

**CONTACTO ENTRE LAS FORMACIONES GIRÓN Y LOS SANTOS
(TAMBOR), EN LOS ALREDEDORES DE LA MESA DE LOS SANTOS Y
MESA DE RUITOQUE, SANTANDER**

**MAYRA NATHALIA BLANCO FIGUERO
ANGELA VIVIANA RINCÓN ORTIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2014**

**CONTACTO ENTRE LAS FORMACIONES GIRÓN Y LOS SANTOS
(TAMBOR), EN LOS ALREDEDORES DE LA MESA DE LOS SANTOS Y
MESA DE RUITOQUE, SANTANDER**

**MAYRA NATHALIA BLANCO FIGUEREDO
ANGELA VIVIANA RINCÓN ORTIZ**

**Trabajo de grado para optar el título de:
GEOLOGO(A)**

**DIRECTOR:
JAIRO CLAVIJO TORRES
GEÓLOGO M.S.c**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2014**

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a:

El profesor Jairo Clavijo Torres, quien además de brindarnos todo su conocimiento, nos guio y acompaño a lo largo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Geología por abrimos las puertas durante estos cinco años para formarnos como profesionales.

A familiares, compañeros y amigos quienes nos brindaron su apoyo durante esta etapa de la vida.

A mis padres, a mis hermanos y a Lucia.

Nathalia.

Este logro alcanzado, se lo dedico a mis padres José Iván Rincón Reyes y Carmen Cecilia Ortiz Delgado, mis hermanas Andrea S. Rincón O. y Adriana M. Rincón O., quienes han estado lo largo de mi vida brindándome su apoyo incondicional y depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mis capacidades.

A toda mi familia que con su cariño y amor hicieron que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, superando todos los obstáculos.

Al grupo KAMEL y mi compañero Hugo Patiño, quienes fueron y serán un apoyo muy importante en mi vida, por brindarme su amistad y cariño, a ustedes por siempre mi corazón. A todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

Angela

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	18
1.PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	19
2.JUSTIFICACIÓN	21
3.OBJETIVOS	22
4.1.Objetivo General	22
4.2.Objetivos Específicos	22
5.LOCALIZACIÓN	23
6.MARCO TEÓRICO	27
7.ANTECEDENTES	34
8.METODOLOGÍA	38
8.1.Recopilación Bibliográfica.	38
8.2.Fase de campo.....	38
8.3.Descripción y digitalización de columnas estratigráficas.	39
8.4.Interpretación de datos.	39
8.5.Discusión y resultados.	39
9.MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	40
9.1.Geología Estructural.....	40
9.2.Estratigrafía.....	42
9.2.1.Basamento Ígneo-Metamórfico	42
9.2.2.Secuencia Sedimentaria.	44
9.2.3.Cuaternarios.....	46
10.COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	47
10.1.Sección de Acapulco.....	47
10.2.Sección de Guatiguará Alto.	58
10.3.Sección de la Punta.	73
11.FACIES.....	84
11.1.Asociación de Facies	86
11.1.1.Asociación de facies de la columna de Acapulco	86
11.1.2.Asociación de facies de la columna de Guatiguará.....	92
11.1.3.Asociación de facies de la columna de La Punta.	98
11.2.Análisis Facial	103

11.2.1.Macrosecuencia de Facies de la columna de “Acapulco”	103
11.2.2.Macrosecuencia de Facies de la columna de “Guatiguará”	103
11.2.3.Macrosecuencia de Facies de la columna de “La Punta”	104
12.EL CONTACTO ENTRE LA FORMACIÓN GIRÓN Y FORMACIÓN LOS SANTOS (TAMBOR).....	106
12.1.Contacto Jurásico-Cretácico a nivel global:	106
12.2.Contacto Jurásico- Cretácico en Colombia:	106
12.3.Contacto Formación Girón- Los Santos:	107
13.DISCUSIÓN	114
14.CONCLUSIONES	119
15.RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121
ANEXOS	124

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio en el Departamento de Santander.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2. Mapa Geológico de las zonas de estudio en el Departamento de Santander.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3. Área de estudio dentro del mapa geológico de la cuenca del Valle Medio del Magdalena.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4. Mapa de vías de las zonas de estudio en el Departamento de Santander.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5. Clasificación tectónica de la cuenca sedimentaria según el sustrato litosférico (continentales, transicionales y oceánicas).....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 6. Grafico Half-Graben</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7. Diagrama esquemático de las secuencias estratigráficas acumuladas durante y después de movimientos extensionales.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8. Relaciones de continuidad y discontinuidad con concordancia-discordancia: A) Continuidad con concordancia, B) Paraconformidad, C) Disconformidad, D) Discordancia angular, E) Discordancia angular erosiva, F) Discordancia progresiva y G) Discordancia Basal progresiva</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9. Columna Estratigráfica del Grupo Girón (Angostura del rio Lebrija y Q. piedra azul).</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10. Mapa tectónico del territorio del Departamento de Santander.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 11. Base y techo del segmento 1 de la columna Acapulco.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12. Base y techo del segmento 2 de la columna Acapulco.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 13. Base y techo del segmento 3 de la columna Acapulco.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 14. Base y techo del segmento 4 de la columna Acapulco.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 15. Base y techo del segmento 5 de la columna Acapulco.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16. Base y techo del segmento 6 de la columna Acapulco.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 17. Base y techo del segmento 7 de la columna Acapulco.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 18. Base y techo del segmento 8 de la columna Acapulco.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 19. Base y techo del segmento 9 de la columna Acapulco, se observa contactó entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor).</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20. I) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de B-B' es Q: 55%, F: 41%, FR: 4% y la muestra C-C' es Q: 72%, F: 26%, FR: 2%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicols cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de Acapulco. A-A') Lodolita Arenosa. B-B') Arenisca de grano fino. C-C') Arenisca de grano grueso. Los minerales que conforman a las rocas son cuarzos (Qz), feldespatos (F) y fragmentos de rocas (FR).</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21. Columna Estratigráfica de Acapulco.....</i>	<i>57</i>

<i>Figura 22. Base y techo del segmento 1 de la columna Guatiguará.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Base y techo del segmento 2 de la columna Guatiguará.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 24. Base y techo del segmento 3 de la columna Guatiguará.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 25. Base y techo del segmento 4 de la columna Guatiguará.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 26. Base y techo del segmento 5 de la columna Guatiguará.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 27. Base y techo del segmento 6 de la columna Guatiguará, se observa el contacto entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor).</i>	<i>64</i>
<i>Figura 28. Base y techo del segmento 7 de la columna Guatiguará.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 29. Base y techo del segmento 8 de la columna Guatiguará.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 30. Base y techo del segmento 9 de la columna Guatiguará.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 31. I) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de B-B' es Q: 55%, F: 44%, FR: 1% y la muestra C-C' es Q: 65%, F: 33%, FR: 2%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicoles cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de Guatiguará. A-A) Lodolita arenosa. B) Arenisca lodosa de grano muy fino. C-C) Arenisca de grano medio.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 32. Columna estratigráfica de Guatiguará.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 33. Base y techo del segmento 1 de la columna la Punta.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 34. Base y techo del segmento 2 de la columna la Punta, se observa el contacto entre las formaciones Girón y las Santos (Tambor).</i>	<i>74</i>
<i>Figura 35. Base y techo del segmento 3 de la columna la Punta.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 36. Base y techo del segmento 4 de la columna la Punta.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 37. Segmento 5 de la columna la Punta.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 38. Base y techo del segmento 6 de la columna la Punta. Iniciando el segmento se encuentra un cubierto (A) continuando hasta el centro del segmento (B) y conglomerados arenosos terminando el segmento (C).</i>	<i>78</i>
<i>Figura 39. Base y techo del segmento 7 de la columna la Punta. La foto (A) representa el inicio del segmento comenzando con un cubierto, la (B) y (C) continúa el del cubierto, y finaliza en segmento en la (D) conformada por areniscas.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 40. I) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de A-A' es Q: 57%, F: 40%, FR: 3%, B-B' es Q: 48%, F: 34%, FR: 20% y la muestra C-C' es Q: 43%, F: 51%, FR: 6%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicoles cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de la Punta. A-A) Conglomerado arenoso de gránulos a guijas. B-B) Arenisca de grano fino con presencia de gránulos y guijos. C-C) Arenisca de grano fino.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 41. Columna Estratigráfica la Punta.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 42. Manchas verdosas irregulares como evidencia de Bioturbación.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 43. Moldes de intraclastos de lodolita y partículas tamaño grava.</i>	<i>89</i>

<i>Figura 44. Laminación cruzada en artesa.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 45. Facies columna Acapulco.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 46. Manchas verdosas irregulares como evidencia de Bioturbación.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 47. Facies columna de Guatiguará</i>	<i>97</i>
<i>Figura 48. Conglomerado de tamaño guijos que varía a gránulos.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 49. Laminación cruzada plana.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 50. Conglomerado arenoso de tamaño guijos.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 51. Facies columna la Punta.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 52. Representación gráfica del contacto Girón-Los Santos en las columnas: a) Sección estratigráfica Cuestarrica levantada por Vargas (1968) y b) Sección estratigráfica Piedra Azul levantada por Montero (1968).</i>	<i>109</i>
<i>Figura 53. Representación gráfica del contacto Girón-Los Santos en la columna Tu y Yo Zapatoca.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 54. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Acapulco.</i>	<i>110</i>
<i>Figura 55. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Guatiguará.</i>	<i>111</i>
<i>Figura 56. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Mesa de los Santos.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 57. Esquema Tectónico de la cuenca del VMM, durante el Jurásico Tardío- Cretácico Temprano.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 58. Esquema que muestra la primera secuencia Syn-Rift durante el Jurásico Tardío.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 59. Correlación estratigráfica, entre las columnas levantadas en este proyecto en las Mesas de los Santos y Ruitoque, con columna estratigráfica de Angostura Rio Lebrija, Cediell 1968.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 60. Esquema Tectónico de la cuenca del VMM, durante el Jurásico Tardío- Cretácico Temprano, mostrando el cambio de espesor de la formación Girón y la paleo falla que lo controló.</i>	<i>116</i>
<i>Figura 61. Vista en planta del corte A-B, en donde se muestra la orientación y ubicación de la paleo falla normal que posiblemente controlo los cambios de espesor de la Formación Girón.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 62. Paleorelieve del area de estudio, en el que se representan las unidades Girón y Los Santos y la posición de los conglomerados.....</i>	<i>118</i>

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Clasificación tectónica de las cuencas sedimentarias.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2. Facies determinadas en cada columna estratigráfica.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 3. Resumen de las diferentes tendencias pertinentes en relación al límite Jurásico-Cretácico en Colombia.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 4. Autores y tipo de contacto entre las formaciones Girón y Los Santos.</i>	<i>113</i>

Lista de Anexos

<i>ANEXO A: Columna Estratigráfica Acapulco a escala 1:100.....</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO B: Columna Estratigráfica Guatiguará a escala 1:100.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO C: Columna Estratigráfica la Punta a escala 1:100.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO D: Poligonal Sección estratigráfica Acapulco.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO E: Poligonal Sección estratigráfica Guatiguará.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO F: Poligonal Sección estratigráfica la Punta.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO G: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica Acapulco.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO H: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica Guatiguará.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO I: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica La Punta.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO J: Catalogo de fotos.</i>	<i>124</i>
<i>ANEXO K: Catalogo de muestras de mano.....</i>	<i>124</i>

RESUMEN

TITULO: CONTACTO ENTRE LAS FORMACIONES GIRÓN Y LOS SANTOS (TAMBOR), EN LOS ALREDEDORES DE LA MESA DE LOS SANTOS Y LA MESA DE RUITOQUE, SANTANDER *

AUTORES:

BLANCO FIGUEREDO MAYRA NATHALIA **

RINCÓN ORTIZ ANGELA VIVIANA **

PALABRAS CLAVES:

Formación Girón, Formación Los Santos, Contacto, Mesa de los Santos, Mesa de Ruitoque, Santander.

El contacto entre las formaciones Girón (Jurásico Superior- Cretácico Inferior) y Los Santos (Cretácico Inferior) hasta 1968 fue definido por algunos autores como un contacto discordante pero posteriormente y manteniéndose hasta la fecha fue definido como contacto continuo por otros autores. En base a esto, se realiza un estudio estratigráfico detallado en áreas donde las formaciones Girón y Los Santos se encuentran en contacto, como un aporte de información para la delimitación de estas formaciones. Se realiza el levantamiento de tres columnas estratigráficas a escala 1:100 en las regiones de la Mesa de los Santos y la Mesa de Ruitoque, Departamento de Santander, en las cuales se involucra el techo de la Formación Girón y la base de la Formación los Santos (Tambor) en donde la descripción de las características litológicas, identificación de facies y ambientes de sedimentación para cada una de las columnas, ayudaron a determinar un tipo de contacto continuo transicional.

Este análisis realizado conlleva a retomar dos puntos importantes que probablemente den más claridad al hablar del tipo de contacto, el primero el cambio de espesor de la Formación Girón en áreas tan cercanas (desde 4 Km en el Rio Lebrija hasta desaparecer hacia la Mesa de los Santos), y el segundo la presencia de conglomerados rojizos hacia la Mesa de los Santos en la sección estratigráfica La Punta, los cuales en este proyecto se asocian como pertenecientes a la Formación Girón de acuerdo a sus características litológicas. Esto deja abierta la discusión, para que se realicen estudios detallados que ayuden a entender de manera más clara como fue el comportamiento de la cuenca que dio origen a las formaciones Girón y los Santos y así definir más fácilmente el tipo de contacto existente entre las dos formaciones.

* Trabajo de Grado

** Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Jairo Clavijo Torres.

ABSTRACT

TITLE: CONTACT BETWEEN GIRÓN AND LOS SANTOS (TAMBOR), AROUND OF THE MESA DE LOS SANTOS AND MESA DE RUITOQUE, SANTADER*

AUTHORS:

BLANCO FIGUEREDO MAYRA NATHALIA **

RINCÓN ORTIZ ANGELA VIVIANA **

KEYWORDS

Girón Formation, Los Santos Formation, Contact between formations, Mesa de los Santos, Mesa de Ruitoque.

The contact between the Girón (early Jurassic - upper Cretaceous) and los Santos (lower Cretaceous) formations until 1968 was defined by some authors as a discordant contact but later and staying up to date was defined as continuous contact by other authors. On this basis, is done a stratigraphic study in areas where Girón y Los Santos Formations are in contact, as a contribution of information to the delimitation of these formations. Lifting three stratigraphic columns is done on scale 1:100 in the regions of the Mesa de los Santos and Mesa de Ruitoque, Department of Santander, which involves the top of the Girón Formation and the base of the Santos (Tambor) Formation where the description of the lithology, identification of facies and environments of deposition for each columns, helped determine a type of transitional continuous contact.

This analysis leads to retake two important points that are likely to give more clarity about the type of contact, the first is the change in thickness of the Girón Formation in areas so close (4 Km from the Rio Lebrija to disappear by to Mesa de los Santos), and second is the presence of reddish conglomerates to the Mesa de los Santos in the stratigraphic section La Punta, which are associated in this project as belonging to the Girón Formation according to their lithology characteristics. This leaves open the discussion for detailed studies to help understand more clearly as was the basin behavior that led to the Girón and los Santos formations and define more easily the type of existing contact between the two formations.

* Degree work

** Universidad Industrial de Santander. Faculty of Physics-Chemistry Engineering. School of Geology. Director: Jairo Clavijo Torres.

INTRODUCCIÓN

La determinación de límites o contactos estratigráficos entre formaciones geológicas tiene cierta complejidad en algunas ocasiones, debido a la similitud de las características litológicas, faciales y geométricas que entre otros aspectos, dificultan la visibilidad y determinación de elementos claves que permitan de una manera clara dar evidencias sólidas para la definición de estos límites.

El siguiente trabajo de investigación empleó la metodología propuesta en el Proyecto Cretácico (Etayo, F. 1985), a tres columnas estratigráficas levantadas en las regiones de la Mesa de los Santos y la Mesa de Ruitoque, Departamento de Santander, en las cuales se involucra el techo de la Formación Girón y la base de la Formación los Santos (Tambor); para posteriormente determinar el tipo de contacto existente entre las formaciones en estos sectores y realizar un aporte en el conocimiento de la estratigrafía del Jurásico- Cretácico en Colombia, ya que desde tiempo atrás diferentes autores han determinado y definido tal límite, fijándolo en posiciones estratigráficas distintas y contradictorias.

Se desarrolla la metodología mencionada anteriormente, donde se obtienen las características litológicas, identificación de facies y ambientes de sedimentación, que junto con la definiciones de los diferentes tipos de contactos existentes se determina el tipo de contacto entre la Formación Girón y la Formación los Santos (Tambor) en cada columna levantada, que será una contribución a lo actualmente conocido para aclarar el tipo de contacto entre las formaciones; y a su vez sirva de apoyo a posteriores estudios e informes que se desarrollen en la zona de estudio o que tengan que ver con las formaciones estudiadas.

1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

En investigaciones anteriores la descripción y determinación del tipo de contacto entre las Formaciones Girón (Hettner, 1892) y Tambor (H. D. Hedberg, 1931, y redefinida por Cediel, 1968 como Formación Los Santos), ha generado una gran discusión, pues cada autor propone un tipo diferente.

Langenheim (1954) designó los afloramientos del cañón del río de Lebrija como sección tipo la formación Girón (H12, c-3, c-4) y definió los límites con las Formación Bocas y Tambor, infrayacente y suprayacente respectivamente como **contactos inconformes**; por otra parte Cediel F. (1968) en su trabajo "El Grupo Girón una Molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental" distingue dos unidades litoestratigráficas: la formación Girón (\pm 4.650 m), de edad Triásica-Jurásica, constituida por subgrauwacas y lutitas rojas depositadas en un ambiente fluvial o limo-fluvial principalmente y la formación los Santos (\pm 190 m), probablemente perteneciente al Berriasiano, depositado en un ambiente marino compuesto de protocuarzitas con intercalaciones ocasionales de red beds y/o shales oscuros; entre las cuales define un límite estratigráfico como **contacto transicional**. Sin embargo no en todos los sectores se puede identificar fácilmente, por tal razón se emplea el término "rango", donde está descrita toda la serie clástica para las dos Formaciones".

De igual manera, Cediel F. (1968) en el mismo trabajo manifiesta que el límite entre la formación Girón-los Santos está regido por la transgresión del mar cretáceo en dirección general NW y encontró una superficie terrestre de topografía relativamente suave con algunos peñones abruptos y aislados, lo cual favoreció a una depositación local de un conglomerado de transgresión, que presentan una gradación y están compuestos principalmente de bloques de cuarzo hasta de 30 cm de diámetro y cantos de rocas metamórficas o red beds en proporciones menores. Por otra parte menciona que la transgresión de los Santos al encontrar las areniscas de la Formación Girón, las retrabajó y depositó sin que hubiera lugar a la formación de discordancia alguna, lo que suministra criterios suficientes para trazar el límite estratigráfico entre las formaciones que conforman al Grupo Girón, así como para distinguir los conglomerados fluviales en el tope de la formación Girón y diferenciarlos de los conglomerados transicionales de la formación Los Santos. Más adelante Laverde (1985) en el Proyecto Cretácico afirma tras un análisis facial que los materiales de la formación los Santos reflejan el último episodio significativo de la actividad tectónica del área del Macizo de Santander, inmediata a la transgresión marina cretácica.

Estos trabajos mencionados junto con otros demuestran, que no se ha establecido de manera clara si el contacto entre estas formaciones es inconforme o transicional, por esta razón se decide realizar un estudio estratigráfico detallado de tres secciones litoestratigráficas, una en la Mesa de los Santos y otras dos en los alrededores de la Mesa de Ruitoque, para aportar más evidencia para establecer este límite.

2. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de investigación se realiza con el propósito de tener más claridad sobre el límite estratigráfico entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor), debido a que en investigaciones realizadas anteriormente no hay un criterio unificado sobre el tipo de contacto entre las formaciones mencionadas. Con este fin, se llevará a cabo un estudio estratigráfico detallado en afloramientos de la Mesa de los Santos y la Mesa de Ruitoque, que incluye la descripción y toma de muestras de roca, y levantamiento de columnas estratigráficas a escala 1:100, mediante las cuales se obtendrán datos que aportarán información nueva para establecer con mayor seguridad el tipo de límite.

3. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Revisar y precisar el límite entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor), realizando levantamientos y correlaciones de columnas estratigráficas.

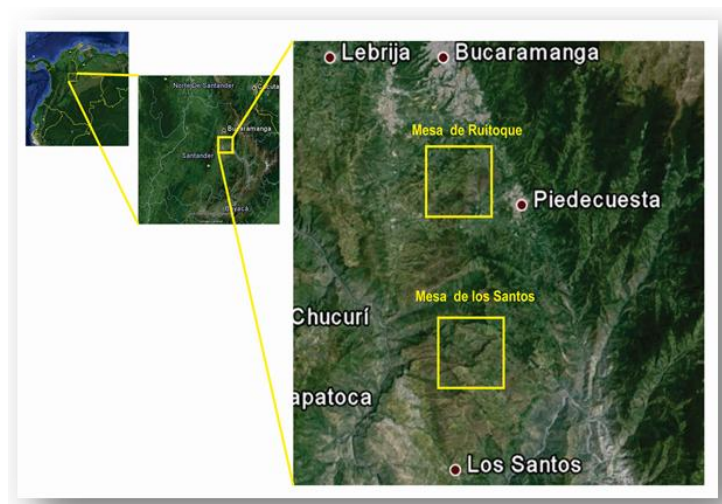
4.2. Objetivos Específicos

- Levantamiento de tres columnas estratigráficas detalladas a escala 1:100.
- Toma de muestras de roca y elaboración de su respectiva descripción macroscópica y microscópica.
- Comparar los datos recopilados en campo con datos bibliográficos propuestos anteriormente.
- Establecer con base en la información obtenida, el tipo de contacto entre las formaciones Girón y Los Santos (Tambor).

5. LOCALIZACIÓN

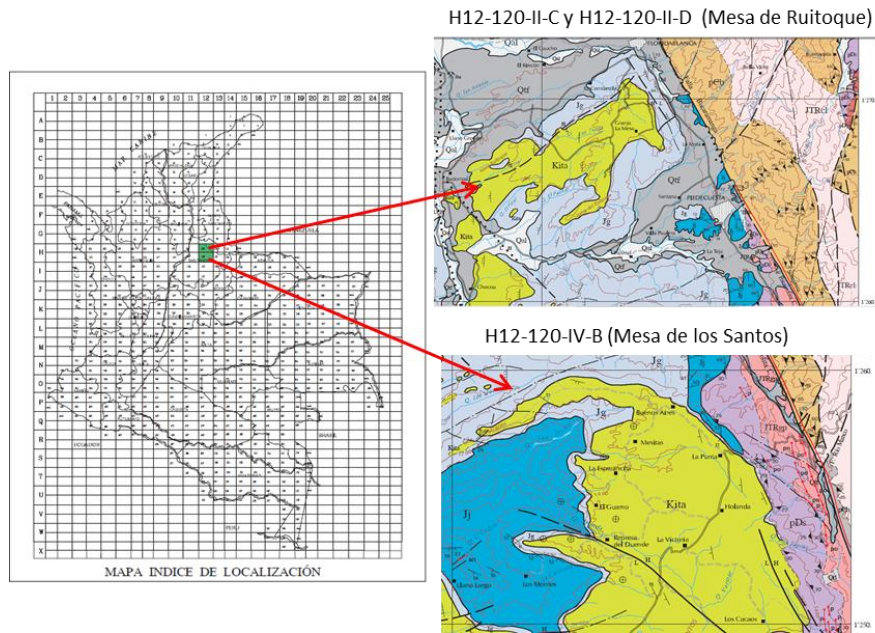
Geográficamente la zona se ubica en la Mesa de los Santos y la Mesa de Ruitoque (y sus alrededores), en el margen Noroccidental del Departamento de Santander, pertenecientes a la Provincia Sotomayor y a la región de la Cordillera Oriental (Fig. 1). Geológicamente se encuentra en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (Fig. 3) una zona de falla activa y se exponen secuencias litoestratigráficas, como se puede observar en el mapa geológico del cuadrángulo H-12 del Departamento de Santander (Fig. 2).

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio en el Departamento de Santander.



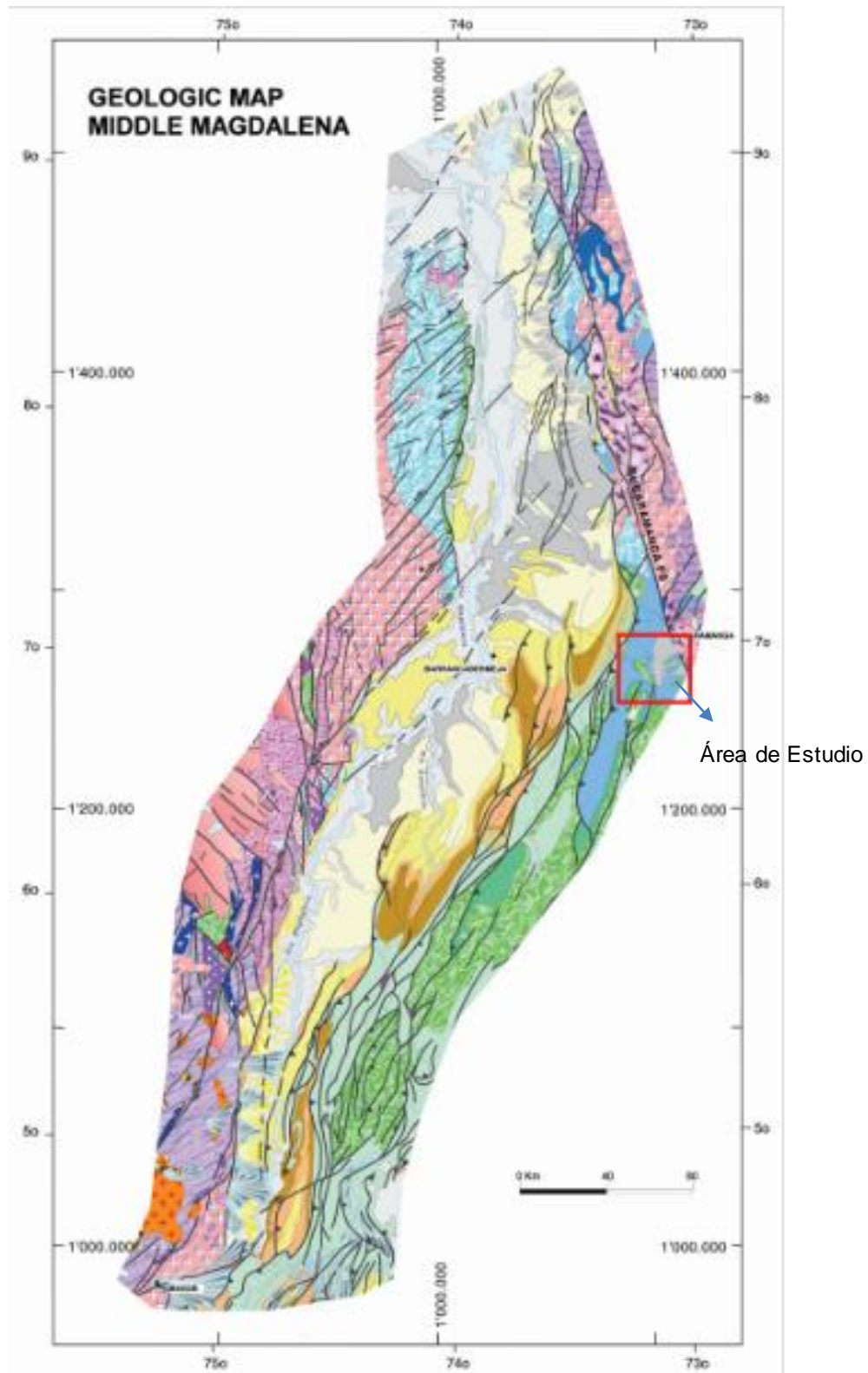
Tomado y editado de Google Earth 2014.

