

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRAFICA, DE  
LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL,  
VILLANUEVA Y ARATOCA (DEPARTAMENTO DE SANTANDER), CON FINES  
HIDROGEOLÓGICOS.**

**JAIME ANDRÉS CASTELLANOS MEJIA  
DAVID GUTIÉRREZ TOLEDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2006**

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRAFICA, DE  
LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE SAN GIL,  
VILLANUEVA Y ARATOCA (DEPARTAMENTO DE SANTANDER), CON FINES  
HIDROGEOLÓGICOS.**

**Proyecto de grado para optar al título de  
GEÓLOGO**

**JAIME ANDRÉS CASTELLANOS MEJIA  
DAVID GUTIÉRREZ TOLEDO**

**Director**

**JUAN DIEGO COLEGIAL GUTIÉRREZ  
Geólogo Phd.**

**Codirector**

**SULLY GOMEZ ISIDRO  
Doc. Ingeniera Civil.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2006**

## **DEDICATORIA**

A Dios le dedico y doy gracias por mostrarme el camino a seguir, y por ayudarme en los momentos difíciles.

Por ser la fuerza que me inspira a seguir adelante, este trabajo es para toda mi Familia, en especial a mi Mama, mi Papa y mis hermanas. Espero tenerlos siempre a mi lado, para que así poder retribuirles todo lo que he recibido.

Solo me queda por decir: Gracias

**JAIME**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su amor y darme bienes espirituales, físicos y materiales, que de una y otra forma, contribuyeron a sacar adelante

A mi Familia Por su apoyo

A mis amigos me aprecian, aman y, me han aportado sus opiniones sinceras.

Y en el especial a mi ángel sobre las estrellas mi mamita

De corazón, infinitas gracias.

**DAVID**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por iluminarnos y darnos fortaleza para no desfallecer a lo largo de este camino.

A la Universidad Industrial de Santander " UIS " por habernos permitido ser parte del proceso formativo como Profesionales

A todos los que de una u otra forma colaboraron en la realización de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1. GENERALIDADES	23
1.1 LOCALIZACIÓN	23
1.2 VÍAS DE ACCESO	24
1.3 POBLACIÓN	24
1.4 CLIMA	25
1.5 HIDROGRAFÍA	27
1.6 ÁMBITO GEOLÓGICO	30
1.7 ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO	30
2. CARTOGRAFÍA	42
2.1 REVISIÓN DE CARTOGRAFÍA PRE-EXISTENTE	42
2.2 FOTOGEOLOGIA	46
2.3 GEOMORFOLOGÍA	53
2.3.1 Formas De Origen Estructural-Denudativo (S-D).	56
2.3.2 Formas De Origen Denudacional (D).	59
2.3.3 Formas De Origen Kárstico (K).	61
2.4 CAMPO	63
2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS	64
2.6 PETROGRAFÍA	64
3. GEOLOGÍA	68
3.1 LITOLOGÍA	68
3.2.1 Formación Silgará	68

3.3 SISTEMA JURASICO	70
3.3.1 Formación Jordán	70
3.3.2 Formación Girón:	72
3.3.3 Formación Tambor:	74
3.3.4 Formación Rosablanca:	78
3.3.5 Formación La Paja:	81
3.3.6 Formación Tablazo	85
3.3.7 Formación Simiti	88
3.3.8 Depósitos de Derrubios, Qd:	91
3.3.9 Depósitos de Aluviales, Qal:	93
3.4 COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS.	93
3.4.1 Columna Generalizada de la zona de estudio.	93
3.4.2 Columna de la Formación Rosablanca	95
3.4.3 Columna sobre el camino real que conduce al municipio de Jordán Sube	100
3.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	102
3.5.1 Tectonica.	102
3.6 ESTRUCTURAS	103
4. ARCILLAS	117
4.1 MUESTREO Y PREPARACIÓN DE ARCILLAS PARA POSTERIOR ANÁLISIS POR DRX.	117
4.1.1 Generalidades de las Arcillas	117
4.1.2 Familia de la Caolinita Según Besoain	117
4.1.3 Familia de las Esmeclitas o minerales expandibles.	118
4.1.4 Familia de las micas.	119
4.2 METODOLOGÍA	119
4.2.1 Muestreo y descripción	119
4.2.2 Fase de laboratorio	122
4.2.3 Procedimiento	123
4.2.3 Análisis de los Difractogramas	125
4.2.4 Resultado de análisis	130

4.2.5 Correlación estratigráfica de los resultados	130
4.2.6 Columna en la zona del Aeropuerto Los Pozos:	130
4.2.7 Columna entre la vereda Los Pozos (Aeropuerto) y la vereda Choro Bajo .	132
4.2.8 Columna entre la vereda el Guayabal	133
CONCLUSIONES	136
BIBLIOGRAFIA	138
ANEXOS	141

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización zona de estudio.	23
Figura 2. Mapa de la zona de estudio, mostrando una divisoria basada en los tipos de drenajes a lo largo de esta.	26
Figura 3. Localización de las planchas 135 y 151	43
Figura 4. Esquema facial que muestra la secuencia sedimentaria del Jurásico y las unidades Cretácicas del Cumbre, Tambor, Rosablanca, Ruitoque, La Paja, Tablazo, Simití y Chiquinquirá.	44
Figura 5. Esquema de correlaciones entre las unidades litoestratigráficas de Santander y áreas aledañas, basado en diferentes autores.	45
Figura 6. Mapa de los drenajes y los principales lineamientos en la zona de estudio.	48
Figura 7. Líneas de vuelo que cubren el área de estudio.	50
Figura 8. Diagrama triangular para clasificación composicional de las areniscas.	66
Figura 9. Clasificación de las areniscas con base en la textura y la composición	66
Figura 10. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional,	67
Figura 11. Esquema explicativo de las provincias tectónicas del departamento de Santander.	103
Figura 12. Esquema explicativo de las principales estructuras en el departamento de Santander.	104
Figura 13. Diagrama de rosas para el sector de Aratoca.	110
Figura 14. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Aratoca.	111

