb)	76
9.1.4 Facies Shale con bioclastos. (FShb).....	76
9.1.5 Facies Shale, calcárea con bioclastos. (FShcb)	76
9.1.6 Facies Shale. (FSh)	77
9.1.7 Facies Mudstone con laminación de algas y bioclásticos. (Mab).....	78
9.1.9 Facies Mudstone Dolomítico. (Md).....	80
9.1.10 Facies Mudstone laminado. (MI).....	80
9.1.11 Facies Wackestone Dolomítico con bioclastos. (Wdb).....	81
9.1.12 Facies yeso calcáreo piritoso. (Ycp).....	81
9.1.13 Facies Mudstone-wackestone de bioclastos, masivo. (MWbm).....	82
9.1.14 Facies Wackestone-packstone laminados de bioclastos. (WPIb).....	82
9.1.15 Facies Mudstone laminado de bioclastos. (MIb).....	83
9.1.16 Facies Mudstone de Bioclásticos masivo. (Mbm).....	83
9.1.17 Facies Wackestone de bioclastos masivo. (Wbm)	84
9.1.18 Facies Wackestone-Packstone de bioclastos. (WPb).....	85
9.1.19 Facies Shale con laminación plano paralela. (Fshlp).....	86
9.1.20 Facies Shale ligeramente arenoso. (FSha)	87
9.1.21 Facies Lodolita biosoportada. (Flb).....	88
9.1.22 Facies Grainstone de bioclastos, masivo. (Gbm)	89
9.1.23 Facies Grainstone Oolítico masivo. (GOM)	90
9.1.24 Facies Wackestone de bioclastos.laminado (Wbl)	91
9.1.25 Facies Packstone de bioclastos masivo. (Pbm).....	92

9.1.26 Facies Packestone - Grainstone de bioclastos laminados. (PGbl).....	93
9.1.27 Facies Packstone-Grainstone de bioclastos. (PGb).....	94
9.1.28 Facies Packstone de bioclásticos laminado. (Pbl)	95
9.1.29 Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular. (Albli)	96
9.1.30 Facies Arenisca calcárea de bioclastos. (Acb).....	97
9.1.32 Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva. (Alm)	99
10. INTERPRETACIÓN AMBIENTAL.....	101
11. CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA.....	105
11.1 SEGMENTO BASAL.....	106
11.2 SEGMENTO MEDIO.....	108
11.3 SEGMENTO SUPERIOR.....	110
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio, Zapatoca, Santander. mapa y geología del departamento de Santander, Ingeominas 2006	26
Figura 2. Relación de los conceptos que controlan el nivel del mar y/o espacio de acomodación.....	35
Figura 3. Jerarquía de las secuencias	39
Figura 4. Esquema de sistemas deposicionales	40
Figura 5. Perfil de un Lowstand systems tract	41
Figura 6. Ambientes sedimentarios y sedimentación presentes en un Lowstand systems tract.....	42
Figura 7. Perfil para un Transgressive Systems Tract.	43
Figura 8. Ambientes sedimentarios presentes en un Transgressive Systems Tract	44
Figura 9. Perfil para un Highstand System Tract	45
Figura 10. Ambientes sedimentarios presentes en un Highstand Systems Tract ..	45
Figura 11. Modelo de la evolución tectono - estratigráfica de la Cordillera Oriental, Valle Medio del Magdalena y Llanos Orientales.	48
Figura 12. Estilos estructurales y marco tectónico regional del Cretácico en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.	51
Figura 13. Mapa geológico del área de trabajo, plancha 120 – IV – C.	54
Figura 14. Columna estratigráfica Generalizada del Valle Medio del Magdalena. .	55
Figura 15. Columna generalizada de la Formación Rosablanca, levantada en la Quebrada Platanalito y Mina La Vega. Anexo 5.	63
Figura 16. Columna estratigráfica del Segmento basal de la Formación Rosablanca, en la Mina La Vega. (Ver convenciones en anexo 1).....	66
Figura 17. Columna estratigráfica del Segmento medio de la Formación Rosablanca, en la Quebrada Platanalito. (Ver convenciones en anexo 1)	70

Figura 18. Columna estratigráfica del Segmento Superior de la Formación Rosablanca, en la Quebrada Platanalito. (Ver convenciones en anexo 1).	74
Figura 19. Modelo de Ambiente para un deposito tipo Sabkha	103
Figura 20. Perfil de una plataforma somera media.	104
Figura 21. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento basal. (Ver convenciones en anexos 1y 4).	107
Figura 22. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento medio. (Ver convenciones en anexos 1y 4).....	109
Figura 23. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento Superior. (Ver convenciones en anexos 1y 4)	110

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Equipos utilizados. a). Estéreo-microscopio marca Nikon Inc. NI-150 modelo C-PS. b). Microscopio de luz transmitida marca Nikon Eclipse E200/50PO con cámara y pantalla incorporada.	29
Fotografía 2. Panorámica de las Formaciones aflorantes en el área de estudio, en la mina La Vega, Zapatoca.	56
Fotografía 3. Panorámica de la Formación Cumbre, en la mina Las Vegas, Zapatoca. X : 1.096.875 ; Y : 1.241.125	58
Fotografía 4. Contacto de la Formación Rosablanca y Paja, en la Quebrada Platanalito.	60
Fotografía 5. Mina La Vega, Zapatoca, se observan los niveles de yeso explotables pertenecientes al segmento basal. X: 1.096.700 ; Y : 1.241.125 ...	64
Fotografía 6. Niveles de Mudstone y Wackestone laminados, intensamente bioturbados. X : 1.095.275 ; Y : 1.242.200.	68
Fotografía 7. Niveles de Grainstone Oolíticos ferruginosos, hacen parte del segmento medio. X : 1.095.200 ; Y : 1.242.125.	69
Fotografía 8. Niveles siliciclásticos de la Fm. Rosablanca, se encuentran en el segmento basal. X : 1.095.100 ; Y : 1.242.050.	71
Fotografía 9. Niveles de Packstone y Grainstone Fosilíferos, hacia el techo de la Fm Rosablanca. X : 1.094.950 ; Y : 1.241.925	73
Fotografía 10. Facies Shale, calcárea con bioclastos. (FShcb)	77
Fotografía 11. Facies Shale. (FSh).	78
Fotografía 12. Facies Mudstone con laminación de algas y bioclásticos. (Mab).	79
Fotografía 13. Facies Wackestone laminado con bioclastos, oolítico. (Wlbo), 1. Foraminífero Planctónico; 2.	80
Fotografía 14. Facies Mudstone laminado. (MI).....	81
Fotografía 15. Facies yeso calcáreo piritoso. (Ycp), a. Muestra de mano; b.sección delgada, donde se observan las venas de Yeso fibroso.	82

Fotografía 16. Facies Mudstone laminado de bioclastos. (Mlb).....	83
Fotografía 17. Facies Mudstone de Bioclástos masivo. (Mbm, a. muestra de mano, b. sección delgada, 1. Globigerina, 2. Foraminífero uniserial.	84
Fotografía 18. Facies Wackestone de bioclastos masivo. (Wbm).....	85
Fotografía 19. Facies Wackestone-Packstone de bioclastos. (WPb).....	86
Fotografía 20. Facies Shale con laminación plano paralela. (Fshlp).....	87
Fotografía 21. Facies Shale ligeramente arenoso. (FSha)	88
Fotografía 22. Facies Lodolita biosoportada. (Flb).....	89
Fotografía 23. Facies Grainstone de bioclastos, masivo. (Gbm)	90
Fotografía 24. Facies Grainstone Oolítico masivo. (GOM), a. Muestra de mano, b. sección delgada, donde se observa la falsa cruz uniaxial de los Oolitos.....	91
Fotografía 25. Facies Wackestone de bioclastos.laminado (Wbl).....	92
Fotografía 26. Facies Packstone de bioclastos masivo. (Pbm)	93
Fotografía 27. Facies Packstone - Grainstone de bioclastos laminados. (PGbl) .	94
Fotografía 28. Facies Packstone-Grainstone de bioclastos. (PGb)	95
Fotografía 29. Facies Packstone de bioclástos laminado. (Pbl)	96
Fotografía 30. Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular. (Albli)	97
Fotografía 31. Facies Arenisca calcárea de bioclastos. (Acb)), a. Muestra de mano, b. y c. foto sección delgada, donde se observa 1. Espina de equinoideo, 2. Briozoo.....	98
Fotografía 32. Facies Arenisca de bioclastos masiva. (Abm)	99
Fotografía 33. Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva. (Alm)	100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Clasificación de rocas carbonatadas	75
--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Modelo estratigráfico secuencial de la Formación Rosablanca en la Quebrada Platanalito a Escala 1:100.....	CD
ANEXO B. Catalogo macroscópico de muestras	CD
ANEXO C. Modificación de la columna estratigráfica de Inés María Zamarreño a Escala 1:100.	CD
ANEXO D. Correlación lito-estratigráfica entre al columna de Inés Mará Zamarreño y la columna de la Quebrada Platanalito.	CD

RESUMEN

TITULO:

“ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DE LA FORMACIÓN ROSABLANCA EN LA QUEBRADA PLATANALITO, ZAPATOCA, SANTANDER, A PARTIR DE LA COLUMNA TIPO”.

AUTORES:

CAICEDO Durán Alicia
PACHECO Suárez Aidalid

Palabras claves:

Estratigrafía de Secuencias, Systems Tract, Formación Rosablanca, Valle Medio del Magdalena (VMM)

Descripción

El presente estudio nace ante la necesidad de establecer la estratigrafía secuencial para la Formación Rosablanca en un lugar determinado. El lugar que mejor expone la sección aflorante se sitúa en la Quebrada Platanalito, Zapatoca – Santander, al SW del Macizo de Santander, en la parte oriental de la cuenca del Valle Medio del (VMM). Esta nueva columna se complementó con la técnica de estratigrafía secuencial que permitió definir ciclos, parasecuencias, asociaciones faciales y superficies de máxima inundación y/o superficies regresivas, para que la columna pueda correlacionarse con otras del subsuelo en el VMM.

Para el desarrollo del proyecto se levanto una columna estratigráfica escala 1:100 y se definieron cinco ciclos deposicionales de cuarto orden basados en 11 Systems Tract y 32 lito-facies. Las lito-facies inician con facies evaporíticas, seguidas por facies que varían de Mudstone a Grainstone inter-estratificados con niveles de lutitas y lodolitas calcáreas. Estas intercalaciones marcan el inicio de un sistema transgresivo de la cuenca con pequeñas fluctuaciones en el nivel base, las cuales permitieron la identificación de secuencias estratigráficas de menor orden. Con base en lo anterior se infirió que la Formación Rosablanca se depositó en ambientes de alta y baja energía dentro de una plataforma somera restringida excepto por los niveles arenosos siliciclásticos situados a la parte media superior que indican un cambio abrupto en las condiciones de depósito. Adicionalmente, se realizó una correlación lito-estratigráfica con la columna levantada por en 1963 por Zamarreño, I. sobre la Quebrada Lagunetas, la cual está ubicada al noreste del área de trabajo en el Municipio de Zapatoca. Esta correlación permitió definir que el ambiente de depositación es constante en el área de trabajo.

Este proyecto contribuye a la caracterización de lo que hoy es un prometedor yacimiento de hidrocarburos no convencionales en el Valle Medio del Magdalena.

* Proyecto de grado

** Facultad de Físicoquímicas, Escuela de Geología, UIS. Director ORTIZ Alberto

ABSTRACT

TITLE:

“SEQUENCE STRATIGRAPHY OF THE ROSABLANCA FORMATION LOCATED IN THE PLATANALITO CREEK, ZAPATOCA – SANTANDER, FROM THE GENERALIZED STRATIGRAPHIC COLUMN”.

AUTHORS:

CAICEDO Durán Alicia
PACHECO Suárez Aidalid

Key Words: Estratigrafía de Secuencias, Systems Tracts, Formación Rosablanca, Valle Medio del Magdalena (VMM), non-conventional hydrocarbon reservoirs.

Description

This project was made due to the need to define and establish its sequence stratigraphical for the Rosablanca Formation in a particular place. The area that meets these requirements was found at the Platanalito creek in Zapatoca – Santander, SW of the Santander Massif in the eastern part of the Magdalena Middle Valley (VMM) basin. The new column was supplemented with a sequence stratigraphy model that allowed defining cycles, parasequences, facies associations and maximum flooding surface, for it to be correlatable with subsurface models at the VMM.

A 1:100 scale stratigraphic column was made in which five different depositional cycles of fourth order were defined on 11 Systems Tract and 32 Litho-facies. The Litho-facies start with evaporite facies, followed by facies that vary from Mudstone to Grainstone interlayered with calcareous shales and claystone. These layering denote the beginning of a transgressive system in the basin with small fluctuations in the base level, which were the key to determine the lower order stratigraphic sequences. Based on that, it was possible to infer that Rosablanca's Formation was deposited in high and low energy environments of a shallow restricted shelf with the exception of the siliciclastic deposits at the middle upper portion of the stratigraphic column that reflect a sudden change on the depositional setting. Additionally, a lithostratigraphic correlation was made with a column made by Zamarreño (1963) at the Lagunetas drainage, which is located NW of the study area in Zapatoca. As a result, this correlation allowed defining that the depositional environment is constant in the study area.

This project contributes to characterization of a promissory play for non-conventional hydrocarbons on the Middle Magdalena Valley

* Undergraduate Thesis Project

** Physical – Chemical Engineering College, Geology School, UIS. Alberto Ortiz, Advisor.

INTRODUCCIÓN

La Formación Rosablanca en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) ha sido estudiada desde 1929, se le asigna el nombre derivado del cerro Rosablanca, su edad varía de acuerdo con su posición dentro de la cuenca, desde el Valanginiano – Aptiano (para el área de estudio esta definida una edad Hauteriviano – Barremiano), el espesor reportado en el área de Zapatoca es de 318 m, también, ha sido objeto de diferentes estudios: Análisis faciales e interpretaciones ambientales, reportan que esta secuencia cretácica basal registra el primer ingreso del mar a la cuenca en dirección N – E, depositándose en ambientes marinos de plataforma somero media, dentro de un sistema general transgresivo con fluctuaciones del nivel del mar.

Este estudio pretende establecer la estratigrafía secuencial de la Formación Rosablanca aflorante en la Quebrada Platanalito, en el área de Zapatoca y así poder correlacionarlas con otras dentro de la cuenca VMM; mediante el levantamiento de una columna estratigráfica de la Formación, a escala 1:100 donde se identifican diferentes facies para generar un modelo lito-estratigráfico y deposicional para la Formación, además, se correlacionó con la columna tipo de Inés María Zamarreño para identificar los cambios faciales en el área.

Con el nuevo enfoque en los yacimientos no convencionales, esta secuencia Cretácica se perfila como un prometedor yacimiento no convencional.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Formación Rosablanca ha sido estudiada desde el punto de vista de análisis fractal, distribución de facies, registros de pozos e interpretación de líneas sísmicas, entre otros, también ha sido evaluada como roca generadora y como reservorio naturalmente fracturado, esto se ha hecho a nivel de toda la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM); además existe una columna estratigráfica tipo de la Formación Rosablanca levantada en el Cañón del Río Sogamoso, la cual ha desaparecido casi en su totalidad debido a agentes naturales lo que impide encontrarla físicamente en la localidad tipo cuando sea requerida para una investigación.

Debido a lo anteriormente expuesto se hace necesario el levantamiento de una nueva columna estratigráfica tipo para la Formación Rosa Blanca, la cual se levantara en el área de influencia de la Quebrada Platanalito. Esta nueva columna se complementará con la técnica de estratigrafía secuencial que permite definir ciclos, parasecuencias, asociaciones faciales y superficies de máxima inundación y/o máxima regresión para que la columna pueda amarrarse a otras del subsuelo en el VMM. Ya que aunque se presenten cambios de facies de acuerdo a la posición geográfica y batimétrica se pueden identificar los eventos principales correlacionables. Así poder determinar la importancia de la Formación Rosablanca dentro de un sistema petrolífero. Este proyecto hace un aporte académico además de un aporte técnico en las fases de exploración y desarrollo de la industria de hidrocarburos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la estratigrafía secuencial de la Formación Rosablanca aflorante en la Quebrada Platanalito, Zapatoca, Santander.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Levantar la columna estratigráfica de la Formación Rosablanca aflorante en la Quebrada Platanalito.
- ✓ Identificar facies y microfacies de la sucesión.
- ✓ Comparar la columna estratigráfica levantada en la Quebrada Platanalito con la de Inés María Zamarreño de Julivert.
- ✓ Determinar parasecuencias estratigráficas a partir de la de la columna levantada en la Quebrada platanalito y la columna de Inés María Zamarreño de Julivert.
- ✓ Elaborar un catálogo de muestras representativas de la Formación Rosablanca en el sitio de estudio.

3. GENERALIDADES

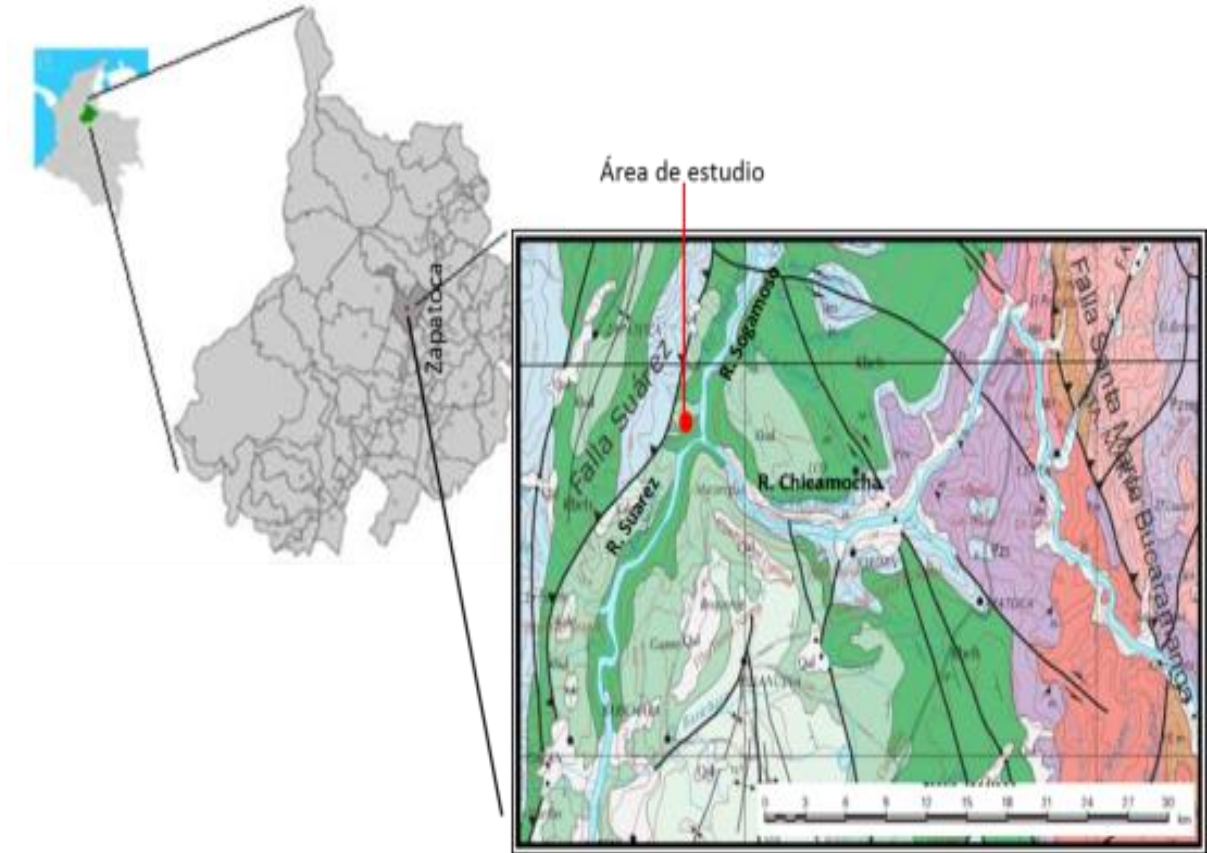
3.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada sobre el Cañón del Río Chicamocha – Sogamoso, en las vecindades de su confluencia con el Río Suarez, en el municipio de Zapatoca, Santander, en el área de influencia de la Quebrada Platanalito.

Zapatoca se ubica en la Provincia de Mares a 65 km al SW de la ciudad de Bucaramanga, pasando por el municipio de Girón y parte del cañón el río Sogamoso. Geográficamente está ubicada con coordenadas Lat. N. 6° 49´ 11" y Long. W. 73° 16´ 21", con una altura aproximada de 1720 msnm. De acuerdo con la nomenclatura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.), la zona de trabajo se localiza en la plancha 120 – IV – C.

Geológicamente se sitúa al SW del Macizo de Santander, en la parte oriental de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM).