Figura 2. Mapa Geológico de las zonas de estudio en el Departamento de Santander.



Tomado y Modificado de Mapa Geológico Del Cuadrángulo H-12, INGEOMINAS. (1977).

Figura 3. Área de estudio dentro del mapa geológico de la cuenca del Valle Medio del Magdalena.



Tomado y modificado de Sarmiento (2011).

6. MARCO TEÓRICO

Para cumplir el objetivo del presente estudio, se partió de conceptos básicos de estratigrafía los cuales se expresaran a continuación.

➤ Definición de conceptos

• Facies:

El término facies fue utilizado inicialmente por Amans Gressly (1838) y traducido por Teichert (1958), como “la suma total de aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica” y añadió que “a partir de las cuales puede ser deducido su origen y ambiente de formación” (Etayo, (1985) y Vera, (1994)).

El concepto de facies puede ser utilizado en un sentido descriptivo o interpretativo (Miall., 1984) en el primer caso se procede a la identificación y descripción de facies con énfasis en la definición objetiva del producto sedimentario, por ejemplo, facies de areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala; mientras que el empleo en sentido interpretativo, involucra la identificación de los procesos sedimentarios que originaron el cuerpo sedimentario.

• Tipos de facies

Litofacies: Alude exclusivamente a los aspecto litológico, sin tener en cuenta la presencia de fósiles, considerándolos como clastos que no sirven para la caracterización de la roca. Este tipo de facies es diferente con el concepto de unidad litoestratigráfica o con medio sedimentario (Vera, 1994).

Una litofacies tiene en cuenta las características litológicas de los materiales y las condiciones físico-químicas dominantes durante su depósito. Generalmente las litofacies son homogéneas desde un punto de vista litológico. Las litofacies se definen con base en las características sedimentarias, las cuales pueden estar conformadas por una sola litología o por intercalaciones de varias litologías (Gressly (1838) en Walker (2006)).

Biofacies: Son aquellos materiales caracterizados por los restos de los distintos organismos, que se diferencian de los adyacentes (Bromley (1996) en Walker (2006)), y que nos aportan datos del medio. Son el conjunto de características paleontológicas y a las condiciones biológicas reinantes durante el depósito. Tienen un gran valor en las calizas y en algunos terrígenos (Vera, 1994).

- **Asociación de facies**

Se llama asociación de facies a la distribución ordenada de varias facies elementales, genéticamente relacionadas. Una asociación de facies debe cumplir dos condiciones: 1) Que se trate de facies que se encuentren juntas, y 2) Que estén genéticamente (ambientalmente) relacionadas entre sí. Al estudiar secciones estratigráficas detalladas, las asociaciones de facies se reconocen a partir de su expresión vertical, a la que se llama secuencia de facies o secuencia elemental, la cual consiste en un módulo formado por la superposición vertical de dos o más facies genéticamente relacionadas que ese repite periódicamente (Vera, 1994)

Secuencia de facies

Conjunto de dos o más facies ligadas entre sí por la variación gradual de uno o varios aspectos litológicos y paleontológicos según Etayo (1985); por otra parte Vera (1994) las denomina como una sucesión vertical que refleja el ordenamiento temporal de las facies en dispositivos sedimentarios e intervalos de tiempo en los que se cumple la ley (o regla) de Walther. Las secuencias de facies son la expresión en la vertical de las asociaciones de facies

Secuencia elemental

Una secuencia elemental o secuencia de facies se le denomina a la asociación de dos o más facies que se repiten ordenadamente en una sección estratigráfica.

- **Tipos de secuencias de facies**

Secuencia granocreciente:

Son aquellas en las que hacia el techo de la secuencia se localizan ordenadamente materiales de facies detríticas más gruesas. El tamaño medio del grano de los materiales crece desde base a techo (Vera, 1994). En secuencias totalmente detríticas equivalen a las secuencias negativas de Lombard (1956).

Secuencia granodecreciente: Son aquellas en las que hacia el techo de la secuencia se localizan ordenadamente materiales de facies detríticas más finas. El tamaño medio del grano de los materiales decrece desde base a techo. En secuencias totalmente detríticas equivalen a las secuencias positivas de Lombard (1956).

- **Macrosecuencias de Facies**

El término macrosecuencia de facies hace referencia cuando la variación del rasgo es métrico, identificable a simple vista en los afloramientos; por ejemplo, un paquete de capas en que se detecta decrecimiento del tamaño del grano de la base al techo (Etayo, (1985)).

- **Cuencas Sedimentarias**

En un amplio sentido, son todas las áreas en donde los sedimentos pueden acumularse con un espesor considerable y preservado por largos periodos de tiempo geológicos. (Einsele, 2000)

Regiones de prolongadas subsidencia de la superficie terrestre, donde los mecanismos que controlan esta subsidencia están principalmente relacionada a los procesos que experimenta la litosfera. (Allen, 2005)

- **Clasificación de cuencas sedimentarias según el ambiente tectónico.**

Esta clasificación está controlada directamente por la configuración de las placas tectónica, identificando el tipo de sustrato litosférico (continental, transicional y oceánico), el límite de placa (divergente, convergente, transformante) y la proximidad de la cuenca al margen de placa (Tabla. 1). (Einsele (2000), Allen (2005))

Tabla 1. Clasificación tectónica de las cuencas sedimentarias.

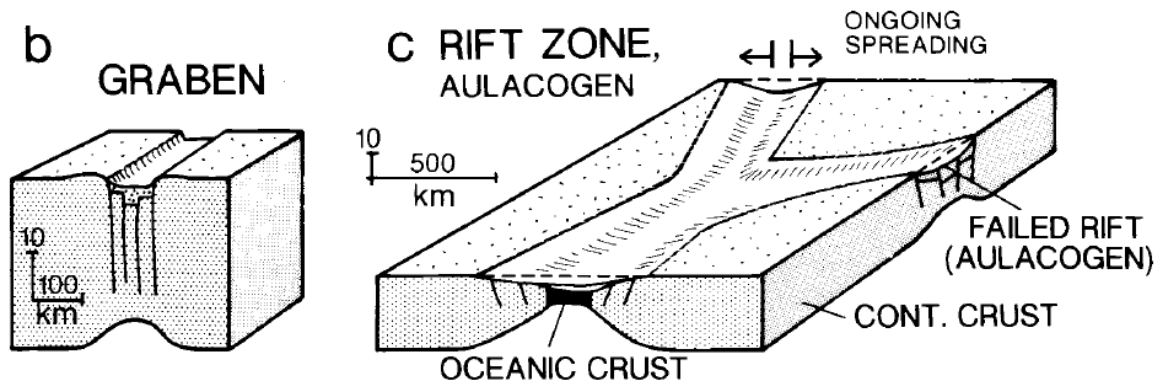
Basin category	Special basin type or synonym(s)	Underlying crust	Style of tectonics	Basin characteristics
Continental or interior sag basins	Epicontinental basins, intra-cratonic basins	Continental	Divergence	Large areas, slow subsidence
Continental or interior fracture basins	Graben structures, rift valleys and rift zones, aulacogens	Continental	Divergence	Relatively narrow basins, fault-bounded, rapid subsidence during early rifting
Basins on passive continental margins, margin sag basins	Tensional-rifted basins, tension-sheared basins, sunk margin basins	Transitional	Divergence + shear	Asymmetric basins partly outbuilding of sediment, moderate to low subsidence during later stages
Oceanic sag basins	Nascent ocean basin (growing oceanic basin)	Oceanic	Divergence	Large, asymmetric, slow subsidence
Basins related to subduction	Deep-sea trenches	Oceanic	Convergence	Partly asymmetric, greatly varying depth and subsidence
	Forearc basins, backarc basins, interarc basins	Transitional, oceanic	Dominantly divergence	
Basins related to collision	Remnant basins	Oceanic	Convergence	Activated subsidence due to rapid sedimentary loading
	Foreland basins (peripheral), retroarc basins (intramontane), broken foreland basins,	Continental	Crustal flexuring, local convergence or transform motions	Asymmetric basins, trend to increasing subsidence, uplift and subsidence
	Terrane-related basins	Oceanic		Similar to backarc basins
Strike-slip/wrench basins	Pull-apart basins (transensional) and transpressional basins	Continental and/or oceanic	Transform motion, \pm divergence or convergence	Relatively small, elongate, rapid subsidence

Tomado de Einsele (2000)

- **Estructuras graben y zonas rift continentales**

Una cuenca rift es definida como depresiones tectónicas largas elongadas limitadas por fallas normales que son formadas como una zona de ruptura en un escenario extensional (Burke, 1977; Olsen, 1995 citado en Rolon, 2004). La sección trasversal generada puede ser simétrica o asimétrica (semi-graben) (Fig. 5) (Einsele, 2000).

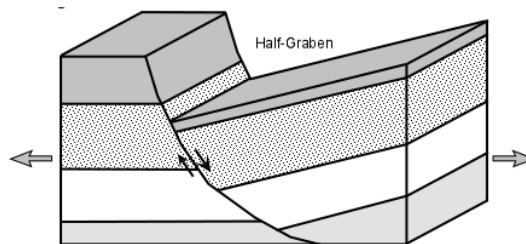
Figura 5. Clasificación tectónica de la cuenca sedimentaria según el sustrato litosférico (continentales, transicionales y oceánicas).



Tomado de Einsele (2000)

Como consecuencia, ocurren fallas normales y la corteza es desplazada hacia abajo a lo largo de la superficie de falla creando half-graben o depresiones dentro del rift. Las estructuras de half-graben (Fig. 6) son caracterizadas por fallas de borde-rift planares y un dominio-estilo de fallas intra-rift. (McClay, 1998 citado en Rolon, 2004).

Figura 6. Grafico Half-Graben



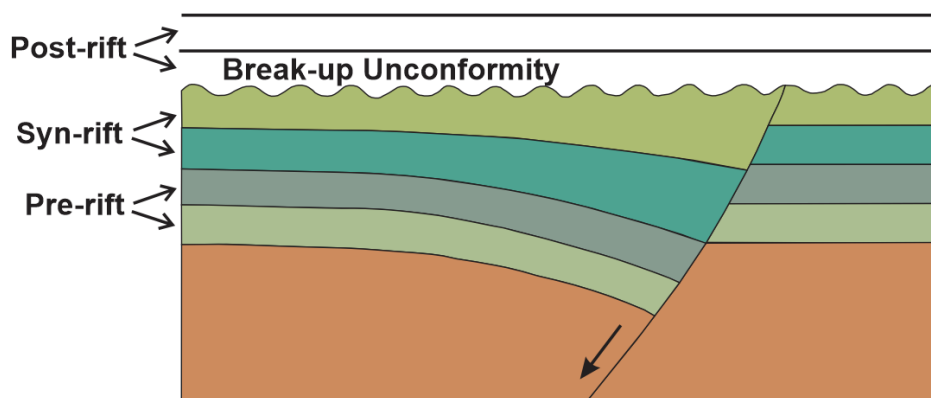
• Acumulación estratigráfica en zonas extensionales

El desarrollo estratigráfico en márgenes continentales o en cuencas continentales extensionales, en su forma simple, puede exhibirse en tres distintas secuencias (Fig. 7). (William, Powell y Cooper 1989, Vera 1994)

- I) Una secuencia pre-rift está constituida por depósitos previos al rift, por tanto, se deposita antes de cualquier movimiento falla extensional.
- II) Una secuencia syn-rift es depositada durante el movimiento extensional y está conformada por depósitos previos al ingreso del océano. Señalando cambios en los espesores estratigráficos desde la parte inferior de la falla hasta la parte superior indicando el crecimiento de la falla.
- III) Una secuencia post-rift se deposita en un periodo de no depositación y/o erosión después de que cesa el movimiento extensional. Esta secuencia se caracteriza por materiales hemipelágicos separados en

algunos casos por una discordancia o discontinuidad estratigráfica que puede remover parte de la secuencia syn-rift.

Figura 7. Diagrama esquemático de las secuencias estratigráficas acumuladas durante y después de movimientos extensionales.



Tomada y modificado de William, Powell y Cooper (1989)

- **Continuidad y discontinuidad**

Los conceptos de **continuidad** y **discontinuidad** se aplican a las relaciones genéticas entre partes superpuestas de una sección estratigráfica, dentro de una misma unidad, las cuales puede coincidir con el límite de dos unidades. **Continuidad** se refiere a la relación genética entre dos unidades litoestratigráficas superpuestas entre las que no haya mediado una interrupción sedimentaria medible, de manera que tan solo haya acaecido un cambio en las condiciones sedimentarias que implica el cambio de litofacies; por otra parte, la **discontinuidad** es la relación genética entre dos unidades litoestratigráficas superpuestas entre cuyo depósito respectivo haya mediado una interrupción sedimentaria medible. (Vera, 1994).

Estos conceptos de continuidad-discontinuidad (relaciones genéticas), tienen una estrecha vinculación con los términos de concordancia-discordancia (relativos a su relación geométrica entre unidades igualmente superpuestas). Donde en algunos casos las continuidades coinciden con concordancias (Fig. 8-A), sin embargo no se puede decir que las concordancias coincidan con continuidades, ya que hay frecuentes relaciones de concordancia que implican discontinuidad, al igual que discontinuidades con discordancias (Vera, 1994).

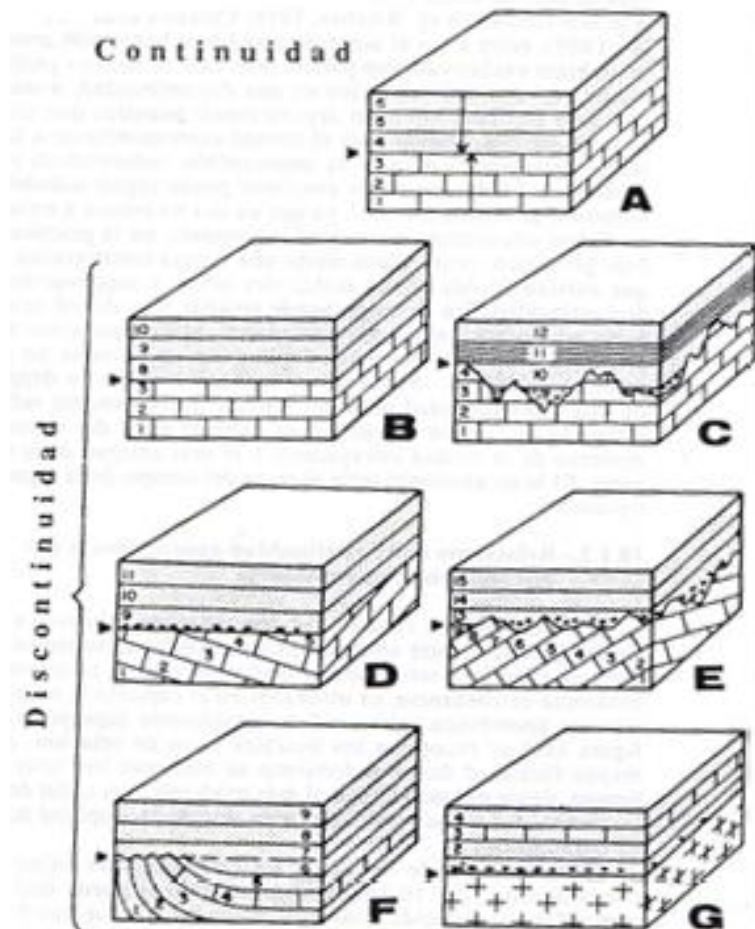
Las discontinuidades con concordancia son aquellas en las que entre el depósito de las unidades ha mediado una interrupción sedimentaria, que ha podido estar acompañada de erosión; diferenciando dos tipos: **Paraconformidades** (cuando la superficie de separación entre unidades es plana y paralela a la estratificación) (Fig. 8-B) y **Disconformidades** (entre

ambas unidades media una superficie irregular de marcado carácter erosivo) (Fig. 8-C). (Vera, 1994)

Las discontinuidades con disconcordancia son las que además de una interrupción sedimentaria y de la etapa de erosión; ha tenido lugar una deformación de los materiales infrayacentes, por plegamiento o por basculamiento: **Discordancia angular** (superficie de separación es plana) (Fig. 8-D) y **Discordancia angular erosiva** (superficie de separación es marcadamente irregular y erosiva) (Fig. 8-E). (Vera, 1994)

Existen casos especiales como las **discordancias progresivas** en las que se observan discordancias angulares que lateralmente se amortiguan pasando a superficies de concordancia (Fig. 8-F) y **discordancias basales o inconformidad** cuando las unidades litoestratigráficas se superponen a un basamento cristalino no estratificado (Fig. 8-G). (Vera, 1994)

Figura 8. Relaciones de continuidad y discontinuidad con concordancia-discordancia: A) Continuidad con concordancia, B) Paraconformidad, C) Disconformidad, D) Discordancia angular, E) Discordancia angular erosiva, F) Discordancia progresiva y G) Discordancia Basal progresiva .



7. ANTECEDENTES

El nombre de la Formación Girón fue introducido por primera vez por Hettner (1892) como Piso Girón a un conjunto de areniscas, arenitas arcillosas de color rojo, lutitas pardo moradas y calizas rojas en los alrededores de Zapatoca y Girón, derivando de ahí su nombre y consideró darle una edad del Cretácico Inferior a este conjunto de sedimentos (Navas, 1963); sin embargo no designó una sección tipo y fallo en definir los límites estratigráficos al igual que otros autores como Schuchert (1935), Oppenheim (1940), Dickey (1941) y Trumpy (1943). (Langenheim, R. L. 1959)

Julivert (1958), encuentra la Formación Girón y muestra su parte basal en el sector comprendido entre Bocas y la Central Hidroeléctrica, y la parte superior en la plataforma de Lebrija con lo que obtuvo un espesor de 2500m. Observa también que su espesor disminuye rápidamente hacia el E de la Mesa de los Santos, debido al carácter discordante del Cretácico, por lo que le asigna una edad Pre-Cretácica a la Formación Girón y que se encuentra en contacto discordante con las areniscas de la Formación Tambor.

Langenheim (1959) designó que los afloramientos del cañón del río Lebrija, como sección tipo dividiéndola en tres miembros: Miembro inferior arenoso con 3500m de espesor, un miembro medio lutítico o arcilloso con 750m de espesor y el miembro superior arenoso de 1500m de espesor. Así mismo definió contactos inconformes con la Formación Bocas y Tambor, infrayacente y suprayacente respectivamente; y considero darle una edad Jurásica. (Langenheim 1959, Navas 1963, Ward et al 1973).

Otro estudio detallado de la Formación Girón en la sección del río Lebrija fue el de Navas (1963), donde la sección alcanza un espesor entre 2650 a 2690m y la dividió en siete facies empezando de una conglomerática con guijos de rocas ígneas seguido por intercalaciones de lodolitas y areniscas conglomeráticas, para terminar con conglomerados a la parte superior. El cual propone un contacto discordante con la secuencia Cretácica, sin embargo aclara que esta discordancia no se ha definido bien, debido a las facies arenosas parecidas al Girón que tiene la base del cretácico (Formación. Tambor) en esas zona y el bajo ángulo de la discordancia.

La Formación Tambor fue nombrada por primera vez en un informe inédito por Hedberg (1931) en el río Lebrija entre los kilómetros 92 y 95 del ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches caracterizado por limolitas rojas, algunas moteadas con verde e intercaladas con lodolitas y conglomerados con clásticos

líticos de limolitas (Rincón, M. 2008, Morales 1958, Ward et al 1973). Contribuyendo al estudio de Morales et al (1958) en donde menciona que regionalmente tambor reposa discordante sobre Girón y rocas antiguas.

Se realizaron estudios posteriores acerca de la Formación Tambor, uno de ellos fue Montero, F. (1968), el cual encontró una mejor sección de la Formación Tambor al sur de la Quebrada Piedra Azul con 366.30m de espesor y la cual reposa de manera inconforme con la Formación Girón. (Ward et al 1973)

Cediel (1968), en el río Lebrija se utiliza el término Grupo Girón que involucra la Formación Girón y la Formación los Santos; y propone reemplazar el término de Formación Tambor por que los estratos que los conforman esta unidad están bien expuestos en la Mesa de los Santos en la sección camino al Roto; por consiguiente se prefiere esa como localidad tipo y se nombra por primera vez como de Formación Los Santos. Considera el contacto entre las Formación Girón y Formación los Santos como transicional (Fig. 9).

Ward *et al* (1973), realizan una publicación de la Geología del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Departamento de Santander y Norte de Santander. Resume las investigaciones realizadas entre 1965 a 1968 y los resultados cartográficos. Describen los diferentes tipos de rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias para estos cuadrángulos ordenándolas por edades. La Formación Girón hace parte de las rocas sedimentarias del sistema Jurásico y la Formación los Santos del sistema Cretácico.

Clavijo (1985), realizo un análisis facial de la Formación Los Santos, según la sección estratigráfica de la quebrada Piedra Azul, al NW de Bucaramanga (Santander) que consiste de cinco segmentos (Facies) textural y estructuralmente diferentes, además de la identificación de los tipos de depositación para cada segmento y menciona un tipo de contacto concordante entre la formaciones Girón y los Santos.

Laverde y Clavijo, (1985), realizaron un análisis facial de la Formación Los Santos, según el corte de "Tu y Yo" (Zapatoca) reportando cuatro Macrosecuencias faciales: (I) Interpretan las arenitas como depósitos de ríos de baja sinuosidad y los materiales más finos en planicies entre canales, (II) sugieren depósitos de llanura de inundación, (III) interpretan arenitas como depósito de canal de alta sinuosidad y las lodolitas como depósitos de llanuras contiguas a las barras de meandro.

Fabio Laverde (1985), en "La Formación los Santos un deposito continental anterior al ingreso marino" subdivide la Formación Los Santos en seis macrosecuencias faciales las cuales reportan un sistema fluvial.

En el 2001, Royero y Clavijo, en la Memoria explicativa del Departamento de Santander, describen en forma general y completa las rocas que afloran en el departamento catalogadas por edades, las provincias tectónicas y estructuras del departamento, destacándose la Falla del río Suárez la cual forma parte de la Falla Bucaramanga-Santa Marta, con una dirección N20E, N25E y comportándose como una falla de rumbo sinextral.

Figura 9. Columna Estratigráfica del Grupo Girón (Angostura del río Lebrija y Q. piedra azul).

8. METODOLOGÍA

En este capítulo se explica de manera explícita, la metodología empleada para la realización y desarrollo de este proyecto, la cual está dividida en etapas desde la recopilación bibliográfica, toma e interpretación de datos y resultados obtenidos, para mayor comprensión y aplicación en estudios o investigaciones futuras por otros autores.



8.1. Recopilación Bibliográfica.

En esta etapa se efectuó la revisión de las distintas fuentes de información como revistas geológicas, boletines geológicos, informes técnicos, publicaciones (artículos), tesis de grado, etc., que se encuentran disponibles en medio físico o digital, incluyendo documentos que se mencionan el tema o la zona de estudio, en este caso, la formación Girón y formación Los Santos.

8.2. Fase de campo.

Esta etapa es de suma importancia para llevar a cabo un buen desarrollo del trabajo, porque de esta depende la realización acertada de las descripciones detalladas de las litologías, estructuras y otros datos característicos o necesarios para la interpretación y discusión de los resultados.

La fase tuvo como objetivo el levantamiento de tres columnas estratigráficas ubicadas en las Vía Piedecuesta-Mesa de los Santos, Vía Floridablanca-Acapulco, Vía Piedecuesta-Guatiguará Alto o Ruitoque Alto, la cual se subdividió en las siguientes fases:

- **Fase N° 1:** Visitas preliminares a la zona en compañía del director del proyecto con el objetivo de reconocer las secciones estratigráficas a levantar posteriormente y las vías de acceso; con duración de 4 días en total.
- **Fase N° 2:** Posterior a la fase anterior, se realizaron tres salidas de campo con una duración de 8 a 15 días cada una, que tuvieron como objetivo el levantamiento de la poligonal y la columna estratigráfica a escala 1:100 (en formatos suministrados por el director), toma de datos estructurales (rumbo, buzamiento, e inclinación de la capa) y litológicos (identificación y descripción de capas, muestras de roca, fotografías, etc.) empleando la guía metodológica de Etayo Serna en el Proyecto Cretácico (Ingeominas, 1985).
- **Fase N° 3:** Se realizó la revisión y complementación de la fase 2 en una salida final con el director.

8.3. Descripción y digitalización de columnas estratigráficas.

Se realiza el trabajo de oficina con la descripción macroscópica de las muestras recolectadas en cada sección, realización de secciones delgadas, digitalización detallada de cada columna e identificación de facies.

8.4. Interpretación de datos.

Se elabora el análisis facial y reconstrucción de ambientes de depositación, enfatizando en la zona de contacto presente entre las dos formaciones.

8.5. Discusión y resultados.

Una vez logrados los objetivos propuestos para este trabajo de investigación y finalizadas las etapas anteriores se discuten los resultados obtenidos.

9. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

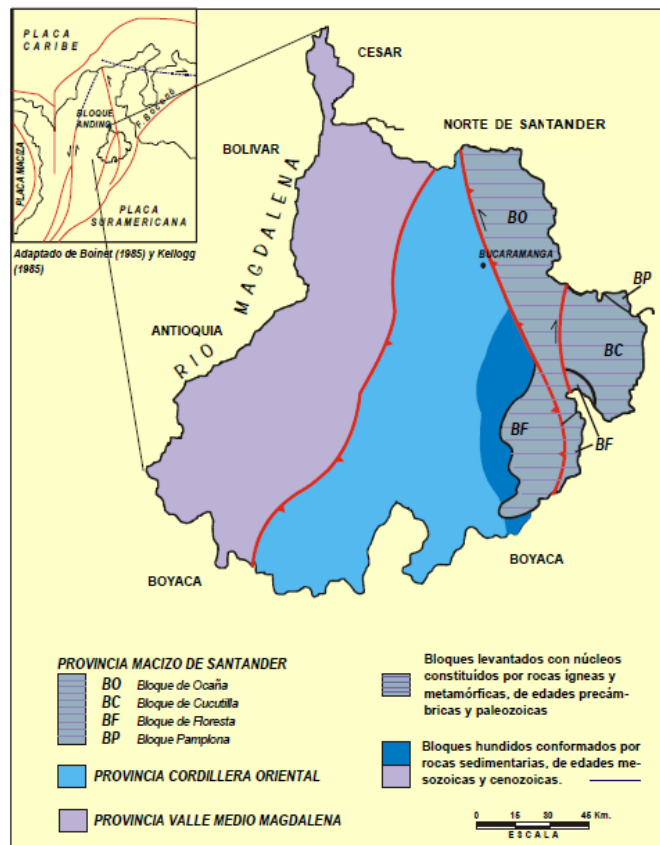
Colombia está ubicada en la parte norte de Sur América, en una zona de alta complejidad tectónica, en donde interactúan las placas de Sur América con las placas oceánicas de Nazca y Caribe; como resultado de esta interacción a través del tiempo geológico se formó el orogeno de los Andes, el cual está dividido en tres cinturones plegados el oriental, central y occidental. La zona de estudio se encuentra ubicada en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, haciendo parte de dos mesas ubicadas al occidente del Macizo de Santander, la mesa de los Santos hacia el Suroccidente de Piedecuesta y la mesa de Ruitoque hacia la parte Noroccidente de Piedecuesta.