Figura 15. Tensor de esfuerzos calculado por el método de diedros rectos. Con desplazamiento de rumbo destal y una mínima componente de desplazamiento inverso.	112
Figura 16. Diagrama de rosas para el sector de Paloblanco.	113
Figura 17. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Paloblanco.	113
Figura 18. Tensor de esfuerzos calculado por el método de diedros rectos El eje principal ( $\sigma_1$ ) es horizontal en dirección NE – SW. Con desplazamiento de rumbo destal y una mínima componente de desplazamiento inverso	114
Figura 19. Diagrama de rosas para el sector de Las Minas	115
Figura 20. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Las Minas	116
Figura 21. Estructura elemental de la Montmorillonita, illita y caolinita	119
Figura 22. Cuadro sinóptico del procedimiento de laboratorio, en Arcillas	124
Figura 23 Natural AVS 131	125
Figura 24 Etilenglicol AVS 131	125
Figura 25 500° AVS	131
Figura 26. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Ilita: Fucsia, Esmectita: Amarillo, 10-14c: celeste) en la columna etratigráfica.	129
Figura 27. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Ilita:	131
Figura 28. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Ilita: Fucsia, 10-14c: celeste y 10-14Sm: morado) en la columna estratigráfica.	132

## LISTA DE FOTOS

	<b>Pág.</b>
Foto 1. Fotografía aérea # 73, del vuelo C- 2475. Escala 1:50000. Se describen los drenajes (azul) y vías (rojo) en la zona de estudio.	47
Foto 2. Panorámica de la zona mostrando la mesa de la zona de estudio	56
Foto 3. Panorámica mostrando el eje del anticlinal de Las Antenas.	57
Foto 4. Escarpe en la vereda el Guasimo. Aratoca.	58
Foto 5. Escarpes de la Formación Tambor sobre la vereda Cruz de Piedra.	59
Foto 6. Conos de derrubio en la Vereda Cruz de Piedra. Qd.	60
Foto 7A. Formas por Disolución.	62
Foto 7B. Formas por disolución.	62
Foto 8. Afloramiento de Metareniscas, sobre la vía Bucaramanga - San Gil.	68
Foto 9. Afloramiento sobre la quebrada Aratoca perteneciente a Esquistos.	69
Foto 10. Afloramiento de lodolitas marrón rojizo de la Fm Jordán.	71
Foto 11. Afloramiento de lodolitas con venas de calcita	72
Foto 12. Afloramiento de areniscas rojizas de la Fm Girón.	72
Foto 13. Limolitas verdosas violáceas hacia el tope de la Fm Girón. En contacto concordante con la Fm Tambor.	73
Foto 14. Contacto discordante entre las formaciones Girón y Tambor.	74
Foto 15. Afloramiento de areniscas blancas de la Fm Tambor	75
Foto 16 y 17. La fotografía (16) de la Izquierda pertenece la zona del Boquerón y muestra una fuerte lixiviación en las areniscas. La fotografía (17) de la derecha muestra la estratificación en artesa sufrida por la Fm Tambor en el Guasimo.	76
Foto 18. Pertenece a areniscas blancas de la Fm Tambor sobre la vía a Jordán Sube, presenta estratificación cruzada.	77
Foto 19. Mina de caliza Árbol Solo, Fm Rosablanca.	79

Foto 20. Minas del Almirante Colon. Minas de Yeso. Fm Rosablanca.	80
Foto 21. Afloramiento de calizas intercaladas con capas de yeso gris y shales.	81
Foto 22. Afloramiento de shales negros con nódulos de gran tamaño intercalados con margas, de la Fm La Paja.	82
Foto 23. Afloramientos de la Fm La Paja a través de la zona, en los cuevas se aprecian las variaciones tanto en sus laminas de yeso como en sus nódulos	84
Foto 24. Escarpe con intercalaciones de calizas compactas y fisiles, en la vereda El Espinal. Fm Tablazo.	85
Foto 25. Calizas bastante diaclasadas sobre la vía que conduce de San Gil al aeropuerto Los Pozos.	86
Foto 26. Cascada de la quebrada las Burras, la cual tiene su cause sobre calizas bastante diaclasadas de la Fm Tablazo.	87
Foto 27. Afloramiento de la Fm Simiti, sobre la carretable que conduce a las Juntas desde Villanueva.	89
Foto 28. Arenas arcillosas de colores amarillos claros sobre la vereda Guamito.	90
Foto 29. Arcillolita con estructuras de Duripan sobre la vía que conduce al Aeropuerto de San Gil, desde la carretera que comunica Villanueva.	91
Foto 30. Panorámica desde la vereda Cruz de Piedra hasta el municipio de Jordán Sube, donde se aprecia tanto los depósitos por derrubios como los aluviales.	91
Foto 31. Cuaternarios hacia el topé del escarpe de la Fm Rosablanca en el cañón del Río Chicamocha en la vereda El Espinal.	92
Foto 32. Se Aprecia Los Depósito De Tipo Aluvial Y De Derrubio Del Municipio De Jordán Sube, Y las demás unidades que forman el paisaje.	92
Foto 33. Cuaternario aluvial, Vereda Macaregua.	93
Foto 34. Lineamiento de la Quebrada Paloblanca	108

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

Tabla 1. Tablas con los rangos de temperatura según Caldas y Lang, para la clasificación del tipo de Clima. Obtenidas del plan de ordenamiento territorial de los Municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca.	26
Tabla 2. Fotos y vuelos pertenecientes a la Zona de estudio.	50