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio, Zapatoca, Santander. mapa y geología del departamento de Santander, Ingeominas 2006



Fuente: modificado de Ingeominas 2006

4. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación se desarrolló mediante la siguiente metodología de trabajo:

4.1 BÚSQUEDA Y CLASIFICACIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

En esta etapa se realizó la recopilación de fuentes bibliográficas que sirvió para adquirir un conocimiento previo de la información indispensable para el desarrollo del tema de este proyecto. Para esto se buscó información en la Universidad Industrial de Santander, Instituto Colombiano del Petróleo, Ingeominas e Internet.

4.2 ETAPA DE CAMPO

El trabajo de campo se desarrolló en tres fases de acuerdo a la siguiente programación:

- ✓ Scouting de un día, para dimensionar la logística que permita las mejores condiciones técnicas para levantar la columna estratigráfica.
- ✓ Primera fase de levantamiento de la columna estratigráfica, con medición directa en el afloramiento (con cinta métrica) y muestreo de las secciones. Se realizó parte de la descripción y toma muestras de mano (80 muestras).
- ✓ Segunda fase de campo, culminación del levantamiento de la columna estratigráfica, siguiendo la metodología anterior, correcciones y ajustes sobre los datos. Finalización del levantamiento en campo junto con el muestreo definitivo (se recolectaron 80 muestras para un total de 160 muestras), se realizó una revisión de la información recolectada a cargo del director de proyecto.

4.3 ETAPA DE LABORATORIO

La etapa de laboratorio consta de la descripción macroscópica de las muestras de mano como base para determinar asociaciones de facies, realización de un catálogo fotográfico de muestras representativas y Selección de muestras representativas, una por facies representativa aproximadamente 10, para realizar secciones delgadas, las cuales serán analizadas microscópicamente, como soporte en la determinación de ambientes depositacionales.

La descripción y clasificación de muestras de mano se llevó a cabo siguiendo la metodología para la clasificación de rocas calcáreas de Dunham, (1978), y la clasificación para rocas siliciclásticas de Folk, (1974); en el laboratorio de lupas de la escuela de geología de la Universidad Industrial de Santander utilizando un estéreo-microscopio marca Nikon Inc. NI-150 modelo C-PS (Fotografía 1A).

La descripción y clasificación de secciones delgadas se llevó a cabo siguiendo la metodología para la clasificación de rocas calcáreas de Dunham, (1978), utilizando un microscopio de luz transmitida marca Nikon Eclipse E200/50PO con cámara y pantalla incorporada (Fotografía 1B).

Fotografía 1. Equipos utilizados. a). Estéreo-microscopio marca Nikon Inc. NI-150 modelo C-PS. b). Microscopio de luz transmitida marca Nikon Eclipse E200/50PO con cámara y pantalla incorporada.



4.4 ETAPA DE OFICINA

Análisis y evaluación de la información obtenida en las etapas de campo y laboratorio, con esta información se elaboró una columna estratigráfica escala 1:100 en formato digital, se definieron litofacies, ambientes de depositación y Systems tracts; esta información se integró con la bibliografía estudiada para desarrollar la estratigrafía secuencial del área de estudio.

La interpretación de las litofacies se realizó basados en los criterios genéticos propuestos por Alfonso, A., (1985), la interpretación de los ambientes de depositación basados en Tucker and Wright (2005), Scholle, P., et al (2006) y Nichols G., (2009) y la definición de los Systems tracts basados en Catuneanu, (2011) y Domínguez I., (1994).

4.5 INTERPRETACIÓN DE DATOS OBTENIDOS Y ELABORACIÓN DEL INFORME

En esta fase se inicia el desarrollo de la interpretación de los datos obtenidos en las etapas anteriores, los cuales fueron plasmados en la elaboración y edición del informe final del proyecto de grado.

5. ANTECEDENTES

Los principales estudios que involucran la Formación Rosablanca en el Valle Medio del Magdalena (VMM), proporcionan información útil para la aplicación de estratigrafía secuencial en esta formación la cual es objeto del presente estudio; dentro de las primeras publicaciones se encuentra Morales et al., (1958), que da a conocer los trabajos realizados por Wheeler, (1929), quien le da el nombre de Formación Rosablanca derivado del Cerro Rosablanca ubicado a unos 5 Km al NE de la Concesión Mares, además de una detallada descripción de la secuencia sedimentaria Cretácica, afirman que durante este periodo la cuenca del VMM formaba parte de una cuenca extensiva (Geosinclinal Colombiano). Wheeler, (1929), describió que la Formación Rosablanca esta compuesta por calizas duras masivas, de color gris azulado, fosilífera, con textura gruesa, que contiene muchos niveles de margas, cambiando hacia el tope a calizas negras de grano muy fino a arcillosas. Afirma que la edad de esta formación varía desde el Hauteriviano en el sur a Barremiano en el norte.

Zamarreño I., (1963), realizo la estratigrafía y descripción petrográfica de la Formación Rosablanca que aflora en el cañón del Rio Sogamoso al W de la Mesa de los Santos en la Quebrada Lagunetas. La sucesión tiene unos 318 m de espesor y está constituida por un conjunto de calizas masivas con margas y shales intercalados y un nivel arenoso en la parte alta. Zamarreño diferenció los niveles petrográficos de base a techo (dolomías o calizas dolomíticas, micrita, micrita fosilífera, esparita, intramicrita, biomicrita a micrita fosilífera, intramicrita, micrita fosilífera, ortocuarzita y biomicritas) que le permite identificar que las condiciones de depósito de esta sucesión no fueron constantes.

Alfonso C., (1985), realizo el análisis facial y la interpretación ambiental para el segmento inferior de la Formación Rosablanca (Mesa de los Santos). Afirma que

estás facies pueden interpretarse como generadas en tres ambientes deposicionales contiguos principales: submareal, intermareal, y supramareal; en esta última se encuentran las facies Yesíferas que presenta atributos similares a los de un moderno sabkha; La distribución y repetición de las diferentes facies dentro de la sucesión litológica indica un progresivo avance marino en sentido Este interrumpido con breves oscilaciones de retroceso; estas oscilaciones fueron estudiadas por Guzmán G., (1985), que utilizó los Grifeidos infracretácicos (*Aetostreon couloni* y *Ceratostreon boussingaulti*) como indicadores de estos eventos ocurridos durante la depositación de la Formación Rosablanca, en el área de Zapatoca, Santander. Sugiere que el remplazo en la sucesión vertical de una facies rica en *Aetostreon couloni* por una rica en *Ceratostreon boussingaulti* sería el resultado del descenso relativo del nivel del mar.

Rolón y Carrero, (1995), afirma que al oriente del Anticlinal de Los Cobardes se identificaron seis secuencias aflorantes comprendidas entre la base de la Formación Girón y la Formación Areniscas de Chiquinquirá, también reportan que los episodios de máxima inundación sucedidos en la cuenca durante el Valanginiano tardío, Barremiano y Aptiano tardío, coinciden con ascensos globales del nivel del mar.

Ortíz et al., (1997), realizan el estudio “estratigrafía secuencial del grupo calcáreo basal del Valle Medio Del Magdalena”. A partir de columnas estratigráficas levantadas en las vecindades de los municipios de Barichara, Zapatoca, y San Vicente de Chucurí, para las formaciones Los Santos, Cumbre, Rosablanca, Tablazo; se realizó un análisis de estratigrafía secuencial para definir las facies dominantes, ambientes de depositación y ciclos estratigráficos.

Ortíz et al., (1998), “evaluación de la calidad de roca reservorio de las formaciones Rosablanca y Tablazo en el Valle Medio del Magdalena”. A partir de muestras de superficie tomadas de secciones representativas de las formaciones Rosablanca y

Tablazo, principalmente en el departamento de Santander se realizó el análisis facial e interpretación ambiental para estas formaciones.

ECOPETROL – ICP, (1999), en un estudio realizado al cretácico basal y la Formación La Luna (pozo La Rompida-6), teniendo en cuenta las características sedimentológicas de una sección de la Formación Rosablanca, se obtuvo como resultado un ambiente deposicional de plataforma somera media en el sector Centro – occidental de la cuenca. Sugieren ciclos de baja frecuencia y afirman que estos depósitos corresponden a un Highstand Systems Tract (HST).

Reyes et al., (2000), plantea que los ambientes deposicionales de la secuencia cretácica en la cuenca del Valle Medio del Magdalena se inicia con: una sedimentación clástica de origen continental que pasa gradualmente a una depositación de caliza y Lodolitas con espesor variable de ambiente marino. De acuerdo a esto se interpretan cuatro tipos de ambientes: fluvial continental, parálico, carbonatos de plataforma marina somera, lodos de plataforma marina interna. Definen un modelo de evolución estratigráfica basado en seis ciclos de muy baja frecuencia.

León J., (2002), en su trabajo de grado realizó un modelo estratigráfico regional para la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) que permite explicar y predecir la distribución de facies de la Fm Rosablanca en el VMM. Se determinaron tres Systems Tracts (TST – HST - TST) aplicando estratigrafía de secuencias.

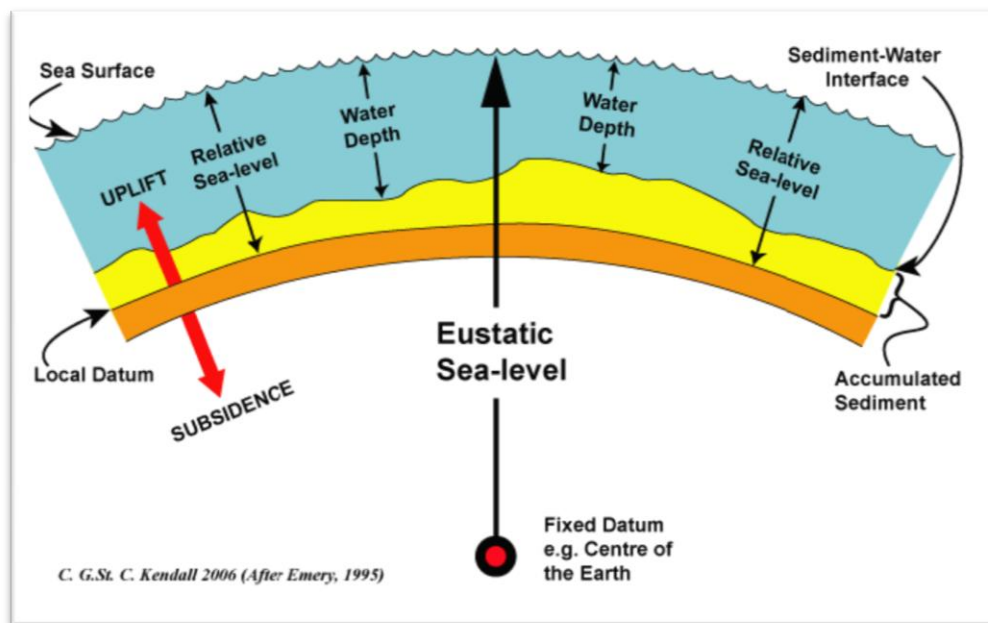
Cruz S., (2005), elaboró en su trabajo de grado una nueva metodología para la caracterización de las redes de fracturas y sus propiedades. Las mediciones utilizadas para implementar La geometría fractal se realizaron en la Formación Rosablanca, afloramientos de la mina “El Carrancio” al SW de La Mesa de los Santos, el análisis de los datos mostraron tres direcciones principales de

fracturamiento. N10 – 20E, N60 – 70E y N60 -70W. Presentando una predominante orientación de las fracturas en dirección N – E, esto indica que los mayores esfuerzos están concentrados en esta dirección. Este estudio se concentra en la sección basal de la Fm Rosablanca que presenta un espesor aproximado de 10 a 15 m.

6. MARCO TEÓRICO

La secuencia es el elemento fundamental en Estratigrafía Secuencial. Corresponde al conjunto de sedimentos depositados en un ciclo completo de cambio de nivel base o de movimiento de la línea de costa. El término de secuencia fue introducido por Sloss et al., (1949) para definir una unidad estratigráfica limitada por dos discontinuidades subaéreas. Posteriormente fue revisado para incluir “una sucesión relativamente concordante de estratos genéticamente relacionados y limitados (en su techo y base) por discordancias o sus conformidades correlativas” (Mitchum, 1977; Emery & Myers, 1996).

Figura 2. Relación de los conceptos que controlan el nivel del mar y/o espacio de acomodación.



Fuente: Emery, (1995)

Los patrones de depositación son el resultado de la interacción entre eustacia, tectónica y el clima. El espacio de acomodación disponible está controlado por cambios en el nivel eustático del mar y las tasas de subsidencia tectónica por otro parte los efectos climáticos controlan la producción de sedimentos. Un número de procesos puede causar movimientos en la superficie del océanos hacia arriba o hacia abajo con respecto al centro de la tierra, esta distancia desde la superficie del mar hasta el centro de la tierra es el nivel del mar eustático, (Figura 2.). Los cambios en la distancia de un horizonte de referencia elegido arbitrariamente (litosfera) y el centro de la tierra se llaman levantamiento (uplift) o subsidencia. La distancia entre este horizonte de referencia y la superficie del mar se llama nivel relativo del mar o el espacio de acomodamiento. La distancia entre la interfaz sedimento / agua y la superficie del mar que se conoce como la profundidad del agua. Las tasas de cambio de la subsidencia tectónica, el nivel del mar eustático, el espesor de los sedimentos y la profundidad del agua están relacionadas entre sí a través de la ecuación de espacio de acomodación.

La estratigrafía de secuencias es una metodología que proporciona un marco para los elementos de un nivel de sedimentación, facilitando la reconstrucción paleogeográfica, predicción de facies y litologías lejos de los puntos de control. Relaciona los cambios en los patrones de depositación (es decir, progradación, retrogradación, agradación, erosión) como respuesta de la variación del espacio de acomodamiento y proporción de sedimentos a través del tiempo. Los patrones depositacionales permiten determinar el orden en que los estratos se establecieron, y explicar las relaciones geométricas y arquitectura de los estratos sedimentarios. También proporciona el contexto dentro del cual se interpreta la evolución de sistemas deposicionales a través del tiempo y espacio. Este análisis se mejora mediante la integración de procesos sedimentológicos con una comprensión de la geometría y escala de los elementos que componen la depositación (Sprague et al., 2002).

La estratigrafía de secuencias consta de tres tipos de unidades diferentes, secuencias, systems tracts y parasecuencias. Cada tipo de unidad se define por relaciones específicas de facies, patrones de depositación y superficies limítrofes. La definición de estas unidades es independiente de la escala temporal y espacial, y del mecanismo de formación (Catuneanu et al., 2011).

6.1 SECUENCIAS DEPOSITACIONALES

Se define como la sucesión relativamente conformada de estratos genéticamente relacionados, limitada por discordancias y sus concordancias correlativas, una secuencia integrada por parasecuencias y juegos de estas, que apiladas, forman sistemas depositacionales (Systems Tracts). Se considera que una secuencia es depositada durante un ciclo del nivel del mar entre dos puntos máximos de caída del nivel del mar, la conformidad o concordancia correlativa es seleccionada como el fondo marino al comienzo de una regresión forzada, ó como fondo marino al final de una regresión forzada (Catuneanu, 2011; Domínguez I, 1994).

Las secuencias deposicionales se dividen en órdenes de secuencias estratigráficas (Figura 3.); la más importante es conocida como de “primer orden” y ésta puede ser subdividido en dos ó más secuencias de “segundo orden”, y así una secuencia de “segundo orden”, puede ser subdividida en dos o más secuencias de “tercer orden” (Emery and Myers et al., 1996; Krause, 1996).

Los ciclos de avance o empotramiento continental, o ciclos de primer orden, están definidos por la mayor escala de todas. Su ciclicidad supera los 50 Ma y son controlados por la tectono-eustacia. Resultan de un ascenso general del nivel eustático asociado a la ruptura de los supercontinentes, aparición de dorsales oceánicas y desplazamiento de las aguas hacia los continentes; están distribuidos

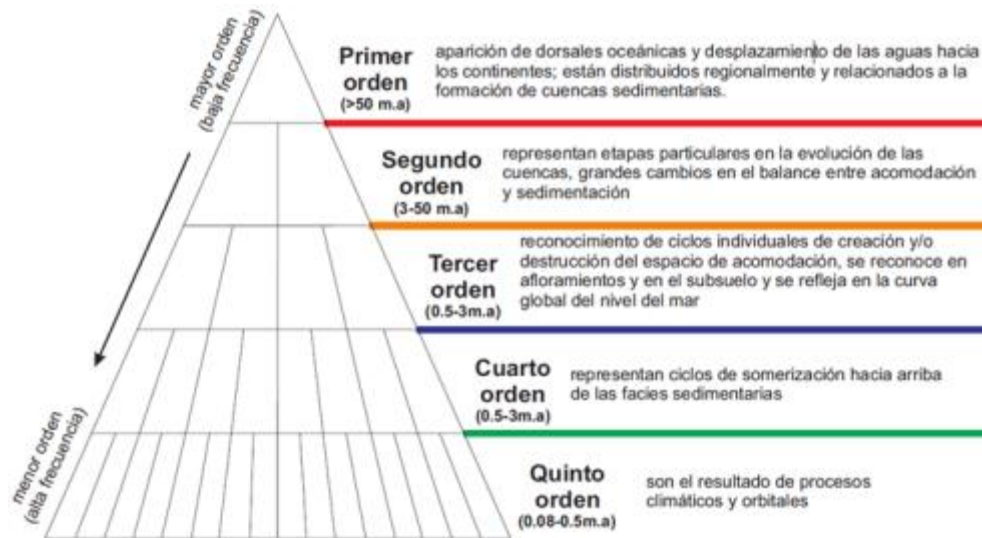
regionalmente y relacionados a la formación de cuencas sedimentarias (Emery and Myers et al., 1996; Krause, 1996).

Los ciclos de segundo orden tienen una duración de 3 a 50 Ma. y representan etapas particulares en la evolución de las cuencas, resultan del agrupamiento de varios ciclos de tercer orden y pueden ser causados por cambios en la tasa de subsidencia tectónica en la cuenca o por levantamientos en la fuente de aporte de sedimentos (Emery and Myers et al., 1996; Krause, 1996).

Los ciclos de tercer orden o secuencias, representan la base de la estratigrafía secuencial, tienen una duración comprendida entre 0.5 y 3 Ma. y son identificados por el reconocimiento de ciclos individuales de creación y/o destrucción del espacio de acomodación, se reconoce en afloramientos y en el subsuelo y se refleja en la curva global del nivel del mar, (Haq y otros, 1987). Estas secuencias se definen por su geometría estratal (p. ej. onlap, toplap) y patrones de apilamiento; Se considera que estos ciclos son controlados principalmente por la glacio-eustacia, aunque otros mecanismos tectónicos son posibles.

Los ciclos de Cuarto Orden, representan ciclos de somerización hacia arriba de las facies sedimentarias. Su duración es de 0.08 a 0.5 Ma. Están limitados por superficies que indican abrupta profundización. Se asocian a procesos autocíclicos dentro del sistema sedimentario. Los ciclos de Quinto Orden, o ciclos de alta frecuencia, tienen una duración de 0.03 a 0.08 Ma. Son explicados como el resultado de procesos climáticos y orbitales. (Emery and Myers et al., 1996; Krause, 1996).