Las mesas, de acuerdo a Julivert (1958), presentan una característica en común: El buzamiento general es hacia el W tanto del Cretácico como del Jurásico (Girón) sobre el que se apoya. Hacia el E de la Mesa de los Santos aflorar el basamento formado por granito sobre el Pescadero, en Aratoca o al E de Curití en el contacto entre <Girón> y el basamento pre-mesozoico que tiene lugar según una superficie de erosión que se encuentra alrededor de los 1.500m de altitud.

9.1. Geología Estructural

El Departamento de Santander se encuentra localizado en una región tectónica compleja y dinámica, que representa a una zona de influencia entre los límites de las placas tectónicas del Caribe y la Suramericana, conocida como bloque Andes del Norte o bloque Norandino en los trabajos de Kellogg (1984); Case, et al. (1984); Kellogg, et al. (1985); James (1985) y Boinet (1985), entre otros según Royero y Clavijo (2001). De acuerdo con la regionalización tectónica del territorio de Santander realizado por Royero y Clavijo (2001), la zona de estudio se encuentra en la Provincia Tectónica de la Cordillera Oriental (Fig. 10), Esta provincia se caracteriza por presentar pliegues anticlinales y sinclinales amplios, limitados por fallas inversas y de cabalgamiento, de direcciones NE y NW, con inclinación predominante hacia el oriente.

Figura 10. Mapa tectónico del territorio del Departamento de Santander.



Tomado de por Royero y Clavijo (2001)

La zona de Bucaramanga-Ruitoque-los Santos es un bloque hundido limitado por dos fallas, la del Suárez al W y la de Bucaramanga al E. los buzamientos hacia el W señalados como característica general en toda la zona no son más que una consecuencia de la basculación hacia el W de este bloque (Royero y Clavijo 2001). La inclinación hacia el W no es sin embargo uniforme, ello se manifiesta especialmente donde el bloque va ensanchándose, es decir hacia el S debido a que este ensanchamiento permite la aparición de accidentes secundarios. En la mesa de los Santos, lo que es propiamente la Mesa es una superficie plana, prácticamente se trata de una superficie estructural; es hacia el W donde aparece una flexión y con ella los buzamientos W hasta alcanzar la falla del Suárez (Julivert 1958).

Entre las estructuras que limitan y ejercen gran influencia en la zona de estudio tenemos:

- **Falla Bucaramanga**

Es el rasgo estructural más evidente y de gran extensión que cruza la región centro-oriental del Departamento de Santander, en dirección aproximada N20°W y cuyo trazo rectilíneo se expresa claramente en imágenes de satélites y fotografías aéreas (Royero y Clavijo 2001). Es considerada un sistema de

fallas de rumbo (CAMPBELL, 1965; LEON, 1991; VARGAS y NIÑO 1992; CLAVIJO, et al. ,1993; CLAVIJO, 1994^a; citados en Royero y Clavijo 2001), con movimiento sinistral, cuyo desplazamiento es calculado por Campbell (1965) y Tschanz, et al. (1969, 1974) en unos 100 a 110 km; tiene una componente vertical importante, según Julivert (1958, 1961), Ward, et al. (1973), París y Sarria (1988), Royero (1994), (citados en Royero y Clavijo 2001), que hace que esta falla se comporte en algunos sectores como inversa y en su extremo meridional aún de cabalgamiento (BOINET, 1985; ULLOA, 1990, Comunicación verbal citados en Royero y Clavijo 2001).

- **Falla del Suárez**

Esta falla se extiende por una longitud de unos 120 km desde Barbosa al sur hasta la Falla de Bucaramanga-Santa Marta 5 km al norte de la capital santandereana; su trazo tiene una dirección N20°E y N25°E, con inclinación al occidente y sigue el curso de los ríos Suárez y Río de Oro. Es una falla inversa de ángulo alto, con una componente vertical importante. París y Sarria (1988) en Royero y Clavijo (2001) calculan una velocidad de desplazamiento vertical de 0,1 mm/año; además, se trata de una falla de rumbo con desplazamiento sinistral. El desplazamiento vertical se ha calculado entre 400 y 2.300 m (WARD, et al., 1973).

La Falla del Suárez, al occidente del pueblo de Girón afecta capas de la Formación Girón, las cuales se pliegan por arrastre, alcanzando posiciones verticales y en algunos casos invertidos. En cercanías de la falla se observa un fuerte fracturamiento y un alto grado de meteorización de las rocas hasta el punto de llegarse a confundir con depósitos cuaternarios (JULIVERT, 1963 en Royero y Clavijo, 2001).

9.2. Estratigrafía

En el área de estudio afloran rocas del Proterozoico, Paleozoico Superior (Devónico), Mesozoico (Jurásico a Cretácico Inferior) y del Cenozoico (Neógeno). Presentando un basamento ígneo-metamórfico representado por las unidades del Neis de Bucaramanga, la Formación Silgara, Cuarzomonzonita la Corcova y el Granito de Pescadero; una secuencia sedimentaria conformada por la Formación Jordán, Formación Girón y Formación los Santos (Tambor); y unidades cuaternarias del Pleistoceno-Oligoceno caracterizado por Aluviones, Coluviones, Talud, Derrumbes, Terraza y Cono deyección.

9.2.1. Basamento Ígneo-Metamórfico

- ***Neis de Bucaramanga, MP3NP1-b (pEb)***

El nombre original de Neis de Bucaramanga fue utilizado por Goldsmith, et al. (1971) y posteriormente propuesto por Ward, et al. (1973). Esta unidad tiene como localidad tipo el frente montañoso (Cerro La Judía y Morro Negro) al oriente de Bucaramanga. Consta de una secuencia de paraneises cuarzo feldespáticos, horbléndicos, micáceos y granatíferos y cantidades subordinadas de anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, mármoles y esporádicamente granulitas (Royero G. y Clavijo, 2001).

Las unidades que suprayacen al Neis de Bucaramanga son del Paleozoico, Jurásico y aún del Cretácico. El contacto de esta unidad con la Formación Silgará que la suprayace en muchos sitios, no se ha podido determinar con exactitud, porque existe mucha similitud litológica entre estas unidades (Royero G. y Clavijo 2001). También el Neis de Bucaramanga ha sido intruído por plutones félsicos del Paleozoico y Jurásico (Ward, et al., 1973).

Las dataciones radiométricas de Rb/Sr en roca, dio una edad de 680 ± 140 m.a y otra datación K/Ar al W de la Falla Bucaramanga-Santa Marta, presentó una edad de 950 ± 40 m.a. (Goldsmith, et al., 1971), que lo ubica en el Proterozoico superior (Royero G. y Clavijo, 2001).

- ***Formación Silgará, OS-s (pDs)***

Nombre propuesto por Ward, et al. (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorizadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea, cuya sección tipo se localiza en la Quebrada Silgará, afluente del Río Salamanca, al occidente de Cáchira (Royero G. y Clavijo, 2001).

A la Formación Silgará le han asignado tentativamente una edad del Cámbrico al Ordovícico (Ward, et al., 1973), donde con relaciones estratigráficas, diferencias composicionales y algunos datos estructurales, por lo menos sugieren que la Formación Silgará suprayace al Complejo Bucaramanga e infrayace discordantemente a las formaciones El Tibet y Floresta del Devónico (Royero G. y Clavijo, 2001).

- ***Cuarzomonzonita de la Corcova J1-cl (JTRcl)***

Unidad constituida por una Cuarzomonzonita gris de grano fino a medio, que forma la masa principal del pluton de la Corcova, se llama aquí la Cuarzomonzonita de la Corcova por sus afloramientos en la vecindad de la misma, situada sobre la carretera Bucaramanga-Pamplona (Ward, et al., 1973). En el cuadrángulo H12, este pluton es notablemente lineal y limitado por fallas que siguen la dirección de su longitud que es de 15km y cerca de 3km de ancho (Ward, et al., 1973).

Los cristales típicos de la Cuarzomonzonita de la Corcova son de grano fino a medio, principalmente equigranular y de textura sacaroides, con biotita uniformemente diseminada y en algunos sectores muestra una débil estructura fluidal (Ward, et al., 1973). La composición de Cuarzomonzonita típica de la Corcova es característica. Las cantidades de plagioclasa y cuarzo son menores que en las otras cuarzomonzonita y la de feldespatos de potasio es ligeramente mayor (Ward, et al., 1973).

La edad de la Corcova en relación con otras rocas del Grupo Plutónico de Santander es incierta (Ward, et al., 1973). La medición K/Ar en moscovita arroja una edad de 111 ± 4 m.a mientras que en biotita una de 195 ± 7 m.a.

- ***Granito de Pescadero, J1-gp (JTRgp)***

Aflora en los alrededores de Umpalá, Municipio de Piedecuesta; se considera una variedad del Batolito de Mogotes; el granito es de color rosado naranja, de grano fino a muy fino, equigranular a ligeramente porfirítico; está compuesto de plagioclasa (albita), ortoclasa, micropertita y cuarzo en cantidades casi iguales; los accesorios son óxidos de hierro, moscovita, biotita y zircón (Royer G. y Clavijo, 2001).

Este granito constituye un pluton alargado de forma algo irregular, al oeste de la Falla de Bucaramanga, en este mismo sector intuye metasedimentos de la Formación Silgará (Ward, et al., 1973). El granito de Pescadero está cubierto inconformablemente por la Formación Jordán del Jurásico, cuyo conglomerado basal contiene fragmentos de roca tipo Pescadero y presenta al este un contacto intrusivo con el Neis de Bucaramanga, a lo largo de la Falla Bucaramanga (Ward, et al., 1973).

Una determinación radiométrica de K/Ar en biotita de la roca Biotítica del granito de Pescadero, dio una edad de 193 ± 6 ma (Ward, et al., 1973).

9.2.2. Secuencia Sedimentaria.

- ***Formación Jordán (Ji-mj) (J1-2j)***

Descrita inicialmente por Cediell (1968) quien estableció su sección tipo en la pendiente norte del cañón del Río Chicamocha, a 1 km al occidente de la cabecera municipal de Jordán, Santander; está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomeráticas, con estratificación cruzada; intercalados se presentan niveles de arcillolitas gris verdosas, en la parte superior se encuentran intercalaciones de limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas, con la existencia de dos capas delgadas de tobas soldadas félsicas; indicando un ambiente de depositación continental vulcano clástico (Royer G. y Clavijo, 2001).

El espesor varía entre 300 y 660 m (Ward, et al., 1973). La asignación de una edad Jurásico Inferior, se basa en los conglomerados cerca de la base en el área de Piedecuesta que contiene guijos angulares de la fase porfirítico del Granito de Pescadero, por lo cual se estableció una edad de 193 ± 6 m.a (Ward, et al., 1973).

La Formación Jordán infrayace en discontinuidad estratigráfica a las formaciones Girón y Los Santos; suprayace concordantemente a la Formación Bocas. Por sus relaciones estratigráficas, se considera de edad Jurásico inferior y medio. Es correlacionable, en buena parte, con la Formación Guatapurí al sur de la Sierra Nevada de Santa Marta (TSCHANZ, et al. 1969, 1974); también puede ser correlacionable con las secuencias de dominios vulcano clásticos localizados en territorios del Cesar, Norte de Santander y Bolívar, estudiadas por Bayer, et al., (1973), Arias y Vargas (1978), Daconte y Salinas (1980), Bogotá y Aluja (1981), Geyer (1969, 1982), Clavijo (1994a, 1994b) y Royero (1994) (Royero G. y Clavijo, 2001).

- **Formación Girón (Js-Kig) (J3k1-g)**

Inicialmente el término “Girón Series” fue creado por Hettner (1892) para designar una mega secuencia aflorante al occidente de Bucaramanga en los alrededores de Girón, Santander. Se adelantaron varios estudios y entre éstos se destaca el de Trumpy (1943) pero fue Langenheim (1954) quien fijó la sección tipo en la angostura del Río Lebrija y la dividió en tres miembros: uno inferior arenoso (750 m), uno intermedio lodoso (1.250 m) y otro superior arenoso (1.500 m) para un espesor total de 3.500 m (Royero G. y Clavijo, 2001).

Entre otros autores que realizaron estudios del Grupo Girón, se incluye a Julivert (1958) y también a Navas (1963), quien midió la sección del Río Lebrija y la subdividió en siete facies con un espesor de 2.690 m. Sin embargo, el estudio más detallado y completo es el de Cediél (1968), quien en la sección tipo del Río Lebrija, describió y midió un total de 4.650 m y lo dividió en ocho conjuntos litológicos (A-H), que corresponden a las formaciones Girón (Conjuntos A-G) y Los Santos (H) (Royero G. y Clavijo, 2001).

La Formación Girón está compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomeráticas, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm. El espesor de esta unidad varía considerablemente de un sitio a otro, desde unos pocos metros hasta 4.650 m en el Río Lebrija. El ambiente de sedimentación es continental, fluvial a lacustre-fluviátil (Royero G. y Clavijo, 2001).

La edad de esta formación basadas en los pocos fósiles vegetales y de invertebrados varía del Carbonífero al Jurásico, como otra evidencia de la edad

Jurásica de la formación son las edades radiactivas de las rocas ígneas ($192\pm 7\text{m.a}$ - $194\pm 7\text{m.a}$) que están cerca al límite cronológico Triásico-Jurásico de 190m.a (Ward, et al., 1973), sin embargo estudios más recientes le asignan una edad del Jurásico Superior-Cretácico inferior (Royero y Clavijo, 2001; Ayala, et al., 2005)

La Formación Girón reposa en discontinuidad estratigráfica sobre las formaciones Bocas y Jordán e infrayace concordantemente a la Formación Los Santos (Tambor); y OPPENHEIM (1940) correlaciona la Formación Girón con la Formación La Quinta del Jurásico superior en el occidente de Venezuela. (Royero G. y Clavijo, 2001).

- **Formación los Santos (Tambor) (Kita-Kils) (K1ta-K1ls)**

Según Morales (1958) el nombre de Formación Tambor fue dado por Hedberg (1931) a una sucesión de areniscas que aflora en el Cañón del Río Lebrija a lo largo del ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches, entre los kilómetros 92 y 93, cerca del caserío de Los Santos.

Cediel (1968) revisó el término, asignándole por primera vez el nombre de Formación los Santos y redefinido por Laverde (1985). Está constituida por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzo areniscas gris amarillentas, con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables. En la localidad tipo, el espesor es de 218 m. Estas facies han sido interpretadas como depósitos fluviales acumulados por corrientes trenzadas (Royero G. y Clavijo, 2001).

El contacto inferior de esta unidad para unos autores es transicional y para otros es discordante con la Formación Girón, mientras que el contacto superior es concordante con la suprayacente Formación Cumbre. La Formación Los Santos es considerada de edad Berriasiano (Cediel, 1968; Etayo y Rodríguez, 1985) sin embargo Ward *et al.* (1973) le asigna un intervalo de tiempo Valanginiano – Hauteriviano, determinada por fósiles. Litológicamente es comparable con la Formación Río Negro de la cuenca de Catatumbo-Maracaibo (Clavijo, 1985; Laverde y Clavijo, 1985; Laverde, 1985 en Royero G. y Clavijo, 2001).

9.2.3. Cuaternarios.

Unidad Q_{tf} se encuentra compuesta por depósitos no consolidados aluviales en abanicos y terrazas, es considerada de edad Pleistoceno. La Unidad Q_d representado por coluviones, talud, derrumbes y la Unidad Q_{al} conformada por depósitos no consolidados de aluvión, glaciares, fluvioglaciares que son considerados ambas unidades del Holoceno (Royero G. y Clavijo, 2001)

10. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

10.1. Sección de Acapulco

La sección estratigráfica de Acapulco, ubicada al margen izquierdo de la vía hacia la vereda de Acapulco en el municipio de Girón, perteneciente a la parte NW de la Mesa de Ruitoque. Esta sección coloca en contacto rocas siliciclásticas de la Formación Girón y Formación los Santos (Tambor).

La sección tiene un espesor total de 38m, de los cuales 32.95m hacen parte del techo de la Formación Girón y 5.05m de la base de la Formación los Santos (Tambor). El punto inicial de la sección tiene coordenadas: X: 1.104.977, Y: 1.267.337 y punto final: X: 1.104.761, Y: 1.267.211. (Fig. 21 o Ver Anexo 1)

➤ Descripción por segmentos

- **Segmento 1 (0m a 4.5m)**

Este primer segmento da inicio a la descripción de la columna; el cual estratigráficamente representa el inicio de la Formación Girón en este sector. Posee un espesor de 4.5m representado por un cubierto, compuesto por suelo residual de matriz lodosa-arenosa con materiales sueltos como bloques de areniscas de grano medio a grueso y vegetación (Fig. 11).

Figura 11. Base y techo del segmento 1 de la columna Acapulco.



- **Segmento 2 (4.5m a 11.05m)**

Tiene un espesor de 6.55m, las capas de este segmento son muy gruesas. Hacia la parte inferior son plana paralelas y a la superior plana subparalela (Fig. 12).

Texturalmente presenta una secuencia granocreciente, empezando por una capa de lodolita arenosa (con 15% de matriz arena) con 1.5m de espesor, de color roja grisáceo (10R 4/2) y una arenisca lodosa (25% matriz lodo) de grano muy fino, bien calibrada, contacto tangencial entre granos, espesor de 3m, color rojizo pálida (5R 6/2) y presenta manchas blancas a verdosas. Finalizando con capas de areniscas de grano fino, regularmente calibrado, en contacto tangencial, variando de redondeados a subredondeados los granos, con espesores de 1.55m y 0.5m, con coloración de rojo grisáceo (5R 4/2) y marrón amarillento pálido (10YR 6/2).

Composicionalmente estas areniscas se han identificado como arcosas con porcentaje promedio de Q: 54%, F: 42%, y L: 4% (Folk, 1974), aumentando el cuarzo hacia el techo del segmento.

Figura 12. Base y techo del segmento 2 de la columna Acapulco.



- **Segmento 3 (11.05m a 15.75m)**

El segmento presenta capas onduladas paralelas, muy gruesas con un espesor de 4.70m (Fig. 13). Texturalmente muestra una lodolita con un espesor de 1.80m y de color rojo violáceo (5R 3/4); dos capa de lodolita arenosa (15% de matriz arenosa) con 2.90m de espesor, la parte arenosa son granos muy finos, redondeados, bien calibrada y color marrón rojizo oscuro (10R 3/4) con unas manchas blancas a verdosas.

Figura 13. Base y techo del segmento 3 de la columna Acapulco.



- **Segmento 4 (15.75m a 19.7m)**

El Segmento tiene un espesor 3.95m con capas gruesas a muy gruesas y geometría plana paralela (Fig. 14).

Texturalmente está constituida a la base por areniscas de grano fino a medio predominando el fino con espesores de 1.35m y 0.7m, subredondeados, bien calibradas, contacto entre granos tangencial y de color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2). Hacia el techo por arenisca de grano fino subangulares, espesor de 0.5m, bien calibrada, contacto tangencial y de color (5R 6/2); otra capa de arenisca con grano muy fino- medio (predominando el muy fino) redondeados, regularmente calibrada, espesor de 1.40m contacto entre granos tangencial, color gris parduzco claro (5YR 6/1) y presenta manchas de tonalidad blanca a verdosas.

Composicionalmente se han identificado como arcosas con porcentaje promedio de Q: 51%, F: 46%, y L: 3% (Folk, 1974), disminuyendo el cuarzo hacia las capas superiores.

Figura 14. Base y techo del segmento 4 de la columna Acapulco.



- **Segmento 5 (19.7m a 23.5m)**

Este segmento tiene un espesor de 3.80m, capas gruesas a muy gruesas y geometría plano paralela en todo el segmento (Fig. 15).

A nivel textural, está compuesta hacia la base por una intercalación de arenisca de grano medio con espesor de 1m y lodolita arenosa con espesor 0.7m (Fig. 20, A y A'), los granos están subredondeados, bien calibrados, espesores de contacto tangencial entre granos, color gris verdoso claro (5GY 8/1) y gris rosado (5YR 8/1); al techo se encuentran una capa de arenisca de grano muy fino redondeados, bien calibrada, espesor de 1.10m, contacto flotante entre granos, de color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2) y otra capa con espesor de 1m de arenisca muy fina con 20% de matriz lodosa, los granos muy finos son subredondeados, regularmente calibrada, contacto entre granos flotante y de color roja grisáceo (10R 4/2).

Composicionalmente estas capas de arenisca se han identificado como arcosas con una formula promedio de Q: 48%, F: 48%, L: 4% (Folk, 1974), el contenido de líticos disminuye hacia el techo.

Figura 15. Base y techo del segmento 5 de la columna Acapulco.



- **Segmento 6 (23.5m a 27.1m)**

El segmento consta de 3.60m de espesor, con capas muy gruesas y geometría plana subparalela (Fig. 16).

Texturalmente se compone de lodolitas arenosas (15% de matriz) con espesores de 1.2m (capa inferior) y 1.35m (capa superior), intercaladas en medio por una capa de arenisca de grano fino (Fig. 20, B-B') redondeados, espesor de 1.05m, bien calibrada, contacto entre granos tangencial y de color gris rosado (5YR 8/1).

Composicionalmente se ha identificado la capa de arenisca como una subarcosa con porcentajes de Q: 87%, F: 10%, L: 3% (Folk, 1974).

Figura 16. Base y techo del segmento 6 de la columna Acapulco.



- **Segmentos 7 (27.1m a 29.6m)**

El segmento presenta un espesor de 2.5m, las capas son gruesas y planas paralelas (Fig. 17).

A nivel textura se conforma hacia la base por areniscas de grano fino con espesores de 0.7m y 0.9m; variando la redondez de los granos de subredondeados a redondeados, bien calibradas, contacto tangencial entre granos, color de gris rosado (5YR 8/1) y gris parduzco claro (5YR 6/1); a la parte superior se observa una capa de arenisca de grano muy fino con espesor de 0.9m, los granos son redondeados, esta regularmente calibrada, contacto tangencial entre partículas y de color roja grisácea (10R 4/2).

Composicionalmente se identifican como arcosas con porcentajes promedio de Q: 53%, F: 43% y L: 4% (Folk, 1974).

Figura 17. Base y techo del segmento 7 de la columna Acapulco.



- **Segmento 8 (29.6m a 32.95m)**

Las capas que componen este segmento son capas gruesas a muy gruesas, con un espesor de 3,35m y la geometría es plana paralela, pero la capa superior es ondulosa paralela (Fig. 18).

Texturalmente el segmento presenta una secuencia grano decreciente, que va desde areniscas de grano medio a lodolita. Las capas de arenisca se encuentran en la parte inferior variando en la redondez de los granos entre subredondeados a redondeados, están bien calibradas, presentan contacto tangencial entre granos y el color esta entre rojiza grisácea (5R 4/2) a rojiza pálida (5R 6/2); a la parte superior, está la lodolita de color rojiza pálida (5R 6/2).

Composicionalmente se han identificado como arcosa con porcentajes promedios de Q: 43%, F: 53% y L: 4% (Folk, 1974).

Figura 18. Base y techo del segmento 8 de la columna Acapulco.



- **Segmento 9 (32.95m a 38m)**

Este segmento está conformado por intercalaciones de capas delgadas, medianas y gruesas de arenisca, con 3,05m de espesor y geometría ondulosa paralela (Fig. 19), laminación interna en artesa, intraclastos hacia la base de la capa y color base para todas las capas un gris rosado (5YR 8/1).

Las capas delgadas, texturalmente se clasifican como areniscas de grano fino a medio predominando el medio, subredondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial, el porcentaje promedio de matriz de estas arenisca es de 6% y de cemento de 13%. Composicionalmente son subarcosas con porcentaje promedio de Q: 88%, F 10% y L: 2% (Folk, 1974).

Texturalmente las capas medianas son areniscas de grano fino, medio y grueso (Fig. 20, C-C'), con predominio de medio, subredondeados a redondeados, calibrado regular, contacto tangencial entre granos, presentando un porcentaje promedio de matriz de 6% y cemento de 13%. Composicionalmente son subarcosas con porcentaje promedio de Q: 86%, F: 11% y L: 3% (Folk, 1974).

Las capas gruesas se clasifican texturalmente como arenisca de grano fino, subredondeados a redondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 5% con 15% de cemento silíceo y composicionalmente se clasifica como subarcosa con porcentaje promedio de Q: 80%, F: 16%, y L: 4% (Folk, 1974).

Figura 19. Base y techo del segmento 9 de la columna Acapulco, se observa contactó entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor).