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1 Mapa Geologico	142
Anexo 2 Mapa Estructural	143
Anexo 3 Mapa Fotogeológico	144
Anexo 4 Columna Estratigrafica Generalizada	145
Anexo 6 Columna Estratigrafica Formación Rosa Blanca	147
Anexo 7 Columna Estratigrafica De La Formación Simiti Del Aeropuerto	148
Anexo 8 Columna Estratigrafica De La Formación Simiti Del Guayabal	149
Anexo 9 Columna Estratigrafica De La Formación Simiti Los Pozos	150
Anexo 10 Porcentaje Contenido De Arcillas Del La Formación Simiti Para El Pozos	151
Anexo 11 Porcentaje Contenido De Arcillas Del La Formación Simiti Para El Aeropuerto	152
Anexo 12 Porcentaje Contenido De Arcillas Del La Formación Simiti Para El Pozos	153
Anexo 13 Imagen Satelital De La Zona De Estudio	154
Anexo 14 Perfil 1	155
Anexo 15 Perfil 2	156
Anexo 16 Perfil 3	157

## RESUMEN

TITULO: CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRAFICA, DE LA ZONA COMPRENDIDA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE SANGIL, VILLANUEVA Y ARATOCA (DEPARTAMENTO DE SANTANDER), CON FINES HIDROGEOLÓGICOS.\*

AUTOR(ES): JAIME ANDRÉS CASTELLANOS MEJIA Y DAVID GUTIÉRREZ TOLEDO.\*\*

PALABRAS CLAVES: CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA, CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRAFICA, ESTRUCTURAL, ARCILLAS, FINES HIDROGEOLÓGICOS.

### **DESCRIPCIÓN:**

Para el desarrollo de un modelo hidrogeológico conceptual sobre una zona específica es necesario la implementación de trabajos que ayuden a la comprensión del sistema hídrico, como lo son la realización de una cartografía geológica, la caracterización estratigráfica y la comprensión del sistema estructural sobre la zona de interés. El trabajo trata estos aspectos sobre la zona Guanentina, comprendida entre los municipios de Sangil, Villanueva y Aratoca; ubicados geográficamente en la parte central del departamento de Santander al oeste del Macizo de Santander, abarcando un área de doscientos cincuenta (250) kilómetros cuadrados.

La metodología que se empleó consistió como primera medida en la revisión de la cartografía pre-existente, siguiendo con un tratamiento fotogeológico, y por último una fase de campo en donde se trabajaron cuatro aspectos de importancia los cuales fueron, Geomorfología, Litología y Estratigrafía, Geología Estructural, y Tratamiento de Arcillas; este último aspecto fue realizado debido a que durante el desarrollo del trabajo se observó una fuerte relación entre los niveles arcillosos y el sistema acuífero, de tal manera que se hacía indispensable un conocimiento más detallado de estas. La integración de estos aspectos dio como resultado el mapa geológico de la región a escala 1: 25000, caracterizado por unidades con edades que van desde el Predevónico, Jurásico superior, y Cretácico inferior; concluyéndose además a nivel estructural que la tectónica general del área geológicamente se asocia a un bloque fallado siendo el producto de esfuerzos principales compresivos con rumbo de 280° a 300° y buzamiento prácticamente vertical, dando origen a un fallamiento inverso y a estructuras plegadas. y encontrándose que los niveles que presentan mayor interés en el sistema hidrogeológico son las areniscas y las arcillas pertenecientes a la formación Simiti,

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Geología. Directores: Juan Diego Colegial Gutiérrez y Sully Gómez Isidro

## ABSTRACT

TITLE: IT MAPS GEOLOGICA And CHARACTERIZATION ESTRATIGRAFICA, OF The ZONE BETWEEN The MUNICIPALITIES OF SANGIL, VILLANUEVA And ARATOCA (DEPARTMENT OF SANTANDER), WITH AIMS HIDROGEOLOGICOS.

AUTHORS: JAIME ANDRÉS CASTELLANOS MEJIA Y DAVID GUTIÉRREZ TOLEDO.

KEY WORDS: IT MAPS GEOLOGICA, CHARACTERIZATION ESTRATIGRAFICA, STRUCTURAL, CLAYS, AIMS HIDROGEOLOGICOS.

DESCRIPTION: For the development of conceptual a hidrogeológico model on a zone the implementation of works specifies is necessary that help the understanding of the hydric system, as they are it the accomplishment of a geologic cartography, the estratigráfica characterization and the understanding of the structural system on the zone of interest. The work treats these aspects on the Guanentina zone, between the municipalities of Sangil, Villanueva and Aratoca; located geographically in the central part of the department from Santander to the west of the Bulk of Santander, including an area of two hundred fifty (250) kilometers square. The methodology that use was consisted like first measurement of the revision of the preexisting cartography, following with a fotogeológico treatment, and by I complete a phase of field in where four aspects of importance worked which they were, Geomorfología, Litología and Estratigráfica, Structural Geology, and Clay Treatment; this I complete aspect was made because during the development of the work I am observed a strong relation between the argillaceous levels and the water-bearing system, in such a way that towards indispensable a knowledge but detailed of these. The integration of these aspects gave like result the geologic map from the region on scale 1: 25000, characterized by units with ages that go from the Predevonico, superior Jurasico, and inferior Cretácico; concluding in addition at structural level that the general tectonica of the area geologically is associated to a failed block being the product of compresivos main efforts with course of 280° to 300° and practically vertical dip, giving origin to an inverse fallamiento and to folded structures. and being that the levels that present/display greater interest in the hidrogeológico system are arenaceous and the clays pertaining to the Simiti formation,

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Químicas, Escuela de Geología  
Directores: Juan Diego Colegial Gutiérrez y Sully Gómez Isidro

## INTRODUCCIÓN

Teniendo como base la necesidad de mejorar la cartografía propia de nuestra región con el fin de brindar una herramienta técnica fundamental para la implementación de proyectos con fines hidrogeológicos; de acuerdo con el Programa de Exploración de Aguas Subterráneas el cual es una iniciativa de INGEOMINAS para evaluar el potencial del recurso hídrico del subsuelo colombiano y así para abastecer el consumo humano en sectores del territorio nacional y regional. De esta forma resulta fundamental el complementar y perfeccionar la cartografía ya existente de tal manera que puedan ser ubicadas las zonas de mayor atracción hídrica dentro de la zona de estudio.