Figura 3. Jerarquía de las secuencias

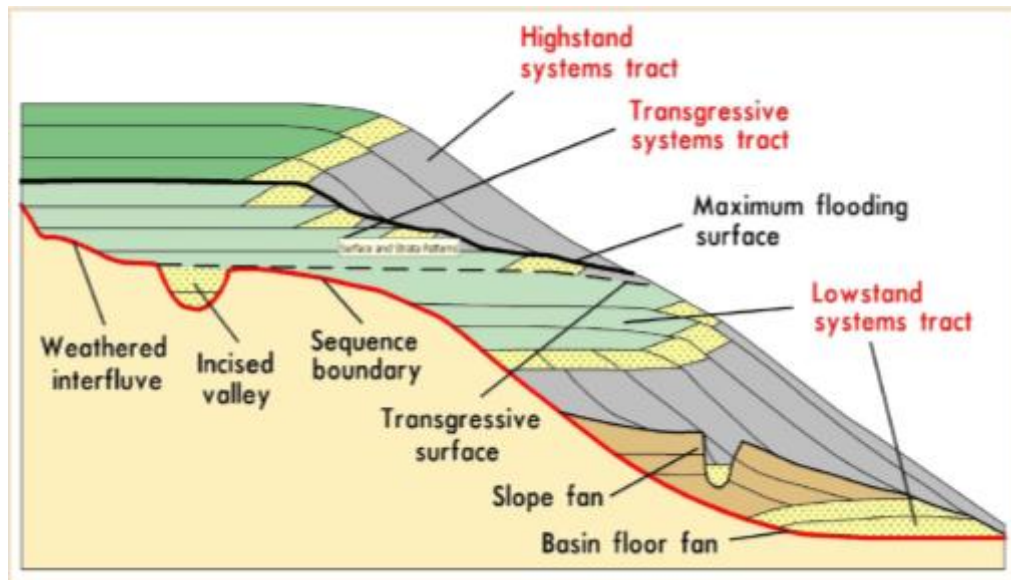


Fuente: Modificado Catuneanu, (2002)

6.2 SYSTEMS TRACTS

“Son sistemas depositacionales contemporáneos que se presentan adyacentes uno de otro, que subdividen una secuencia” (Brown and Fisher, 1977) depositados durante un segmento específico de la curva del nivel del mar. Se reconocen tres sistemas depositacionales, LOWSTAND o SHELF MARGIN (sobreyacentes a los LIMITES DE SECUENCIA tipo 1 y tipo 2 respectivamente), TRANSGRESSIVE Y HIGHSTAND (Figura 4.); estos son definidos con base a los patrones de apilamiento o depositación de sus parasecuencias y juegos de estas, la geometría estratal y límites de sus superficies y su posición dentro de la secuencia; se les asigna posiciones particulares a lo largo de una curva inferida de los cambios de nivel de base en la línea de costa. (Catuneanu, 2011; Domínguez I, 1994)

Figura 4. Esquema de sistemas deposicionales



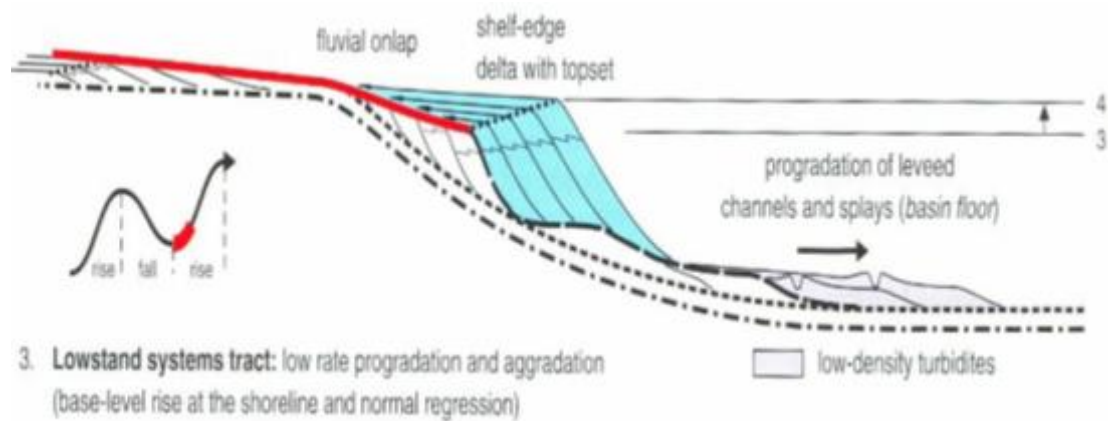
Fuente: Modificado de Catuneanu O, (2006)

6.2.1 Lowstand Systems Tract

El Lowstand systems tract (LST) está limitado por discordancias subaéreas y su conformidad correlativa marina a la base, y por una superficie máxima de regresión o superficie transgresiva al techo. Se forma durante la primera etapa de aumento en el nivel base, cuando la tasa de aumento del espacio de acomodación es superada por la velocidad de sedimentación (caso de la regresión normal). LST incluye la fracción de sedimentos más gruesa de facies marina somera y no marina. La agradación costera disminuye el grado de pendiente en la parte baja de los sistemas fluviales, lo que provoca una disminución en la energía fluvial, agradación fluvial, y un conjunto aumento – disminución en el tamaño de grano. El aumento del nivel base con el tiempo, también contribuye al aumento del perfil fluvial, ya que crea más espacio de acomodamiento para los deposición de llanura

de inundación (floodplain) y el aumento de la relación entre la llanura de inundación y sedimentación de canales (Catuneanu, 2002).

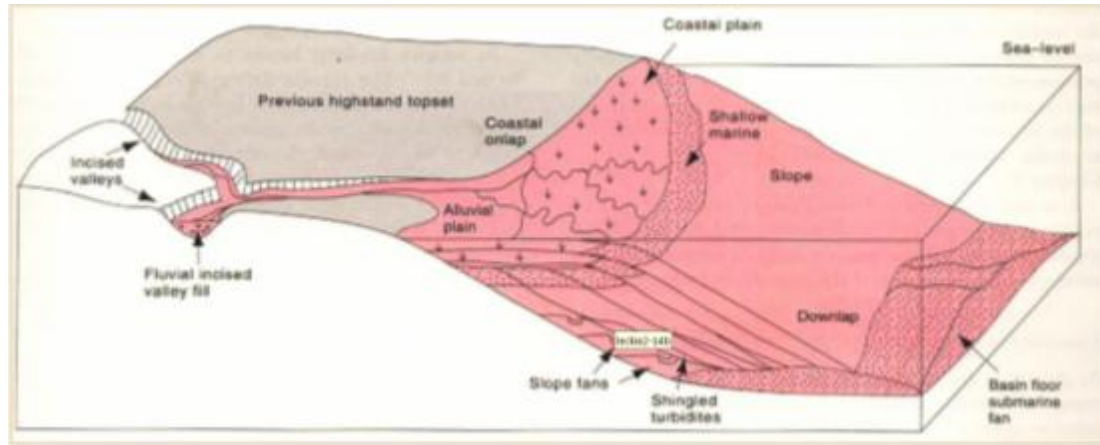
Figura 5. Perfil de un Lowstand systems tract



Fuente: Catuneanu O, (2006)

Los ambientes sedimentarios o sistemas deposicionales que conforman los LST incluyen (Figura 6.), abanicos de fondo de cuenca (basin - floor fan), abanicos de talud (slope fan), rellenos de valles inciso (incised valley fill), depositos aluviales y de planicie costera al techo (coastal plain topsets), sedimentos marinos someros (shallow marine sediments), sistemas de talud activos (slope systems).

Figura 6. Ambientes sedimentarios y sedimentación presentes en un Lowstand systems tract.

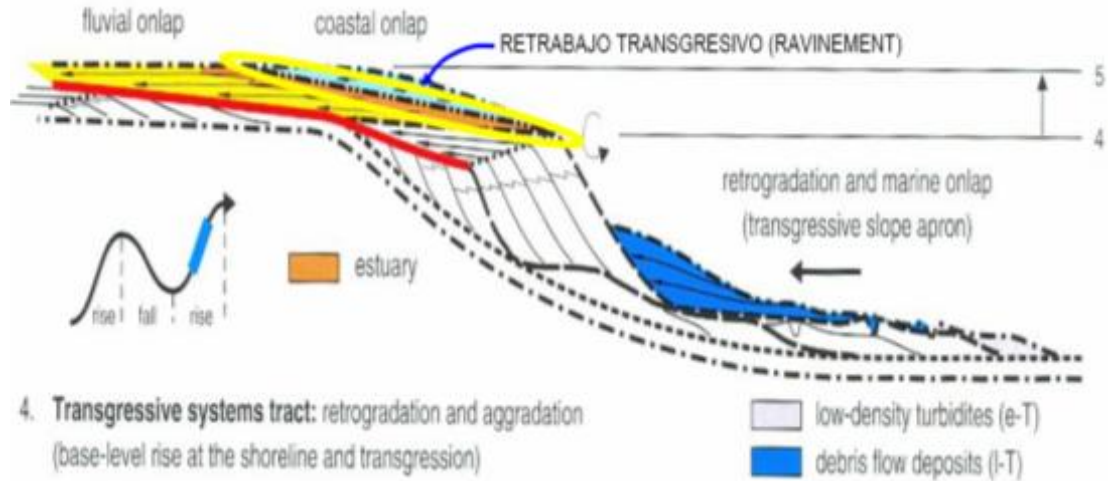


Fuente: Ortíz, (2010)

6.2.2 Transgressive Systems Tract (TST)

Es el sistema depositacional central, en una secuencia depositacional ideal. Están limitados a la base por la superficie máxima de regresión ó superficie transgresiva (TS) y hacia el tope con una superficie de máxima inundación (MFS). Se forma durante el máximo aumento del nivel base cuando el espacio de acomodación es mayor que las tasas de sedimentación. Se puede reconocer por los patrones de depósito retrogradacionales en la costa ó parasecuencias de escalonamiento reverso, que produce una secuencia de material fino hacia el techo y representan facies más profundas en los perfiles de sucesiones marinas y no marinas; el TST, se deposita durante una elevación relativa del nivel del mar. La parte marina de los TST se desarrolla principalmente en: zonas poco profundas contiguas a la línea de costa (Figura 7.), secciones condensadas correlativas, inconformidades, onlapping gravity flow y depósitos pelágicos mar adentro (Galloway, 1989; Catuneanu, 2002; Domínguez I, 1994).

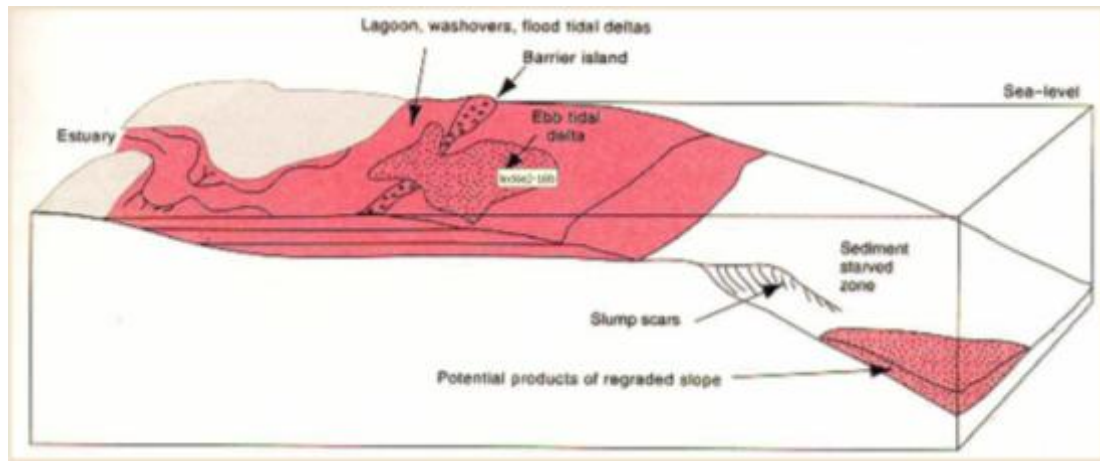
Figura 7. Perfil para un Transgressive Systems Tract.



Fuente: Catuneanu O, (2006)

Los ambientes sedimentarios presentes en un TST incluyen, estuarios, lagoons, Islas de Barrera, que varían a zonas de plataformas condensadas, sistemas fluviales entrelazados cambian a meandriformes, todos los depósitos topset (Figura 8.), Tienen una fuerte influencia mareal, presenta abundante contenido fósil planctónico y las secciones condensadas se caracterizan por: tener abundante materia orgánica marina y bentonitas; concentraciones de minerales autógenos como Glauconita, Fosfatos y Siderita o el desarrollo de suelos endurecidos.

Figura 8. Ambientes sedimentarios presentes en un Transgressive Systems Tract

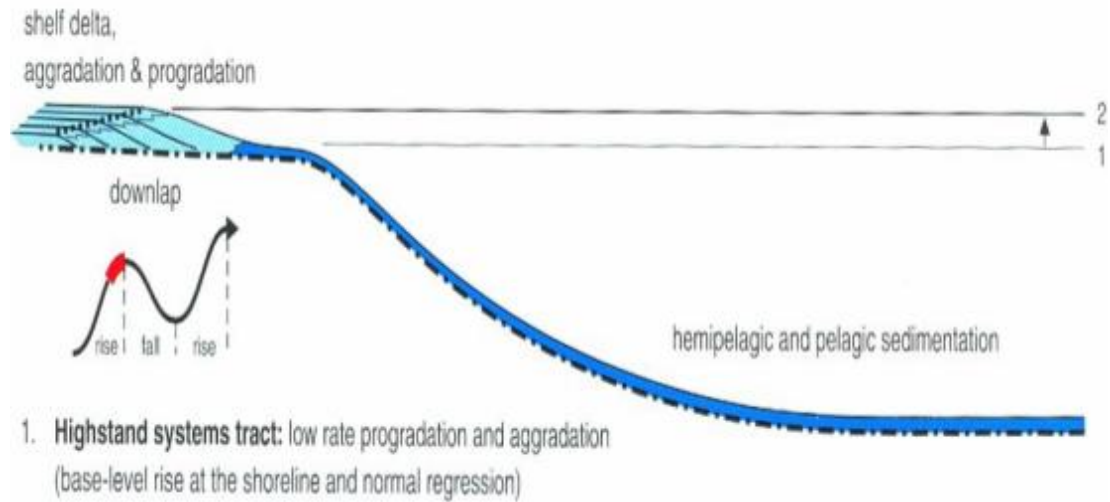


Fuente: Ortíz, (2010)

6.2.3 Highstand Systems Tract (HST)

Los highstand systems tract (HST) están limitados a la base por una superficie de máxima inundación (MFS) y hacia el techo una superficie compuesta que incluye: inconformidad subaerea (US), superficie regresiva de erosión marina y la superficie basal de una regresión forzada; En dirección a tierra, en el borde de la plataforma, el HST avanza de una parasecuencia agradacional a progradacional y conforme se hacen los sedimentos más jóvenes, se hacen también más someros, mientras en la cuenca consisten de una sección condensada (CS). (Figura 9.). Cuando la rápida sedimentación supera el espacio de acomodamiento se genera una regresión normal de la línea de costa. Esta tendencia, superpuesta a una constante denudación de sedimentos, tiende a general un perfil fluvial retrogradacional grabado en los anteriores systems tracts (LST y TST). El HST se deposita durante las últimas fases de una elevación relativa del mar, a las fases tempranas de una caída relativa (catuneanu, 2002; Domínguez I, 1994).

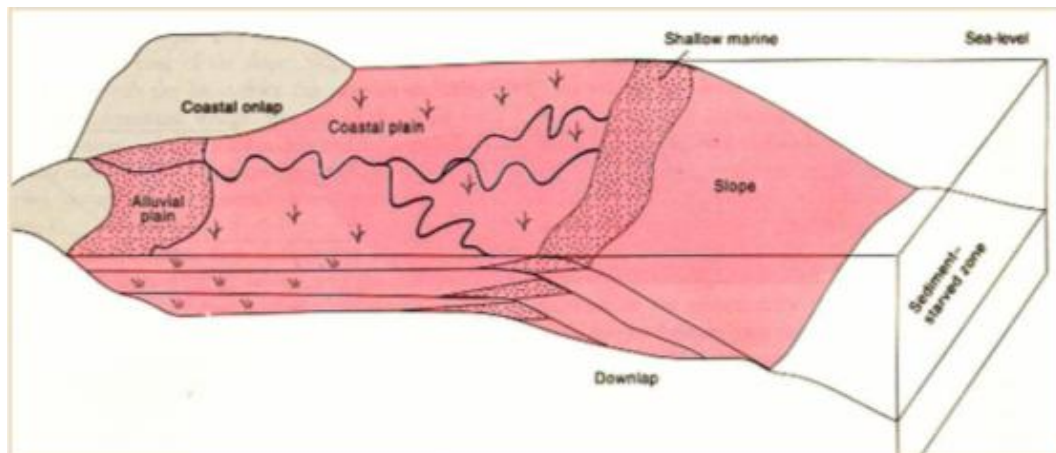
Figura 9. Perfil para un Highstand System Tract



Fuente: Catuneanu O, (2006)

La sedimentación de un HST se presenta en ambientes costeros, marino somero y de talud (Figura 10.), la preservación potencial de los depósitos fluviales a marinos someros en un highstand es bajo debido a los procesos de erosión subaérea y marina que están asociados al posterior descenso del nivel base.

Figura 10. Ambientes sedimentarios presentes en un Highstand Systems Tract



Fuente: Ortíz, (2010)

7. MARCO GEOLÓGICO

7.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La cuenca del Valle Medio del Magdalena se encuentra limitada al norte con la Cordillera Central por fallas satélites del Sistema de Fallas de Palestina con orientación noreste y vergencia oriental; al oriente limita con la Cordillera Oriental con un sistema de fallas de cabalgamiento con vergencia occidental que trunca con el sistema de fallas de Bucaramanga; al occidente limita con la Cordillera Central y en la parte sur de la cuenca limita con la Falla de Palestina en Cordillera Central (Suarez et al., 2000), la Cuenca es una depresión alargada, de geometría angosta en la parte sur, con dirección NE-SW. Separa las cordilleras Oriental y Central y tiene un ancho máximo aproximado de 80 Km. Y una longitud de unos 500 Km. Su área es de aprox. 28.500 Km². (Carvajal H., 2004).

7.1.1 Evolución tectónica de la cuenca del valle medio del magdalena

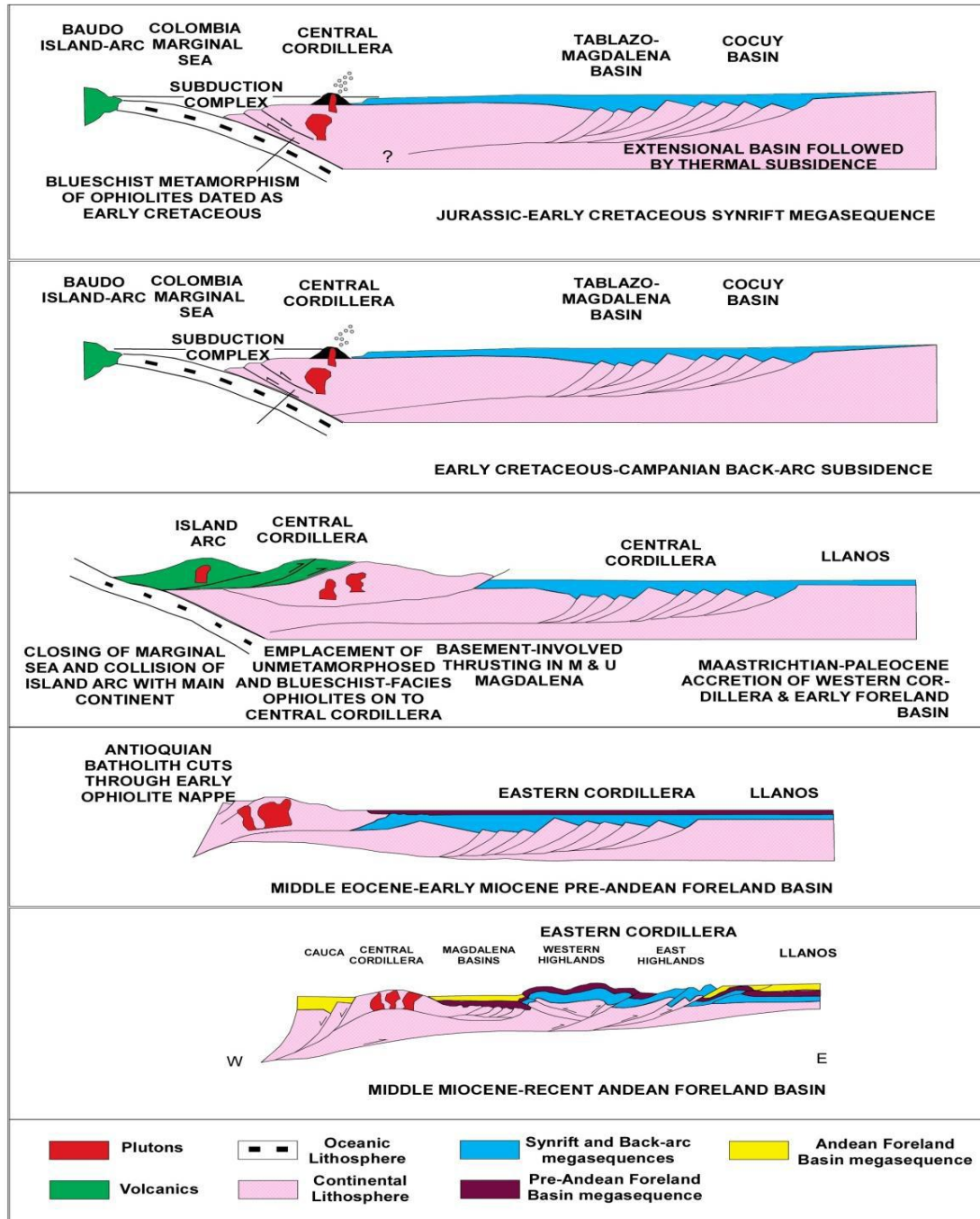
La evolución tectónica de la cuenca del Valle Medio del Magdalena durante el Mesozoico y Cenozoico (Figura 11.) e involucra varios estadios que se caracterizan por un estilo propio de deformación y una correspondiente sucesión estratigráfica (Cooper et al., 1995).

Rolón y Toro J., (2003) exponen que La cuenca del valle medio del Magdalena se desarrolló en diferentes etapas, relacionadas con los eventos tectónicos al noroeste de Sur América:

- ✓ Etapa A. durante el Triásico - Cretácico la cuenca se encontraba en una etapa de rift, con una tectónica de bloques extensionales limitados por fallas subverticales, la cuenca evolucionó a un Aulacógeno (Etayo et al., 1983). El syn-rift esta representado por una tectonosecuencia de rocas sedimentarias fluvial y lacustre (Formaciones Jordan, Giron, Los Santos), marianas y

transición (Formaciones Rosablanca y paja). Para el aptiano temprano la extensión disminuye, el flujo de calor se redujo (Fabre, 1983) y la fase de post-rift fue controlada por el comienzo de la subsidencia. Durante esta fase se depositaron las formaciones de Tablazo, Simití, La Luna y Umir; el estilo de deformación seguía siendo fallamiento normal, esto permitió que el espesor de las unidades fuera más uniforme a lo largo de la cuenca.