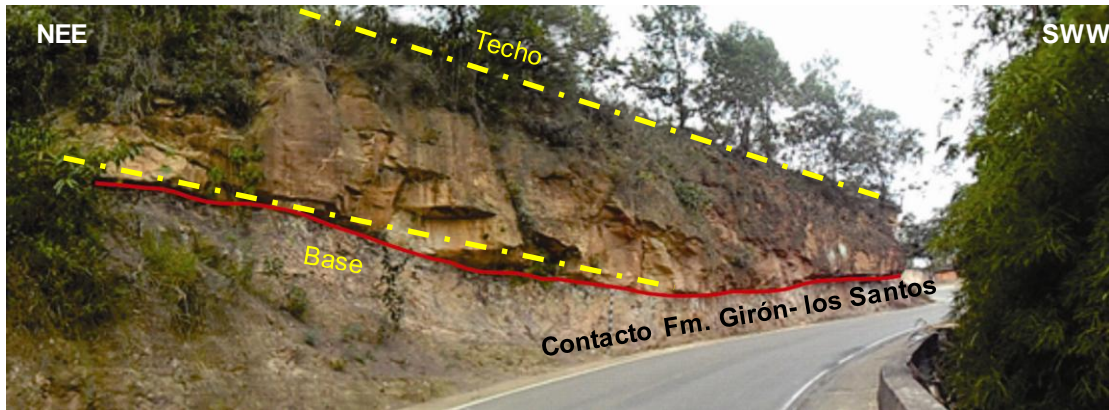
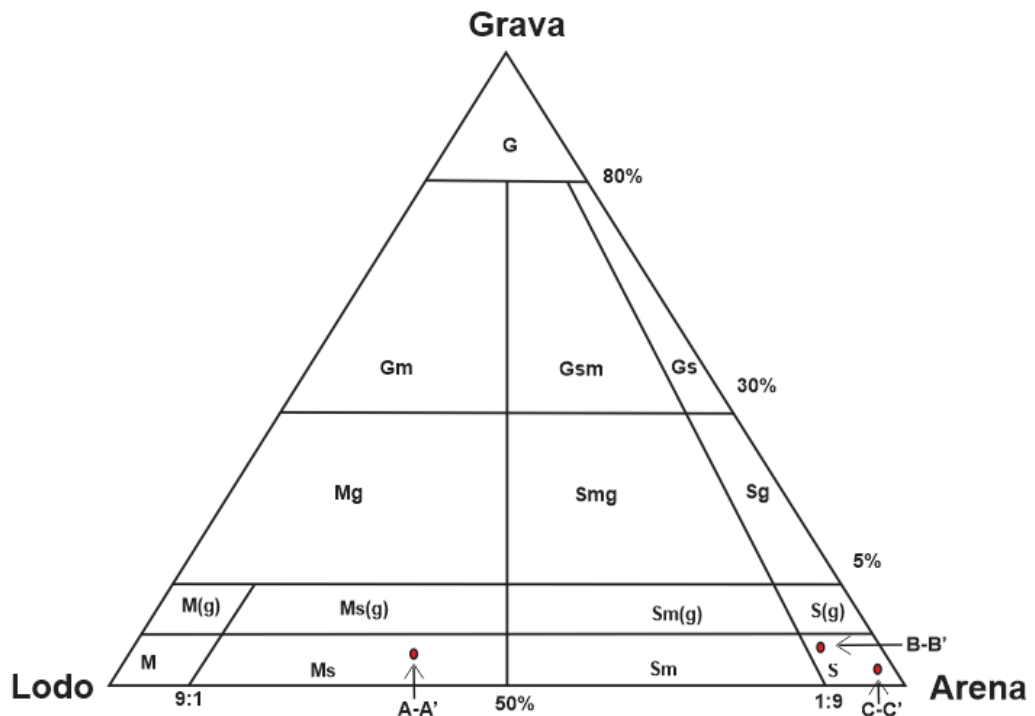
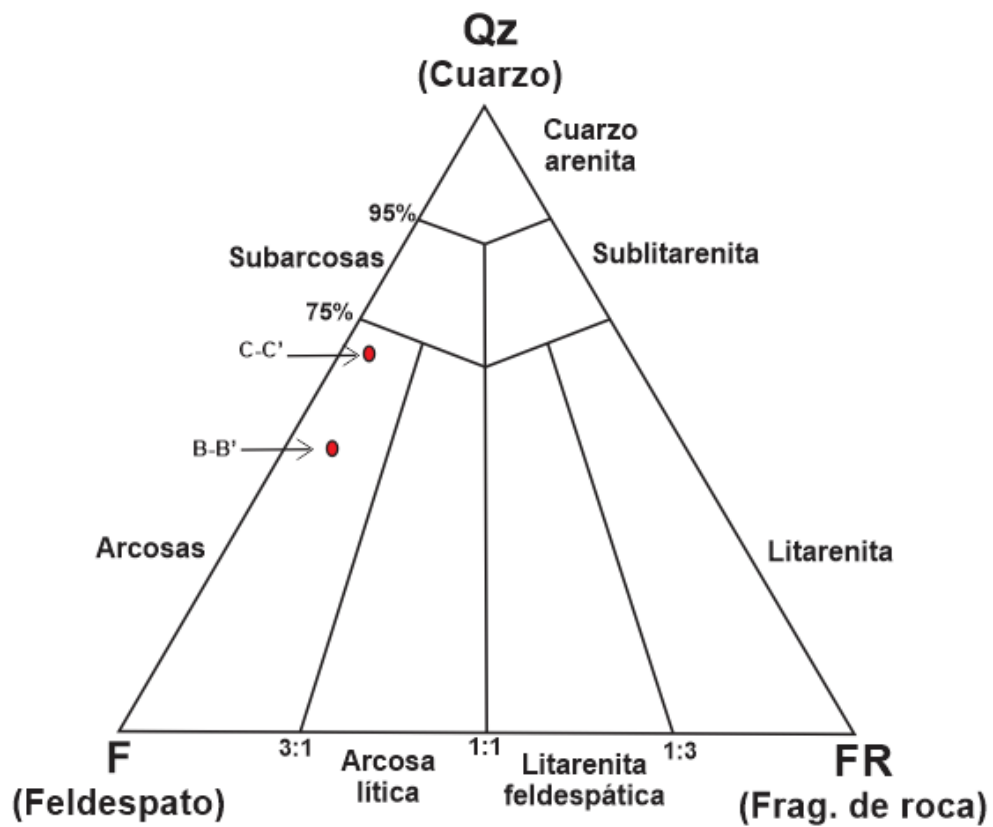


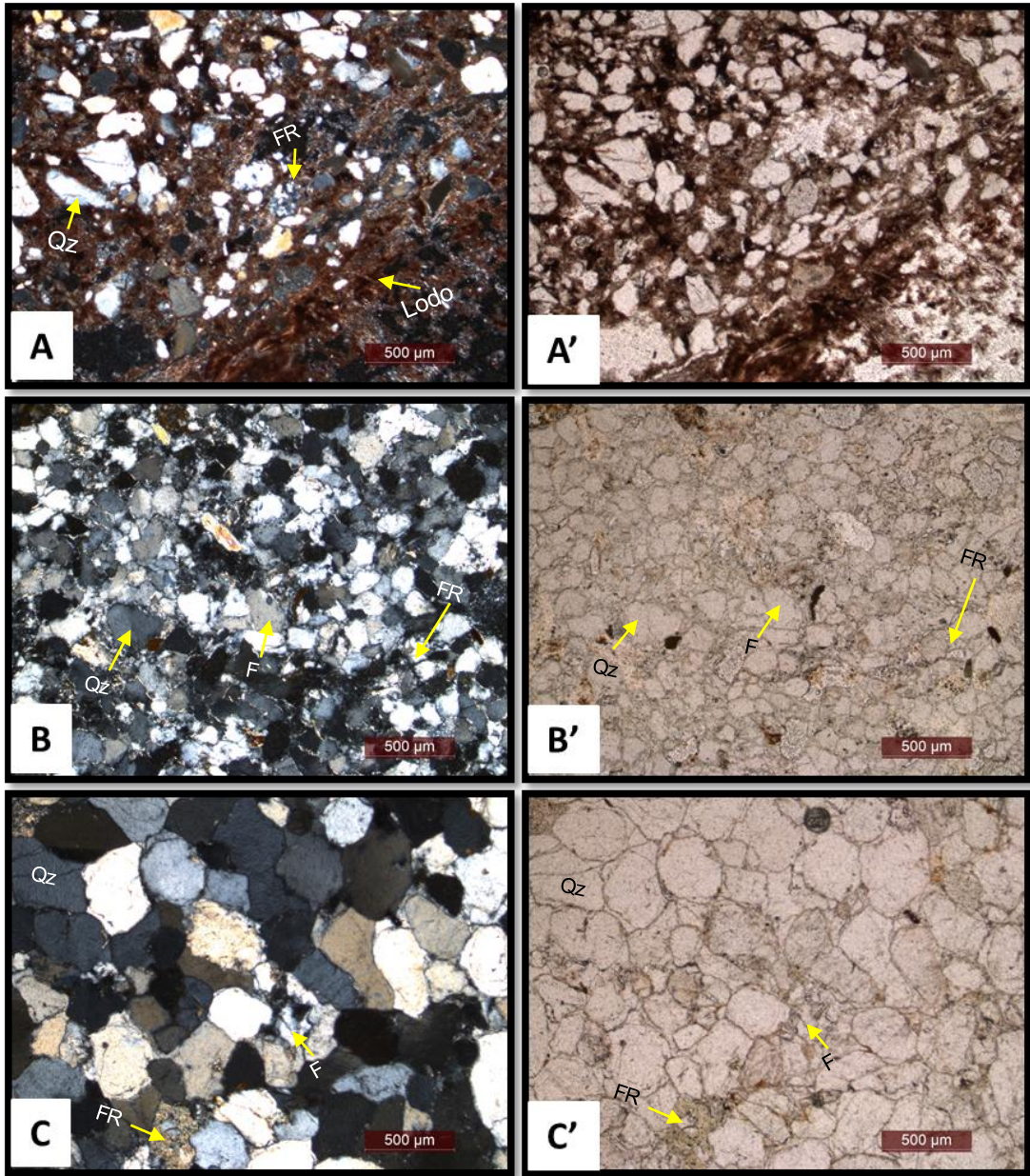
Figura 20. I) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de B-B' es Q: 55%, F: 41%, FR: 4% y la muestra C-C' es Q: 72%, F: 26%, FR: 2%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicoles cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de Acapulco. A-A') Lodolita Arenosa. B-B') Arenisca de grano fino. C-C') Arenisca de grano grueso. Los minerales que conforman a las rocas son cuarzos (Qz), feldespatos (F) y fragmentos de rocas (FR).

I)





II)



10.2. Sección de Guatiguará Alto.

La sección estratigráfica de Guatiguará, está entre los municipios de Piedecuesta y Floridablanca, perteneciente a la parte NE de la Mesa de Ruitoque, aflorando al margen derecho de la vía Piedecuesta - Ruitoque Condominio. Esta sección coloca en contacto rocas siliciclásticas de la formación Girón y formación los Santos (Tambor).

La sección tiene un espesor total de 36m, de los cuales 25.5m hacen parte del techo de la formación Girón y 10.5m de la base de la formación los Santos (Tambor). El punto inicial de la sección tiene coordenadas: X: 1.108.357, Y: 1.266.432 y punto final: X: 1.108.200, Y: 1.266.374. (Fig. 32 o Ver Anexo 2)

➤ Descripción por segmentos

• Segmento 1 (0m a 1m)

Este segmento está conformado por capas muy gruesas con geometría plana paralela y se observan unas manchas gris verdoso claro (5GY 8/1) a la base de la capa (Fig. 22).

Texturalmente son areniscas de grano muy fino a fino predominando el fino, se encuentran los granos subredondeados, esta regularmente calibrada, contacto entre granos tangencial, porcentaje de matriz lodosa 20% y cemento silíceo 5%, con color rojo pálido (5R 6/2).

Composicionalmente se clasifica como una arcosa con porcentajes de Q: 30%, F: 60% y L: 10% (Folk, 1974), presenta un 10% de micas.

Figura 22. Base y techo del segmento 1 de la columna Guatiguará.



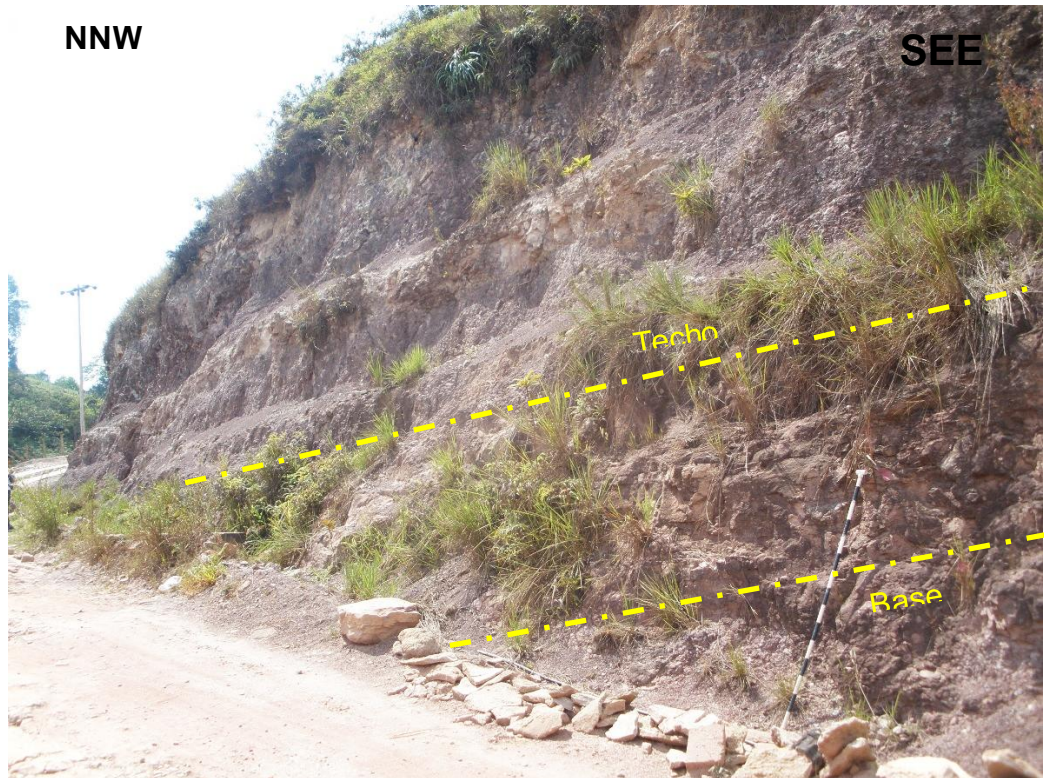
- **Segmento 2 (1m a 2.8m)**

El segmento está compuesto por capas gruesas y geometría plana paralela (Fig. 23).

Texturalmente se clasifican como areniscas de grano muy fino a medio presentando una secuencia granocreciente, con granos subredondeados a redondeados, regularmente calibradas, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz de 6% y cemento de 13%, color rojo pálido (10R 6/2) a la parte inferior y gris marrón claro (5YR 6/1) a la superior.

Composicionalmente se ha identificado como arcosa con porcentaje promedio de Q: 37%, F: 56% y L: 7% (Folk, 1974), aumentando la composición de cuarzo a las capas superiores y a su vez disminuye la de feldespato.

Figura 23. Base y techo del segmento 2 de la columna Guatiguará.



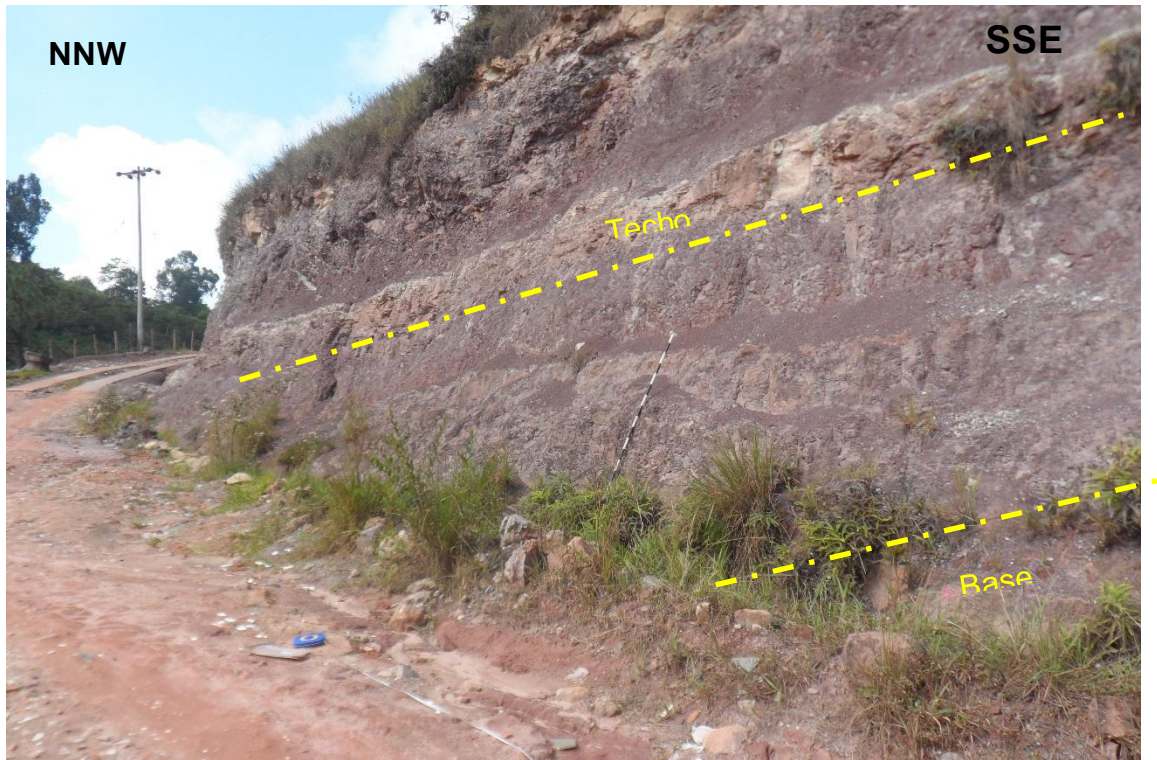
- **Segmento 3 (2.8m a 6m)**

Este segmento se compone de capas muy gruesas y mediana con geometría plana paralela y ondulosa paralela, en donde la capa superior presenta capas pequeñas de geometría ondulosa subparalela (Fig. 24).

A nivel textural son areniscas de grano fino a medio, con granos subredondeados a redondeados, regularmente calibrada, contacto tangencial entre ellos, porcentaje promedio de matriz lodosa de 10% y cemento silíceo de 15%, color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2) y rojo purpura pálido (5RP 6/2).

Composicionalmente se clasifico como arcosa con un porcentaje promedio de Q: 45%, F: 50% y L: 5% (Folk, 1974), presentando mayor cantidad de cuarzo en la capa inferior y superior.

Figura 24. Base y techo del segmento 3 de la columna Guatiguará.



- **Segmento 4 (6m a 8.6m)**

El segmento presenta capas gruesas y muy gruesas con geometría ondulosa paralela (Fig. 25).

Texturalmente el segmento muestra una secuencia grano decreciente, a la parte inferior tenemos areniscas de grano fino, subredondeados, bien calibrado, contacto tangencial entre granos porcentaje de matriz lodosa 5% y cemento 25% con color gris rosado (5YR 8/1). En la parte media se observa arenisca lodosa (con 20% de matriz lodosa y 2% de cemento silíceo) de grano fino, redondeado, pobremente calibrada, contacto entre granos tangencial y de color rojo grisáceo (5R 4/2). En la zona superior se encuentra una capa de lodolita arenosa con 15% de matriz arenosa de grano muy fino y color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2).

Composicionalmente se clasifican como arcosa con porcentaje promedio de Q: 40%, F: 56% y L: 4% (Folk, 1974).

Figura 25. Base y techo del segmento 4 de la columna Guatiguará.



- **Segmento 5 (8.6m a 13.67m)**

Las capas del segmento son muy gruesas y onduladas paralelas con lentes dentro de estas; por otro lado la capa superior se observan capas delgadas plano paralelas (Fig. 26).

A nivel textural presenta una secuencia grano creciente, en la zona inferior son areniscas de grano muy fino, subredondeados, regularmente calibrada, 10% matriz lodosa, 3% de cemento, contacto tangencial entre granos, presenta manchas blancas a verdosas y de color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2); en esta capa se observan lentes compuestas de areniscas de muy fino a fino predominando el muy fino, la redondez de los granos va de subredondeados a redondeados, se encuentran regularmente calibradas, contacto tangencial entre partículas, porcentaje promedio de matriz lodosa de 12%, cemento silíceo de 8%, variación de color entre gris verdoso claro (5GY 8/1) y gris rosado (5YR 8/1).

A nivel composicional están capas son arcosas con porcentaje de Q: 40%, F: 57% y L: 3%; sin embargo los lentes son subarcosas con porcentaje promedio de Q: 82%, F: 15% y L: 3% (Folk, 1974).

La capa intermedia son areniscas de grano fino, subredondeados, bien calibrada, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa 12%, 4% de cemento silíceo y de color rojo grisáceo (10R 4/2); los

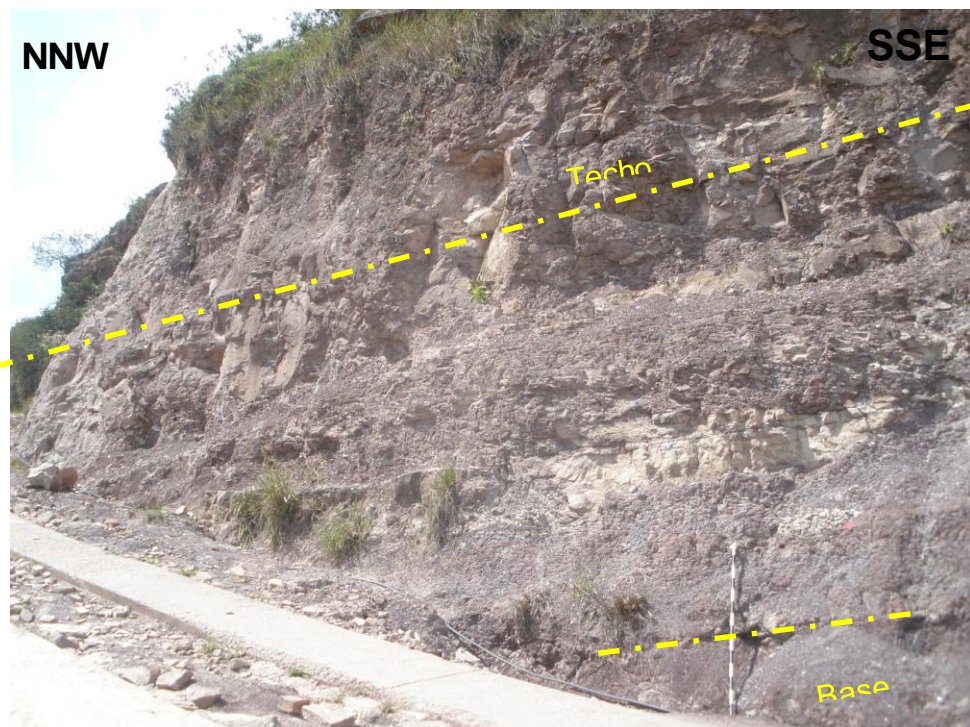
lentes de esta capa son areniscas de grano muy fino a fino predominando en fino, subredondeados, regularmente calibrada, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 7%, cemento silíceo de 15%, color gris verdoso claro (5GY 8/1) y color rosado marrón grisáceo (5YR 7/2).

Composicionalmente la capa es una arcosa con porcentaje promedio de Q: 46%, F: 50% y L: 4%; al igual que los lentes son arcosas con porcentaje promedio de Q: 68%, F: 28% y L: 4% (Folk, 1974).

Las capas superiores se encuentra dividida por una capa gruesa clasificada texturalmente como areniscas de grano muy fino, subredondeados, regularmente calibrada, 15% matriz lodosa, 10% de cemento silíceo, contacto tangencial entre granos, color rojo pálido (10R 6/2); y capas delgadas clasificadas como areniscas de grano fino a medio con predominio del fino, subredondeados, regularmente calibrada, 20% de matriz lodosa, 5% de cemento silíceo y color gris marrón (5YR 4/1).

La clasificación composicional de estas capa son arcosas con un porcentaje promedio de Q: 55%, F: 42% y L: 3%(Folk, 1974), en donde el cuarzo disminuye hacia el techo de la capa y el feldespato aumenta.

Figura 26. Base y techo del segmento 5 de la columna Guatiguará.



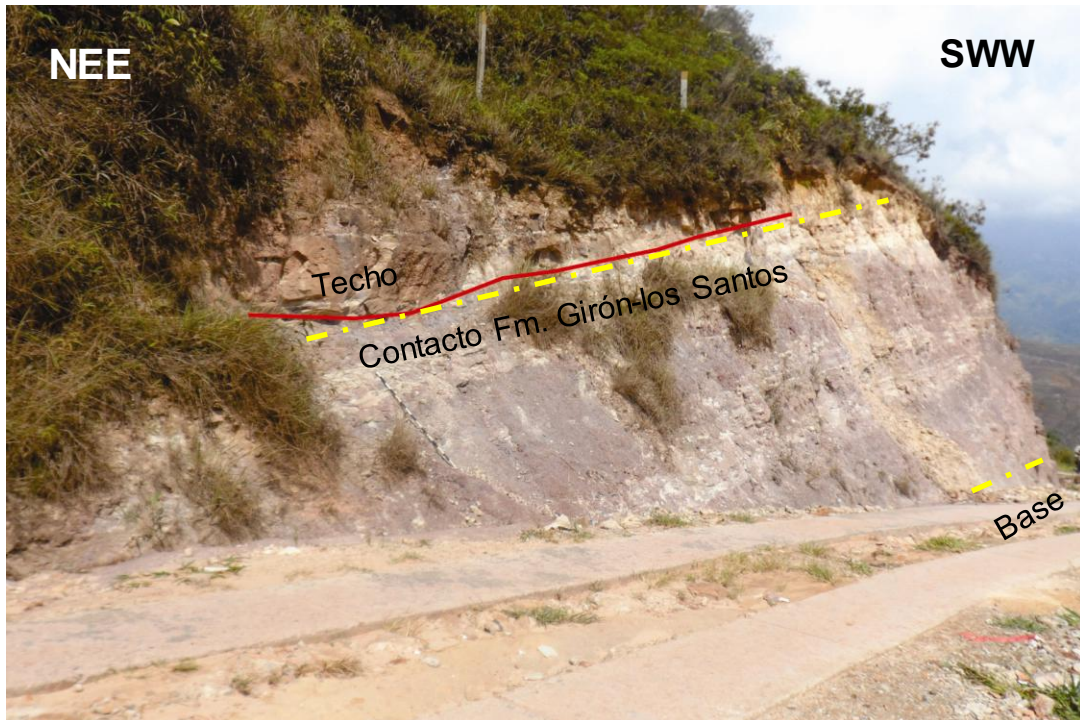
- **Segmento 6 (13.67m a 19m)**

El segmento presenta en la parte inferior capas delgadas y muy gruesas con geometría ondulosa subparalela (Fig. 27), clasificándose texturalmente como areniscas de grano muy fino a fino predominando la fina, subredondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 13% con 5% de cemento silíceo y de color rojo pálido (5R 6/2 y 10R 6/2). Composicionalmente son arcosas con porcentaje promedio de Q: 46%, F: 52% y L: 2% (Folk, 1974).

La parte media se compone de capas delgadas y gruesas con geometría ondulosa subparalela. Texturalmente son areniscas de grano muy fino (Fig. 31, B-B'), redondeados, bien calibrada, contacto entre granos tangencial a flotante, porcentaje promedio de matriz lodosa de 13% con cemento silíceo de 11% y de color gris rosado (5YR 8/1). Composicionalmente son arcosas con porcentaje promedio de Q: 59%, F: 38% y L: 3% (Folk, 1974), aumentando la cantidad de cuarzo hacia el techo de la zona media.

La parte superior está conformada por capas gruesas con geometría ondulosa paralela, clasificándose texturalmente como areniscas de grano muy fino a fino predominando el muy fino, subredondeados a redondeados, contacto flotante entre granos, porcentaje promedio de matriz lodosa de 12% con cemento silíceo de 10%, gris amarillento (5Y 8/1) y rojo pálido (5R 6/2); lodolita arenosa (Fig. 31, A-A') de color gris marrón (5YR 4/1). Composicionalmente son arcosas con porcentaje promedio de Q: 48%, F: 48% y L: 4% (Folk, 1974), disminuyendo el cuarzo hacia el techo del segmento.

Figura 27. Base y techo del segmento 6 de la columna Guatiguará, se observa el contacto entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor).



- **Segmento 7 (19m a 25.5m)**

Se observa en la parte inferior del segmento capas medianas y gruesas con geometría ondulosa subparalela (Fig. 28), la capa gruesa texturalmente se clasifica como arenisca de grano medio, subredondeados, regularmente calibrada, contacto tangencial entre granos, porcentaje promedio de matriz lodosa de 15% con cemento silíceo de 7% y color gris amarillento (5Y 8/1) y rojo pálido (5R 6/2). Las capas medianas texturalmente son areniscas de grano muy fino y fino, subredondeados a redondeados, regularmente calibrado, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 13% con cemento silíceo de 9% y color gris rosado (5YR 8/1), rojo purpura grisáceo (5RP 4/2) y purpura grisáceo (5P 4/2).

Composicionalmente las capas son arcosas con porcentaje promedio de Q: 53%, F: 44% y L: 3%, y subarcosas con porcentaje promedio de Q: 80%, F: 18% y L: 2% (Folk, 1974).

La parte media del segmento son capas gruesas con geometría ondulosa subparalela, texturalmente son areniscas de grano muy fino a fino predominando el fino, subredondeados, bien calibrada, contacto tangencial entre granos, porcentaje promedio de matriz lodosa de 10% con cemento silíceo de 11% y color rojo pálido (10R 6/2) a rosado grisáceo (5R 8/2).

Composicionalmente estas capas son arcosas con porcentaje promedio de Q: 42%, F: 56% y L: 2% (Folk, 1974).

Las capas de la parte superior del segmento son medianas con geometría plana subparalela. Texturalmente son areniscas de grano muy fino a fino predominando el fino, subredondeados a redondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 16% con cemento silíceo de 8% y color rosa pálido (5RP 8/2), rosado marrón grisáceo (5YR 7/2) y marrón rojizo oscuro (10R 3/4).

Composicionalmente son arcosas con porcentajes promedio de Q: 62%, F: 35% Y L: 3% (Folk, 1974).

Figura 28. Base y techo del segmento 7 de la columna Guatiguará.



- **Segmento 8 (25.5m a 31.4m)**

El segmento está conformado por capas gruesas, geometría plana paralela y subparalela (Fig. 29).

Texturalmente son areniscas de grano muy fino, fino a media predominando el fino, subredondeados, calibrado regular, contacto entre grano tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 6% con cemento silíceo de 9% y color rojo pálido (10R 6/2), gris rosado (5YR 8/1) y rosado naranja grisáceo (10R 8/2).