Lo anterior implica lograr un profundo conocimiento sobre las diferentes unidades lito-estratigráficas que ocurren en nuestra zona de Mesetas y su situación estructural; unidades que necesitan ser mayormente definidas y estudiadas. Para lograr este objetivo es necesario un trabajo de campo y de oficina estructurado y ceñido a una metodología enfocada al estudio del agua. Basado en esto la cartografía geológica debe realizarse haciendo énfasis en la litología, textura, tipo de porosidad, ambientes de deposición, estructuras tectónicas y geomorfológicas, así como composición mineralógica de los sedimentos y rocas. Se deben utilizar herramientas y disciplinas, tales como interpretación de fotografías aéreas, imágenes de radar y satélite, estratigrafía, sedimentología y geología estructural, principalmente.

El presente estudio se ha realizado con el fin de servir como base en la aproximación a un modelo hidrogeológico conceptual que se lleva a cabo por el Grupo de Predicción y Modelamiento Hidroclimático, el cual tiene como misión la investigación, el estudio y la apropiación de conocimiento del recurso hídrico

superficial y subterráneo así como los procesos hidrogeológicos que ocurren y determinan su movimiento en la zona Guanentina.

En el desarrollo de este trabajo se implementaron metodologías que permitieran detallar rasgos importantes de la geología de la zona Guanentina (municipios de San Gil, Villanueva, Aratoca y Jordán Sube), ya que son las formaciones geológicas el medio de almacenamiento y transporte del agua subterránea; las metodologías se encuentran encaminadas a un estudio a detalle de las litologías y estructuras en superficie, para lo cual se realizó la cartografía geológica a escala 1:25000, una caracterización de las estructuras presentes en la zona y un análisis por medio de difractogramas de los sedimentos que componen las unidades arcillosas de la zona.

A partir del análisis e interpretación de la información adquirida durante el trabajo de campo y adicionando datos obtenidos en los análisis posteriores en el laboratorio y mediante la realización de perfiles geológicos y columnas estratigráficas se elaborara un modelo geológico de la zona de trabajo.

Para dar un mejor entendimiento acerca de lo realizado en este trabajo a continuación describimos su estructura y la idea de los aspectos fundamentales que lo componen. En el capítulo se hace referencia a los diferentes aspectos de la zona de estudio como sus generalidades y la superficie. El Capítulo dos describe la metodología llevada a cabo para la realización de la cartografía geológica, la fotogeología y las geoformas identificadas en la zona. En el capítulo tres se hace la descripción de las diferentes formaciones lito-estratigráficas y su comportamiento estructural. El capítulo cuatro presenta los análisis realizados a los sedimentos arcillosos en las diferentes unidades que componen el área de trabajo. En el capítulo 7 se realiza la aproximación a un modelo Geológico enfocado a la hidrogeología.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la cartografía geológica a escala 1:25000 en un área de 250 Km<sup>2</sup> la cual aportara al conocimiento e identificación de las características geológicas y en detalle la caracterización estratigráfica y estructural del área entre los municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca, Santander, con el fin de aproximarse a los parámetros estructurales, litológicos y estratigráficos que definen el comportamiento del área.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Elaborar la cartografía geológica de la zona a una escala 1: 25000 por medio de los datos obtenidos en campo y los rasgos geomorfológicos reconocidos de fotografías aéreas y de imágenes satelitales

Validar la geología descrita para la zona de trabajo en estudios preliminares, mediante un muestreo detallado, para confirmar o replantear cartografías anteriores.

Realizar el Mapa morfoestructural a partir de imágenes satelitales y fotografías aéreas

Elaboración de columnas estratigráficas a escala 1:200, las cuales darán un mayor conocimiento de la estratigrafía de la zona y ayudara a definir unidades estratigráficas de mayor interés desde el punto de vista hídrico a partir de la descripción de propiedades sedimentológicas.

Medición y elaboración de diagramas de la orientación y densidad del diaclasamiento y posterior tratamiento estadístico de datos estructurales, con el fin de proponer direcciones de esfuerzo.

Determinar las zonas que presenten comportamientos hidrogeológicos homogéneos, a partir de la relación unidades roca / depósitos sedimentarios/ control estructural, mediante fotointerpretación y reconocimiento y toma de datos en campo.

Estudio petrográfico de muestras macroscópicas.

Realizar muestreo y análisis granulométrico de arcillas para su posterior estudio de difracción de rayos X.

Proponer y evaluar las diferentes zonas de recarga entre los municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca; de acuerdo con características geomorfológicas, litológicas, hidrológicas y estructurales.