Figura 11. Modelo de la evolución tectono - estratigráfica de la Cordillera Oriental, Valle Medio del Magdalena y Llanos Orientales.



Fuente: Cooper et al., (1995)

- ✓ Etapa B. Cretácico – Paleoceno, esta fase está controlada por la colisión oblicua entre la cordillera occidental Colombiana con la placa de sur América (Barrero, 1979), que provoco el levantamiento de la cordillera central; (Figura 11.) esta etapa se caracteriza por deformación intensa, principalmente por fallamiento inverso con vergencia oriental.

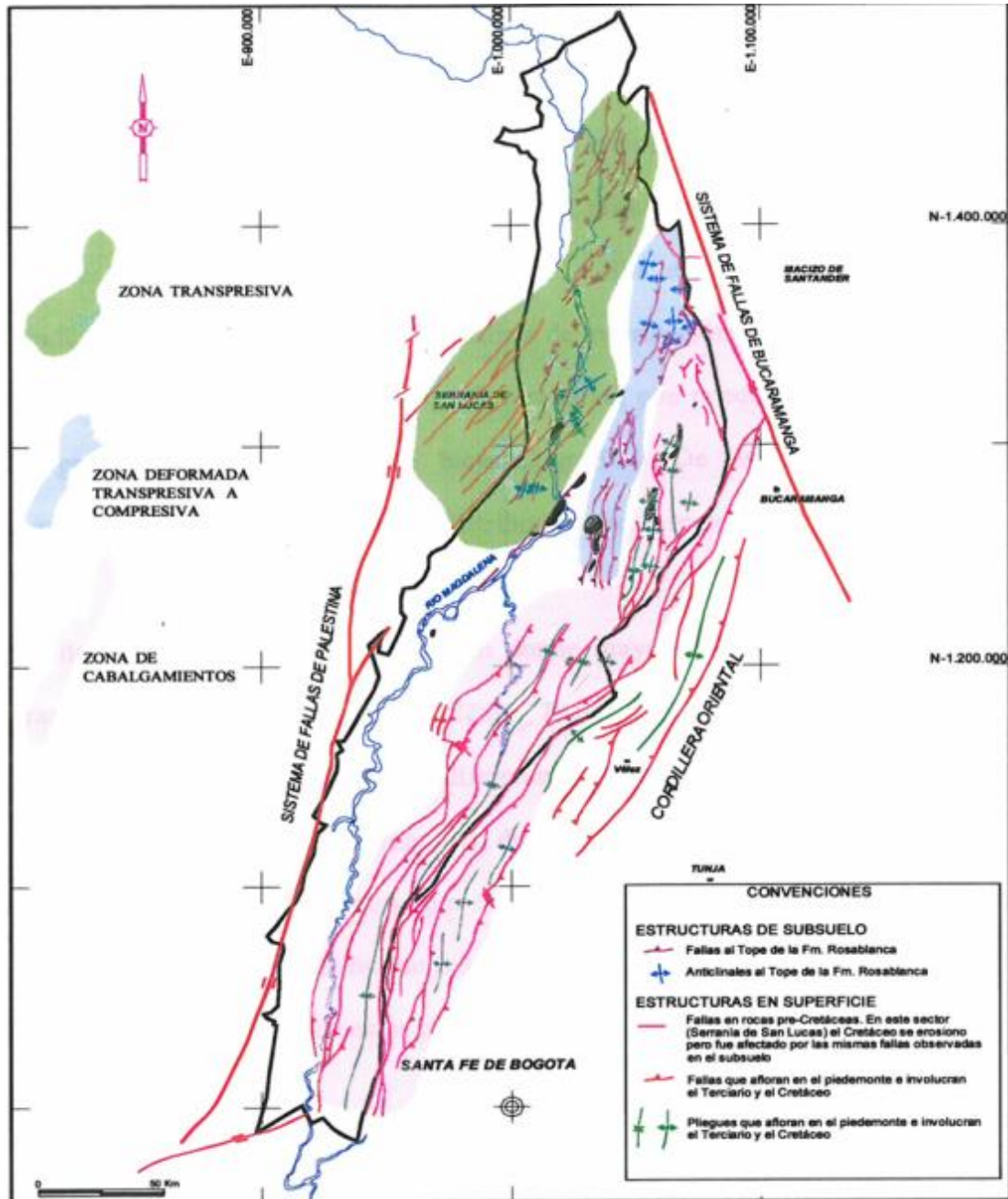
- ✓ Etapa C. Eoceno tardío – Oligoceno temprano, presentó una deformación transpresiva ocurrida a lo largo del sistema de fallas de Romeral y Salinas como resultado de la convergencia oblicua entre la placa Caribe y el noroccidente de la placa de sur America (Taboada et al., 2000). Para el Mioceno temprano, ocurrió un segundo evento compresional consecuencia de la colisión del arco de isla de Panama - Choco con el Noroccidente de Sur América. Este evento dio al lugar el levantamiento de la Cordillera Oriental, lo que se conoce como Orogenia Andina, (Figura 11.) aislando las cuencas del VMM y de los Llanos Orientales, (Carvajal H. 2004), e influyó en configuración final la cuenca del Valle Medio del Magdalena y permitió la depositación de la potente secuencia sedimentaria en el oriente de la cuenca (Dengo and Covey, 1993, Rolón et al., 2001). Por último el VMM se convirtió en una cuenca intermontana.

7.1.1 Estilos estructurales de la cuenca del valle medio del magdalena

Suarez et al., (2000), afirma que en la sección cretácea del VMM existen tres estilos estructurales distintos relacionados a dos episodios tectónicos mayores: (Figura 12.). El primero episodio esta asociado al levantamiento de la cordillera central, ocurrido durante el periodo Paleoceno tardío – Eoceno temprano, el segundo evento tectónico esta relacionado al levantamiento de la cordillera Oriental durante el lapso Mioceno medio – plioceno. Los estilos estructurales presentes en la cuenca del VMM dan lugar a tres grandes zonas: el primero estilo estructural es denominado zona transpresiva localizada en el borde noroccidental

de la cuenca, caracterizado por fallas transpresionales regionales con ténor nororiental y vergencia principalmente oriental; la zona de deformación compresiva a transpresiva se localiza hacia el norte y centro de la cuenca, por debajo de la discordancia del Eoceno medio se presenta una zona deformada que separa dos depocentros estructurales subregionales que controlaron la depositación de las formaciones La Paz y Esmeralda (Suarez, 1996). Esta zona deformada se encuentra controlada en sus bordes por fallas normales preexistentes del jurásico; el estilo estructural es una zona de cabalgamientos de carácter compresivo ubicado en la franja oriental, correspondiente a un cinturón de cabalgamiento con vergencia occidental, ocasionado por pulsos intensos del levantamiento de la Cordillera Oriental ocurrido desde el Mioceno medio hasta el Plioceno.

Figura 12. Estilos estructurales y marco tectónico regional del Cretácico en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.



Fuente: Suárez et al., (2000)

7.2 GEOLOGÍA LOCAL

En general el área se encuentra dentro del estilo tectónico regional que afecta el borde Este del macizo de Santander, consiste de fallas y plegamientos, producto de esfuerzos tensionales y compresionales (Figura 12.). Las estructuras más importantes, a nivel regional, aledañas a la zona de trabajo son la falla Bucaramanga- Santa Marta, la falla del Suárez, Falla de los Santos y fallas locales, también se observan estructuras plegadas menores (Figura 13.)

- ✓ Falla Bucaramanga – Santa Marta: es una falla de rumbo sinistral con dirección N – NW que puede sugerirse desde el sur del Macizo de Santander hasta la costa Caribe en Santa Marta. Presenta un desplazamiento lateral de cerca de 110 Km y se ha cartografiado en una longitud de 600 Km. Parece que esta falla está relacionada con el levantamiento de la Cordillera Oriental (Campbell, 1965 en Ward et al., 1974). (Julivert 1958), enfatiza en un desplazamiento vertical inverso y considera la falla como una falla marginal de bloque montañoso levantado, con desplazamiento primariamente vertical.

- ✓ Falla del Suarez: esta falla es paralela al curso del río Suarez con una orientación genera NE – SW, después de la unión de los ríos Chicamocha y Suárez, sigue la margen del recién formado río Sogamoso con orientación NW. En la zona de la Mesa de Los Santos la falla presenta un comportamiento inverso de alto ángulo con componente de rumbo sinistral. Se calcula que la dirección del esfuerzo principal que originó esta falla es N 50 W – SE que es subperpendicular a la falla (Díaz y Suarez, 1998). Su desplazamiento vertical varía entre 400 y 700 metros siempre con el bloque occidental levantado.

- ✓ Falla de Los Santos: Con dirección NW – SE a lo largo de la quebrada del mismo nombre desde la pendiente sur en la Mesa. Muere al noroeste en la localidad de Los Santos. Probablemente tiene un desplazamiento mayor que

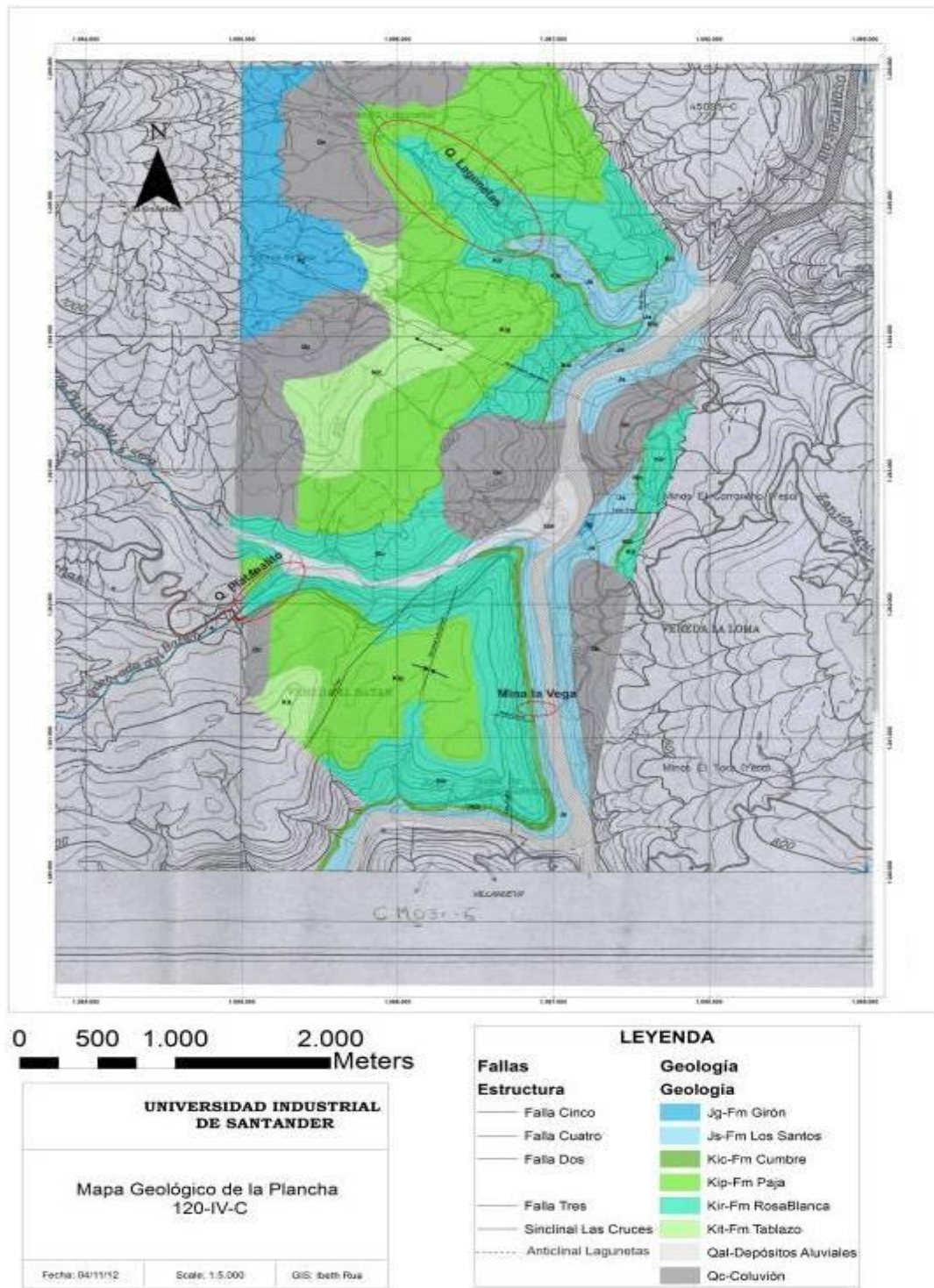
cualquier otra falla en la superficie de la mesa, pero cerca de Los Santos este no supera los 100 m. presenta un comportamiento inverso de alto ángulo con componente de rumbo sinistral; enfrenta las areniscas de la Formación Los Santos en el bloque Este con los niveles de caliza de la Formación Rosablanca en el bloque Oeste (Delgado y Galvis, 1994).

- ✓ Falla La Pereza: Tiene una extensión aproximada de 3 Km, (Linares A. y Martínez, V., 1991) lleva una dirección NE, se evidencia en la Quebrada Las Vegas, es de tipo inverso, ya que se evidencia el enfrentamiento de litologías, al margen derecho la formación los Santos y al margen izquierdo la formación Rosablanca y en la parte centro Occidental afecta las rocas de la formación Rosablanca (Figura 13.)

- ✓ Sinclinal de Las Cruces: es un pliegue asimétrico localizado en el alto de las cruces, en la Vereda el batán (Figura 13.), tiene orientación aproximada N15E y una longitud aproximada de 1.0 Km (Linares A. y Martínez V., 1991); su núcleo está compuesto por las formaciones Rosablanca y Paja, el flanco Oriental presenta los estratos en forma sub-Horizontal, y el flanco Occidental tiene un buzamiento mas fuerte, hasta 50°

- ✓ Anticlinal Lagunetas: es una pequeña estructura localizada en la parte baja de las Lomas de San Pablo (Figura 13.), tiene orientación N40°E y se extiende aproximadamente por 0.4 Km (Linares A. y Martínez V., 1991) y sus flancos representan un anticlinal simétrico abierto.

Figura 13. Mapa geológico del área de trabajo, plancha 120 – IV – C.



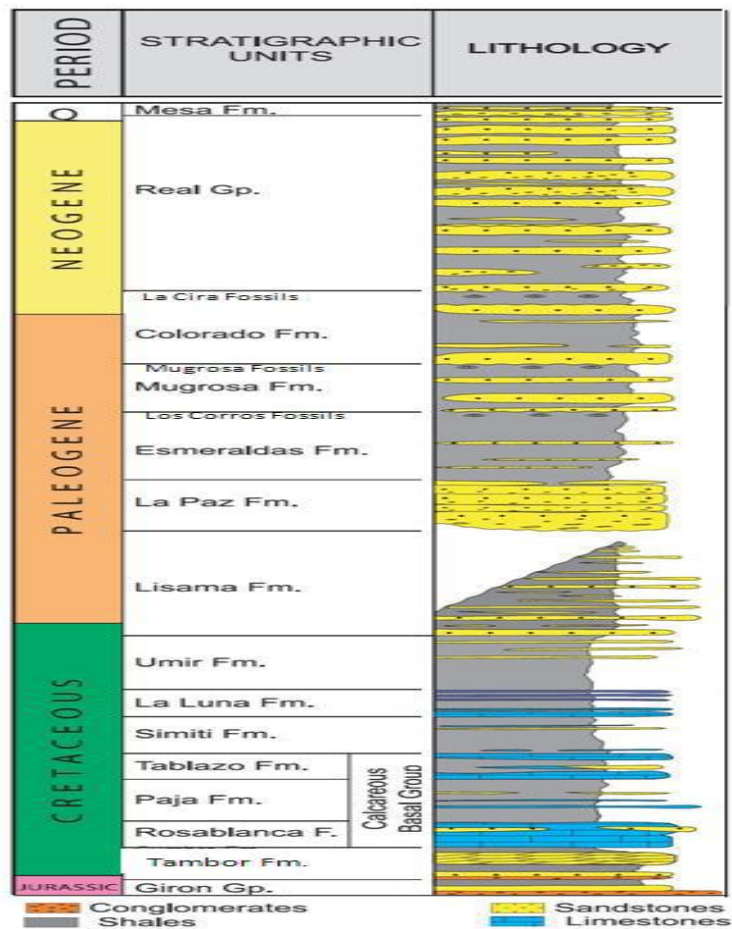
Fuente: Modificado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

8. MARCO ESTRATIGRÁFICO

8.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En la cuenca del Valle Medio del Magdalena afloran rocas sedimentarias que presentan edades que van desde el Jurásico Tardío hasta el Cuaternario. (La figura 14) muestra la columna estratigráfica generalizada de la cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Figura 14. Columna estratigráfica Generalizada del Valle Medio del Magdalena.



Fuente: Naranjo J. et al., (2009) modificado de Barrero et al., (2007)

El área de Zapatoca se encuentra afectada por el sistema de fallas Bucaramanga – Santa Marta, falla del Suarez y falla Los Santos lo que genera en el área un alto fracturamiento de la Secuencia aflorante. En esta zona afloran rocas sedimentarias de origen continental y marino de edades Jurásico (Fm Girón), Cretáceo inferior (Fms Tambor, Cumbre, Rosablanca, Paja y Tablazo) y depósitos recientes (fotografía 2).

Fotografía 2. Panorámica de las Formaciones aflorantes en el área de estudio, en la mina La Vega, Zapatoca.



Formación Girón: registra edad Jurásico superior, toma el nombre de la población de Girón (Hettner 1.892 en Pulido 1.979) al Occidente de Bucaramanga, la sección tipo se define en el cañón del río Lebrija (Langenheim en Ward et al., 1954), se reporta un espesor de 3.500 m: se encuentra constituidas por una serie monótona de areniscas generalmente conglomeráticas con intercalaciones

periódicas de Limolitas y arcillolitas rojas (Cediel, 1968), registra edad Jurásico superior (Rabe, 1974) con base en Ostrácodos.

Esta formación aflora en el área de estudio como una pequeña franja al margen derecho del Río Sogamoso aproximadamente 30 m, frente a la confluencia de la Quebrada las Vegas. (Fotografía 2.) Y está constituida por Limolitas Marrón Rojizas, en capas gruesas (1-3.5m) intercaladas con areniscas Pardo Rojizas micáceas de grano fino con estratificación cruzada.

Formación Santos: nombre propuesto por (Cediel, 1968), redefinida por (Laverde, 1985) en la sección tipo localizada en el “camino del Roto” del municipio de Jordán; la edad ha sido ampliamente discutida, (Clavijo, 1985) determina que es de edad Jurásico superior – Cretácico inferior y (Etayo y Rodríguez, 1985) proponen una edad Berriasiana. Se encuentra suprayaciendo la Formación Girón e infrayaciendo la Formación Cumbre; Esta Formación está definida como siliciclástica que se depositó en ambiente continental, de canales fluviales y llanuras aluviales (Vargas et al., 1985; Rolóm y Numpaque, 1997).

En el área de estudio se encuentra bien expuesta a lo largo del cañón del río Sogamoso y Suárez (fotografía2.), y en la confluencia de la quebrada Las Vegas en el río Sogamoso, donde presenta un espesor de 172 m se divide en tres segmentos (Linares A. Y Martínez V., 1991) el primero está constituido por areniscas Blanco Amarillentas intercaladas con Lodolitas Arenosa, el segmento II compuesto de Lodolitas rojas y escasos niveles de areniscas, y el segmento III de areniscas Blancas y ocasionalmente Lodolitas.