Composicionalmente son arcosas con porcentaje promedio de Q: 61%, F: 36%, L: 3% y subarcosas con Q: 80%, F: 17% y L: 3% (Folk, 1974).

Al techo del segmento presenta una capa mediana texturalmente es una arenisca lodosa de grano muy fino con 30% de matriz lodosa y 5% de cemento silíceo, sus granos son subredondeados, calibrado pobre, contacto flotante, color rojo pálido (10R 6/2) y composicionalmente es una arcosa con porcentajes de Q: 68%, F: 30% y L: 2% (Folk, 1974).

Figura 29. Base y techo del segmento 8 de la columna Guatiguará.



- **Segmento 9 (31.4m a 36m)**

El segmento está conformado por capas gruesas con geometría plana subparalela (Fig. 30).

La parte inferior del segmento presenta una secuencia grano creciente y texturalmente se clasifican como areniscas de grano muy fino, fino y medio, predominando el fino y medio, los granos están subredondeados, calibrado regular, contacto tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 8% con cemento silíceo de 8%, color rosa pálido (5RP 8/2), rojo pálido (5R 6/2) y naranja muy pálido (10YR 8/2).

Composicionalmente son arcosas con porcentaje de Q: 53%, F: 45%, L: 2% y subarcosas con porcentaje promedio de Q: 86%, F: 11% y L: 3% (Folk, 1974).

La parte media se clasifica texturalmente como areniscas de grano muy fino, fino y medio (Fig. 31, C-C'), predominando el fino y medio, los granos están redondeados, calibrado regular, contacto tangencial, porcentaje promedio de

matriz lodosa de 13% con cemento silíceo de 6%, color rojo pálido (10R 6/2), rosado grisáceo (5R 8/2) y gris rosado (5YR 8/1).

A nivel composicional son arcosas con porcentaje de Q: 44%, F: 55%, L: 1% y subarcosas con porcentaje promedio de Q: 77%, F: 20% y L: 3% (Folk, 1974); aumentando el cuarzo hacia el techo de la parte media.

La parte superior texturalmente se clasifica como areniscas de grano muy fino, fino y medio, los granos varían de subredondeados a redondeados, calibre regular a bien, contacto tangencial, porcentaje promedio de matriz lodosa de 10% con cemento silíceo de 12%, color rojo pálido (10R 6/2) y rojo pálido (5R 6/2).

La clasificación composicional de estas capas son arcosas con porcentaje promedio de Q: 50%, F: 47%, L: 3% y subarcosa con porcentaje de Q: 89%, F: 35%, L: 2% (Folk, 1974), aumentando el cuarzo hacia el techo de la parte superior y a su vez del segmento.

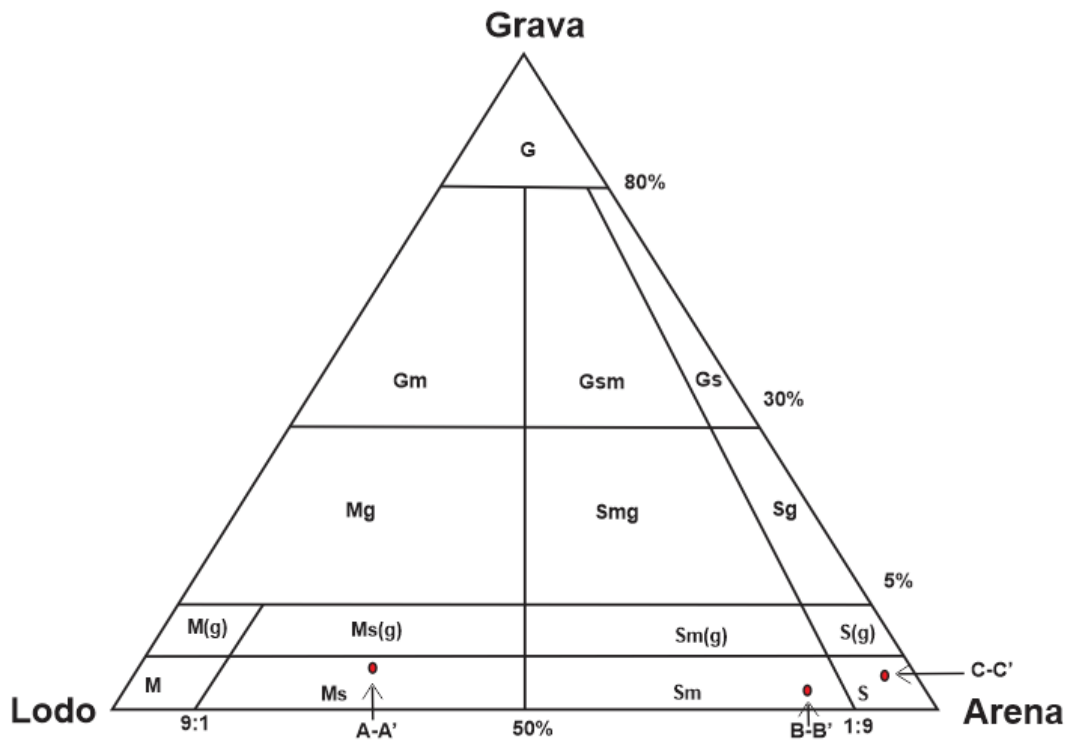
Figura 30. Base y techo del segmento 9 de la columna Guatiguará.

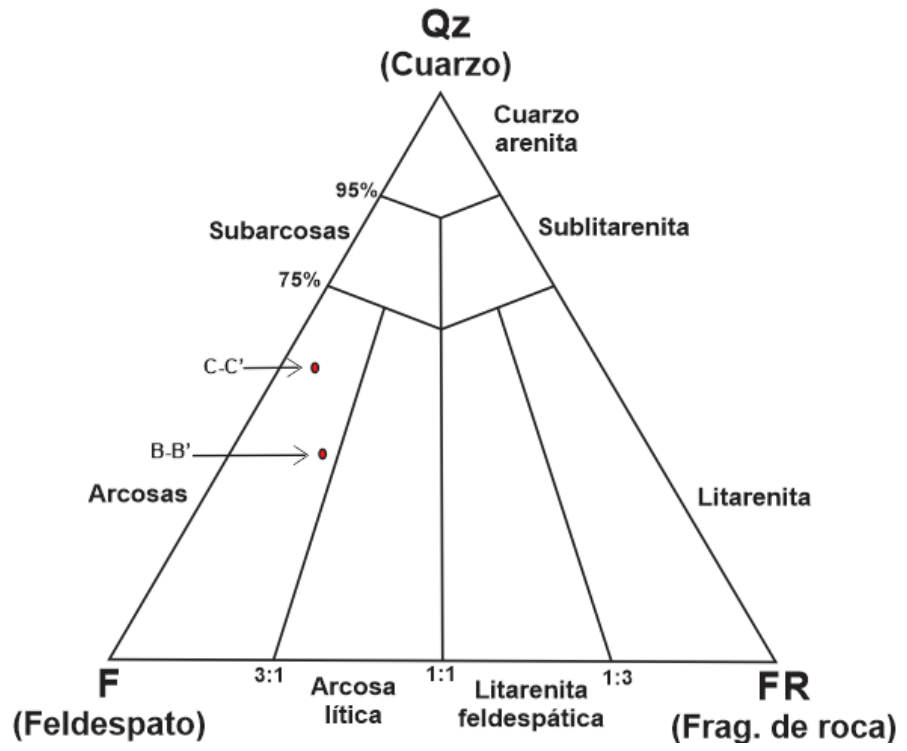


Figura 31. 1) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de B-B' es Q: 55%, F: 44%, FR: 1% y la

muestra C-C' es Q: 65%, F: 33%, FR: 2%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicoles cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de Guatiguará. A-A') Lodolita arenosa. B) Arenisca lodosa de grano muy fino. C-C') Arenisca de grano medio.

I)





II)

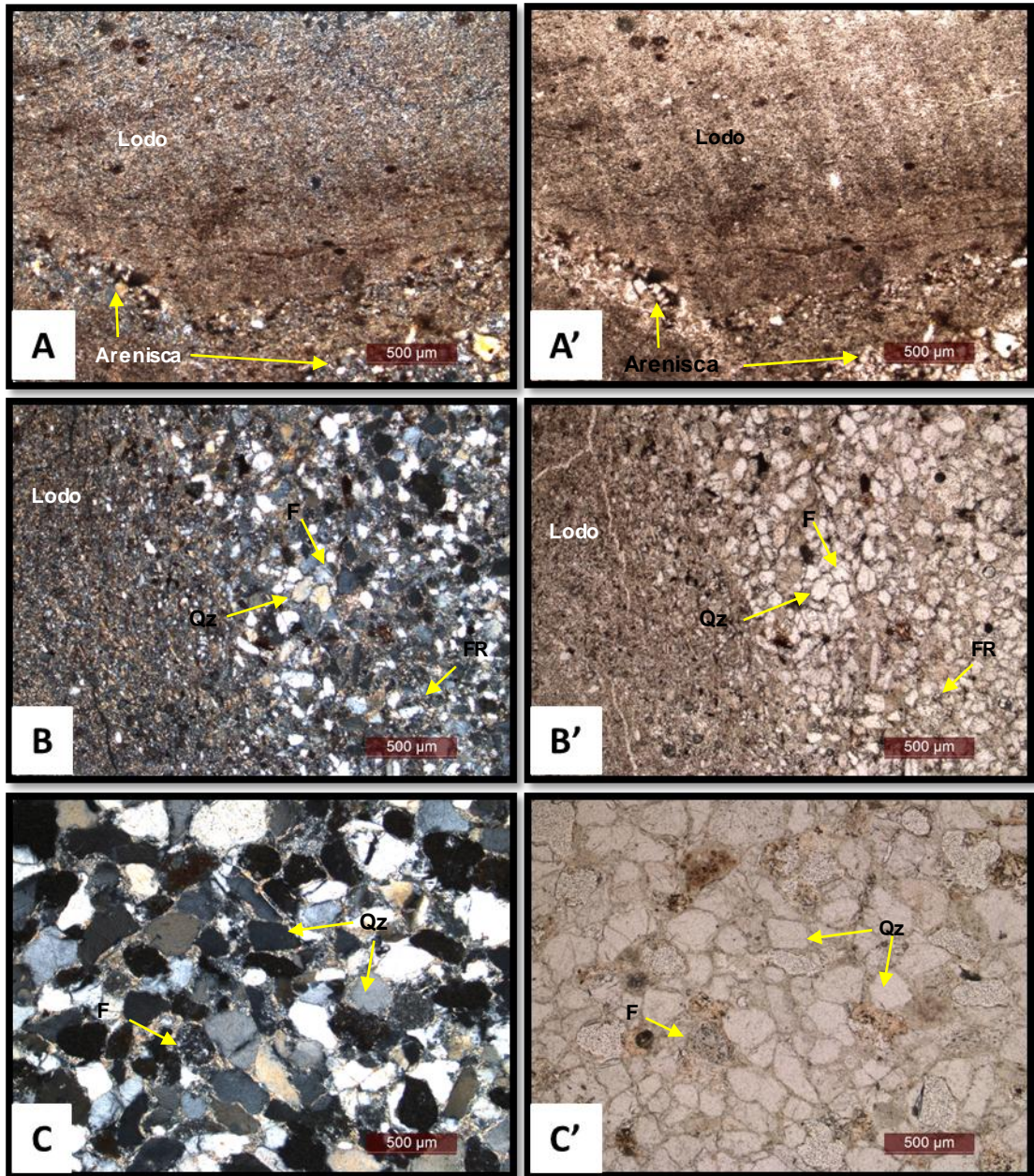


Figura 32. Columna estratigráfica de Guatiguará.

10.3. Sección de la Punta.

La sección estratigráfica de la Mesa de los Santos, está entre los municipios de Piedecuesta y los Santos, al margen derecha de la vía Piedecuesta – Los Santos; perteneciente a la parte NW de la Mesa de los Santos. Esta sección coloca en contacto rocas siliciclásticas de la formación Girón y formación los Santos (Tambor).

La sección tiene un espesor total de 29.5m, de los cuales 3m pertenecen al techo de la Formación Jordán, 3m hacen parte del techo de la Formación Girón y 25.5m de la base de la Formación los Santos (Tambor). El punto inicial de la sección tiene coordenadas: X: 1.114.505, Y: 1.257.947 y punto final: X: 1.114.753, Y: 1.257.451, conocido como “Parador el Boyaco”. (Fig. 41 o Ver Anexo 3)

➤ Descripción de segmentos

- **Segmento 1 (0m a 5.6m)**

El segmento está conformado por capas muy gruesas con geometría plano paralela; donde muestra el contacto con la formación Jordán, la cual posee un espesor de 3m (Fig. 33).

Texturalmente la capa inferior son rocas conglomeráticas con guijarros hacia la base con 40cm y disminuyendo hacia el techo de 10cm a 2cm, los clastos son subredondeados, calibrado pobre, contacto tangencial entre granos, dentro de una matriz areno-lodosa con baja cementación y color rojo purpura pálido (5RP 6/2). La capa superior es un conglomerado con guijas de 16mm disminuyendo hacia el techo hasta 4mm, bien cementada con matriz areno-lodosa, el contacto entre granos es tangencial, subredondeados, calibrado pobre y color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2).

Figura 33. Base y techo del segmento 1 de la columna la Punta.



- **Segmento 2 (5.6m a 8.2m)**

Está conformado por capas medianas y gruesas con geometría plano paralela (Fig. 34).

En la base del segmento se encuentra una capa texturalmente clasificada como una arenisca lodosa de grano muy fino, redondeados, regularmente calibradas y de color purpura pálido (5P 6/2), seguida por capas conglomeráticas con guijas de 4mm a 16mm predominando el de 8mm dentro de un 17% de matriz areno limosa con 10% de cemento silíceo, calibrado pobre, angulares, contacto tangencial entre granos y de color gris amarillento (5Y 8/1); composicionalmente son subarcosas.

Figura 34. Base y techo del segmento 2 de la columna la Punta, se observa el contacto entre las formaciones Girón y las Santos (Tambor).



- **Segmento 3 (8.6m a 11.5m)**

El segmento presenta capas gruesas a muy gruesas con geometría plana paralela (Fig. 35).

La parte inferior texturalmente es una lodolita arenosa, la parte arenosa son de grano muy fino, redondeados, calibrado pobre, contacto entre granos flotantes, porcentaje de matriz lodosa de 25% con 10% de cemento silíceo y color purpura grisáceo (5P 4/2).

La parte media texturalmente es conglomerática con guijos variando desde 8mm en la base disminuyendo hasta gránulos de 2mm hacia el techo (Fig. 40, A-A'), pobremente calibrada, redondeados, contacto entre granos tangencial, con porcentajes de matriz arenosa de 10% con 10% de cemento silíceo y color purpura grisáceo (5P 4/2).

Composicionalmente es una arcosa con porcentajes de Q: 30% F: 69% L: 1% (Folk, 1974).

La parte superior son capas clasificada texturalmente como conglomerado con guijas de 4mm disminuyendo hacia el techo ha arena media, calibrado pobre, subredondeados, contacto tangencial entre granos, matriz areno-lodosa 10% con cemento silíceo de 10%, color purpura grisáceo (5P 4/2). Composicionalmente son arcosas con Q: 30%, F: 69% y L: 1% (Folk, 1974).

Figura 35. Base y techo del segmento 3 de la columna la Punta.



- **Segmento 4 (11.5m a 15m)**

Presenta capas gruesas con geometría plana paralela (Fig. 36).

A la base del segmento se encuentra texturalmente una capa de lodolita de color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2); seguida de una arenisca de grano medio, subredondeados, calibrado regular, contacto flotante, con 3% de matriz lodosa con 25% de cemento silíceo y color oliva pálido (10Y 6/2). La clasificación composicional es una subarcosa con Q: 88%, F: 10% y L: 2% (Folk, 1974).

La parte media texturalmente son capas de arenisca muy fina, redondeados, calibrado pobre, contacto flotante entre granos, 20% matriz lodosa con 10% de cemento silíceo y color rojo purpura grisáceo (5RP 4/2); y de arenisca de grano fino con presencia de gránulos (2mm) y guijos (8mm) (Fig. 40, B-B'), calibrado pobre, granos redondeados, contacto tangencial, 10% de matriz lodosa con 20% cemento silíceo y color gris azulado claro (5B 7/1).

Composicionalmente estas capas son arcosa con un porcentaje promedio de Q: 48%, F: 49%, y L: 3% (Folk, 1974), donde el cuarzo aumenta hacia el techo de la parte media.

La parte superior del segmento es texturalmente una arenisca conglomerática de grano muy fino a fino predominando el fino, calibrado pobre, angulares a subangulares, contacto entre granos tangencial, porcentaje de matriz de 3% con 10% de cemento silíceo y color variando de gris verdoso claro (5G 8/1), gris verdoso claro (5GY 8/1) a gris azulado claro (5B 7/1).

Composicionalmente estas capas son subarcosa con un porcentaje promedio de Q: 79%, F: 15%, y L: 6% (Folk, 1974), donde el cuarzo aumenta hacia el techo de la capa.

El segmento finaliza con un cubierto el cual alcanza 60cm de espesor.

Figura 36. Base y techo del segmento 4 de la columna la Punta.



- **Segmento 5 (15m a 19.1m)**

El segmento está conformado por capas gruesas con geometría plano paralela (Fig. 37).

La parte inferior es un grupo de capas en donde texturalmente varia de arena muy gruesa a gránulos (2mm), de gránulos (2mm), gránulos (2mm) a arena muy gruesa, presentando el grupo de capas un calibrado regular, contacto tangencial entre granos y son subangulares; en el techo de esta parte se encuentra un lente de lodolita arenosa (20% matriz arenisca muy fina) y color de oliva pálido (10Y 6/2).

La parte media texturalmente posee capas conglomerática con guijos y gránulos, sus granos van de angulares a subredondeados, pobremente calibrada, contacto entre granos tangencial, porcentaje promedio de matriz 9% con 17% de cemento silíceo y color gris oliva claro (5Y 8/1).

Composicionalmente son subarcosas con porcentaje promedio de Q: 85%, F: 11%, y L: 4% (Folk, 1974).

Las capas de la parte superior se clasifica texturalmente como arenisca de grano muy gruesa, subredondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial, porcentaje de 5% matriz con 15% de cemento silíceo y color gris muy claro (N8); y una conglomeráticas de guijos (2mm), angulares, calibrado pobre, contacto tangencial entre granos, porcentaje de matriz de 7% y 15% cemento silíceo.

Composicionalmente son subarcosas con porcentaje promedio de Q: 88%, F: 8%, y L: 4% (Folk, 1974).

Figura 37. Segmento 5 de la columna la Punta.



- **Segmento 6 (19.1m a 23m)**

El segmento posee capas gruesas y muy gruesas con geometría plano paralela. Empezando el segmento se encuentra con un cubierto de 1.9m (Fig. 38 A y B).

En la zona superior del segmento se presenta una serie de capas de conglomeráticas presentando una secuencia grano decreciente con guijas de 32mm hasta 4mm, subredondeados, calibrado regular, contacto entre granos tangencial y se encuentra muy bien cementada (Fig. 38-C).

Figura 38. Base y techo del segmento 6 de la columna la Punta. Iniciando el segmento se encuentra un cubierto (A) continuando hasta el centro del segmento (B) y conglomerados arenosos terminando el segmento (C).



- **Segmento 7 (23m a 29.5m)**

El segmento está compuesta por capas gruesas y muy gruesas plano paralelas (Fig. 39-D).

La parte inferior del segmento es un cubierto de 4.5m de espesor (Fig. 39 A-C); y a la parte superior se encuentran capas texturalmente clasificada como arenisca de grano medio y fino (Fig. 40, C-C'), subredondeados, calibrado regular, contacto tangencial entre granos, porcentaje de matriz lodosa de 5% con 10% de cemento, en estas capas la cantidad de grava disminuye hasta casi desaparecer.

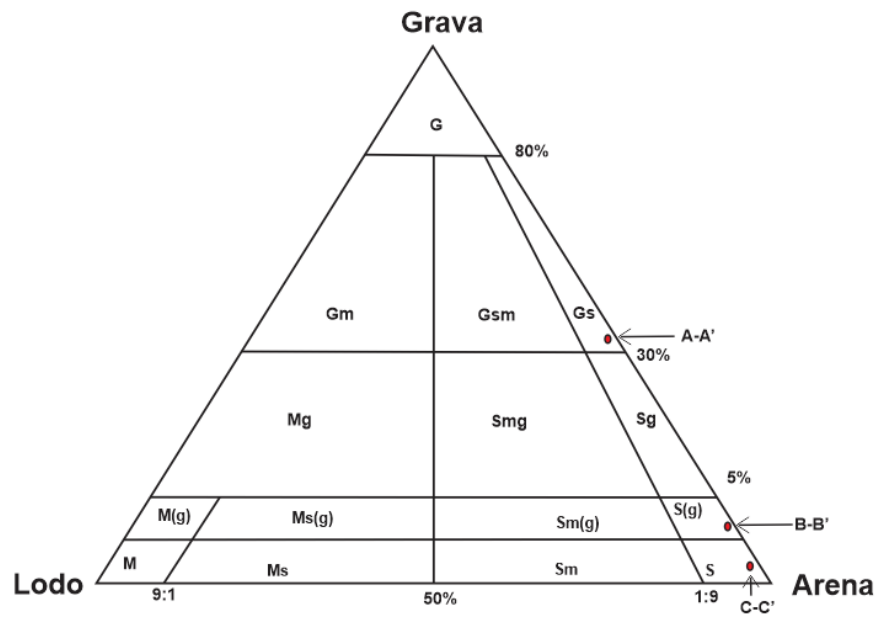
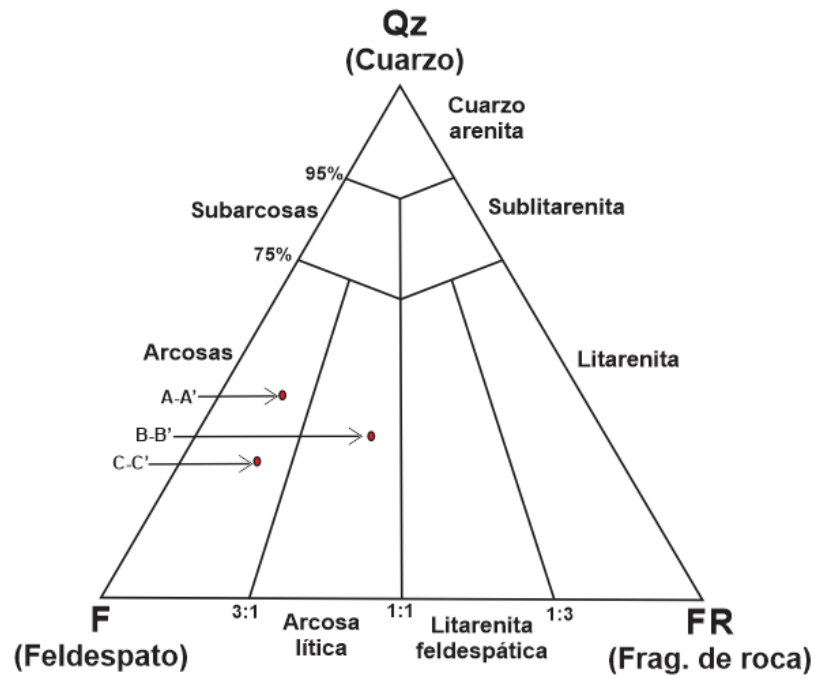
Composición estas capas son arcosas con porcentaje promedio de Q: 46%, F: 51%, y L: 3% (Folk, 1974), disminuyendo el cuarzo hacia el techo del segmento.

Figura 39. Base y techo del segmento 7 de la columna la Punta. La foto (A) representa el inicio del segmento comenzando con un cubierto, la (B) y (C) continúa el del cubierto, y finaliza en segmento en la (D) conformada por areniscas.



Figura 40. I) Triángulos de clasificación textural y composicional según Folk 1974 para las secciones delgadas de A-A' es Q: 57%, F: 40%, FR: 3%, B-B' es Q: 48%, F: 34%, FR: 20% y la muestra C-C' es Q: 43%, F: 51%, FR: 6%. II) Fotomicrografías que muestran características texturales en nicoles cruzados y paralelos de muestras de las formaciones Girón y los Santos (Tambor) que conforman la columna de la Punta. A-A') Conglomerado arenoso de gránulos a guijas. B-B') Arenisca de grano fino con presencia de gránulos y guijas. C-C') Arenisca de grano fino.

I)



II)

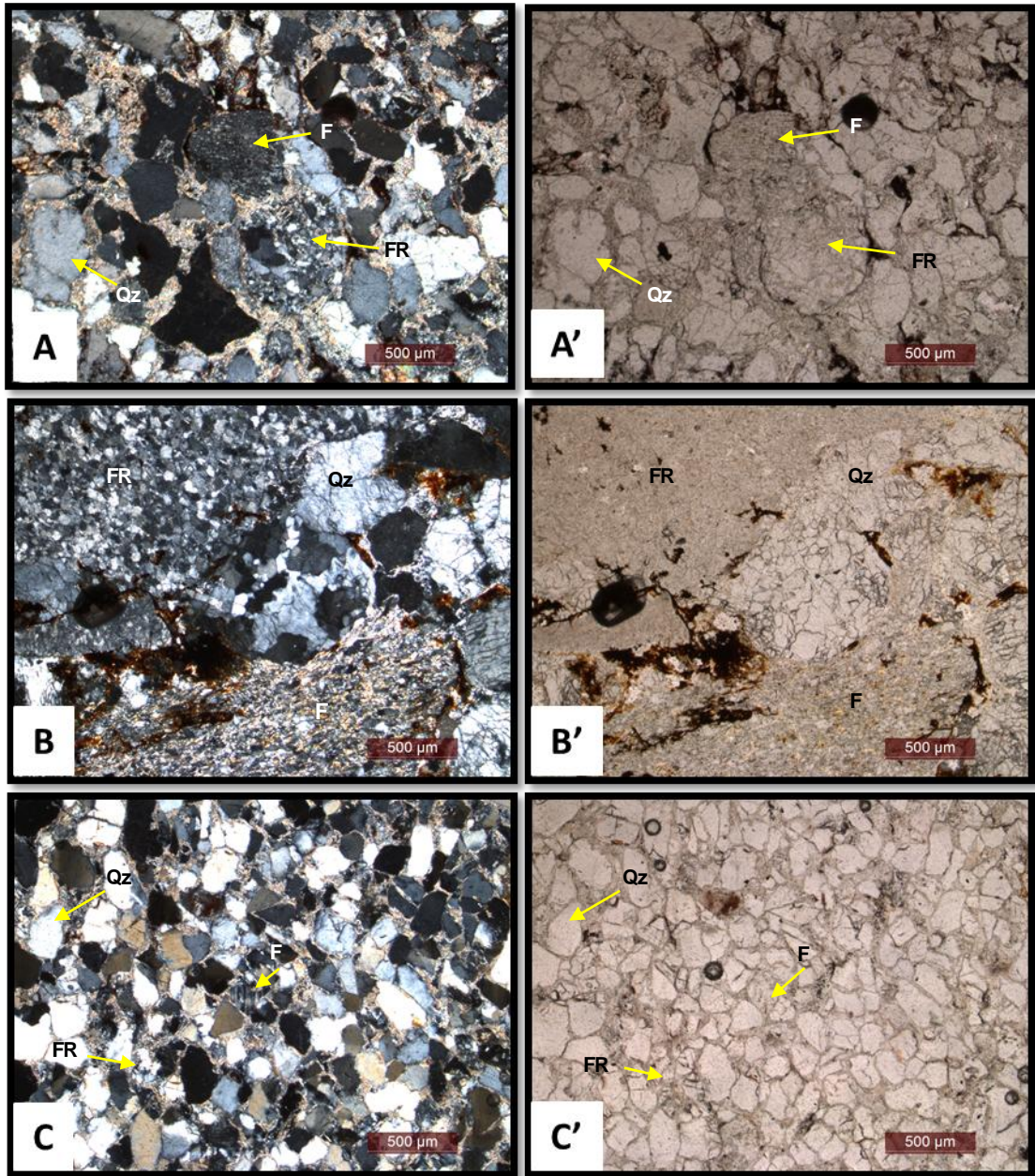


Figura 41. Columna Estratigráfica la Punta.