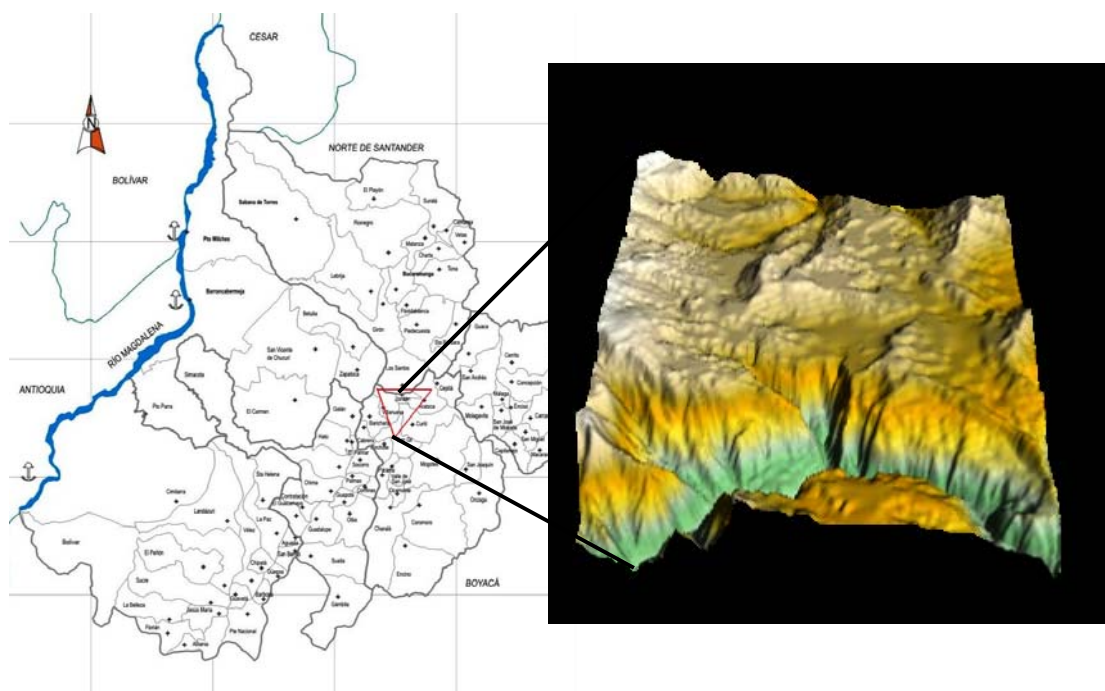
Obtener un mapa y un modelo estructural geológico de la cuenca a partir del desarrollo de perfiles geológicos, de columnas estratigráficas y su influencia en la dimensión hidrogeológica.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona central del departamento de Santander y esta corresponde a la Provincia Guanentina, la cual se encuentra delimitada por los ríos Chicamocha al N, la carretera principal que comunica los municipios de San Gil y Villanueva al W, y el Municipio de San Gil al S, así como la quebrada Aratocha al NE y la carretera San Gil-Aratocha al E. Cubre una extensión de 250 km<sup>2</sup> y hace parte de las planchas 135-II-A, 135-II-B, 135-II-C, 135-II-D, 135-IV-A, 135-IV-B y 120-IV-C y con coordenadas en X=1211000-1241000 y en Y = 1096500-1117500. (Figura 1)

Figura 1. Localización zona de estudio.



Hacen parte de la zona de estudio los municipios de San Gil, Villanueva, y Aratoca.

## **1.2 VÍAS DE ACCESO**

Para llegar a la zona de estudio se llega por la vía que comunica a las ciudades de Bucaramanga – Bogotá. Se accede al municipio de Aratoca, y sobre la misma vía se ingresa al municipio de San Gil.

Al llegar al municipio de San Gil se puede tomar la carretera que comunica con el municipio de Barichara, y sobre el Kilómetro 14 en la zona conocida como El Choro, se toma el desvío hacia el NE, el cual conduce hacia el municipio de Villanueva, el cual actuó como centro logístico y geográfico de la zona de estudio. Otra forma de llegar, es utilizando vías alternas como el camino real que comunica los municipios de Los Santos – Jordán Sube, y las diferentes carretables intermunicipales e interveredales que permiten un acceso alternativo a la zona de estudio.

## **1.3 POBLACIÓN**

La población aproximada para la Zona de estudio (zona Guanentina), es de alrededor de 58.627 personas; esto basado en estimaciones del Dane para los años comprendidos entre el 2001 y 2005.

Según estadísticas del Dane la población se encuentra distribuida para cada uno de los municipios que forman parte de la zona de estudio de la siguiente manera: Para el año 2003 se espera contar con una población de 7.916 habitantes en el municipio de Aratoca, de los cuales 2066 habitantes se encuentran sobre la cabecera municipal representando el 26.10% de la población y 5.850 habitantes representando el porcentaje restante habitando la zona rural.

Para el municipio de Villanueva hacia el año de 2003 se espera contar con una población de 9.031 habitantes, distribuidos sobre la cabecera municipal y las veredas pertenecientes a la zona rural del municipio.

Para San Gil fue estimado para el año 2002 una población de 41.680 habitantes, de los cuales 32.718 habitantes se encuentran en el casco urbano representando el 78.49% y 8.968 habitantes en la zona rural representando el porcentaje restante.

La economía de la población esta basada en la agricultura de la siguiente manera: Para el municipio de Aratoca la agricultura esta basada en el cultivo de la mata de Fique, al igual que el los cultivos de Café y Piña; para Villanueva la agricultura gira entorno de la mata de Tabaco y el Fríjol y para el municipio de San Gil en Tabaco. Pero en si el municipio de San Gil se abástese de los municipios aledaños a este.

#### **1.4 CLIMA**

La región presenta en primer lugar una zona con alturas de 500m sobre el nivel del mar, que corresponde al cañón del Río Chicamocha, en los cuales predomina el clima caliente, con temperaturas mayores a los 25° C, su vegetación consiste en bosque seco tropical y bosque seco premontano (Atlas de Colombia, 1977). Por otra parte el área de de Mesas y Cuestas, con alturas entre los 1000 y 2000m, presenta un clima templado, con temperaturas de 17° C a 24° C, y se caracteriza por una vegetación de bosque húmedo premontano. La precipitación promedio anual es de 2.500 mm, con excepción de la región de los cañones de los Ríos Chicamocha y Suárez donde llega solo hasta 1200 mm.