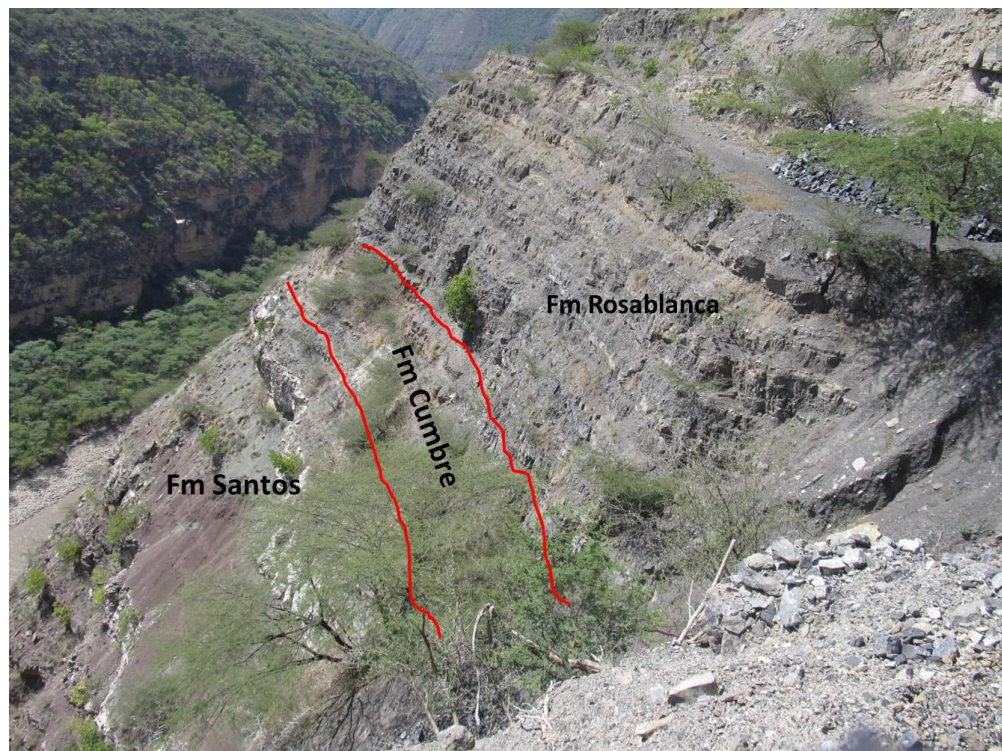
Formación Cumbre: Esta unidad fue estudiada inicialmente por Renzoni (1969) quien le asignó el nombre, indica el primer ingreso del mar y su avance oscilante hacia el noreste durante el Cretáceo inferior (Mendoza H., 1985) registrando un espesor de 137 m. Se encuentra suprayaciendo la Fm Santos e infrayaciendo la Fm Rosablanca (Fotografía 3); Etayo asigna una edad del Berriasiano para el

techo de esta unidad (Moreno J., 1990); fue depositada en ambiente marino muy somero correspondiente a llanuras intermareales y de albuferas (Mendoza H., 1985; Rolón y Numpaque, 1997). Está constituida por Cuarzoarenitas Gris oscuro, limolitas en tonos verdosos con restos de bivalvos y shales negros piritosos (Rolón y Numpaque, 1997).

En zona de estudio se halla expuesta como una franja muy delgada, paralela en los márgenes de los ríos Sogamoso y Suárez, constituida de areniscas de grano muy fino a fino, de color gris verdoso, de matriz Calcárea, moderadamente calibradas, subredondeadas, de Cuarzo, Feldespatos, Muscovita, óxidos de Hierro y manganeso, Glauconita y materia orgánica formando finas laminillas, hacia el techo aparecen moldes de conchillas, dispuesta en estratos de (0.25-0.8)m de espesor, formando un espesor total de (6.8) m.

Fotografía 3. Panorámica de la Formación Cumbre, en la mina Las Vegas, Zapatoaca. X : 1.096.875 ; Y : 1.241.125

z



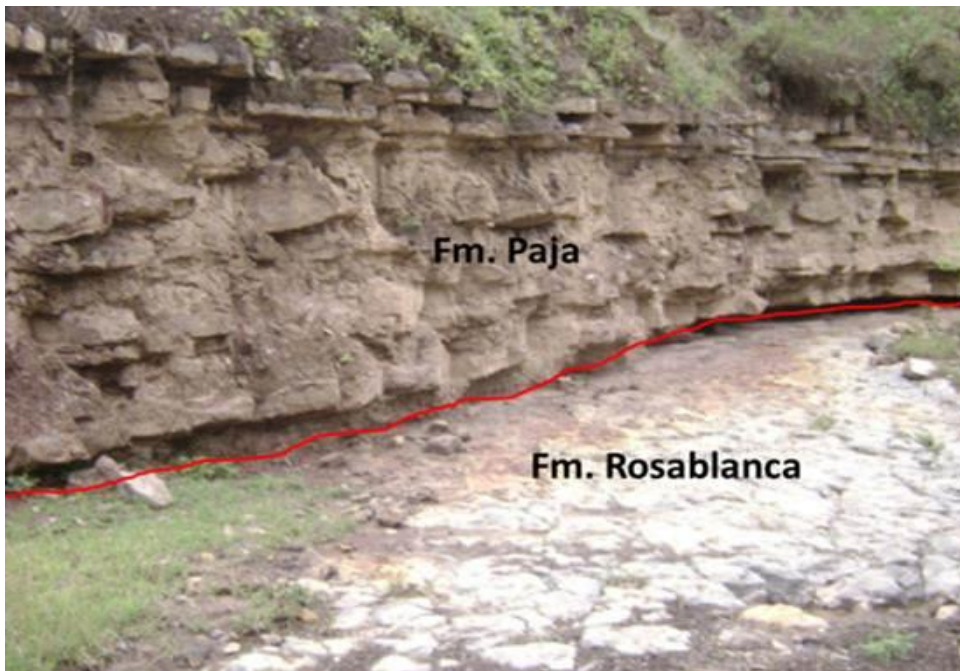
Formación Rosablanca: suprayace la Fm Cumbre e infrayace a la Fm Paja, en contacto concordante con las dos anteriores (Fotografías 3 y 4), Descrita originalmente por Wheeler (1929), y tomó su nombre del cerro Rosablanca, a unos 5 Km al Norte del ángulo Noroeste de la concesión Mares, (Morales, 1958), la sección tipo aceptada se encuentra en el cañón del río Sogamoso, en el sitio del Tablazo; esta sección consiste de Caliza Masiva dura, Gris Azulosa, fosilífera, de textura gruesa; con capas margosas que pasan a Caliza de textura fina, negra y arcillosa en el tope y con un espesor total de 425m. La edad de la Formación Rosablanca varía de acuerdo con su posición dentro de la cuenca VMM, haciéndose más joven hacia el Norte. En la Región de Mesas y Cuestas (Santander) corresponde al Hauteriviano (Morales et al., 1958), mientras que, hacia el Sur en Villa de Leiva, corresponde al Valanginiano (Etayo y Rodríguez, 1985). Sin embargo, en este sector podría llegar a hacer Barresiano, teniendo en cuenta que pudo haberse depositado simultáneamente con la formación Cumbre. Se depositó en un ambiente de plataforma somera, desde la zona submareal hasta la zona Supramareal (Zamarreño, 1963; Cardozo y Ramírez, 1985; Alfonso, 1985); En la parte basal se presentan depósitos de facies evaporita que caracteriza por una hipersalinidad y tranquilidad en los ambientes de depósito; el resto de la sucesión se deposita en un medio abierto y poco profundo en el que alternan condiciones de tranquilidad (deposición de micrita, micrita fosilífera y biomicrita) y agitación (deposición de intraesparita, ooesparita, intramicrita, y oomicrita); se señalan tres periodos destacados de agitación, de importancia decreciente hacia el techo.

Esta formación se encuentra dispuesta en el área de trabajo, a lo largo de las corrientes de los ríos Sogamoso, Suárez y las Quebradas Las Vegas, Lagunetas y Platanalito; Está conformada por facies calcáreas de mudstone, wackestone y packstone con bioclastos, con aporte de materiales clásticos en algunos sectores.

Formación paja: Establecida por (Wheeler, 1929), para referirse a una sucesión de Shales Negros micáceos, ligeramente calcáreos, y delgadamente laminados, con un espesor máximo de 625 m; la localidad tipo se encuentra en la desembocadura de la quebrada La Paja, y el río Sogamoso; en Santander esta unidad es considerada como de Barremiano - Aptiano, con base en un estudio de Amonites hecho por (Morales, 1958).

En el área de estudio, ocupa una faja extensa a lo largo del río Sogamoso, (Fotografía 4) y se encuentra expuesta en el carreteable que de Zapatoca conduce a la mina LaVega, constituida por intercalaciones de Lodolitas (Shales) calcáreos de (0.05-2) m de espesor con abundantes nódulos Calcáreos y concreciones Ferruginosas y localmente Yesíferas (Linares A y Martínez V, 1991), bivalvos, amonites y fragmentos fosilíferos; intercalados con delgadas capas de Caliza micrítica, fosilífera. Conformando un espesor de 250m aproximadamente.

Fotografía 4. Contacto de la Formación Rosablanca y Paja, en la Quebrada Platanalito.



Formación Tablazo: Descrita por Wheeler (en Morales et al., 1958); la localidad tipo está en el sitio Tablazo, en el puente del cruce del Río Sogamoso de la vía Bucaramanga-San Vicente. La secuencia de esta unidad consiste en calizas gris a negras, fosilíferas, localmente Glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de areniscas grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece corresponder a un ambiente de plataforma (Rolón y Numpaque, 1997). El espesor varía entre 150 y 325 m. La Formación Tablazo se encuentra en contactos concordantes con la infrayacente Formación Paja y la suprayacente Formación Simití. Su edad es considerada del Aptiano superior- Albiano inferior (Morales, et al., 1958).

Las formaciones paja y tablazo se empezaron a depositar desde el Barremiano hasta el Aptiano (Morales et al., 1958) en un ambiente de plataforma (Rolón y Numpaque, 1997). La Fm Paja Esta representada por shales negros, variado a facies más calcáreas; Tablazo está constituida por calizas en ocasiones fosilíferas con intercalaciones de shales negros y areniscas con alto contenido de matriz arcillosa (Rolón y Numpaque, 1997).esta formación es correlacionable con la formación Mercedes en la cuenca del Maraciabo.

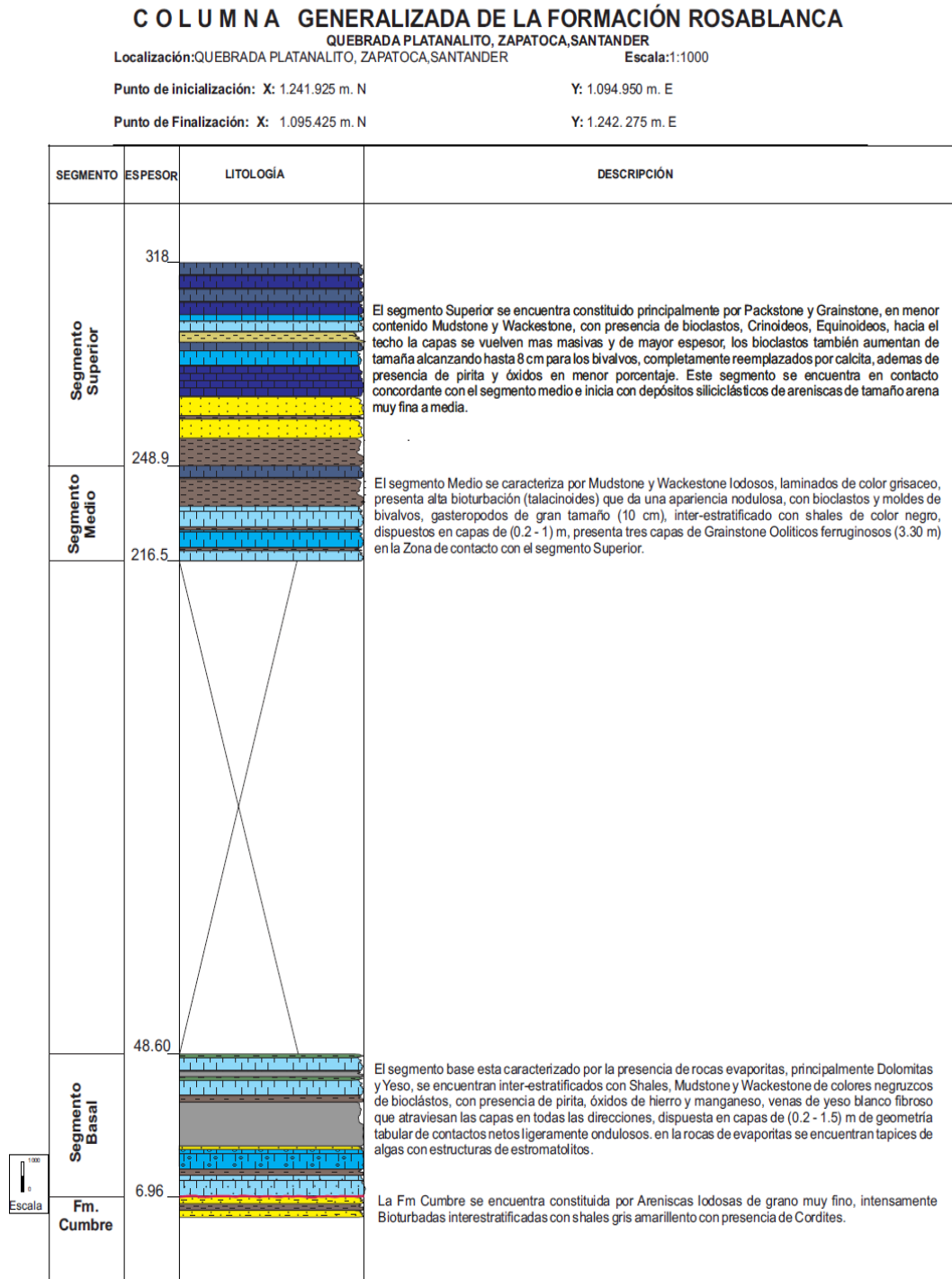
En el área de estudio, aflora en el alto topográfico llamado Cerro Alto Viento (Linares A. y Martínez V., 1991), está representado por Calizas micríticas arenosas de color gris a medio oscuro, con recristalización parcial de esparita, dispuestas en capas (0.10-0.70) m de espesor, aflorando un espesor de 125 m.

8.2 ESTRATIGRAFÍA DETALLADA

Dado que este estudio está enfocado en la Fm Rosablanca, para la finalidad de éste, se levantó una columna estratigráfica a escala 1-100 (anexo 1) en el área de

influencia de la Quebrada Platanalito y la mina La Vega (Zapatoca), se realizó el análisis macro y microscópico de las muestra recolectadas (anexos 2) y debido a sus características se consideró dividirla en tres segmentos: Segmento basal, Segmento medio y Segmento Superior (Figura 15); también se realizó una correlación litoestratigráfica entre la columna tipo de Inés María Zamarreño levantada en la quebrada Lagunetas (anexos 3 y 4) y la columna que se levantó como soporte de este estudio. A continuación se presenta una descripción detallada de esta.

Figura 15. Columna generalizada de la Formación Rosablanca, levantada en la Quebrada Platanalito y Mina La Vega. Anexo 5.



Fuente: Los autores

8.2.1 Segmento Basal

Este segmento se levanto en la Mina La Vega (Fotografía 5) localizado a 2 Km SE de la Quebrada Platanalito, esta comprendio entre 0 – 100 m de la Fm Rosablanca, en campo se levantaron 48.58 m (Figura 16) de espesor pertenecientes a la base, la cual se encuentra suprayaciendo las areniscas lodosas y shales fisiles do color gris claro amarillentos de la Fm cumbre.

Fotografía 5. Mina La Vega, Zapatoca, se observan los niveles de yeso explotables pertenecientes al segmento basal. X: 1.096.700 ; Y : 1.241.125



En esta sección está constituida principalmente por calizas Mudstone y Wackestone ligeramente arenosos, de colores gris oscuro a negro, algunas de ellas dolomíticas presentando un color gris amarillento, con finas capas de Lodolitas y/o shales fisiles oscuros no calcáreos; Aproximadamente a 20 m de la

base se encuentran niveles de yeso negruzco calcáreo intercalados con Mudstone negro en lajas, sobre estos niveles se observan niveles de Shale negros calcáreos que van aumentando en espesor hacia el techo; presentan fragmentos de restos fósiles muy transportados y retrabajados de tamaño arena también se encontraron fósiles de ostrácodos, micro – gasterópodos, pirita diseminada, óxidos de manganeso, porosidad secundaria por disolución, los niveles de yeso disminuye el contenido fosilífero, óxidos y pirita. La sección presenta geometría tabular, contactos ondulados paralelos, venas de yeso blanco fibroso y una alta densidad de fracturas.

8.2.2 Segmento Medio

Levantado en la Quebrada Platanalito. Comprende entre 100 – 240 m, con un espesor medido en campo de 32.4 m (Figura 17), donde se encuentran una intercalación de Mudstone y Wackestone lodosos con laminación ondulosa (Fotografía 6) de color grisáceo, niveles de Shale negro no calcáreo que van desde finas laminas hasta 90 cm y un nivel de Lodolita calcárea biosoportada de color negro verdoso; con presencia de bivalvo, braquiópodos, gasterópodos, glauconita y pirita diseminada, hacia el techo aparecen crinoideos, los fósiles aumentan de tamaño hasta alcanzar 2,5 cm reemplazada por calcita y pirita, se observaron óxidos en fracturas, en los estratos se encontraban moldes completamente reemplazados por el material lodoso de la roca de tamaños hasta 10 cm y abundante presencia de nódulos, los cuales alcanzaban 30 cm. Esta sección presenta contactos ondulados netos y en ocasiones difusos, con geometría tabular, bioturbados con presencia de thalassinoides.

Fotografía 6. Niveles de Mudstone y Wackestone laminados, intensamente bioturbados. X : 1.095.275 ; Y : 1.242.200.



Hacia el techo de este segmento se encuentran 3 niveles masivos tabulares de Grainstone ferruginosos (Fotografía 7) completamente oolíticos, con presencia de bivalvos, braquiópodos, gasterópodos completos de gran tamaño hasta 5 cm totalmente reemplazados por calcita en niveles de 1 - 2.5 m.

Fotografía 7. Niveles de Grainstone Oolíticos ferruginosos, hacen parte del segmento medio. X : 1.095.200 ; Y : 1.242.125.



8.2.3 Segmento Superior

Fotografía 8. Niveles siliciclásticos de la Fm. Rosablanca, se encuentran en el segmento basal. X : 1.095.100 ; Y : 1.242.050.



Levantado en la Quebrada Platanalito. Comprendido entre 240 – 315 m, de los cuales en campo se levantaron 69 m (Figura 18). Se encuentra suprayaciendo los niveles de Grainstone oolíticos ferruginosos de la sección media. A la base de esta sección se encuentra un nivel blando de shales fisil no calcáreo de color negro grisáceo que por meteorización se torna de un color amarillento, hacia el techo se vuelven ligeramente arenosos y aparecen unas finas caspas de arenisca de grano muy fino.

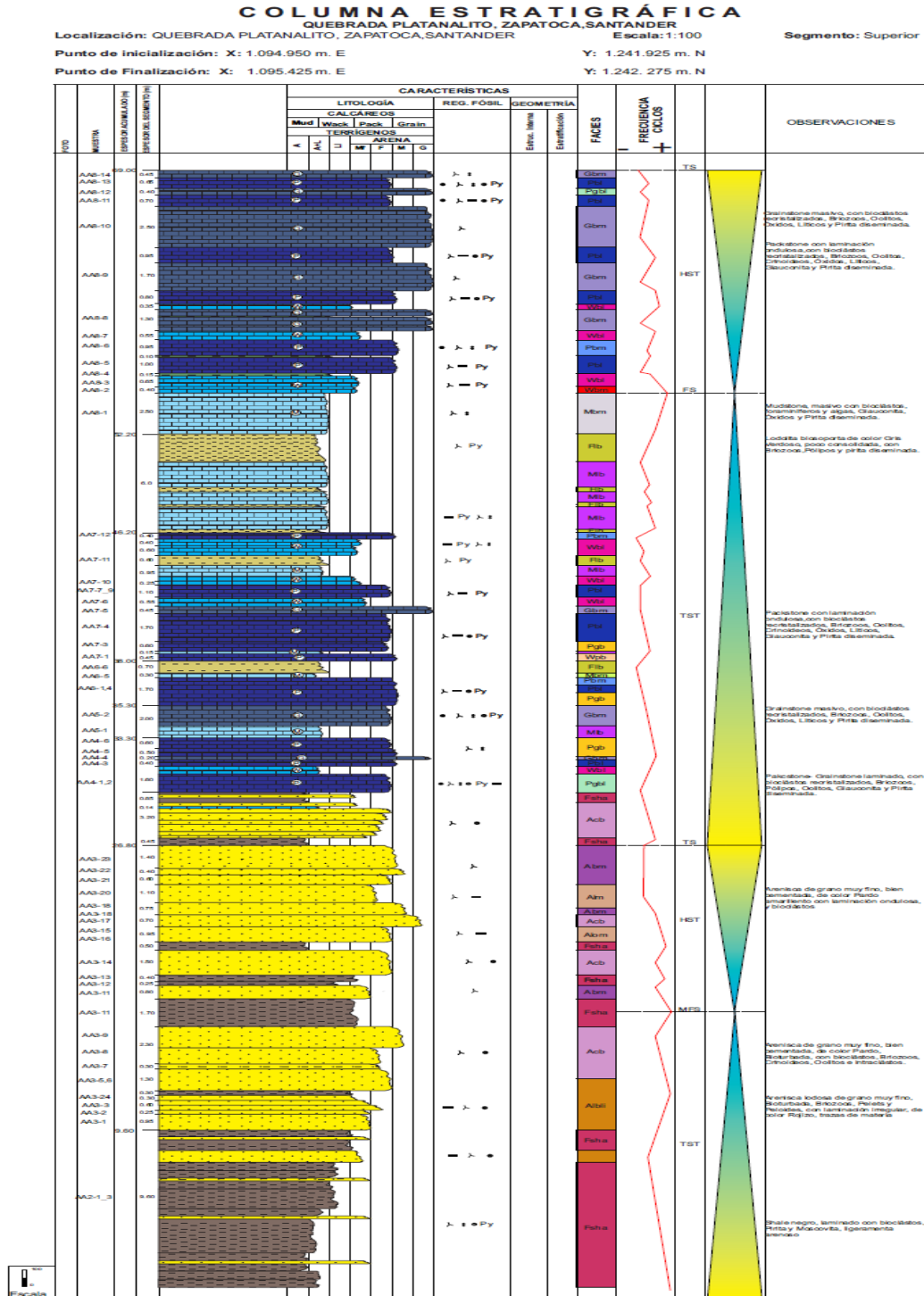
Suprayaciendo los shales anteriormente mencionados se encuentran depósitos terrígenos conformados por capas de arenisca de grano muy fino a medio (Fotografía 8), a medida que se avanza estratigráficamente, estas arenisca se vuelven más cementas y presentan matriz calcárea y restos de fósiles, hasta llegar a unas areniscas ferruginosas sin presencia de matriz, esta sección terrígena presenta trazas irregulares de materia orgánica, en capas tabulares de (0.30 - 0.90) m.