11. FACIES

En las secciones estratigráficas de Acapulco, Guatiguará y la Punta, se identificaron y describieron las facies de acuerdo con sus características texturales, composicionales, de estructuras sedimentarias y bioturbación que aportarán un significado genético (Tabla. 2).

➤ **Facies de la formación Girón**

- **Facies Lodosas**

La: lodolita arenosa

- **Facies Arenosas**

Amf: Arenisca de grano muy fino

Almf: Arenisca lodosa de grano muy fino

Almfb: Arenisca lodosa de grano muy fino, bioturbada

Amfb: Arenisca de grano muy fino, bioturbada

Amfbc: Arenisca de grano muy fino, bioturbada y cuneiforme

Amfla: Arenisca de grano muy fino, con laminación cruzada en artesa

Af: Arenisca de grano fino

Alf: Arenisca lodosa de grano fino

Alfb: Arenisca lodosa de grano fino, bioturbada

Afb: Arenisca de grano fino, bioturbada

Afc: Arenisca de grano fino, cuneiforme

Afla: Arenisca de grano fino, con laminación cruzada en artesa

AfGlp: Arenisca de grano fino ligeramente conglomerática de tamaño guijo, con laminación cruzada plana

Am: Arenisca de grano medio

Alm: Arenisca lodosa de grano medio

Amla: Arenisca de grano medio, con laminación cruzada en artesa

Amc: Arenisca de grano medio, cuneiforme

- **Facies de Conglomerados**

CG-Gr: Conglomerado de guijos que varía a gránulos hacia el techo

CGu-Gr: Conglomerado de guijarros que varía a gránulos hacia el techo

➤ **Facies de la formación los Santos (Tambor)**

- **Facies Lodosas**

La: lodolita arenosa

- **Facies Arenosas**

Af: Arenisca de grano fino

Almfb: Arenisca lodosa de grano muy fino, bioturbada

AfG: Arenisca de grano fino ligeramente conglomerático de guijos

Am: Arenisca de grano medio

AmGr: Arenisca de grano medio ligeramente conglomerático de gránulos

Am-CGr: Arenisca de grano medio que varía a conglomerado granular hacia el techo

AmgGr: Arenisca de grano muy grueso que varía a arenisca conglomeráticas granular

- **Facies de Conglomerados**

CGrA: Conglomerado arenoso de gránulos

CGrAlp: Conglomerado arenoso de gránulos, con laminación cruzada plana

CGr-Af: Conglomerado de gránulos que varía a arenisca de grano fino hacia el techo

CGr-Am: Conglomerado de gránulos que varía a arenisca de grano medio hacia el techo

CGA: Conglomerado arenoso de guijos

CG-Af: Conglomerado de guijos que varía a arenisca de grano fino hacia el techo

Tabla 2. Facies determinadas en cada columna estratigráfica.

Facies	Columna		
	Acapulco	Guatiguará	La Punta
La			
Amf			
Almf			
Almfb			
Amfb			
Amfbc			
Amfla			
Af			
Alf			
Alfb			
Afb			
Afc			
Afla			
AfG			
AfGlp			
Am			
Alm			
Amla			
Amc			
AmGr			
Am-CGr			
AmgGr			
CGrA			
CGrAlp			
CGr-Af			
CGr-Am			
CGA			
CG-Af			
CG-Gr			
CGu-G			

11.1. Asociación de Facies

El análisis de facies se realiza con la agrupación de un conjunto de facies formando asociaciones de facies, las cuales son conformadas por secuencias grano crecientes, grano decrecientes y homogéneas en cada columna; por lo que se describen las asociaciones de facies, de la secuencia más predominante a la menos y se diferenciarán cuales asociaciones conforman cada formación. Se representan de manera sintetizada en columnas para las secciones de Acapulco (Fig. 45 o ver Anexo 7), Guatiguará (Fig. 47 o ver Anexo 8) y la Punta (Fig. 51 o ver Anexo 9).

11.1.1. Asociación de facies de la columna de Acapulco

➤ Formación Girón

- **Asociación facial 1 (Am, Alf, Almf, La)**

Conformada una secuencia granodecreciente constituido por facies de arenisca de grano medio (Am), arenisca lodosa de grano fino (Alf), arenisca lodosa de grano muy fino (Almf) y lodolita arenosa (La). La selección varía de regularmente en la areniscas porque presentan un porcentaje de matriz lodosa

de 5% a 15% y mala en las lodolitas con un 15% de matriz arena. Los granos de la fracción arena son subredondeados a redondeados, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (porcentaje promedio de Q: 45%, F: 53%, FR: 2%).

- **Asociación facial 2 (Am, La)**

Presenta una secuencia granodecreciente constituida por facies de arenisca de grano medio (Am) y lodolita arenosa (La). Las areniscas son composicionalmente subarcosas (Q: 84%, F: 15%, FR: 1%), regularmente calibradas subredondeados, en contacto tangencial y la lodolita posee mala selección con un 15% a 20% de matriz arenosa.

- **Asociación facial 3 (Almfb, Almf, La)**

Esta asociación muestra una secuencia granodecreciente con facies de arenisca lodosa de grano muy fino bioturbada (Almfb), arenisca lodosa de grano muy fina (Almf) y lodolita arenosa (La). Los granos de la fracción arena son subredondeados, regularmente calibrados, en contacto tangencial y composicionalmente arcosas (Q: 54%, F: 42%, FR: 3%). El porcentaje de matriz lodo en las areniscas es de 15% a 20% y de matriz arenosa para la lodolita es de 20%

Las facies de areniscas muy finas bioturbada tienen manchas verdosas a blancuzcas irregulares como evidencia de la bioturbación (Fig. 42).

Figura 42. Manchas verdosas irregulares como evidencia de Bioturbación.



- **Asociación facial 4 (Af, La)**

Secuencia granodecreciente con facies de arenisca de grano fino (Af) y lodolita arenosa (La). Son subarcosas (Q: 87%, F: 10%, FR: 3%), regularmente calibradas, granos subredondeados, en contacto tangencial con 10% de matriz lodo. Las lodolitas arenosas tienen un 15% de matriz arena.

- **Asociación facial 5 (Af, Amf)**

Las facies que conforman esta asociación muestran una secuencia granodecreciente por facies de arenisca de grano fino (Af) y arenisca de grano muy fino (Amf). En las facies se presenta variación de tamaño de grano de fino a medio (en la facie de arenisca fina) y muy fina a media (en la facie de arenisca muy fina); tomando en cuenta el más predominante. Los granos son subredondeados, bien calibrados, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (porcentaje promedio de Q: 51%, F: 46%, FR: 3%).

- **Asociación facial 6 (Af, Amf)**

Esta asociación muestra una secuencia granodecreciente conformado por facies de arenisca de grano fino (Af) y arenisca de grano muy fino (Amf). Son subarcosas (Q: 82%, F: 7%, FR: 1%) a arcosas (Q: 45%, F: 53%, FR: 2%), los granos son subredondeados a redondeados, bien calibradas y en contacto tangencial.

- **Asociación facial 7 (La, Almfb, Alfb, Af)**

Secuencia granocreciente conformado por facies de lodolita arenosa (La), arenisca lodosa de grano muy fino bioturbada (Almfb), arenisca lodosa de grano fino bioturbada (Alfb) y arenisca de grano fino (Af). Los granos de la fracción arena son subredondeados a redondeados, regularmente calibrados, en contacto y composicionalmente son arcosas (Q: 50%, F: 47%, FR: 3%). Tienen entre 20% a 25% de matriz lodo las areniscas y 10% de matriz arena las lodolitas.

La bioturbación encontrada en algunas facies se observan como manchas verdosas; de igual manera que la variación de tamaño de grano de fino a medio en la facie de arenisca de grano fino la predominante que es la de grano fino.

- **Asociación facial 8 (La)**

Compuesto por una secuencia homogénea (sin variación de tamaño de grano) de lodolitas arenosas (La), con porcentaje de matriz arenosa entre 10% a 20%.

➤ **Formación los Santos (Tambor)**

- **Asociación facial 9 (Amla, Afla)**

Esta asociación muestra una secuencia granodecreciente con facies de arenisca de grano medio con laminación cruzada en artesa (Amla) (Fig. 44) y arenisca de grano fino con laminación cruzada en artesa (Afla). Son

subarcosas (Q: 80%, F: 17%, FR: 3%), regularmente calibradas, los granos son subredondeados a redondeados y en contacto tangencial.

La facie de arenisca de grano medio con laminación cruzada en artesa presenta hacia la base intraclastos de lodolita y partículas grava subangulares de tamaño gránulos a guijos (Fig. 43).

Figura 43. Moldes de intraclastos de lodolita y partículas tamaño grava.

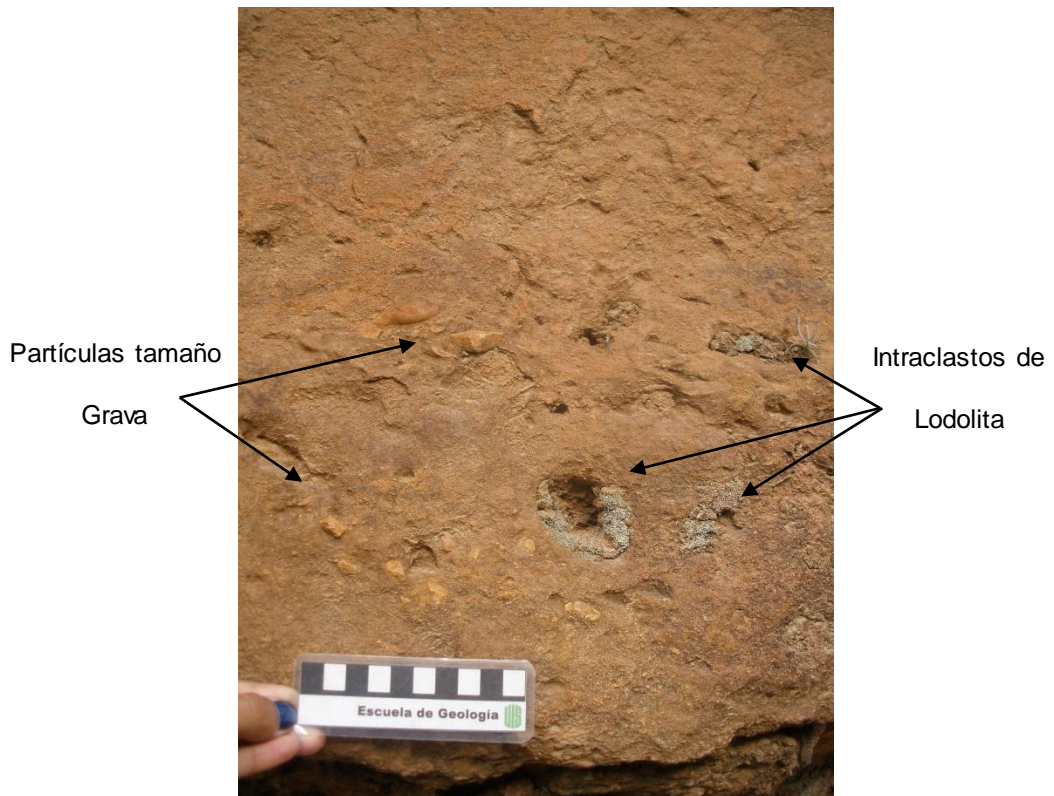


Figura 44. Laminación cruzada en artesa.



- **Asociación facial 10 (Amla, Afla)**

Presenta una secuencia granodecreciente por facies de arenisca de grano medio con laminación cruzada en artesa (Amla) y arenisca de grano fino con laminación cruzada en artesa (Afla). Los granos son subredondeados a redondeados, bien a regularmente calibrados, en contacto tangencial, y composicionalmente son subarcosas (Q: 83%, F: 15%, FR: 2%).

- **Asociación facial 11 (Amla)**

Las facies de esta asociación muestran una secuencia granodecreciente conformado por facies de arenisca de grano medio con laminación cruzada en artesa (Amla) y arenisca de grano fino con laminación cruzada en artesa (Afla). Son subarcosas (Q: 88%, F: 10%, FR: 2%), y los granos son subredondeados, regularmente calibradas y en contacto tangencial.

Figura 45. Facies columna Acapulco

FACIES COLUMNA ESTRATIGRÁFICA ACAPULCO

ESPESOR ACUMULADO ESCALA (m)	LITOLOGÍA	LIMESTONES			ESTRUCTURAS / FOSILES	NOMBRE DE LAS FACIES	CÓDIGO DE FACIES	ASOCIACIÓN DE FACIES(secuencias)	INTERPRETACIÓN
		MUD	SAND	GRAVEL					
		-clay -silt -vf -m -vc	wacke pack grain	mud & bound -gran -pebb -cobb -boul					
36									
35					Arenisca de grano medio con laminación interna en artesa	Amla		Deposito de fondo de canal	
34				Arenisca de grano fino con laminación interna en artesa	Afla				
33				Arenisca de grano medio con laminación interna en artesa	Afla				
32				Arenisca de grano medio con laminación interna en artesa	Amla				
31					Lodolita arenosa	La		Deposito de Orillales (Point bar)	
30				Arenisca de grano muy fino	Amf				
29				Arenisca lodosa de grano fino	Alf				
28				Arenisca de grano medio	Am				
27				Arenisca de grano muy fino	Amf				
26				Arenisca de grano fino	Af				
25				Arenisca de grano fino	Af				
24				Lodolita arenosa	La				
23				Arenisca de grano fino	Af				
22				Lodolita arenosa	La				
21				Arenisca lodosa de grano muy fino	Almf				
20				Arenisca lodosa de grano muy fino bioturbada	Almfb				
19				Lodolita arenosa	La				
18				Arenisca de grano medio	Am				
17				Arenisca de grano muy fino	Amf				
16				Arenisca de grano fino	Af				
15				Arenisca de grano fino	Af				
14				Arenisca de grano fino	Af				
13				Lodolita arenosa	La				
12				Lodolita arenosa	La				
11				Lodolita arenosa	La				
10				Arenisca de grano fino	Af				
9				Arenisca lodosa de grano fina bioturbada	Alfb				
8				Arenisca lodosa de grano muy fino bioturbada	Almfb				
7				Lodolita arenosa	La				
6				Lodolita arenosa	La				
5				Lodolita arenosa	La				
4									
3									
2									
1									

11.1.2. Asociación de facies de la columna de Guatiguará.

➤ **Formación Girón**

- **Asociación facial 1 (Amc, Almf, La)**

Esta asociación está conformada por facies de arenisca de grano medio cuneiforme (Amc), arenisca muy fina (Amf), arenisca lodosa de grano muy fino (Almf) y lodolitas arenosas (La), lo que marca una secuencia granodecreciente. Son subarcosa (Q: 70%, F: 25%, FR: 5%) a arcosa (Q: 40%, F: 55%, FR: 5%), bien a regularmente calibrados, los granos redondeados a subredondeados, y en contacto tangencial. No presentan ningún tipo de estructura interna, con 20% de matriz lodosa en la arenisca muy fina y 10% de matriz arenosa en la lodolita.

- **Asociación facial 2 (Almf, La)**

Esta asociación tiene una secuencia de facies granodecreciente, que va desde facies de areniscas de grano muy fino (Amf), areniscas lodosas de grano muy fino (Almf) y lodolitas arenosas (La), no presentan estructuras internas características. Los granos de la fracción arena son subredondeados a redondeados, regularmente calibrado y en contacto tangencial a flotante y composicionalmente son arcosas (Q: 53%, F: 44%, FR: 3%),

- **Asociación facial 3 (Alm, Af, Amf)**

Secuencia de facies granodecreciente con facies desde arenisca lodosa de grano medio (Alm), areniscas de grano fino (Af) y areniscas de grano muy fino (Amf). Esta secuencia de facies composicionalmente son arcosas (Q: 70%, F: 27%, FR: 3%), las capas que están acuñándose entre sí y los granos son redondeados a subredondeados, bien a regularmente calibrada y en contacto tangencial/longitudinal.

- **Asociación facial 4 (Af, Alf, Amf)**

Asociación de facies constituida por facies de arenisca de grano fino (Af), areniscas lodosas de grano fino (Alf) y areniscas de grano muy fino (Amf), las cuales muestran una secuencia granodecreciente. Son arcosas (Q: 55%, F: 43%, FR: 2%), se observan granos subredondeados, regularmente calibrados y en contacto entre granos tangencial.

- **Asociación facial 5 (Amf, Alf)**

Formada por una secuencia de facies granocreciente que va desde facies de areniscas de grano muy fino (Amf) a facies de areniscas lodosas de grano fino (Alf); son granos subredondeados, regularmente calibrado, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (Q: 35%, F: 60%, FR: 5%).

- **Asociación facial 6 (Amf, Af, Am)**

Esta asociación muestra una secuencia de facies granocreciente, que va desde areniscas de grano muy fino (Amf) pasando por areniscas de grano fino (Af) hasta facies de arenisca de grano medio (Am), con granos redondeados, bien a regularmente calibrado y en contacto entre granos tangencial/longitudinal. No presenta estructuras internas y composicionalmente son arcosas (Q: 45%, F: 52%, FR: 3%).

- **Asociación facial 7 (Amfbc, Afc)**

Secuencia de facies granocreciente, de facies de arenisca de grano muy fino bioturbada cuneiformes (Amfbc), arenisca de grano fino cuneiforme (Afc); ambas presentan capas cuneiformes de arenisca de grano fino a muy fino. Son arcosas (Q: 45%, F: 57%, FR: 3%), los granos son subredondeados, bien a regularmente calibrados y en contacto tangencial.

La bioturbación encontrada en algunas facies se observan como manchas verdosas a blancuzcas irregulares. (Fig. 46).

Figura 46. Manchas verdosas irregulares como evidencia de Bioturbación.



- **Asociación facial 8 (Almf, Af)**

Secuencia de facies granocreciente conformada por facies de arenisca lodosas de grano muy fino (Almf) y areniscas de grano fino (Af). Son arcosas (Q: 59%, F: 38%, FR: 3%), no presenta estructuras internas y los granos son subredondeados, bien a regularmente calibrados y en contacto tangencial.

- **Asociación facial 9 (Af, Alfb)**

Presenta una secuencia de facies homogéneas, conformado por facies de areniscas de grano fino (Af) y areniscas lodosas de grano fino (Alfb); estas últimas con presencia de bioturbación representadas por manchas verdosas a grisáceas irregulares en la roca distribuidas verticalmente. Los granos son subredondeados a redondeados, bien a regularmente calibrados, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (Q: 50%, F: 45%, FR: 5%),

- **Asociación facial 10 (Almfb, Amfb)**

Representada por una secuencia de facies con rasgos texturales homogéneos con facies de areniscas lodosas de grano muy fino (Almfb) y facies de areniscas de grano muy fino (Amfb), ambas facies con presencia de bioturbación evidenciadas por manchas verdosas irregulares dentro de la roca. Son arcosas (Q: 25%, F: 70%, FR: 5%), pobre a regularmente calibrado, con granos redondeados a subredondeados y en contacto flotantes.

➤ **Formación los Santos (Tambor)**

- **Asociación facial 11 (Af, Alf, AfGlp, Af, Amfb)**

Secuencia de facies granodecreciente que va desde facies de arenisca de grano fino (Af), arenisca lodosa de grano fino (Alf), arenisca de grano fino ligeramente conglomerática de tamaño granular con laminación cruzada plana (AfGlp), arenisca de grano fino (Af) y areniscas de grano muy fino con presencia de bioturbación (Amfb). Los granos en la fracción arena son subredondeados, regularmente calibrado y en contacto tangencial. Composicionalmente son subarcosas (Q: 80%, F: 17%, FR: 3%).

- **Asociación facial 12 (Amla, Afla)**

Esta asociación de facies está constituida por facies de arenisca de grano medio con laminación cruzada en artesa (Amla), arenisca de grano fino (Afla) con laminación en artesa; las cuales muestran una secuencia de facies

granodecreciente. Son arcosas (Q: 75%, F: 22%, FR: 3%), con granos subredondeados, regularmente calibrado y en contacto flotante.

- **Asociación facial 13 (Amla, Amf)**

Secuencia de facies granodecreciente representadas por facies de areniscas de grano medio con laminación cruzada en artesa (Amla) hasta facies de areniscas de grano muy fino (Amf). Los granos son redondeados a subredondeados, bien a regularmente calibrado, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (Q: 70%, F: 25%, FR: 5%).

- **Asociación facial 14 (Afla)**

Asociación facial representada por una secuencia de facies homogénea de arenisca de grano fino con laminación cruzada en artesa (Afla), son arcosas (Q: 78%, F: 20%, FR: 2%), con granos subredondeados, pobre a regularmente calibrado y en contacto tangencial/longitudinal.

Figura 47. Facies columna de Guatiguará

FACIES COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GUATIGUARÁ

ESPESOR ACUMULADO ESCALA (m)	LITOLOGÍA	LIMESTONES			ESTRUCTURAS / FOSILES	NOMBRE DE LAS FACIES	CÓDIGO DE FACIES	ASOCIACIÓN DE FACIES (SECUENCIAS)	INTERPRETACIÓN
		MUD	SAND	GRAVEL					
		clay -silt -vf -vc	wecke -pack -grain -m -vc	grain -mud & -bound -pebb -cobbb -boul					
36					Arenisca de grano medio	Am	↕	Deposito de orillales (Point bar)	
35					Arenisca de grano fino	Af			
34					Arenisca de grano muy fino	Amf			
34					Arenisca de grano fino con laminación en artesa	Amf			
33					Arenisca de grano fino con laminación en artesa	Afla			
33					Arenisca de grano fino con laminación en artesa	Afla			
32					Arenisca de grano fino con laminación en artesa	Afla			
31					Arenisca de grano muy fino bioturbada	Amfb			
30					Arenisca de grano fino	Af			
29					Arenisca de grano fino	Af			
28					Arenisca de grano fino ligeramente conglomericata de tamaño granular con laminación cruzada plana	AfGlp			
27					Arenisca lodosa de grano fino	Alf	↕	Deposito de canal abandonado	
26					Arenisca de grano fino	Af			
25					Arenisca de grano muy fino	Amf			
24					Arenisca lodosa de grano fino	Alf			
23					Arenisca de grano fino	Af			
22					Arenisca lodosa de grano fino	Alf			
21					Arenisca de grano fino	Af			
20					Arenisca de grano muy fino	Amf			
19					Arenisca de grano fino	Af			
19					Arenisca lodosa de grano medio	Alm			
18					Arenisca de grano muy fino bioturbada	Amfb	↕	Deposito de canal abandonado	
17					Arenisca muy fina lodosa bioturbada	Almfb			
17					Lodolita arenosa	La			
16					Arenisca lodosa de grano muy fino	Almf			
15					Arenisca lodosa de grano muy fino	Almf			
15					Arenisca lodosa de grano muy fino	Almf			
14					Arenisca de grano muy fina	Amf			
13					Arenisca de grano fino	Af			
13					Arenisca lodosa de grano muy fino	Almf			
12					Arenisca de grano fino cuneiforme	Afc			
11					Arenisca de grano fino cuneiforme	Afc			
10					Arenisca de grano muy fino bioturbada cuneiforme	Amfbc	↕	Deposito de canal abandonado	
9					Lodolita arenosa	La			
8					Arenisca de grano muy fino	Amf			
7					Arenisca de grano muy fino	Amf			
6					Arenisca de grano medio cuneiforme	Amc			
5					Arenisca lodosa de grano fino bioturbada	Alfb			
4					Arenisca de grano fino	Af			
3					Arenisca de grano medio	Am			
2					Arenisca de grano fino	Af			
1					Arenisca de grano muy fino	Amf			
1					Arenisca lodosa de grano fino	Alf			

11.1.3. Asociación de facies de la columna de La Punta.

➤ Formación Girón

- **Asociación facial 1 (CGu-Gr, CG-Gr)**

Esta asociación muestra una secuencia granodecreciente conformado por facies de conglomerado de tamaño gujarros que varía a gránulos hacia el techo (CGu-Gr) y conglomerado de tamaño guijas que varía a gránulos hacia el techo (CG-Gr). Los granos de los conglomerado son angulares dentro de una matriz arena-lodosa, están mal calibrado, en contacto flotante y composicionalmente son subarcosas (Q: 87%, F: 10%, FR: 3%).

➤ Formación los Santos (Tambor)

- **Asociación facial 2 (Almf, CGA)**

Conforman por una secuencia homogénea de facies arenisca lodosa de grano muy fino (Almf) y conglomerados arenosos de tamaño guijos (CGA). Los granos de los conglomerado son angulares a diferencia de los de la fracción arena que son subredondeados, regularmente calibrado, en contacto tangencial y composicionalmente son subarcosas (Q: 90%, F: 7%, FR: 3%).

- **Asociación facial 3 (CG-Gr, CGA, La)**

Compuesto por una secuencia granodecreciente de facies de conglomerado de guijos que varía a gránulos hacia el techo (CG-Gr), conglomerado arenoso de guijos (CGA) y lodolita arenosa (La). Son subarcosas (Q: 88%, F: 10%, FR: 2%); los granos de la fracción conglomerática y arenosa son subredondeados, regularmente calibrado y en contacto tangencial.

- **Asociación facial 4 (CG-Gr, CGr-Af, Almf)**

Secuencia granodecreciente de facies de conglomerado de guijos que varía a gránulos hacia el techo (CG-Gr) (Fig. 48), conglomerado de granular que varía a arenisca de grano fino hacia el techo (CGr-Af) y arenisca lodosa de grano muy fino (Almf). Los granos tanto de la fracción conglomerática y arenosa son subredondeados, calibrado regular, contacto entre grano tangencial y son arcosas (Q: 77%, F: 20%, FR: 3%).

Figura 48. Conglomerado de tamaño guijos que varía a gránulos.



- **Asociación facial 5 (Am, Almf)**

Esta asociación muestra una secuencia granodecreciente con facies de arenisca de grano medio (Am) y arenisca lodosa de grano muy fino (Almf). Se observan granos subredondeados, regularmente calibrado, en contacto tangencial y composicionalmente son subarcosas (Q: 86%, F: 10%, FR: 4%).

- **Asociación facial 6 (AfG)**

Constituidos por una secuencia homogénea de facie de arenisca de grano fin ligeramente conglomerática de tamaño guijos (AfG). Los granos son subredondeados, regularmente calibrado, en contacto tangencia y composicionalmente son subarcosas (Q: 77%, F: 20%, FR: 3%).