▪ **Exposición Al Sol Y Evapotranspiración.** La región se caracteriza por baja precipitación y nubosidad, consecuencia de la barrera natural de la Serranía de los Cobardes, la cual impide el flujo normal de los vientos húmedos provenientes del

Valle Medio del río Magdalena hacia esta zona, los cuales al intentar franquear la serranía, pierden su humedad quedando convertidos en corrientes de aire seco, sin nubes, dejando expuesta la superficie de la región estudiada a los rayos del sol durante gran parte del día.

Esta alta exposición, es uno de los factores que más influye en el clima, provocando una alta y rápida evapotranspiración haciendo que esta región tenga un clima con tendencia a la aridez.

El término evapotranspiración es la suma de la evaporación producida por la temperatura (grado de calor) del área y la transpiración de la vegetación.

▪ **Temperatura.** Para la zonificación climática del municipio se utilizó el modelo de Caldas – LANG que considera los siguientes aspectos: Altura sobre el nivel del mar, valor promedio anual de temperatura y precipitación. De esta forma se tuvieron como base el Estudio de la Temperatura para el Departamento de Santander elaborado por el IDEAM el cual fue ajustado con el Estudio de Temperatura para el Departamento de Santander.

Los rangos requeridos se siguieron de la siguiente tabla:

Tabla 1. Tablas con los rangos de temperatura según Caldas y Lang, para la clasificación del tipo de Clima. Obtenidas del plan de ordenamiento territorial de los Municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca.

<b>MODELO CLIMÁTICO DE CALDAS</b>			
Piso Térmico	Clasificación	Rangos de Alt(m)	Temp en oC
Cálido	C	0-865	$T \geq 24$ oC
Templado	T	865-1950	$24 > T > 17.5$
Frío	F	1950-2865	$17.5 > T > 12$
Páramo Bajo	PB	2865-3697	$12 > T > 7$
Páramo Alto	PA	3697-4895	$T < 7$

<b>MODELO CLIMÁTICO DE LANG</b>			
Piso Térmico	Clasificación	Rangos de Alt(m)	Temp en oC
Cálido	C	0-865	$T \geq 24$ oC
Templado	T	865-1950	$24 > T > 17.5$
Frío	F	1950-2865	$17.5 > T > 12$
Páramo Bajo	PB	2865-3697	$12 > T > 7$
Páramo Alto	PA	3697-4895	$T < 7$

De acuerdo a estos parámetros, según el modelo climático de Lang el cual arrojó un índice de 58.1, el clima correspondiente para la zona de estudio en general y mas específicamente para San Gil es Semiárido y según la clasificación de Caldas es Templado, con alturas que oscilan entre los 950 y 1250 msnm y temperaturas superiores a los 24° C.

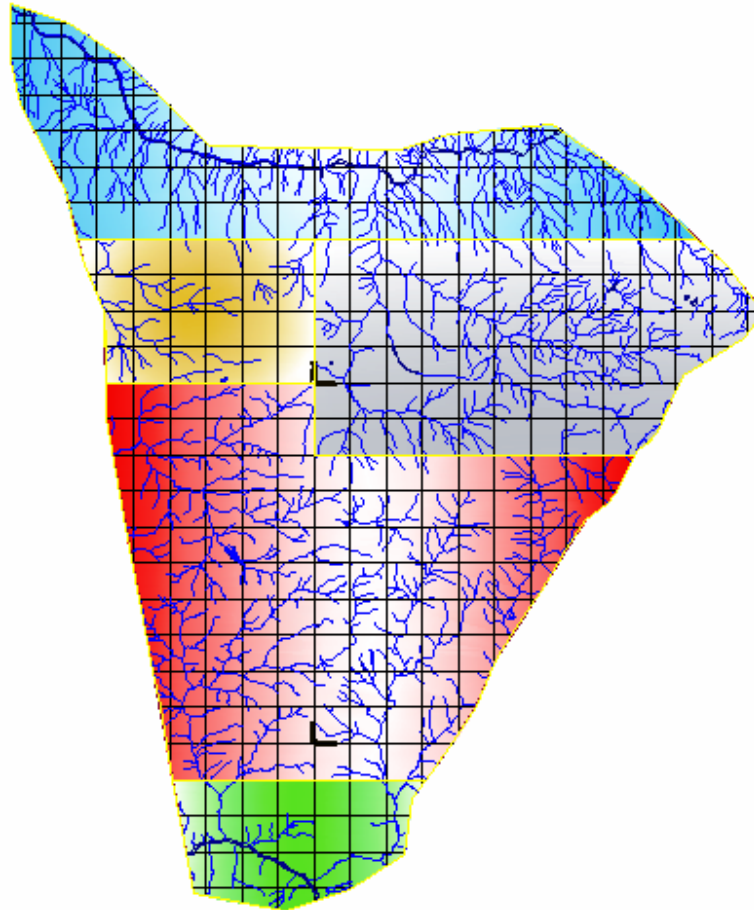
- **Precipitación.** A través del tiempo, se observa una leve disminución y alteración del régimen normal de precipitaciones, en la magnitud y la frecuencia. En la actualidad se presentan largos períodos secos con esporádicas lluvias torrenciales, que transportan sedimentos principalmente de origen arcilloso de las Formaciones Paja y Simití, por estar la roca desprovista de cobertura vegetal; hecho por el cual se desatan los procesos erosivos que se inician con la formación de surcos, los cuales evolucionan a cárcavas, muy típicas en el paisaje de la región.

## **1.5 HIDROGRAFÍA**

El área de estudio esta conformada por dos arterias fluviales principales que son: el Río Fonce que hacia San Gil corre hacia el noroeste describiendo una curva para tomar rumbo este-oeste hasta desembocar al Río Suárez y el Río Chicamocha que atraviesa el área en la esquina norte en dirección este-oeste.

En general las morfologías presentadas por los drenajes son de tipo dendrítico y paralelo, así como se muestra en la grafica.