Sobre los depósitos terrígenos se depositaron calizas tipo Packstone a Grainstone (Fotografía 9), con una baja concentración de Wackestone – Mudstone, finas capas de shales y/o Lodolitas calcáreas; los niveles calcáreos son de color grisáceo con laminación ondulosa paralela que a medida que se avanza hacia el techo se vuelven masivas con fósiles de mayor tamaño (hasta 8 cm), se observan restos de conchas transportados y retrabajados, así como fósiles que se pueden identificar fácilmente de bivalvos, braquiópodos y gasterópodos, equinodermos, crinoideos y sepúlidos recristalizados y reemplazados por calcita, pirita diseminada y por reemplazamiento. La geometría de estas capas es tabular con estratificación ondulosa y contactos netos.

Fotografía 9. Niveles de Packstone y Grainstone Fosilíferos, hacia el techo de la Fm Rosablanca. X : 1.094.950 ; Y : 1.241.925



Figura 18. Columna estratigráfica del Segmento Superior de la Formación Rosablanca, en la Quebrada Platanalito. (Ver convenciones en anexo 1).



Fuente: Los autores.

9. ANÁLISIS FACIAL

Para la diferenciación de las diferentes facies se tuvieron en cuenta características tales como: estructuras sedimentarias, contenido fosilífero, y composición de los cuerpos rocosos, estos se clasificaron de acuerdo a la metodología de (Dunham, 1962) (tabla 1)

Tabla 1. Tabla de Clasificación de rocas carbonatadas

DEPOSITIONAL TEXTURE RECOGNIZABLE					DEPOSITIONAL TEXTURE NOT RECOGNIZABLE
Original Components Not Bound Together During Deposition				Original Components Bound Together During Deposition	
Contains mud		Grain-supported	Lacks mud and is grain-supported		Boundstone
Mud-supported	Grain-supported				
< 10% grains	> 10% grains	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline carbonate (Subdivisions based on texture or diagenesis)
Mudstone	Wackestone				

Fuente: Dunham, (1962)

9.1 DESCRIPCIÓN DE FACIES

9.1.1 Facies Cuarzo arenisca masiva. (ACm)

Esta facies esta constiutada por cuarzo areniscas masivas, de color Blanco Verdoso, grano muy fino a fino, bien cementadas, moderadamete calibradas, con óxidos de Hierro y Manganeso y Glauconita; en niveles de (0.2-0.9) m, contacto

superior e inferior neto onduloso, que corresponde a la fase transicional entre la Fm Santos y la Fm Cumbre.

9.1.2 Facies Arenisca lodosa, calcárea bioturbada de bioclastos. (Alcbb)

Constituida por Arenisca lodosa de grano muy fino a fino (subarcosas) con matriz calcárea, de color amarillento, pobremente cementada, bien calibrada, de granos subredondeados, bioturbadas, con bioclastos, materia orgánica diseminada, precipitaciones de Óxidos de Hierro y manganeso; en estratos de (0.1-0.4)m y contactos entre capas netos ondulosos, interestratificadas con Shales de Bioclastos de color Grisáceo, estas facies hacen parte de la Fm Cumbre e infrayacen la Fm Rosablanca.

9.1.3 Facies Cuarzo arenisca masiva con bioclastos. (Acmb)

Cuarzo arenisca masiva de color blanco verdoso, de grano muy fino, bien cementada, bien calibrada, de granos redondeados, con fragmentos y moldes de bivalvos, Glauconita y óxidos, esta facies hace parte de la Fm Cumbre.

9.1.4 Facies Shale con bioclastos. (FShb)

Shale laminado de color gris negruzco con moldes y fragmentos de bivalvos, peloides diseminados y algunos fragmentos líticos, ligeramente arenosos, dispuestos en estratos de (0.2- 0.70) m, esta entre facies de areniscas lodosas y bioturbadas. Corresponden a la transición entre la Fm Cumbre y la base de la Fm Rosablanca.

9.1.5 Facies Shale, calcárea con bioclastos. (FShcb)

Lodolita físil, calcárea laminada, con láminas de Yeso en diferentes direcciones, con presencia de restos y fragmentos de bivalvos, recristalizados y reemplazados por Yeso, con pirita cristalina y diseminada y cristales de Yeso, (fotografía 10) fétida al contacto con HCl. Dispuesta en láminas de (0.1-1.65) m y contactos netos ondulosos, se encuentra interestratificada entre facies de Mudstones masivos y Yesos en la base de la Fm Rosablanca.

Fotografía 10. Facies Shale, calcárea con bioclastos. (FShcb) .



9.1.6 Facies Shale. (FSh)

Corresponde a una lodolita de color grisáceo que meteoriza a amarillo, en una capa de (1.20) m. de espesor, (fotografía 11) de contacto ondulado paralelo, que marca el tope de la secuencia evaporítica, en la base de la formación, no reacciona con HCl.

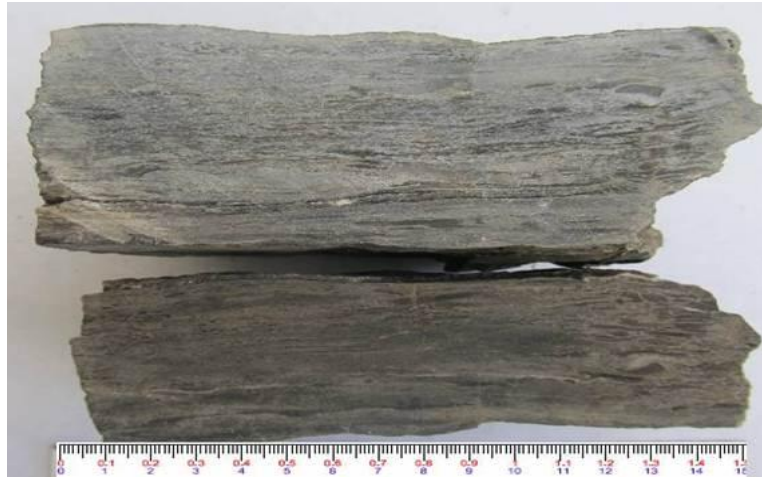
Fotografía 11. Facies Shale. (FSh).



9.1.7 Facies Mudstone con laminación de algas y bioclásticos. (Mab)

Mudstone de color negro a Gris con algas en finas láminas, onduladas presentando un color claro amarillento, presentan venas de yeso, con pocos fragmentos de bioclásticos de tamaños muy finos de bivalvos, oolitos, foraminíferos, Óxidos, Pirita e intraclastos, (fotografía 12) algunas capas son Yesíferas, con estructuras fenestrales. Estas facies pertenecen a la base de la Fm Rosablanca.

Fotografía 12. Facies Mudstone con laminación de algas y bioclásticos. (Mab).



9.1.8 Facies Wackestone laminado con bioclastos, oolítico. (Wlbo)

Wackestone laminado, físil, lodoso, con presencia de oolitos, fragmentos y moldes de conchas oxidados que alcanzan hasta (3) cm, y cristales de pirita (fotografía 13), dispuestos en el segmento basal de la formación.

Fotografía 13. Facies Wackestone laminado con bioclastos, oolítico. (Wlbo), 1. Foraminífero Planctónico; 2.



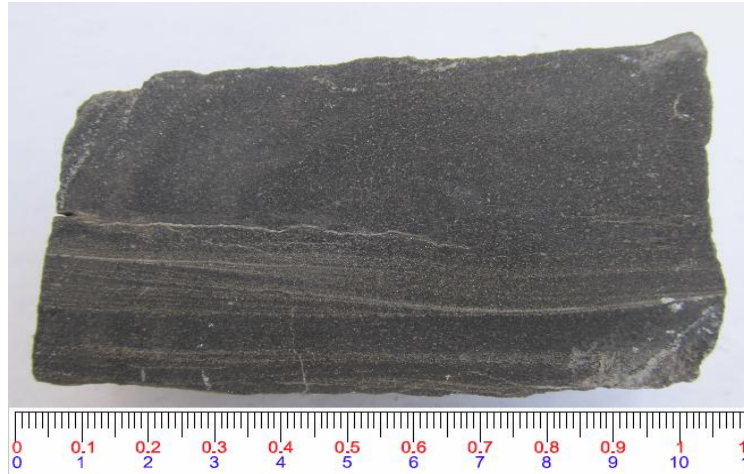
9.1.9 Facies Mudstone Dolomítico. (Md)

Mudstone Dolomítico de color Gris amarillento, ligeramente laminado y poroso, con fragmentos líticos y óxidos orientados con la estratificación; dispuesto en capas de geometría plana de (0.2-0.6) m y contactos netos.

9.1.10 Facies Mudstone laminado. (MI)

Constituida por Mudstones de color Negro Grisáceo, con laminación paralela ligeramente ondulosa (algas) (fotografía 14), generalmente sin bioclastos, con pirita diseminada.

Fotografía 14. Facies Mudstone laminado. (MI)



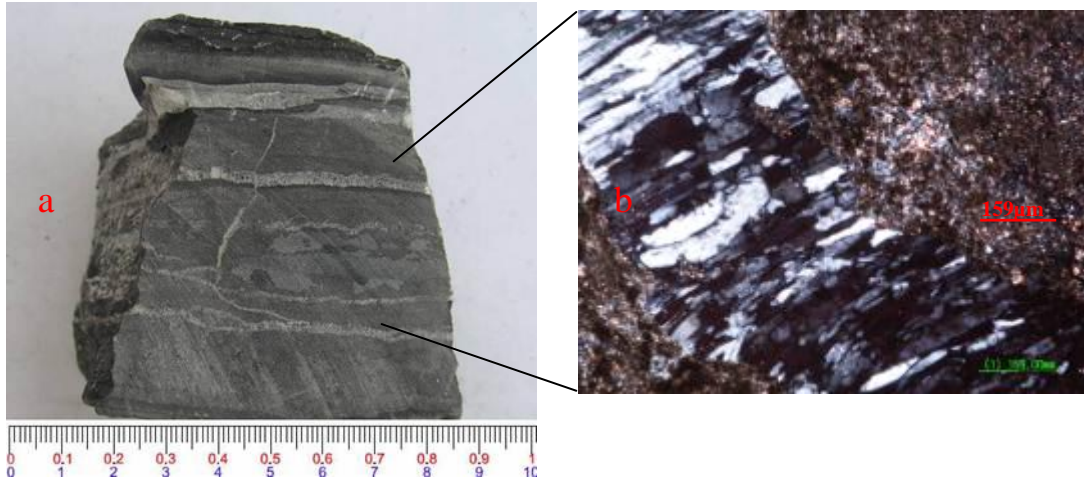
9.1.11 Facies Wackestone Dolomítico con bioclastos. (Wdb)

Wackestone Dolomítico moderadamente poroso, de color gris amarillento con conchillas de (1) mm, pirita diseminada, con láminas de algas, paralelas a la estratificación, fétida al contacto con HCl. Dispuesta en capas de (0.3-0.8) m, con contactos netos ondulados, intercaladas con Shales y Lodolitas fósiles, en la base de la formación.

9.1.12 Facies yeso calcáreo piritoso. (Ycp)

Yeso moderadamente calcáreo, masivo, de color Grisáceo, con óxidos diseminados y distribuidos de manera irregular, Pirita muy fina diseminada, con venas de yeso fibroso perpendiculares y paralelos a la estratificación; (fotografía 15.) en niveles de (0.9-1.5) m y contactos netos, esta facies se encuentra interestratificada con Mudstones masivos y Shales calcáreo en la base de la Fm Rosablanca.

Fotografía 15. Facies yeso calcáreo piritoso. (Ycp), a. Muestra de mano; b.sección delgada, donde se observan las venas de Yeso fibroso.



9.1.13 Facies Mudstone-wackestone de bioclastos, masivo. (MWbm)

Mudstone a wackestone, de color gris negrusco, ligeramente arenoso, masiva, con bioclastos (bivalvos y gasterópodos) transportados y retrabajados que alcanzan tamaños hasta 5mm, se observa pirita diseminada y por reemplazamiento, Ostrácodos, Glauconita e intraclastos. Se presenta en capas de espesores (0.15 – 0.25) m intercalados con lodolitas (1 – 2 cm) de contactos netos ondulados, intercalados con Yesos, y facies Dolomíticas en la sección basal se la formación.

9.1.14 Facies Wackestone-packstone laminados de bioclastos. (WPIb)

Wackestone localmente packstone ligeramente arenoso y laminación ondulosa, con bioclastos transportadas y retrabajadas con tamaño de micras hasta 8mm generalmente completas, se observan serpúlidos, hacia la base de la formación se observan laminillas claras de algas y venas de yeso que cortan la estratificación. Se presenta en capas de (0.10 – 0.30) m de contactos ondulados netos, interestratificados con Yesos, y facies Dolomíticas haciendo parte del intervalo evaporítico en la base de la formación.

9.1.15 Facies Mudstone laminado de bioclastos. (Mlb)

Constituida por Mudstone con laminación ondulosa de color gris a negro, bioturbada y nodulosa, con restos de bioclastos (principalmente de bivalvos y micro-gasterópodos) transportados y reabajados, alcanzan tamaños hasta 1.5 cm, las conchas están siendo reemplazados por calcita, o por lodo, presenta algunos briozoos, también, óxidos, glauconita y pirita diseminada (fotografía 16). Estas facies se encuentran principalmente en la sección media y en menor proporción en la sección del techo, dispuestas en capas de (0,15 – 0,40) m y contactos netos ondulosos; algunos de estos Mudstone presentan un ligero aporte de material siliciclástico, alternados con Wackestones, Mudstones masivos y Shales arenosos en el segmento medio y en menor proporción el segmento del techo de la formación.

Fotografía 16. Facies Mudstone laminado de bioclastos. (Mlb)

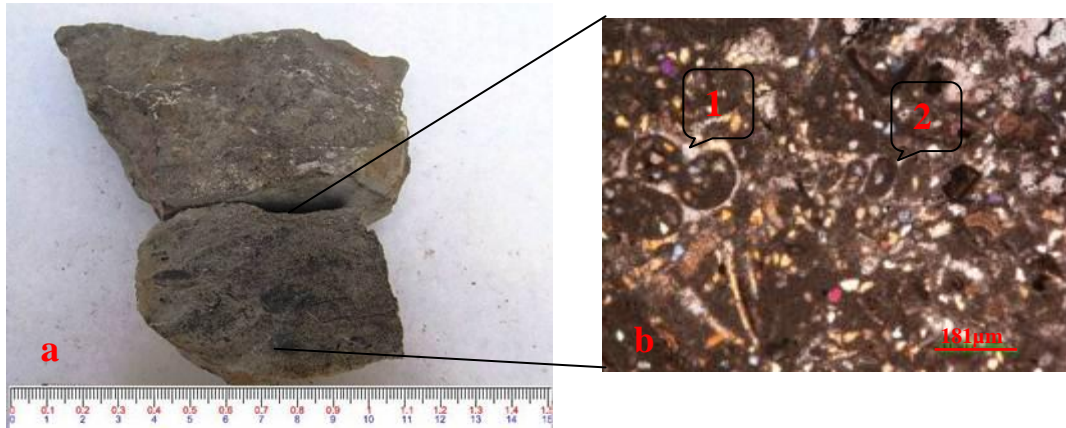


9.1.16 Facies Mudstone de Bioclásticos masivo. (Mbm)

Mudstone masivo que varía de color grisáceo a negro, (fotografía 17) con muy bajo contenido de bioclastos, que están siendo reemplazados por calcita, transportados y reabajados, con Glauconita, foraminíferos planctónicos y algas, también presenta óxidos y pirita diseminada, se encuentran dispuestos en capas

de (0.30 – 1.20) m de espesor y contactos netos, en la parte media y techo de la formación.

Fotografía 17. Facies Mudstone de Bioclásticos masivo. (Mbm, a. muestra de mano, b. sección delgada, 1. Globigerina, 2. Foraminífero uniserial).



9.1.17 Facies Wackestone de bioclastos masivo. (Wbm)

Wackestone masivo con restos de bioclastos transportados y re trabajadas que varían en tamaños de mm, contiene valvas completas de 1cm a 2.5 cm que están siendo reemplazadas por calcita, las conchas se encuentran bioturbadas por serpulido (de 2 mm rellenos de un material arenoso), (fotografía 18) dentro de las rocas se pueden identificar minerales de glauconita, oolitos, pólipos, micro gasterópodos, conchas de braquiópodos (bivalvos), pirita diseminada y por reemplazamiento. Se observan moldes de bivalvos y gasterópodos completamente reemplazados por lodo calcáreo de grandes tamaños hasta 8 cm, estas facies están interestratificadas con Mudstones masivos y laminados en el segmento medio y en menor proporción hacia el techo de la formación.

Fotografía 18. Facies Wackestone de bioclastos masivo. (Wbm)



9.1.18 Facies Wackestone-Packstone de bioclastos. (WPb)

Wackestone - packstone con bioclastos masivo, muy fragmentadas de diferentes tamaños hasta 3 mm, con presencia de glauconita (fotografía 19). Los bioclastos se encuentran reemplazados por calcita y alrededor de las fracturas se presentan oxidadas, se pueden apreciar micro gasterópodos, bajo porcentaje de pellets y peloides, briozoos y crinoideos. Dispuestos en estratos de (0.30 – 0.50) m. de contactos netos ondulado, en la parte media y en el segmento del techo de la formación.

Fotografía 19. Facies Wackestone-Packstone de bioclastos. (WPb)



9.1.19 Facies Shale con laminación plano paralela. (Fshlp)

Compuesto por niveles de shale muy fisil (fotografía 20), de color grisáceo a negro con bioturbación y Thalassinoides, no efervece, se encuentra en capas de (0.30 – 0.70) m de contactos ondulados netos, interestratificando facies Mudstones y Wackestones laminadas y masivas en el segmento medio de la formación.

Fotografía 20. Facies Shale con laminación plano paralela. (Fshlp)



9.1.20 Facies Shale ligeramente arenoso. (FSha)

Shale ligeramente arenoso, fisil, de color grisáceo a negro, con presencia de oxidación, pirita y moscovita, con algunos bioclastos totalmente reemplazados por lodo, no efervece, dispuesto en capas de (0.50 – 1.70) m, (fotografía 21) de contactos ondulado, esta dispuesto en el intervalo arenoso del techo de la formación.

Fotografía 21. Facies Shale ligeramente arenoso. (FSha)



9.1.21 Facies Lodolita biosoportada. (Fib)

Corresponde a niveles de Lodolitas, de color gris verdoso a negro, poco consolidada, con gran contenido de fragmentos fósiles transportados y retrabajados, con tamaños micro hasta 2.5 cm, dispuestos de forma irregular que representan hasta un 80% de la roca, además briozoos, pólipos y pirita diseminada en porcentajes bajos, presenta algunos óxidos remplazando los restos fósiles (fotografía 22). Dispuesto en capas (0.60 – 1.70) m, de contactos neto, interestratificadas con Mudstones, Wackstones y Shales laminados, ubicados en el segmento medio y techo de la formación.

Fotografía 22. Facies Lodolita biosoportada. (Flb)



9.1.22 Facies Grainstone de bioclastos, masivo. (Gbm)

Grainstone masivo, (fotografía 23) con alto contenido de bioclastos, oolitos, briozoos, restos de conchas transportadas y retrabajadas de bivalvos que están reemplazadas por calcita que alcanzan tamaños hasta 2 cm, también se observan fragmentos líticos, óxidos y pirita diseminada. Formando capas de (0.20 – 0.65) m de contactos netos ondulados e intercalados con Wackstones en el segmento del techo de la formación.