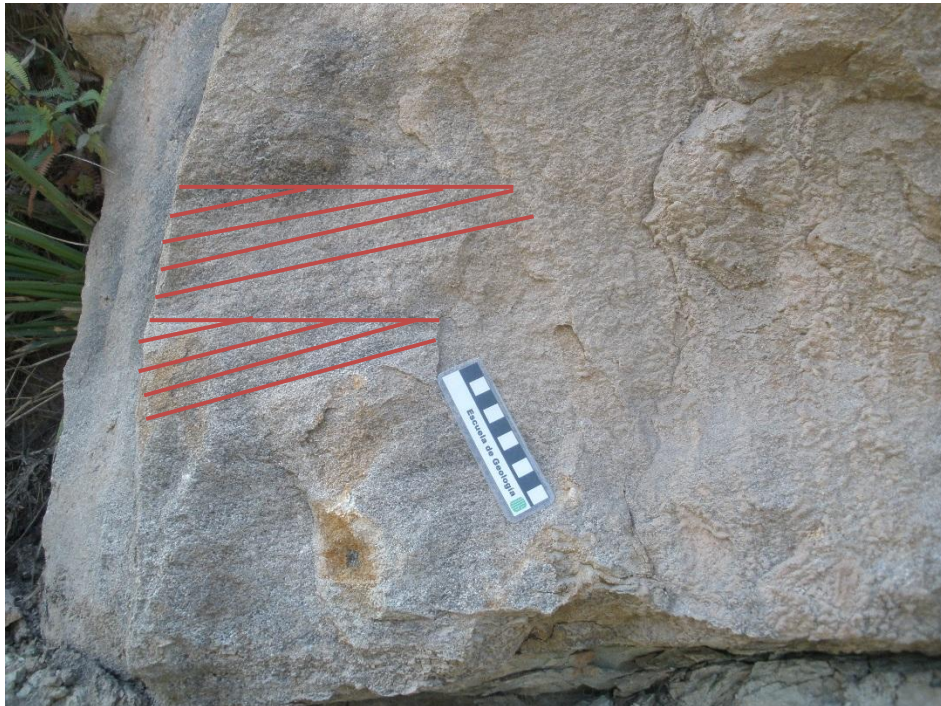
- **Asociación facial 7 (CG-Af, Am-Gr, CGrA, CGr-Am, La)**

Esta asociación tiene una secuencia granodecreciente de facies de conglomerado de guijos que varía a arenisca de grano fino hacia el techo (CG-Af), arenisca de grano medio que varía a conglomerado de granular hacia el techo (Am-Gr), conglomerado arenoso granular (CGrA), conglomerado de gránulos que varía a arenisca de grano medio hacia el techo (CGr-Am), arenisca de grano medio (Am) y lodolita arenosa (La). Los granos de la fracción conglomerática y arenosa son subredondeados, regularmente calibrado, en contacto tangencial y composicionalmente son arcosas (Q: 81%, F: 15%, FR: 4%).

- **Asociación facial 8 (CGrAlp, CGrA, AmgGr)**

Secuencia granodecreciente de facies de conglomerado arenoso granular con laminación cruzada plana (CGrAlp) (Fig. 49), conglomerado arenoso granular (CGrA) y arenisca de grano muy grueso que varía a ligeramente conglomerático de gránulos (AmgGr). Los granos de la fracción conglomerática y arenosa son subredondeados, pobremente calibrados, en contacto tangencial y son subarcosas (Q: 83%, F: 10%, FR: 3%).

Figura 49. Laminación cruzada plana.



- **Asociación facial 9 (CGrA)**

Esta asociación está formada por una secuencia posiblemente granodecreciente de facies de conglomerado arenoso de tamaño granular (CGrA) en la base y hacia el techo está cubierto por lo que dificulta establecer su secuencia. Se observan granos son angulares, pobremente calibrados, en contacto tangencial y composicionalmente son subarcosas (Q: 90%, F: 7%, FR: 3%).

- **Asociación facial 10 (CGA, CGrA)**

Compuesto por una secuencia granodecreciente con facies de conglomerado arenoso de tamaño guijos (CGA) y conglomerado arenoso de tamaño granular (CGrA) (Fig. 50). La fracción conglomerática y arenosa tienen granos subredondeados; sin embargo a que se encuentra muy cementadas dificulta ver las demás características.

Figura 50. Conglomerado arenoso de tamaño guijos.

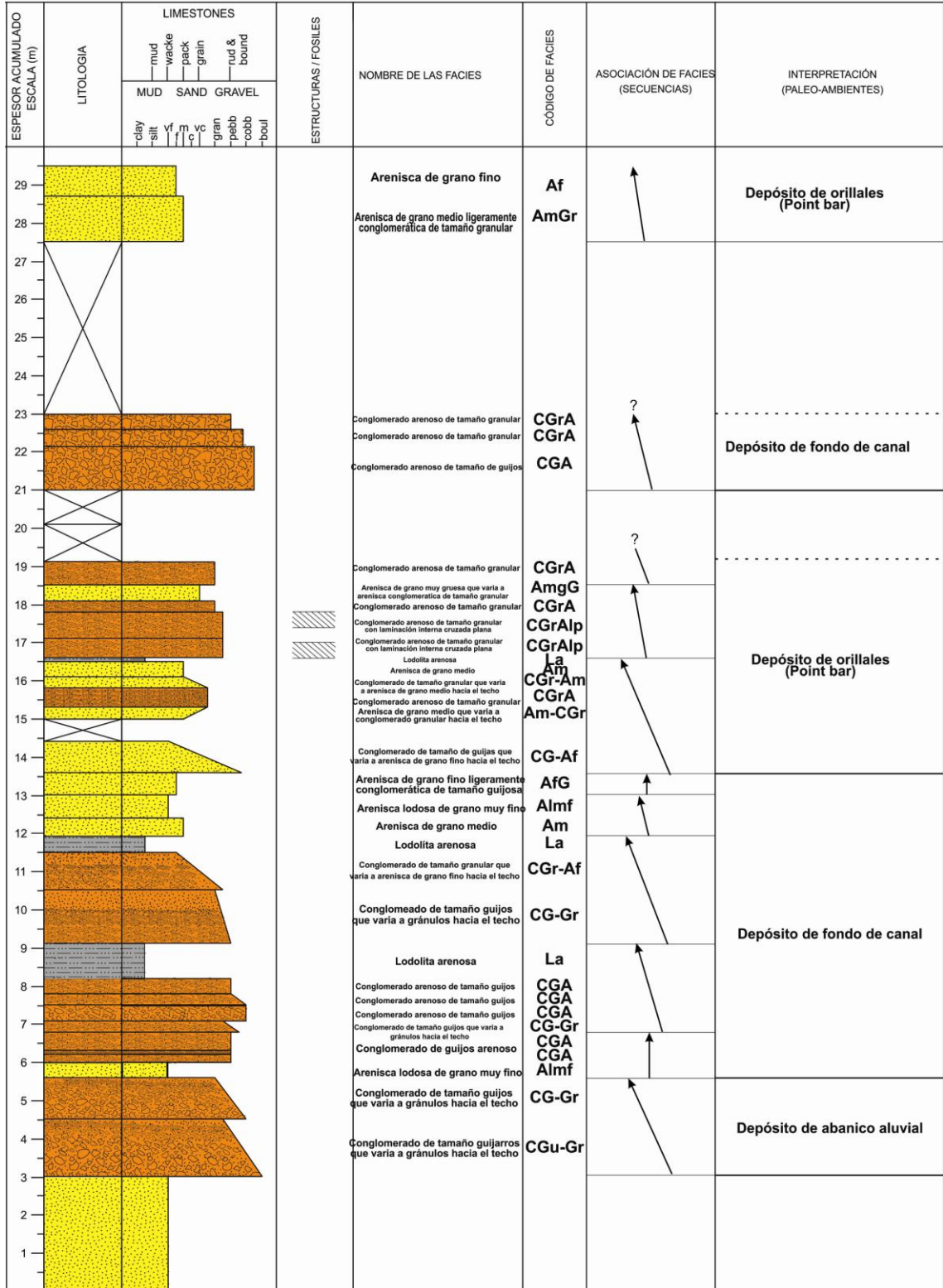


- **Asociación facial 11(AmGr, Af)**

Secuencia granodecreciente de facies de arenisca de grano muy grueso (AmGr) y arenisca de grano fino (Af). Los granos tanto de la fracción arena como conglomerática son subredondeados, bien a regularmente calibrados y en contacto tangencial. Composicionalmente se clasifican como arcosas.

Figura 51. Facies columna la Punta

FACIES COLUMNA ESTRATIGRÁFICA "La Punta" Mesa de los Santos



11.2. Análisis Facial

Macrosecuencia de Facies

Las Macrosecuencia de facies se describen agrupando las asociaciones de facies desde la base al techo de cada columna. Constituye una herramienta fundamental en la interpretación de ambientes.

11.2.1. Macrosecuencia de Facies de la columna de “Acapulco”

- **Macrosecuencia I**

Constituida por la asociación de facies 7 y 8, correspondiente a una secuencia granocreciente de lodos a arenisca fina y una pequeña secuencia homogénea de lodolitas, abarcando un espesor de 11.25m. Esta secuencia ha sido interpretada como depósitos de planicie de inundación (flood plain deposit); la presencia de manchas verdosas irregulares en algunas capas indica probablemente actividad orgánica por vegetación. Estos depósitos están asociados a secuencias de ríos meandriformes (Reinck y Singh (1980), Nichols (2009)).

- **Macrosecuencia II**

Conformada por secuencias granodecrecientes de arenisca media a lodolitas arenosas pertenecientes a las asociaciones faciales 1, 2, 3, 4, 5, y 6; tiene 17.2m de espesor. Este conjunto de asociaciones de facies se interpretan como depósitos de orillal (point bar deposit); en ríos meandriformes (Reinck y Singh (1980), Miall (2006) y Nichols (2009)).

- **Macrosecuencia III**

Representada por secuencia granodecrecientes de areniscas media a fina conformadas por las asociaciones faciales 9, 10 y 11, de espesor 5.05m presentando intraclastos de tamaño grava hacia la base con laminación interna en artesa. Esta macrosecuencia se interpreta como depósitos de fondos de canal (channel floor lag deposit); en ríos meandriformes. (Reinck y Singh (1980), y Miall (2006)).

11.2.2. Macrosecuencia de Facies de la columna de “Guatiguará”

- **Macrosecuencia I**

Constituidas por secuencias granocreciente lodolita arenosa a arenisca media formada por las asociaciones faciales 1, 5, 6 y 9 con 6,20m espesor; la presencia de manchas verdosas irregulares en el techo de algunas capas indica probablemente actividad orgánica por vegetación. Se interpreta como

depósitos de canal abandonado (abandoned channel deposit); perteneciente a un río meandriforme. (Miall (2006 y Nichols (2009)).

- **Macrosecuencia II**

Representado por una secuencia homogénea de las asociaciones de facies 2, 7, 8 y 10; sin embargo, dentro de estas capas cuneiformes pueden cambiar la secuencia granocreciente y a granodecreciente, pero en general es homogénea. Estas características se describen en secuencias faciales dejadas por ríos meandriformes con variaciones a trenzados en depósitos de canal abandonado (abandoned channel deposit). (Reinck y Singh (1980), y Miall (2006)).

- **Macrosecuencia III**

Conformada por secuencias granodecrecientes de arenisca media a lodolitas arenosas pertenecientes a las asociaciones de facies 3, 4, 11, 12, 13 y 14; con laminación interna en artesa en la capas ubicadas en el techo de la macrosecuencia. Las características de esta macrosecuencia se interpretan como depósitos de orillales (point bar deposit); en ríos meandriformes. (Miall (2006) y Nichols (2009)).

11.2.3. Macrosecuencia de Facies de la columna de “La Punta”

- **Macrosecuencia I**

La macrosecuencia está formada por secuencias granodecreciente de conglomerados con matriz areno-lodosa a conglomerados con 2.6m de espesor perteneciente a la asociación de facie 1, interpretada como depósitos de abanicos aluviales (alluvial fan deposit). (Reinck y Singh (1980), y Miall (2006)).

- **Macrosecuencia II**

Está conformado por secuencias granocreciente de areniscas lodosas a conglomerados arenosos y lodolitas arenosas a conglomerados arenosos 10m de espesor perteneciente a las asociaciones de facies 2,3,4,5 y 6; estas características son interpretados como depósitos de fondo de canal (channel floor lag deposit) dejados por un río meandriforme. (Reinck y Singh (1980), y Miall (2006)).

- **Macrosecuencia III**

Está conformado por secuencias granodecreciente de conglomerados a areniscas ligeramente conglomeráticas y lodolitas arenosas con 4m de espesor

perteneciente a las asociaciones de facies 7, 8, y 9, muestran laminación interna cruzada plana en las facies centrales de la macrosecuencia, estas características son interpretadas como depósitos de orillales (point bar deposit) de sistemas meandriformes. (Miall (2006) y Nichols (2009)).

- **Macrosecuencia IV**

Constituidos por conglomerados arenosos de la asociación facial 10, mostrando una secuencia granodecreciente con 2m de espesor; interpretados como depósitos de fondo de canal (channel floor lag deposit) de sistemas meandriformes. (Reinsck y Singh (1980), y Miall (2006))

- **Macrosecuencia V**

Representado por la asociación facial 11 compuesta areniscas media ligeramente gravosa a arenisca fina con 2m de espesor. Se interpretaron como depósitos de orillales (point bar deposit) en un río meandriforme. (Miall (2006) y Nichols (2009)).

12. EL CONTACTO ENTRE LA FORMACIÓN GIRÓN Y FORMACIÓN LOS SANTOS (TAMBOR)

12.1. Contacto Jurásico-Cretácico a nivel global:

El contacto Jurásico-Cretácico en el mundo comenzó a ser definido por estudios en el siglo XIX y XX. D' Omalius d' Halloy (1822) propuso el término El Cretácico, para denominar a las cretas y otros sedimentos, que se encuentran en la Cuenca de Paris. Posteriormente d'Orbigny (1842), en esa cuenca, agrupó conjuntos de fósiles del Cretácico en cinco divisiones mayores (pisos) y designó al Neocomiano como la unidad inferior de esa división.

El intervalo Tithoniano fue determinado por Oppel (1865) para incluir a los estratos ubicados entre el Kimeridgiano y el Valanginiano (definido por Desor, 1854 y Desor y Gressly, 1859).

El Berriasiano fue definido por Coquand (1868, 1871, 1875) y se reconoce en toda la extensión del mar Thethys, desde la India hasta México. Kilian (1896) unió el "Nivel Gensiac" (amonitas alojadas en estratos), a los estratos del Berriasiano y a ambos los denominó como el nivel infravalanginiano, y situó en la base de estas capas al contacto Cretácico. La base del Infravalanginiano se consideró inadecuadamente, durante muchos años, como el "límite clásico" del Cretácico.

Le Hégarat y Remane (1968) conservaron este límite Jurásico-Cretácico y colocaron a la Zona de Berriasella jacobii en la parte más superior del Tithoniano. Enay y Geyssant (1975) propusieron que el límite Jurásico-Cretácico se ubicara en la base de la Zona de Berriasella jacobii. Por otro lado, Hoedemaeker y Company (1993) proponen conservar el límite Jurásico-Cretácico en la base del piso Berriasiano de la manera originalmente propuesta por Coquand (1869, 1871) y, por lo tanto, la base del Cretácico también quedaría en esa posición.

El límite Jurásico-Cretácico puesto en la base del Berriasiano es una costumbre que persiste en la actualidad, pero mientras la base del estratipo del Berriasiano no este asignada al inicio de una zona unánimemente aceptada, este límite estará indefinido (Eguiluz, et al., 2012).

12.2. Contacto Jurásico- Cretácico en Colombia:

La información acerca del límite Jurásico - Cretácico en Colombia es muy poca. Etayo (1985) en su trabajo "El límite Jurásico-Cretácico en Colombia" recopila la información existente acerca de este límite (Tabla.3), iniciando con Bürgl (1957,1960, 1961) uno de los autores con mayor documentación paleontológica especialmente de la región del río Bata, Quebrada Honda (Departamento de Boyacá), propone reconocer el Tithoniano superior y el Berriasiano para

la Mesa de los Santos. Julivert (1958) y Langenheim (1959-1960) mencionan que el Girón hacia el borde este de la mesa de los Santos aflora con una potencia variable debido a la discordancia que se observa entre este y las areniscas cretácicas de la Formación Tambor. Navas (1963) también asegura que el límite superior de Girón está marcado por la discordancia de Girón-Tambor, el cual no es fácil de observar, debido al parecido que tienen las formaciones y al bajo ángulo de discordancia entre Tambor y Girón. Según Navas (1963) este límite se puede observar en forma clara, cuando la formación cretácica Los Santos (Tambor), se encuentra reposando sobre las lutitas del Girón, en cambio, cuando la formación Los Santos se apoya sobre los niveles de areniscas de Girón es difícil de señalar su separación precisa a escala de afloramiento.

Posteriormente Morales (1958), menciona que de acuerdo al cambio litológico entre las dos formaciones, el espesor variable de la Formación Tambor en distancias relativamente cortas, y los guijarros redondeados de la Formación Girón dentro del Tambor, existe una relación discordante entre Girón y Tambor, aunque no sea visible de manera local.

Cediel (1968) realizó un estudio redefiniendo el grupo Girón separándolo en conjuntos desde la A hasta H, en donde los conjuntos de la A a la G corresponden a la formación Girón y conjunto H pertenece a la formación los Santos (Fig.6a), de acuerdo a Cediel (1968) el límite entre las dos formaciones frecuentemente es transicional y no en todas partes se puede identificar fácilmente, por lo cual el emplea al Grupo Girón para agrupar a las dos formaciones.

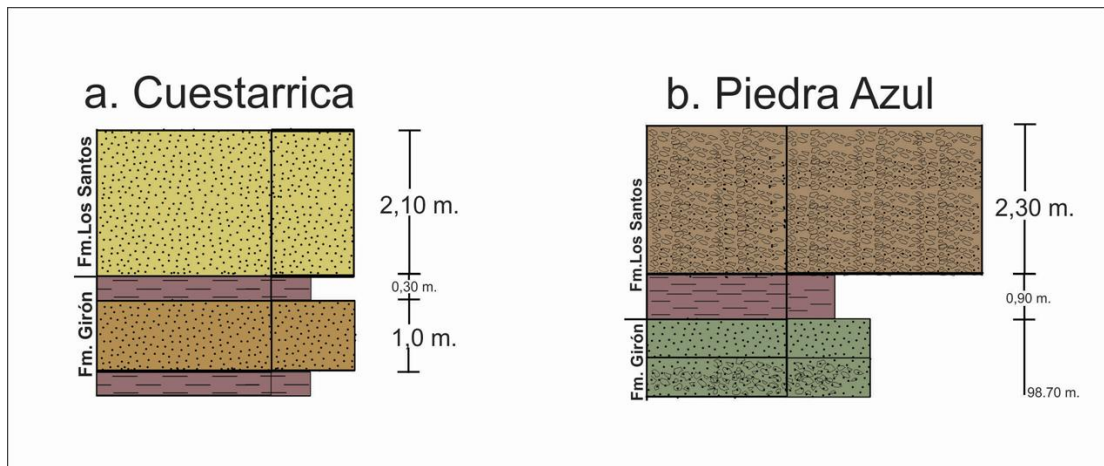
Según Ward et al., (1973), “el contacto Girón con la suprayacente Tambor, es generalmente considerado una inconformidad en el área de los cuadrángulos H12 y H13, donde remanentes aislados de tambor cubren muchas rocas diferentes y representan la fase inicial de la deposición del cretácico que probablemente cubrió toda el área, sin embargo, en la zona al W y S de Bucaramanga el límite no esta tan marcadamente definido”. Ward et al, 1973 en las memorias del cuadrángulo H12 y H13, describe dos columnas que representan bien el límite entre las dos formaciones:

La primera, una sección estratigráfica de la Fm. Girón levantada en la carretera a 1,7km al noroeste de Cuestarrica en el Municipio de Río Negro, por R. Vargas 1968, según el cual la parte alta de la Formación Girón está en contacto inconforme con la Formación Tambor. La parte alta de Girón está constituida por capas de 0,3 a 1m de espesor de areniscas marrón rojiza pálida de grano fino con intercalaciones de capas de lodolita marrón rojizo con espesores de

0,3m y capas de arenisca gris amarillenta pálida de grano fino con 2.10m de espesor de la base de la Formación los Santos (Fig.52a).

La segunda, sección medida por F. Montero 1968 en la quebrada Piedra azul, a 100m de la confluencia del río Lebrija y extendiéndose aguas arriba al oeste y suroeste por 1km, Municipio de Lebrija, muestra que las capas superiores de Girón representadas por capas de arenisca gris verdosa de grano fino a muy fino, altamente conglomeráticas, con otras menos conglomeráticas, se encuentran en contacto inconforme con las capas inferiores de la Formación Tambor, representadas por capas de arcillolitas marrón rojiza a la base y gris verdosa al techo, seguida de capas de conglomerados gris marrón con guijos de cuarzo de hasta 4cm de diámetro en una matriz areno lodosa (Fig.52b).

Figura 52. Representación gráfica del contacto Girón-Los Santos en las columnas: a) Sección estratigráfica Cuestarrica levantada por Vargas (1968) y b) Sección estratigráfica Piedra Azul levantada por Montero (1968).

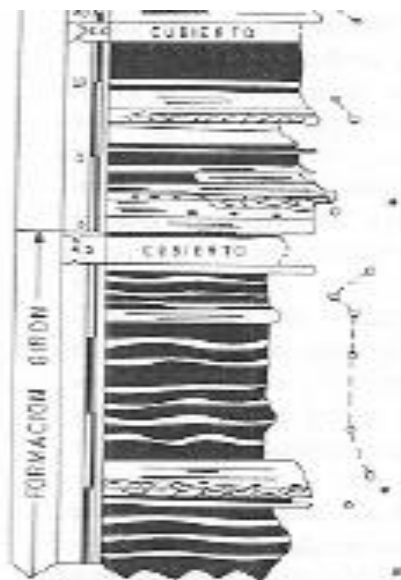


Tomadas de la descripción en Ward et al. 1973.

Sin embargo, este contacto definido por Ward et al, 1973, comienza a ser dudoso, ya que la inconformidad que el autor expresa, no se observa claramente en las columnas debido a que no existe un cambio neto que marque la diferencia entre una formación y otra, esto deja claro que no existe evidencia para explicar esta inconformidad propuesta por el autor.

Durante el desarrollo del Proyecto Cretácico, Laverde y Clavijo (1985) mencionan que la Formación Los Santos reposa aparentemente en contacto concordante sobre la Formación Girón en la sección estratigráfica "Tu y Yo", Zapatoca (Fig. 53); lo anterior esta mencionado en el mismo sentido por un estudio hidrogeológico más reciente realizado en la Mesa de los Santos en donde se determinó que la Formación Girón se encuentra en contacto concordante con la suprayacente Formación Los Santos (Pinto, J., et al., 2008).

Figura 53. Representación gráfica del contacto Girón-Los Santos en la columna Tu y Yo Zapatoca.

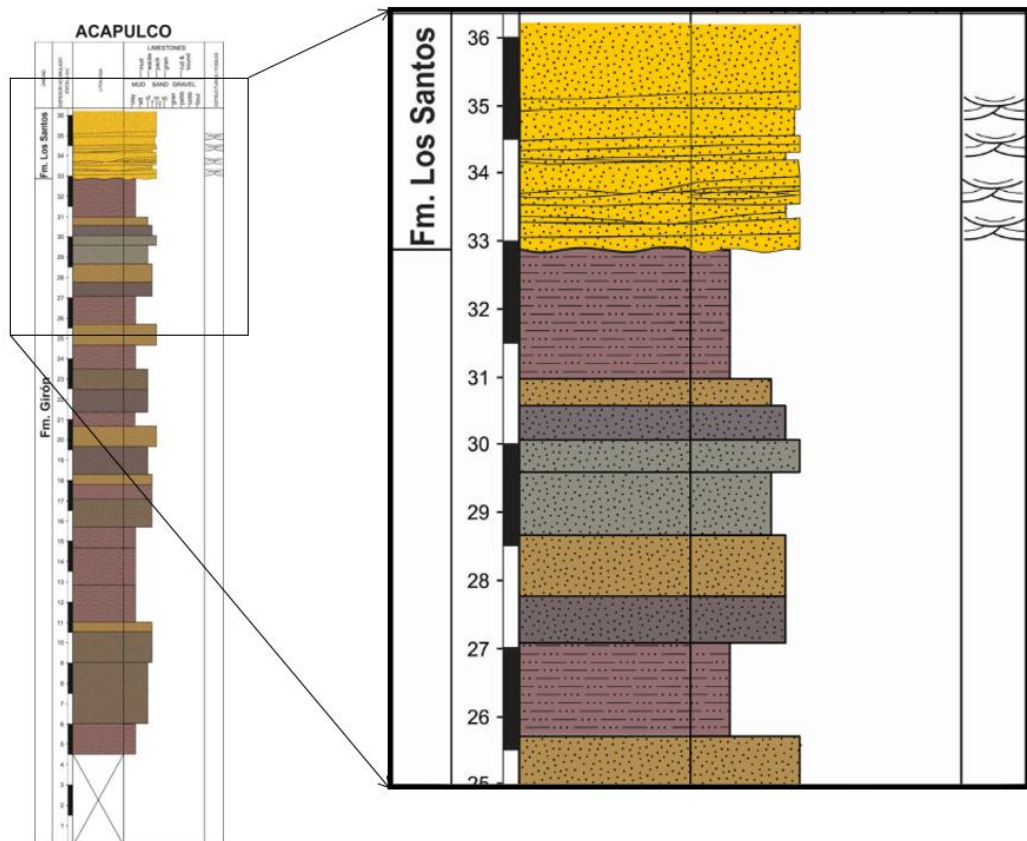


Tomado de Laverde y Clavijo (1985)

Lo anterior deja en evidencia la discrepancia que existe para definir el tipo de contacto entre las formaciones Girón y los Santos y de acuerdo al levantamiento de tres columnas estratigráficas en este proyecto, bien descritas en capítulos anteriores, se define un tipo de contacto continuo de tipo transicional en donde el paso de una formación a otra comienza gradualmente y no de manera neta, lo que hace difícil su determinación. En este proyecto se determina el límite entre la Formación Girón y Los Santos de acuerdo a las siguientes características en cada sección:

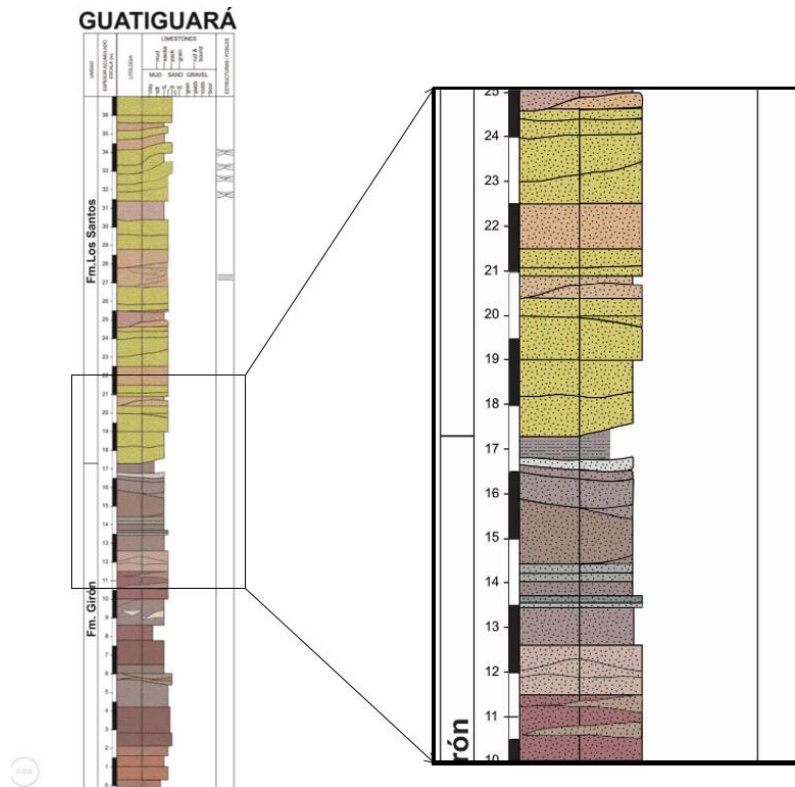
- En la columna estratigráfica de la sección de Acapulco, el contacto continuo de tipo transicional entre estas dos formaciones, se determina de acuerdo a cambios texturales en las roca, donde la parte alta de la formación Girón está representada por capas gruesas a muy gruesas de areniscas lodosas de grano fino a muy fino de color gris parduzca claro, roja grisácea a rojiza grisácea con intercalaciones de lodolitas arenosas de color rojiza pálida y la base de la Formación Los Santos por capas gruesas a muy gruesas de arenisca de grano medio a fino, bien calibradas de color Amarillo grisáceas (Fig.54).