Figura 2. Mapa de la zona de estudio, mostrando una divisoria basada en los tipos de drenajes a lo largo de esta.



Aportando a estas arterias, fue encontrada una red de drenaje secundaria, la cual esta conformada por diferentes quebradas a lo largo de la zona de estudio. Dichas quebradas tiene su origen en las partes más altas de la zona de mesas, brindando un continuo aporte local.

Esta red de drenajes secundarios esta conformada por:

- Quebrada La Laja, la cual se encuentra ubicada en la vereda Guarigua Bajo y tiene su nacimiento sobre la Vereda guayabal y es producto de la confluencia entre las quebradas Guayabal y El Guasimo. La Quebrada La Laja tiene su desembocadura en el Río Fonce, en la parte oeste del municipio de San Gil.
- Quebrada La Paloblanca se encuentra ubicada entre las veredas Paloblanco Bajo y Chapala, y tiene su nacimiento sobre la parte alta de la vereda La Peña. El caudal de agua que lleva dicha quebrada aunque es constante es muy pobre. Su desembocadura se encuentra fuera de los límites de nuestra zona de estudio.
- Quebrada La Laja se encuentra ubicada entre la Vereda El Placer y la vereda San Carlos. Su nacimiento se encuentra en la parte superior de la Vereda La Laja, sobre el cauce de esta fue construida una represa la cual lleva el mismo nombre de la quebrada. El nivel presentado de transporte de agua es bueno y constante, aunque la represa esta todavía muy seca. La desembocadura tiene lugar sobre la Quebrada Clavellinas. Y esta a su vez desemboca sobre el Río Chicamocha.
- Quebrada Aratoca. Se encuentra ubicada en la parte sur-occidental del municipio de Aratoca, Tiene su nacimiento en el mismo municipio de Aratoca y sirve de afluentes del Río Chicamocha.
- Quebrada Macaregua y Quebrada Seca. Se encuentran y tienen su nacimiento sobre las veredas Quebrada Seca y Macaregua Rincón. Estos dos afluentes convergen en uno solo el cual lleva el nombre de Quebrada Macaregua y tiene su desembocadura con una dirección Sur – Norte sobre el Río Chicamocha.
- Quebrada Las Burras. Esta quebrada establece el límite Noroccidental de la zona. Tiene su nacimiento en la vereda Limoncito y su desembocadura se

encuentra en el Río Suárez. Y se encuentra ubicada entre las veredas Limoncito y La Lajita.

Se tiene una red de drenajes de escorrentía, los cuales solo tienen relevancia en épocas de lluvia.

## **1.6 ÁMBITO GEOLÓGICO**

Geológicamente se ubica en la parte occidental del macizo de Santander. Litológicamente aflora rocas sedimentarias de las formaciones Jordán, Girón, Tambor, Rosablanca, Paja, Tablazo y Simiti; depósitos cuaternarios de tipo de derrubios, de tipo coluvial y aluvial, y rocas metamórficas (Silgara).

Las edades de estas rocas oscilan entre el Pre - Devonico y el Jurásico. Los rasgos estructurales más sobresalientes son las fallas del Suárez, la Falla de Curití, La Falla La Laja en la vereda Cruz de Piedra, los anticlinales y sinclinales originados por el cabalgamiento en el límite occidental de la zona. Además de esto se presentan varios lineamientos a través de la zona de estudio.

## **1.7 ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO**

A partir de la necesidad, de abastecimiento de agua que sufre la región comprendida entre los municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca, se hace necesario la búsqueda de trabajos representativos, en este campo realizados en Colombia y nivel mundial de zonas con problemáticas similares y las diferentes técnicas de estudio hidrológico utilizadas en pro de conseguir soluciones a dicho problema. Algunos de los trabajos más representativos en este campo realizados en Colombia:

Hacia el año de 1958 se llevo acabo la Morfoestructura de la zona de las mesas al sur-oeste de Bucaramanga (Colombia SA) por M. Julivert. Él cual fue publicado en el boletín de Geología N° 1 de la facultad de petróleos, departamento de Geología. En este Informe el autor enfoca su estudio en un bloque ubicado en la Cordillera oriental, el cual data del Mesozoico y corresponde a la región de las Mesas (Julivert, in lit) y tiene por objeto dar a conocer suficiente número de datos con el fin de poder enjuiciar desde un punto de vista más general la estructura del sector central de dicha Cordillera. La tectónica presente en dicha zona es sumamente simple, ya que la estructura presente es de tipo tabular. La región de las mesas esta limitada por dos accidentes importantes: la Flexión del Chucurí y la falla que eleva el macizo de Santander y la cual tomara el nombre de la falla de Bucaramanga. Dicha región también es objeto de otro accidente, La falla del Suárez que divide en dos la Región de las Mesas, dicha falla tiene una dirección Norte – Sur la cual es paralela al curso del Río Suárez. Esta falla divide la región en dos unidades estructurales de segundo orden, una occidental formada por la plataforma de Lebrija y el Macizo de Zapatoca y la otra oriental que comprende a Bucaramanga, Las Mesas de Ruitoque y Los Santos y el área de Baricahara - Curití y San Gil. Los dos principales Ríos de la región son el Sogamoso y el Lebrija, resultante el primero de la confluencia del Chicamocha y el Suárez; y el segundo de la confluencia del Río de Oro, Surata y el Río Negro. Los Ríos Chicamocha, Suárez y Sogamoso, abren profundos cañones que separan las distintas mesas descritas. Sus cauces en toda el área de estudio discurren entre los 200 y 300m. de altitud ósea que están profundamente encajonados entre las plataformas que separan y que se desarrollan entre los 1.100 y 1.700m. El relieve actual deriva de una antigua superficie arrasada de edad Pliocena, que se extendía por la zona ocupada actualmente por el macizo de Santander y áreas adyacentes y por lo tanto la red hidrográfica es consecuente con esto. La aparición de accidentes tectonicos orientados norte-sur da lugar a la creación de ríos de mayor importancia ya que estos accidentes actúan de colectores, dichos Ríos corresponden al Chicamocha, Suárez-Sogamoso y Chucurí.