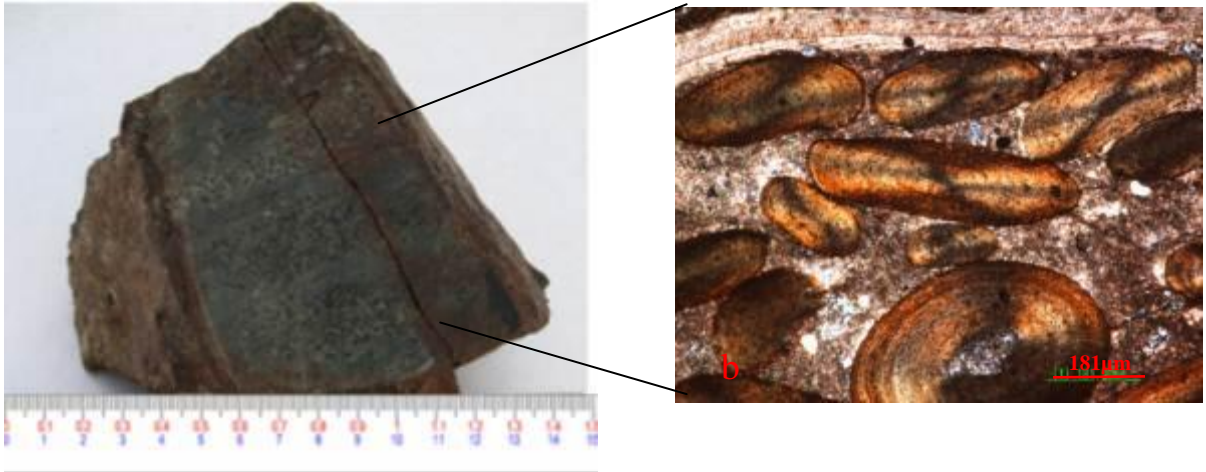
Fotografía 23. Facies Grainstone de bioclastos, masivo. (Gbm)



9.1.23 Facies Grainstone Oolítico masivo. (GOM)

Grainstone masivo, con gran porcentaje de oolitos (pellets y peloides) deformados y orientados, también se observan conchas de bivalvos y micro gasterópodos totalmente reemplazados por calcita alcanzando tamaños hasta (5) cm (fotografía 24), la roca presenta una coloración rojiza ferrosa, con pirita muy fina diseminada y por reemplazamiento. Dispuesto en una capa de (2.50) m de contacto ondulado neto y forman parte del techo del segmento medio de la formación.

Fotografía 24. Facies Grainstone Oolítico masivo. (GOM), a. Muestra de mano, b. sección delgada, donde se observa la falsa cruz uniaxial de los Oolitos.



9.1.24 Facies Wackestone de bioclastos.laminado (Wbl)

Wackestone con laminación ondulosa que da una impresión hojosa, con bioclastos (bivalvos) recristalizados de (0.5 – 3) cm algunos aun se conservan completos, también se observan briozoos, pirita diseminada y por reemplazamiento, Glauconita e intraclastos, se encuentran gasterópodos completos totalmente reemplazados por lodo calcáreo y alcanzan tamaños hasta de (10) cm (fotografía 25), propias del segmento del techo, interestratificada con Packestones y Grainstones laminados y masivos.

Fotografía 25. Facies Wackestone de bioclastos.laminado (Wbl)



9.1.25 Facies Packstone de bioclastos masivo. (Pbm)

Packstone masivo de bioclastos (pellets, peloides, briozoos, pólipos, serpulidos, gasterópodos, braquiópodos) (fotografía 26) que están siendo reemplazados por calcita y óxidos, algunas conchas se encuentran completas otras fueron transportados y retrabajados de tamaños desde micras a (4) cm, con intraclastos, glauconita, pirita diseminada, esta facies es característica de la sección del techo y se encuentra intercalada con Grainstones.

Fotografía 26. Facies Packstone de bioclastos masivo. (Pbm)



9.1.26 Facies Packstone - Grainstone de bioclastos laminados. (PGbl)

Packstone – Grainstone, con laminación ondulosa hacia el techo se hace mas masiva, ligeramente arenosa con bioclastos que alcanzan tamaños hasta (1.5) cm (fotografía 27) que están siendo reemplazados por calcita y glauconita, se pueden reconocer briozoos y pólipos con pirita diseminada, en capas de (1.00) m aproximadamente de contactos netos ondulosos, se encuentra suprayaciendo el segmento arenoso al techo de la formación.

Fotografía 27. Facies Packestone - Grainstone de bioclastos laminados. (PGbl)



9.1.27 Facies Packstone-Grainstone de bioclastos. (PGb)

Packstone - Grainstone, con bioclastos, oolitos, pólipos, briozoos, conchas (bivalvos, gasterópodos) enteras y fragmentadas de tamaños que varían de micras hasta 2.5 cm reemplazadas por calcita, presenta minerales glauconita pirita diseminada e intraclastos, bioturbada con serpulidos (fotografía 28). Dispuesta en estratos de (0.30 – 0.60) m de contactos netos ondulados, al techo de la formación, e interestratificada con facies laminadas.

Fotografía 28. Facies Packstone-Grainstone de bioclastos. (PGb)



9.1.28 Facies Packstone de bioclásticos laminado. (Pbl)

Packstone laminado ondulado con oolitos y fragmentos de conchas de bivalvos y braquiópodos, que se encuentran reemplazadas por calcita, alcanzan tamaños hasta 2 cm, también tiene briozoos crinoideos, glauconita, pirita diseminada e intraclastos, se presentan óxidos en fracturas. Dispuestos en capas de (0.40 – 1.10) m (fotografía 29) de contactos netos ondulados, es característica del techo de la formación y esta interestratificada con Grainstones y Wackestones.

Fotografía 29. Facies Packstone de bioclóstos laminado. (Pbl)



9.1.29 Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular. (Albi)

Compuesto de areniscas ligeramente lodosas, moderadamente cementadas, bien calibrada de granos subredondeados, masiva con presencia de trazas de colores rojizos (posiblemente materia orgánica) orientadas con la estratificación dando apariencia de laminación irregular discontinua, (fotografía 30) se encuentran bioturbada con galerías, de color pardo amarillento con presencia de óxidos (secundarios) que dan un tono rojizo a la roca, hacia el techo aparecen bioclastos muy finos, briozoos, pellets y peloides. Dispuestas en capas de (0.25 – 1.30) m de contactos netos, hace parte del intervalo arenoso del techo de la formación y se encuentra interestratificado con, areniscas masivas, ferruginosas y Shales.

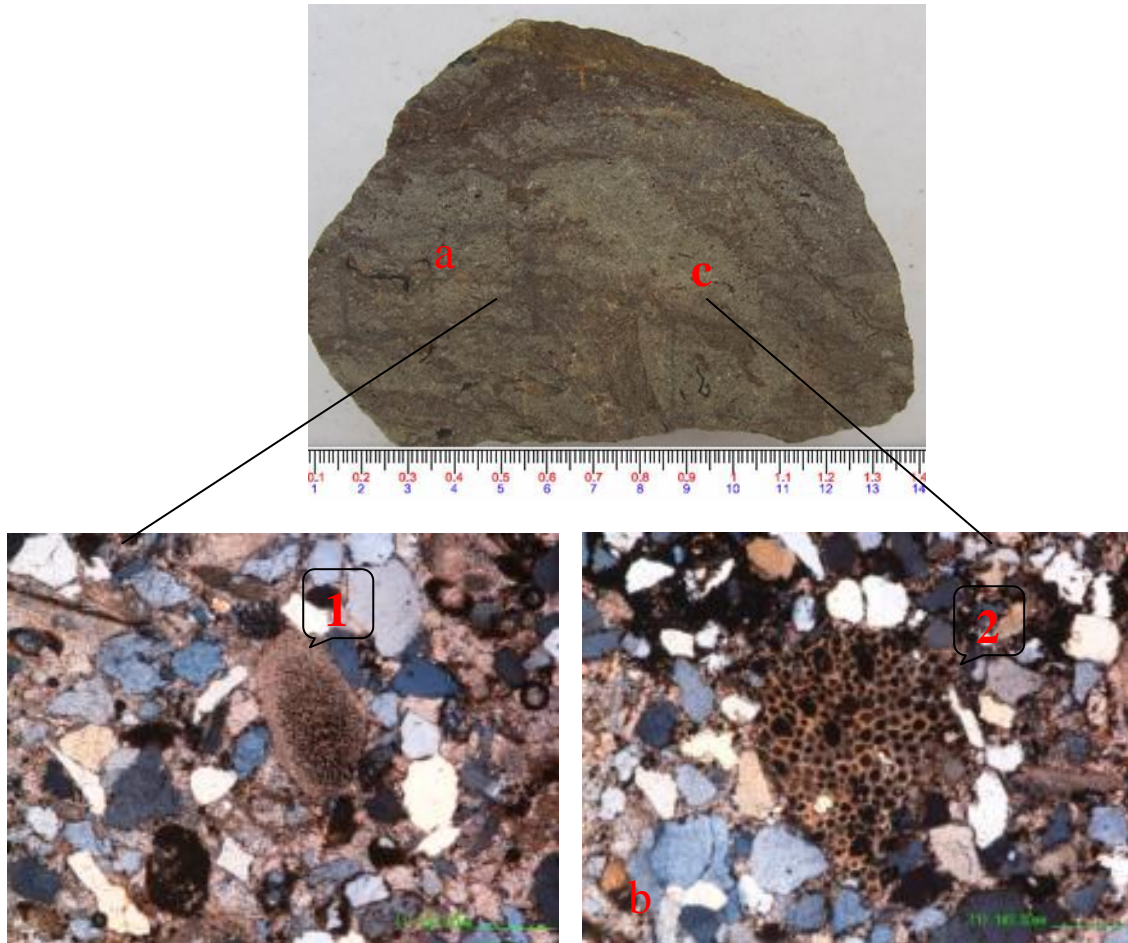
Fotografía 30. Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular. (Albli)



9.1.30 Facies Arenisca calcárea de bioclastos. (Acb)

Arenisca de matriz ligeramente calcárea, de tamaño de grano muy fino fino y color que varia de pardo amarillento a rojizo por oxidación, con Bioclastos, bien cementada, moderadamente calibrada y granos subredondeados, (fotografía 31) los fragmentos de conchas (bivalvos, braquiópodos) alcanzan tamaños hasta (3) cm que están siendo reemplazadas por Calcita y Óxidos, también tiene Oolitos, Briozoos, crinoideos e intraclastos, presentan bioturbación por organismos litófagos (Serpúlidos). Dispuesta en capas de (0.70 – 2.30) m de contactos netos y geometría tabular, interpuestas con Areniscas bioturbadas y Shales arenosos al techo de la formación.

Fotografía 31. Facies Arenisca calcárea de bioclastos. (Acb)), a. Muestra de mano, b. y c. foto sección delgada, donde se observa 1. Espina de equinoideo, 2. Briozoo.



9.1.31 Facies Arenisca de bioclastos masiva. (Abm)

Arenisca de grano muy fino a fino de color rojizo, masiva, con huellas y fragmentos fósiles, bien cementada, moderadamente calibrada, de granos subredondeados, con matriz moderadamente ferruginosa, (fotografía 32) en capas de (0.3-1.10) m y contactos ondulados, esta facies corresponde a las areniscas superiores del intervalo arenoso del segmento del techo.

Fotografía 32. Facies Arenisca de bioclastos masiva. (Abm)



9.1.32 Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva. (Alm)

Arenisca de grano muy fino a fino, de color pardo amarillento variando a rojizo, moderadamente cementada, bien calibrada de granos subredondeados, con laminación ligeramente ondulosa (cruzada), y laminillas lodosas de materia orgánica que presenta un coloro pardo rojizo por oxidado, (fotografía 33) presenta un bajo porcentaje de restos calcáreos de tamaño arena. En capas de (0.10 – 0.70) m de contactos netos, en el segmento del techo de la formación e interestratificada con Areniscas masivas de bioclástos y Shales arenosos.

Fotografía 33. Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva. (Alm)



10. INTERPRETACIÓN AMBIENTAL

Basados en las lito-facies descritas en este proyecto se realizó la interpretación ambiental para la Formación Rosablanca.

La secuencia Cretácica basal comienza en un ambiente transicional estuarino (Ortíz, A., 1997), caracterizado por facies de areniscas lodosas, de color verde grisáceos, moderadamente calibradas, ligeramente calcáreas de grano muy fino a fino, con intensa bioturbación no diferenciada, bioclástonos, óxidos, Glauconita y materia orgánica diseminada (facies Alcbb); interestratificadas en contactos ondulados con Shales y Lodolitas de color grisáceo, ligeramente arenoso, con moldes y fragmentos de bivalvos, peloides y algunos fragmentos líticos (facies Fshb). Estas facies evidencian la influencia continental y marina en un ambiente de baja energía esencial para la depositación de sedimentos de tamaño fino, y hacen parte de una etapa de aumento del nivel base, que indica un sistema deposicional transgresivo (TST) que corresponden a la formación Cumbre. Se midió en el área de estudio un espesor de (7.0) m aproximadamente.

Suprayaciendo estos niveles se observan facies carbonatadas y yesíferas que se infiere fueron depositadas en aguas tranquilas en de plataforma restringida; registrando ambientes submareal, inter-mareal y supra-mareal. Los ambientes submareales se reflejan en depósitos de Mudstones y Wackstones laminados con fragmentos y moldes de bioclastos, pirita, óxidos e intraclastos (principalmente Cuarzo), foraminíferos y ostrácodos (facies Wlbo, MWbm), algunos niveles presentan tapices de algas (facies Ma, Wa y WPlb) y Ooides, suprayaciendo estos niveles se depositaron Mudstone y wackestone dolomitizados (facies Md, Wdb), inter-estratificados con Shales y Lodolitas físciles calcáreas (Flfcb). Estos depósitos evidencian la primera etapa en la evolución de una plataforma carbonatada

somera (Catuneanu O., 2006), correspondiente a un sistema deposicional (HST).

La facies (Md, Wdb), junto con la alternancia de facies (Ycp, Mm) se depositaron en un ambiente de llanuras inter-mareales similares a un moderno Sabkha (Alfonso C., 1985) (Figura 19), donde se ven reflejadas las fluctuaciones del ingreso del mar y tasas de evaporación, en climas tropicales a áridos; permitiendo la depositación de niveles de yeso inter-estratificados con niveles de Mudstone masivo.

“Experimentos hechos con el agua de mar indican que cuando se reduce el volumen aproximadamente a la mitad, se precipita el carbonato de calcio, junto con trazas de hierro e hidróxido de aluminio. Cuando se reduce el volumen alrededor de una quinta parte, se forma sulfato de calcio (yeso y anhidrita) y continúa precipitándose a medida que se reduce más el volumen. El cloruro de sodio, acompañado del sulfato de magnesio y cloruro de magnesio aparecen cuando se reduce el volumen original alrededor de una décima parte” (Blatt et al., 1972, en Linares Z. y Martínez V., 1991).

Las facies anteriormente mencionadas, son evidencia de las fluctuaciones del nivel base, dentro de un sistema deposicional transgresivo (TST), durante una transgresión lenta (Catuneanu O., 2006).

Figura 19. Modelo de Ambiente para un deposito tipo Sabkha



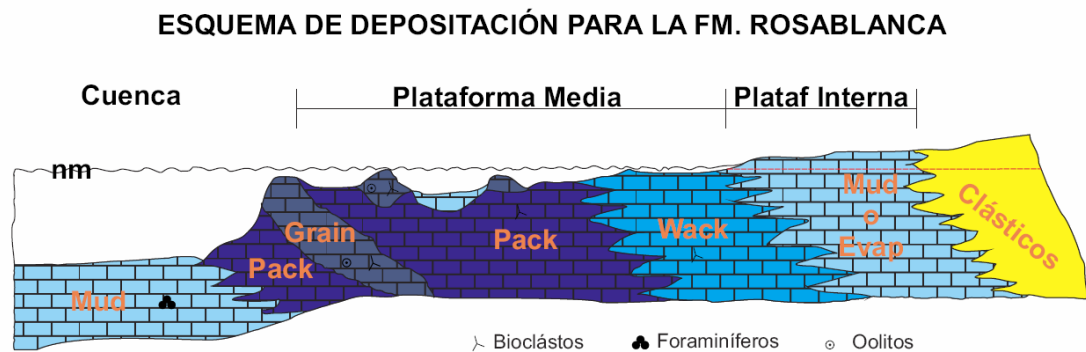
Fuente: Modificado de Cardozo y Ramírez 1985

Siguiendo la secuencia estratigráfica se encuentran facies alternadas de Mudstones y Wackestones de bioclastos laminados y masivos (Mlb, Mbm, Wbm, Wlb, WPb), con intensa bioturbación, foraminíferos y algas rojas; interestratificadas con Shales laminados y Lodolitas calcáreas de las facies (Fshlp, FSha) las facies laminadas tienen un aspecto noduloso. Estas facies se depositaron en subambientes Pelágicos, neríticos, en lagoons de una plataforma media aislada, (Figura 20.) con aporte siliciclástico; los cambios en el aporte de sedimentos permiten la deposición de facies laminadas y masivas, para las primeras la baja sedimentación y actividad biológica destruye la laminación produciendo un aspecto noduloso y bioturbado (Tucker and Wright, 2005) mientras que los estratos de apariencia masiva reflejan intervalos de tiempo en que aumenta la tasa de sedimentación, evidenciando las fluctuaciones en el paleoclima, (factor importante en aporte de sedimentos), estas facies son

comunes en ambientes de baja energía, alejadas de la acción de las olas, lo permite mayor depositación de lodos.

Estas facies se encuentran en el segmento medio y superior de la formación y reflejan sistemas deposicionales transgresivos (TST).

Figura 20. Perfil de una plataforma somera media.



Fuente: Modificado de Scholle, P., et al., (2006).

Las facies Packstones y Grainstones (Pbm, PGIb, PGb, Pbl, Gbm, GOM), se encuentran hacia la sección del techo de la formación y fueron depositadas dentro de la misma plataforma media en ambientes de mayor energía aislados de la costa, en cercanías de las barras que aíslan la plataforma (figura 20.), donde la acción de las olas remueve el material fino; estas facies están constituidas por Packstones de bioclástos de gran tamaño, con Oolitos, gasterópodos, bivalvos, Equinoideos, Crinoideos, algas, foraminíferos y pirita; esta gran cantidad y variedad de organismos permite inferir la disponibilidad de materia orgánica y la oxigenación del ambiente.

Las características faciales de esta secuencia hacen parte de un sistema deposicional (HST).

11. CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA

Esta correlación se realizó entre la columna estratigráfica levantada en el área de influencia de la Quebrada Platanalito, en el municipio de Zapatoca, Santander y la columna levanta por Inés María Zamarreño de Julivert en 1963, sobre la Quebrada Lagunetas, (figura 13) ubicada al noreste del sitio de levantamiento de la columna de este proyecto

De acuerdo con las características faciales y deposicionales la columna de la Formación Rosablanca se dividió en tres segmentos (basal, medio y superior), y se realizó una comparación litológica con la columna tipo, en la cual Zamarreño diferenció nueve niveles petrográficos de base a techo (dolomías o calizas dolomíticas, micrita, micrita fosilífera, esparita, intramicrita, biomicrita a micrita fosilífera, intramicrita, micrita fosilífera, ortocuarzita y biomicritas) lo que permite identificar que las condiciones de depósito de esta sucesión no fueron constantes; en el presente estudio se diferenciaron 32 litofacies (Facies Cuarzo arenisca masiva (ACm), Facies Arenisca lodosa, calcárea bioturbada de bioclastos (Alcbb), Facies Cuarzo arenisca masiva con bioclastos (Acmb), Facies Shale con bioclastos (Fshb), Facies Lodolita físil, calcárea con bioclastos (Flfcb), Facies Lodolita físil (Flf), Facies Mudstone con laminación de algas (Ma), Facies Wackestone laminado con bioclastos, oolítico (Wlbo), Facies Mudstone Dolomítico (Md), Facies Wackestone Dolomítico con bioclastos (Wdb), Facies yeso calcáreo piritoso (Ycp), Facies Mudstone-wackestone de bioclastos, masivo (MWbm), Facies Wackestone-packstone laminados de bioclastos (WPlb), Facies Mudstone laminado de bioclastos (Mlb), Facies Mudstone de Bioclástos masivo (Mbm), Facies Wackestone de bioclastos masivo (Wbm), Facies Wackestone-Packstone de bioclastos (WPb), Facies Shale con laminación plano paralela (Fshlp), Facies Shale ligeramente arenoso (FSha), Facies Lodolita biosoportada (Flb), Facies Grainstone de bioclastos, masivo (Gbm), Facies Grainstone Oolítico masivo

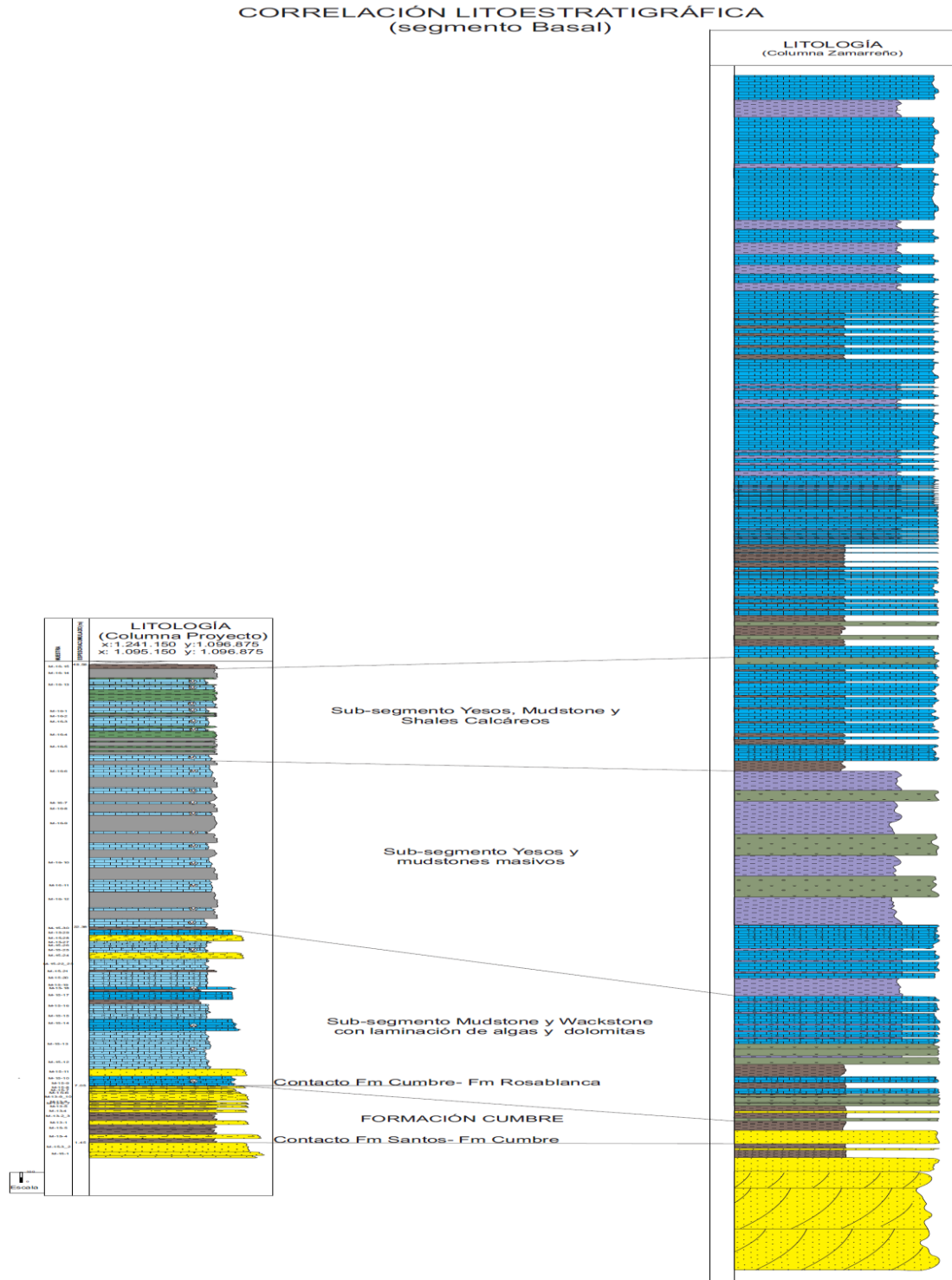
(GOM), Facies Wackestone de bioclastos laminado (Wbl), Facies Packstone de bioclastos masivo (Pbm), Facies Packstone - Grainstone de bioclastos laminados (PGbl), Facies Packstone-Grainstone de bioclastos (PGb), Facies Packstone de bioclastos laminado (Pbl), Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular (Albli), Facies Arenisca calcárea de bioclastos (Acb), Facies Arenisca de bioclastos masiva (Abm), Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva (Alm)), las cuales permitieron inferir las condiciones de depósito y oscilaciones del nivel base.

Entre las dos columnas se pueden apreciar diferencias, en los intervalos de columna descrita para la Quebrada Platanalito; en cuanto a los espesores medidos, que pueden deberse a errores de medición o conversión a la escala gráfica, repetición u omisión de estratos debido al alto tectonismo de la zona, diferencias litológicas por el uso de diferentes métodos de clasificación, cambio lateral de facies y apreciación de los autores.

11.1 SEGMENTO BASAL

En este segmento, se observa una marcada diferencia en el espesor de la Formación cumbre, que posiblemente se debe a que para esa época esta, no se encontraba formalmente definida en la zona o a cambios laterales de facies; el sub-segmento evaporítico las dolomías calcáreas reportadas por Zamarreño, corresponden a los niveles Yesíferos identificados en el presente estudio, que son explotados en las minas Yesíferas de la región (figura 21).

Figura 21. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento basal. (Ver convenciones en anexos 1y 4).



Fuente: los autores.

11.2 SEGMENTO MEDIO

En general para este segmento las dos columnas son coincidentes, salvo a diferencias en las apreciaciones litológicas de los autores (figura 22), debido a que los niveles Margosos identificados por Zamarreño, fueron definidos como Mudstones en la Quebrada Platanalito y pequeñas variaciones en los espesores de los niveles.

Figura 22. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento medio. (Ver convenciones en anexos 1y 4)

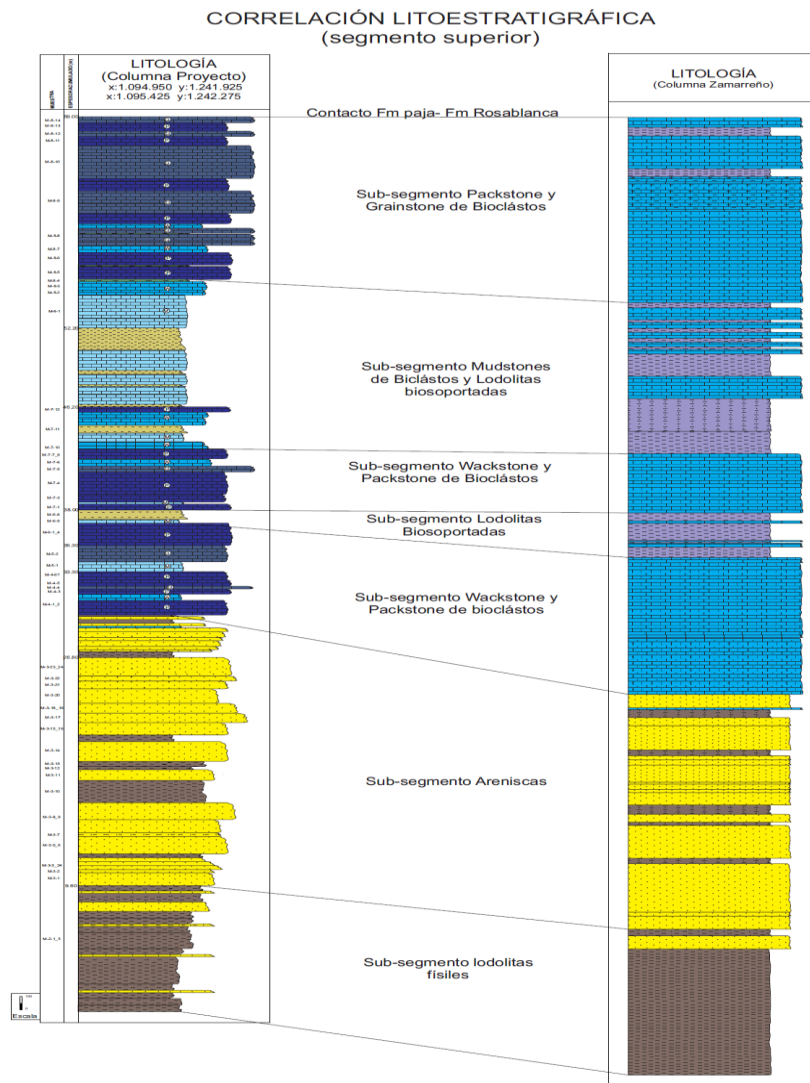


Fuente: Los autores

11.3 SEGMENTO SUPERIOR

Las diferencias observadas entre las dos columnas (figura 23) se deben principalmente al método de clasificación utilizado por cada autor y a pequeñas variaciones en los espesores de los niveles definidos en la correlación.

Figura 23. Correlación lito-estratigráfica con la columna tipo de Inés María Zamarreño, segmento Superior. (Ver convenciones en anexos 1y 4)



Fuente: los autores

CONCLUSIONES

A partir de la columna estratigráfica aflorante en el área de influencia de la Quebrada Platanalito, se estableció la estratigrafía secuencial de la Formación Rosablanca, depositada entre el Hauteriviano – Barremiano, corresponde a un ciclo de tercer orden (0.5 – 5) Ma, dentro de un sistema deposicional transgresivo (TST); en este sistema deposicional se interpretaron cinco ciclos deposicionales de cuarto orden basados en 11 systems tract: para el segmento basal (TST, HST, TST), segmento medio (TST, HST, TST, HST) y segmento superior (TST, HST, TST, HST).

La columna objeto del presente estudio se levantó en inmediaciones de la Quebrada Platanalito y Mina La vega, al sur este del municipio de Zapatoca, sobre el cañón del río Sogamoso, con un espesor total de (150) m; para el segmento basal un espesor de (48.6) m, para el segmento medio (32.4) m de espesor y para el segmento Superior un espesor de (69) m.

En la interpretación facial se tuvieron en cuenta características litológicas, composicionales y estructuras sedimentarias, por tanto se definieron 32 facies: Facies Cuarzo arenisca masiva (ACm), Facies Arenisca lodosa, calcárea bioturbada de bioclastos (Alcbb), Facies Cuarzo arenisca masiva con bioclastos (Acmb), Facies Shale con bioclastos (Fshb), Facies Lodolita físil, calcárea con bioclastos (Flfcb), Facies Lodolita físil (Flf), Facies Mudstone con laminación de algas (Ma), Facies Wackestone laminado con bioclastos, oolítico (Wlbo), Facies Mudstone Dolomítico (Md), Facies Wackestone Dolomítico con bioclastos (Wdb), Facies yeso calcáreo piritoso (Ycp), Facies Mudstone-wackestone de bioclastos, masivo (MWbm), Facies Wackestone-packstone laminados de bioclastos (WPlb), Facies Mudstone laminado de bioclastos (Mlb), Facies Mudstone de Bioclóstos masivo (Mbm), Facies Wackestone de bioclastos masivo (Wbm), Facies Wackestone-Packstone de bioclastos (WPb), Facies Shale con laminación plano

paralela (Fshlp), Facies Shale ligeramente arenoso (FSha), Facies Lodolita biosoportada (Fib), Facies Grainstone de bioclastos, masivo (Gbm), Facies Grainstone Oolítico masivo (GOM), Facies Wackestone de bioclastos.laminado (Wbl), Facies Packstone de bioclastos masivo (Pbm), Facies Packestone - Grainstone de bioclastos laminados (PGbl), Facies Packstone-Grainstone de bioclastos (PGb), Facies Packstone de bioclásticos laminado (Pbl), Facies Arenisca lodosa bioturbada con laminación irregular (Albli), Facies Arenisca calcárea de bioclastos (Acb),

Facies Arenisca de bioclastos masiva (Abm), Facies Arenisca con laminación ondulosa, masiva (Alm).

En la correlación hecha entre la columna de Inés Maria Zamarreño y la levantada en campo se observaron diferencias de tipo litológico que pueden deberse a la apreciación de los autores, método de clasificación utilizado o cambio lateral de facies; también variaciones en cuanto a espesores de los niveles que probablemente se debe al alto tectonismo del área, que provocó repetición u omisión de estratos.

RECOMENDACIONES

Realizar estudio palinológico detallado para así reconocer e identificar las especies presentes en la Fm. Rosablanca.

Realizar análisis Geoquímico y de Rayos X para identificar la composición y origen de las Dolomías.

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso, C. A., 1985. Los Episodios Evaporíticos de la Formación Rosablanca: Contribución del Proyecto Cretácico, Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, no. 16, Cap. XVII.

Barrero, D., 1979. Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia: Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas no.4, p.1-75. en: Naranjo J. et al., 2009. Definición de Eventos Diagenéticos Y Carga De Hidrocarburos Mediante Estudios De Petrología En La Formación Rosablanca, Cuenca Del Valle Medio Del Magdalena, X Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Cartagena, Colombia, p. 1-9.

Barrero D., et al., 2007. Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaryies and Petroleum Geology, a New Proposal: Agencia Nacional de Hidrocarburos. [www. anh.gov.co](http://www.anh.gov.co).

Brown, L. F., Jr., Fisher, W. L., 1977. Seismic Stratigraphic Interpretation of Depositional Systems: Examples from Brazilian Rift and Pull Apart Basins. En: Catuneanu, O., 2002. Sequence Stratigraphy of Clastic Systems: Concepts, Merits, and Pitfalls, Journal of African Earth Sciences, no. 35, p.1–43.

Carvajal, H., 2004. Nuevas consideraciones acerca del Estado de Madurez Termal de la Formación La Luna en el Valle Medio del Magdalena, Colombia.

Catuneanu, O., 2002. Sequence Stratigraphy of Clastic Systems: Concepts, Merits, and Pitfalls, Journal of African Earth Sciences, no. 35, p. 1–43.

Cediel, F., 1968. El Grupo Girón, una Molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. Servicio Geológico Nacional, Boletín Geológico, no. 16 (1-3), p. 5-96.

Clavijo, J., 1985. Secuencia Facial de la Formación Los Santos por la Quebrada Piedra Azul: Registro de una Hoya Fluvial Evanescente. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales, Ingeominas, no. 16, cap. IV, p. 1-18.

Cruz, S.M., 2005. Aplicación del Análisis Fractal a los Yacimientos Naturalmente Facturados (YNF): Ejemplo en la Formación Rosablanca Del Valle Medio Del Magdalena, Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 156 p.

Delgado, J., Galvis, G., 1994. Evaluación Geológico Mineras de las Calizas en la Vereda la Laguna del Municipio de los Santos (Santander) Orientada a la Explotación con Fines Ornamentales, Tesis de Pregrado, Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 123p.

Dengo, C., and Covey, M., 1993. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia; Implications for trap styles and regional tectonics, AAPG, Bull., V.77, p. 1315-1337.

Díaz, G., Suárez, M., 1998. Evidencias Neotectónicas del Sistema de Fallas del Suárez en su Confluencia con el Sistema de Fallas de Bucaramanga, Tesis de Pregrado, Universidad de Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 143p.

Domínguez I., 1994. Guía para Estratigrafía de Secuencias Chevron Oil Field Research Company (COFRC).

Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. AAPG Memorias.

Emery, D., Myers, K. J., 1996. Sequence Stratigraphy. Oxford, U.K., Blackwell, 297 p.

Etayo, F., et al., 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia; Ingeominas, Publicaciones Especiales no. 14, p. 1-235.

Etayo, F. Y Rodríguez, G.I. 1985. Edad de la Formación Los Santos. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales, Ingeominas, no. 16 cap. XXVI, p. 1-12.

Fabre, A., 1983. La Subsistencia de la Cuenca del Cocuy (Cordillera Oriental de Colombia) Durante el Cretáceo y el Terciario, Segunda Parte: Esquema de Evolución Tectónica, Geología Norandina, no. 8, p. 21-23. En: Rolón, L., Toro J., 2003. Role of Extensional Structures in the Development of the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, VIII Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Cartagena, Colombia, p. 161-167.

Galloway, W.E., 1989. Genetic Stratigraphic Sequences in Basin Analysis. I. Architecture and Genesis of Flooding-Surface Bounded Depositional Units. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 73, p.125–142. En: Catuneanu, O., 2002. Sequence Stratigraphy of Clastic Systems: Concepts, Merits, and Pitfalls, Journal of African Earth Sciences, v. 35, p. 1–43.

Guzmán, G., 1985. Los Grifeidos Aetostreon Couloni Y Ceratostreon Boussingaulti de la Formación Rosablanca Como Indicadores de Oscilaciones Marinas: Contribución del Proyecto Cretácico. Publi. Geol. Especiales De Ingeominas N° 16, Cap. XII.

Haq, B. U., et al., 1987. Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic (250 million years ago to present). Science, Vol 235, p 1156–1166.

Julivert, M., 1958. La Morfología de la Zona de Mesas al SW de Bucaramanga, Bucaramanga, Boletín de Geología UIS, Vol 1, p 33-52.

Krause F., 1996. Caracterización Geológica de la Estratigrafía por Secuencias. II AAPG/SVG Curso No. 4, 133 p.

Laverde, F., 1985. La Formación Los Santos: Un depósito continental anterior al ingreso marino del Cretácico. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, (16) Capítulo XX, p 1-22. Bogotá.

León, J. O., 2002. Análisis Estratigráfico de la Formación Rosablanca en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena, Geólogo, Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 113 p.

Linares A. y Martínez, V., 1991. Estudio Geológico y Evaluación de los Yacimientos de Yeso en la Concesión 2833, Municipio de Zapatoca (Santander), Geólogo, Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 180 p.

Mendoza, H., 1985. La Formación Cumbre. Modelo de transgresión marina rítmica, de comienzos del Cretácico. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, (16) Capítulo IX,: 1-17. Bogotá.

Mitchum, R. M., Jr., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 11: glossary of terms used in seismic stratigraphy. In: Payton, C. E. (ed.), Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration. American Association of Petroleum Geologists, Vol 26, p 205–212.

Morales, L., 1958. General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. In: Habitat of Oil Symposium. American Association of Petroleum Geologists, pp. 641-695.

Naranjo J. et al., 2009. Definición de Eventos Diagenéticos Y Carga De Hidrocarburos Mediante Estudios De Petrología En La Formación Rosablanca, Cuenca Del Valle Medio Del Magdalena, Cartagena - Colombia, X Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, p 1-9.

Nichols G., 2009. Sedimentology And Estratigraphy, Oxford, U.K., Blackwell, pp 419.

Ortíz et al., 1997. Estratigrafía Secuencial del Grupo Basal del Valle Medio del Magdalena: Litoteca Nacional. Instituto Colombiano del Petróleo, ECOPETROL.

Ortíz et al., 1998. Evaluación de la Calidad de Reservorio de las Formaciones Rosablanca Y Tablazo en el Cretáceo del Valle Medio del Magdalena: Litoteca Nacional. Instituto Colombiano del Petróleo, ECOPETROL.

Payton, C. E. (ed.). Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration. American Association of Petroleum Geologists, Vol 26, p 213–248.

Pulido, O., 1.979. Geología de las Planchas 135 San Gil y 151 Charalá. Departamento de Santander, Boletín Geológico- Ingeominas, Vol 23, N° 2, Bogotá, p 41-78.

Rolón, L., Carrero, M., 1995. Análisis Estratigráfico de la Sección Cretácica Aflorante al Oriente del Anticlinal de los Cobardes entre los Municipios de Guadalupe, Chima y Contratación, Departamento de Santander, Geólogo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 125p.

Rolón, L., Toro J., 2003. Role of Extensional Structures in the Development of the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, VIII Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, p 161-167.

Sloss, L. L., et al., 1949. Integrated Facies Analysis. In: Longwell, C. R. (ed.), Sedimentary Facies in Geologic History. Geological Society of America, Vol 39, P 91–124.

Sprague, A. R., et al., 2002. The Physical Stratigraphy of Fluvial Strata: A Hierarchical Approach to the Analysis of Genetically Related Stratigraphic Elements for Improved Reservoir Prediction. (Abstract) AAPG Annual Meeting.

Suarez, M., 1996. Facies analysis of the upper Eocene La Paz Formation, and regional evaluation of the post-middle Eocene stratigraphy, northern Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, Tesis 365 de Master sin publicar, Universidad de Colorado en Boulder, 88 p.en: Suárez, et al., 2000. Estilos estrustructurales y potencial de entrapamiento de la sección cretácea, cuenca del valle medio del magdalena, Caracas venezuela, VII simposio bolivariano de exploración petrolera en las cuencas subandinas. P 56-381.

Suárez, et al., 2000. Estilos estrustructurales y potencial de entrapamiento de la sección cretácea, cuenca del valle medio del magdalena, Caracas venezuela, VII simposio bolivariano de exploración petrolera en las cuencas subandinas. P 56-381.

Taboada, A. et Al., 2000. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia): Tectonics, V.19, No. 5, pp. 787-813. En: Rolón, L., Toro J., 2003. Role of Extensional Structures in the Development of the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia, VIII Simposio Bolivariano de Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, p 161-167.

Tucker, m., Wright P., 2005. Carbonate sedimentology, Oxford, U. K., Blackwell, pp 482.

Wheeler, O., 1929. Report on the Palmira Series with Notes on Stratigraphy of the Umir, Lisama and la Paz Formation near the Eastern part of the Mares Concession. Int. Emp. Col. Petr. (inédito).

Zamarreño, I. M., 1963. Estudio Petrográfico de las Calizas de la Formación Rosablanca de la Región de la Mesa de los Santos: Boletín de Geología, Vol. 15, p 5 – 34.

ANEXOS

ANEXO A. Modelo estratigráfico secuencial de la Formación Rosablanca en la Quebrada Platanalito a Escala 1:100.

ANEXO B. Catalogo macroscópico de muestras

ANEXO C. Modificación de la columna estratigráfica de Inés María Zamarreño a Escala 1:100.

ANEXO D. Correlación lito-estratigráfica entre al columna de Inés Mará Zamarreño y la columna de la Quebrada Platanalito.