Figura 54. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Acapulco.



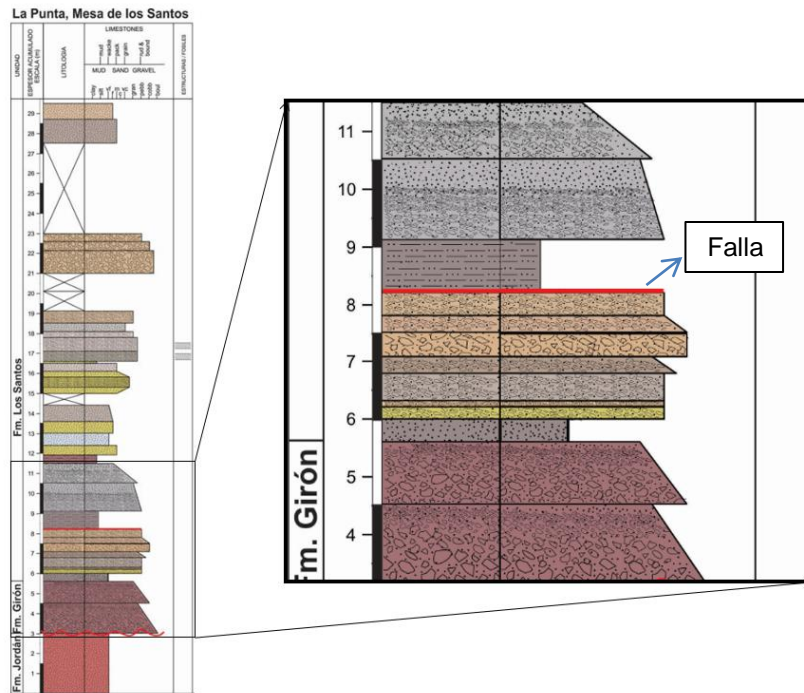
- La columna estratigráfica de la sección de Guatimaré comienza a evidenciar un contacto continuo de tipo transicional, hacia la parte superior de la Formación Girón, que está representado por capas gruesas de areniscas de grano fino, areniscas lodosas de grano muy fino y lodolitas arenosas de color rojo purpura grisáceo, rojo pálido a gris rosado, que cambian gradualmente a capas gruesas a muy gruesas de arenisca lodosas de grano muy fino a areniscas de grano fino de color gris rosado, amarillas grisáceas con laminaciones plano paralelas y en artesa hacia la parte superior de la sección (Fig.55)

Figura 55. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Guatimaré.



- La columna estratigráfica de la sección la Punta presenta un contacto continuo de tipo transicional que comienza donde la parte alta de la Formación Girón, compuesto por capas muy gruesas de conglomerados con guijarros de hasta 40cm hacia la base y disminuyendo a 10cm o menos hacia el techo de la capa, con matriz areno-lodosa, y color purpura pálido, cambian a capas medias y gruesas de areniscas lodosa de color purpura pálido seguidas de capas conglomeráticas con guijas de 4mm a 16mm bien cementados de color gris amarillento, ya correspondientes a la formación Los Santos (Fig. 56).

Figura 56. Columna estratigráfica en la cual se muestra el contacto entre la parte alta del Girón y la base de los Santos en el área de Mesa de los Santos.



A modo de resumen en la tabla 4. Se muestran los autores que han hecho referencia al límite entre las dos formaciones. Se ordena de acuerdo a su época del más antiguo al más reciente.

Tabla 4. Autores y tipo de contacto entre las formaciones Girón y Los Santos.

Autor	Contacto entre Girón y los Santos
Noteisten (1935)	Discordante
Julivert (1958)	Discordante
Morales (1958)	Discordante
Langenheim (1959)	Discordante
Langenheim (1960)	Discordante
Navas (1963)	Discordante
Cediel (1968)	Transicional (Concordante)
Ward et al., (1973)	Discordante
Laverde y Clavijo (1985)	Concordante
ANH (2002)	Continuo
Pinto, J., et al., (2008).	Concordante
Este trabajo	Transicional (Continuo)

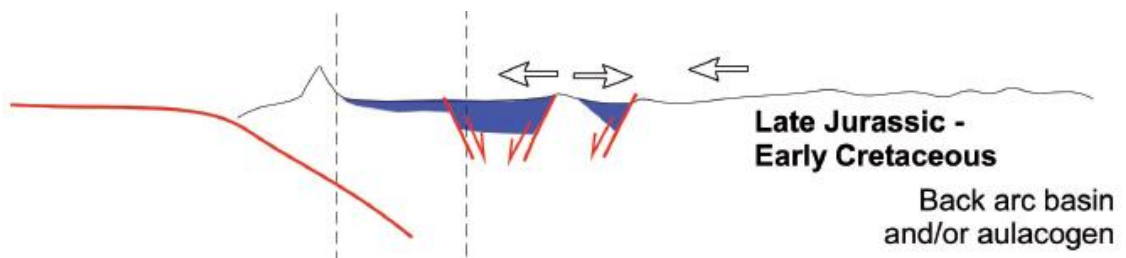
Ya definido el contacto en este proyecto y al hacer su comparación con lo dicho por varios autores, queda aún abierta la discusión para precisar de manera más clara el límite entre la Formación los Santos y Girón, que podría ser apoyada por futuros estudios más detallados y que abarquen de manera completa el área donde estas formaciones se encuentran limitando.

13. DISCUSIÓN

Varios son los conflictos existentes al definir el contacto entre las formaciones Girón y los Santos. La geometría de la paleo cuenca es uno de ellos, ya que en esta se depositaron los materiales que dieron origen a la formaciones, y que podría despejar dudas acerca de los cambios de espesor de la Formación Girón hacia la Mesa de los Santos; y el segundo es la presencia de conglomerados en la zona de la Mesa de los Santos.

De acuerdo a lo anterior, es necesario conocer el contexto tectónico que controla la formación de la paleo-cuenca. Durante el Jurásico-Cretácico Temprano, Colombia estaba controlada por un régimen extensivo, abarcando eventos desde un estado de Rift hasta una inversión tectónica, relacionados con la interacción de las placas tectónicas de Nazca, Suramérica y Caribe. El área que corresponde a la actual cuenca del Valle del Magdalena Medio, durante el Triásico-Cretácico atravesó por una fase de Rifting (Fig.57), como resultado de esfuerzos extensionales dentro de bloques continentales (Rolon L, 2004).

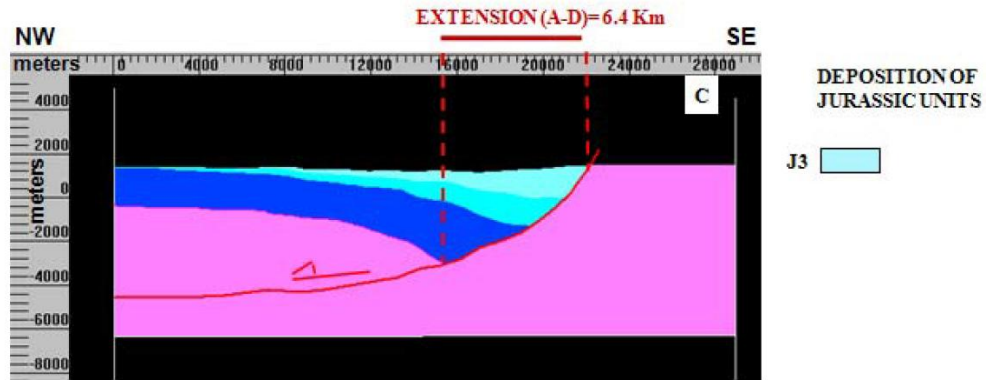
Figura 57. Esquema Tectónico de la cuenca del VMM, durante el Jurásico Tardío- Cretácico Temprano.



Tomado y modificado de Sarmiento, (2011).

Los Rellenos del rift durante la etapa syn-rift, representan una primera tectono-secuencia, que fue conformada por las formaciones Jordán, Girón, Los Santos y demás Unidades Cretácicas (Rolon, L., 2004). En un análisis estructural sobre la parte norte central de la cuenca del VMM realizada por Garavito (2008), se representa de manera gráfica esta primera secuencia Syn-rift (Fig.58).

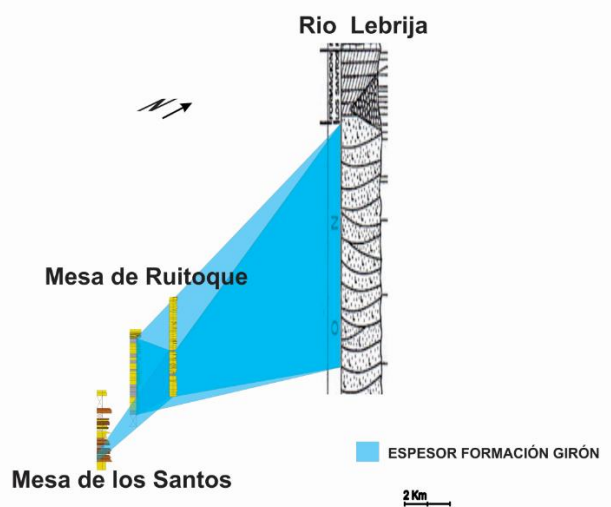
Figura 58. Esquema que muestra la primera secuencia Syn-Rift durante el Jurásico Tardío.



Tomado de Garavito, (2008)

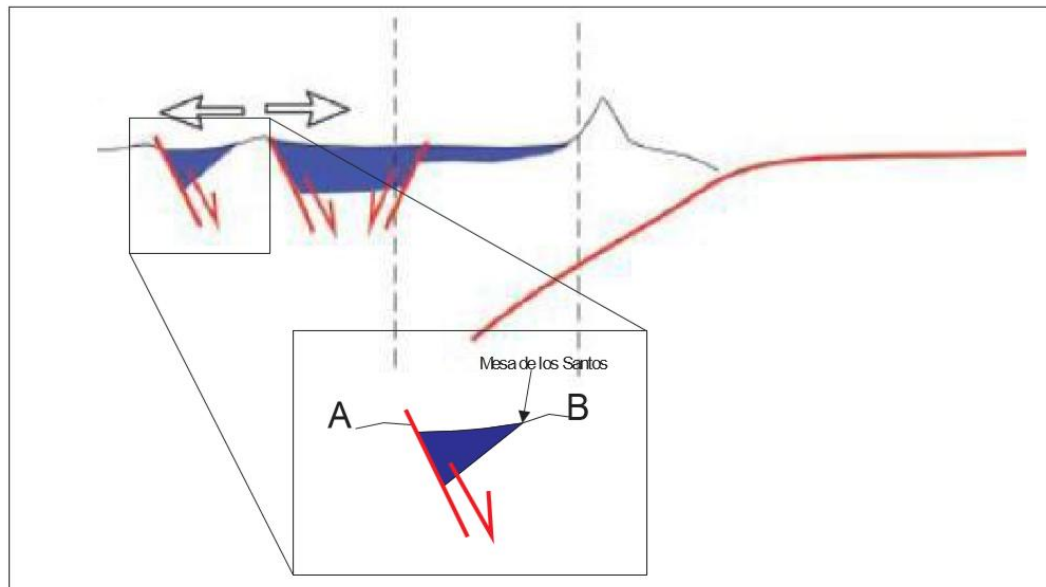
La Formación Girón de acuerdo a la correlación estratigráfica entre las columnas de este proyecto con la sección tipo del río Lebrija (Angostura Rio Lebrija. Cediél, 1968) se encuentra acuñándose hacia la Mesa de los Santos (Fig. 59). La sección del río Lebrija muestra una gran acumulación de sedimentos (4650 metros de espesor), disminuyendo hacia el sur-este en la Mesa de Ruitoque (menos de 100 metros de espesor) hasta casi desaparecer en la Mesa de los Santos (menos de 5 metros), en áreas relativamente cercanas. De acuerdo al contexto tectónico, se puede dar una posible respuesta a esta variación de espesor, en donde la Formación Girón perteneciente a la primera secuencia Syn-Rift Jurásico-Cretácico temprano, al momento de su depositación, estaba siendo controlada por fallas normales, activas durante la apertura del Rift, lo que probablemente afecto el espesor del depósito (Rolon, L., 2004; Sarmiento, 2011).

Figura 59. Correlación estratigráfica, entre las columnas levantadas en este proyecto en las Mesas de los Santos y Ruitoque, con columna estratigráfica de Angostura Rio Lebrija, Cediél 1968



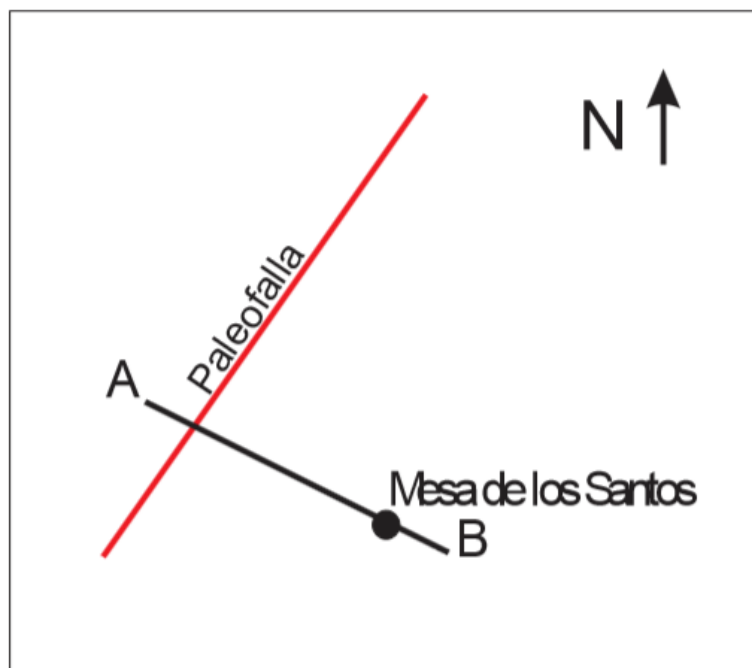
Las paleofallas normales que controlaron los cambios de espesor probablemente tenían una orientación NE-SW, en donde además se generó una rotación de ejes verticales locales por fallas limitantes de bloques durante este tiempo (Figuras 60 y 61).

Figura 60. Esquema Tectónico de la cuenca del VMM, durante el Jurásico Tardío- Cretácico Temprano, mostrando el cambio de espesor de la formación Girón y la paleo falla que lo controló.



Tomado y modificado de Sarmiento, 2011.

Figura 61. Vista en planta del corte A-B, en donde se muestra la orientación y ubicación de la paleo falla normal que posiblemente controló los cambios de espesor de la Formación Girón.



Esta consideración sobre los cambios de espesor de la primera secuencia syn-Rift, es aceptada, pero queda la incertidumbre si también es aceptada para esta zona de estudio, teniendo en cuenta la influencia de los procesos erosivos y tectónicos posteriores, lo que sugiere futuros estudios al respecto.

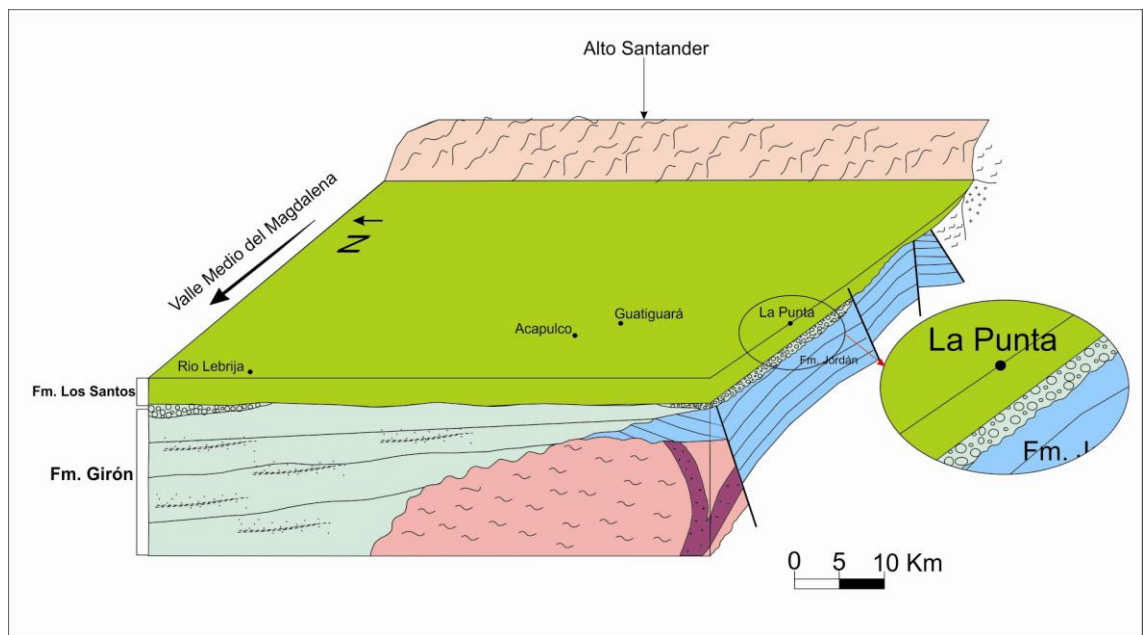
Por otro lado, la presencia de conglomerados en la Mesa de los Santos, que según Cediel (1968) hacen parte de la Formación Los Santos, definiéndolos como conglomerados basales, producto del comienzo de la transgresión de mar Cretácico; pero que se desvirtúa por Laverde (1985), quien tras un análisis facial define la Formación los Santos como un depósito continental posterior al ingreso del mar Cretácico. De acuerdo al análisis de facies realizado en el capítulo 9 estos conglomerados se definen como un depósito de abanico aluvial y de acuerdo a sus características litológicas pertenecen a la Formación Girón, desvirtuando nuevamente la consideración de Cediel (1968).

La procedencia de estos conglomerados, que solo alcanzan algunos metros de espesor (5 metros en la sección estratigráfica La punta), muy probablemente también sean producto de los esfuerzos tectónicos extensivos, que dieron origen a los depósitos Syn-Rift, donde algunas rotaciones de bloques, generaron levantamientos por la formación de un Half-Graben, lo que generó la depositación de abanicos aluviales (Cartwright, J., 1992; citado en Rolon, L., 2004).

Tanto la variación de espesor como la disposición de los conglomerados de la Formación Girón se muestran de manera mas clara en la figura 62. Esquema tridimensional que se realiza en base a la información estratigráfica recolectada

y la unión de dos cortes realizados por Cediél (1968), en el área de estudio. Esta información deja como resultado un posible paleorelieve en el que se muestran las formaciones Girón y los Santos en contacto continuo luego de su depositación.

Figura 62. Paleorelieve del area de estudio, en el que se representan las unidades Girón y Los Santos y la posición de los conglomerados.



Realizado por los autores a apartir de los cortes realizados por Cediél (1968)

Una evidencia que lleva a pensar que los conglomerados de la sección la punta están asociados a la Formación Girón, mostrados en la figura 62, es la aparición de varios capas de conglomerados en la sección tipo del río Lebrija levantada por Cediél (1968), lo que indica varios episodios de acumulación de conglomerados a medida que se depositaba esta formación, esto posiblemente mostraría que los conglomerados de la sección la Punta, en la Mesa de los Santos como una fase final de estos episodios.

Sin embargo, lo anteriormente expuesto deja abierta la discusión para el desarrollo de nuevas hipótesis, que den soluciones más claras a los conflictos planteados, que se lograrán través de estudios enfocados tanto a la determinación de la paleogeografía durante el Jurásico-Cretácico, como a la determinación de la procedencia de los conglomerados, en toda su área de extensión.

14. CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento de tres columnas estratigráficas a escala 1:100, ubicadas en la Mesa de Ruitoque (Acapulco y Guatiguará) y en la Mesa de los Santos, las cuales involucran la parte superior de la Formación Girón y la base de la Formación Los Santos (Tambor).
- La toma y descripción de las muestras macroscópica y microscópica, aportaron información para identificar las facies en cada columna y así mismo con el análisis facial se logra la interpretación del ambiente de depositación de las formaciones objeto de estudio.
- Se realizan comparaciones de las columnas levantadas en este proyecto con columnas estratigráficas anteriormente levantadas en el Rio Lebrija, Zapatoca y Mesa de los Santos, encontrando las diferencias y similitudes entre ellas para esclarecer el tipo de contacto existente entre las formaciones estudiadas.
- Se identifica y establece el tipo de contacto entre las formaciones Girón y los Santos (Tambor) en el área de estudio, el cual se define como contacto continuo transicional.

15. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar levantamiento de nuevas columnas estratigráficas y un estudio estructural detallado, en zonas donde estén presente las formaciones Girón y los Santos (Tambor); con el fin de recopilar datos suficientes para contribuir a la reconstrucción de una paleogeografía y así lograr un mejor entendimiento del comportamiento de la paleocuenca que dio lugar a estas formaciones.
- Se propone un estudio más detallado de procedencia de los conglomerados presentes en la Mesa de los Santos, para esclarecer a que formación pertenecerían teniendo en cuenta las diferentes zonas donde estos afloran y su extensión.

BIBLIOGRAFÍA

ALDANA, S. Estratigrafía de la Formación los Santos en las secciones la Navarra y el Calicho en la mesa de los santos, Departamento de Santander. Tesis de Grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2008.

ALLEN, P. y ALLEN, J. Basin Analysis. Principle and Applications. Blackwell Publishing Ltd, Australia, Second Edition, 2005, 562 pág

ANH. Cuenca Valla Medio del Magdalena: Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Núcleos, Pozo Infantas-1613. Colombia, Informe Final 2012. 82 p.

BOGGS, S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Editorial Pearson Education, Inc.; United States of America, 2nd Editio, 1995, Cap. 14: 491 pág.

BOGGS, S. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Editorial Pearson Education, Inc.; United States of Americ, 4th Edition, 2006 Cap. 12: 399 pág.

CEDIEL, F. Grupo Girón, una molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. Boletín Geológico, 1968, Vol. 16 No 1-3: 5 – 96

CLAVIJO, J. La secuencia de la formación los santos en la quebrada piedra azul: registro de una hoya fluvial evanescente. Proyecto Cretácico, Ingeominas, Bogotá, 1985, Capítulo IV: 1-18.

CONTRERAS, N. Análisis del fracturamiento presente en la Formación los Santos al noreste y centro de la mesa de los santos, Santander. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2008.

ETAYO-SERNA F. y LAVERDE, F. Proyecto Cretácico _ 3253. Publicaciones Geológicas Especiales Del Ingeominas, 1985, Nº 16, ISSN-0120-078 X

ETAYO; F. y RODRÍGUEZ, G.I. Edad de la Formación los Santos. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, 1985, Nº 16 Capítulo XXVI: 1-12. Bogotá.

EINSELE, G. Sedimentary Basin. Evolution, Facies and Sediment. Editorial Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, Germany. First edition, 2000, 632 pág

FOLK, R.L. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, United States of America, 1997.

GARAVITO, F. Structural analysis of an area in the northern central part of the Middle Magdalena Valley Basin, Colombia. Tesis de Maestría. Colorado School of Mines, 2008.

JULIVERT, M. La Morfoestructura de la zona de mesas al SW de Bucaramanga. Boletín de Geología, 1958, No. 1: 7-44.

JULIVERT, M.; BARRERO, D.; NAVAS, J. Geología de la Mesa de los Santos». Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. 1964. N°18. pp. 5-11

LANGENHEIM, R. Preliminary report on the stratigraphy of the Girón Formation in Santander and Boyacá. Boletín Geológico. 1954, No.3, pág: 35-50

LANGENHEIM, J.H. Late Paleozoic and early Mesozoic plant fossils from the cordillera oriental of Colombia and correlation of the Girón Formation. Boletín Geológico, 1961, Vol. 8 No 1-3: 95 – 132

LAVERDE, F. La Formación los Santos: un depósito continental anterior al ingreso marino del Cretácico. Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, 1985 N° 16, Capítulo XX: 1-22. Bogotá.

LAVERDE, F. y CLAVIJO, J. Análisis facial de la Formación los Santos, según el corte de tú y yo (Zapatoca). Proyecto Cretácico. Publicaciones Geológicas Especiales Ingeominas, 1985. N° 16, Capítulo VI: 1-9. Bogotá.

MIALL, A. D. Depositional Sedimentary Environments. Editorial Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg-Germany. 4th Edition. 2006, Capítulos 5, 8 y 9.

MORALES, L. et al. General geology and oil occurrence of the middle Magdalena Valley. Colombia in habitat of oil a Symposium American Association of petroleum geologists Bulletin, Tulsa, 1958, pág: 643

NAVAS, J. Estudio estratigráfico del Girón al W del Macizo de Santander (Cordillera Oriental). Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología Bucaramanga. 1963, No. 12. Pág.: 19-33.

PINTO, J., et al. Investigación geológica e hidrogeológica en la Mesa de Los Santos, Sector Nordeste de Curití y borde occidental del Macizo de Santander, Departamento de Santander. Informe Interno INGEOMINAS, Bogotá, 2008, pág: 363.

REINECK, H. E., SINGH, I. D. The Geology of Fluvial Deposits. Editorial Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. 1975, 257 pág.

RINCÓN, M. Estratigrafía de la Formación Los Santos en las secciones estratigráficas la Punta, Carrizal (mesa de los santos) y la Cuevana (Curití), Departamento de Santander. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2008.

ROLON, F. L. Structural Geometry of the Jura-Cretaceous Rift of the Middle Magdalena Valley Basin-Colombia. Tesis de Maestría. Universidad de Virginia del Este. Morgantown, WV, 2004.

ROYERO, J. y CLAVIJO, J. Mapa Geológico Generalizado de Santander. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. 2001.

SARMIENTO, L. F. Petroleum Geology of Colombia: Geology and Hydrocarbon Potential Regional Geology of Colombia. Editado por Cediell, F. y Ojeda, G. Y. Universidad EAFIT. 2011, Vol. 11. 193 p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS), INGEOMINAS. Memoria explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeología en la Mesa de los Santos y sector nordeste de Curití. INGEOMINAS. 2007

VERA, J. Estratigrafía Principios y Métodos. Editorial Rueda, Madrid; 1994, Capítulos 6, 7 y 10.

WARD, D., RICHARD, G., JAIME, C., y HERNÁN, R. Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona Departamento de Santander. Boletín Geológico, 1973, Vol. 21 No 1 - 3: 1 - 126.

WARD, D., RICHARD, G., HERNÁN, R., y GÓMEZ, E. Mapa Geológico del Cuadrángulo H-12, Bucaramanga. Instituto de Investigaciones e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS, 1977.

ANEXOS

ANEXO A: Columna Estratigráfica Acapulco a escala 1:100.

ANEXO B: Columna Estratigráfica Guatiguará a escala 1:100.

ANEXO C: Columna Estratigráfica la Punta a escala 1:100.

ANEXO D: Poligonal Sección estratigráfica Acapulco.

ANEXO E: Poligonal Sección estratigráfica Guatiguará.

ANEXO F: Poligonal Sección estratigráfica la Punta.

ANEXO G: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica Acapulco.

ANEXO H: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica Guatiguará.

ANEXO I: Columna Análisis de facies Sección estratigráfica La Punta.

ANEXO J: Catalogo de fotos.

ANEXO K: Catalogo de muestras de mano.