En el año de 1979 fue realizado el informe N° 1802 por parte del Ministerio de Minas y Energía, Instituto nacional de investigaciones Geológico-Mineras; sobre La Geología de las planchas 135 San Gil, y 151 Charala; Departamento de Santander; el cual tubo por autor a Orlando Pulido González. El fin de dicho informe fue el de describir la geología de las áreas correspondientes a las planchas 135 y 151 (Cuadrángulo I -12), la cual cubre una superficie de aproximadamente unos 4800 Km<sup>2</sup>, en la Cordillera oriental de los andes Colombianos. En este informe se presenta información tanto como de la topografía de la zona, como de su clima, de su vegetación, así como de su Hidrografía y su población, pero el verdadero objetivo de dicho informe es brindar una muy detallada descripción de las formaciones de roca presentes en el área de estudio; por esto mismo, es que se hace imperante la información suministrada acerca de las Formaciones de Rocas sedimentarias como Simiti, Tablazo, Paja, Rosablanca, Tambor, Jordán y Girón; formaciones que serán objeto de nuestro estudio.

En el año de 1.983 se realizo los estudios de Prefactibilidad y Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico del Río Fonce; llevados a cabo por Ingeniería e Hidrosistemas LTDA; con el fin de conocer el comportamiento regional de la cuenca hidrogeológica del Río Fonce en el área del municipio de San Gil; donde se pudo determinar que las principales corrientes de la cuenca presentan control estructural y los valles labrados son relativamente mas amplios en aquellos tramos en donde se presentan formaciones geológicas de carácter arcilloso; en cambio donde existen rocas mas duras tales como areniscas y calizas los valles son mas estrechos y encajonados, predominando en el área un relieve de cuevas y mesetas además la cuenca presenta características cerradas y la posibilidad de escapes de agua a través de la roca son muy remotas dada la estructura Geológica regional y la presencia y distribución de formaciones y niveles considerados como impermeables. Solo en los sitios donde el diaclasamiento y las fracturas generadas por la tectónica local muestran un incremento en la permeabilidad, y está a su vez esta íntimamente influenciada por fallas regionales de tipo inverso de alto ángulo de buzamiento

principalmente en dirección Norte-Este. En este estudio también se pudo encontrar que las pequeñas manifestaciones cáusticas del área son de naturaleza local asociadas a diaclasamientos superficiales con poco desarrollo de aberturas de disolución. Se pudo establecer mediante el inventario de puntos hidrológicos y la información hidroquímica que La Formación Simití aporta la mayor parte del agua drenada de las rocas aunque dicha formación es considerada como acuitardo y por lo tanto el aporte de agua dado no es el suficiente para el sostenimiento y desarrollo de la región. En cuanto a las formaciones que infrayacen a Simití, las cuales son la Formación Tablazo, Paja y Rosablanca, se pudo establecer que el aporte de agua drenada por estas es también de poca relevancia. Y para finalizar el comportamiento variable de los niveles piezométricos indico que la continuidad de los acuíferos es muy irregular, que no son de gran magnitud y generalmente son de naturaleza local controlados por la tectónica del área.

Para el año 1984 Interconexión Eléctrica S.A. – ISA, encomendó a Ingeniería e Hidrosistemas – IEH LTDA, el estudio de factibilidad del proyecto hidroeléctrico Cabrera en el sector comprendido entre la confluencia del Río Fonce y el Río Chicamocha; en el cual se da cuenta de las investigaciones realizadas y los resultados obtenidos en el campo geológico, indispensables para la ejecución del proyecto, como lo son los estudios convencionales litológicos, estructurales, etc. Litológicamente hablando se puede establecer la presencia de rocas sedimentarias del Triásico-Jurásico como la formación Girón, y del Cretáceo superior, entre las que se destaca la formación Tambor, la formación Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití. En la fase tectónica se pudo determinar la prevalecencia de fallas de tipo inverso de alto ángulo de buzamiento a nivel regional con rumbo noreste, pero se pudo observar a un nivel local que el sistema tectónico no ha producido los efectos suficientes para llevar a una segunda etapa a la carstificación de tipo juvenil que se encuentra en la zona.

En el año de 2005 fue llevado a cabo por la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22, núm. 1. El estudio de Influencia de la estratigrafía y estructura geológica en el flujo de agua subterránea del Valle de Querétaro. El cual tienen por autores a Dora Carreón-Freyre, Mariano Cerca, Laura Luna-González y Francisco J. Gámez-González. Este trabajo tubo por objetivo la revisión del modelo existente sobre el sistema acuífero y la geología del Valle de Querétaro. A dicho informe se incorporo una interpretación sobre la estratigrafía de la secuencia terciaria en el Valle de Querétaro. Por medio de este trabajo en el Valle de Querétaro, la carga hidráulica había disminuido entre 10 y 160 m durante las ultimas dos décadas. Por lo cual se hizo indispensable proporcionar un Modelo conceptual del funcionamiento del acuífero del Valle de Querétaro. Para llevar a cabo este modelo los autores emplearon una metodología basada en la interpretación geológica mediante mapas y estudios geológicos y geofísicos regionales, estudios geotécnicos, y registros litológicos de pozos de aprovechamiento de agua. Este también tuvo en cuenta un análisis de las condiciones de flujo del agua subterránea presente en el área de estudio.

En cuanto a la litología y su correlación estratigráfica las formaciones presentes en el área son definidas por varios autores de la siguiente manera:

- **Formación Silgará:** Corresponde a una secuencia de rocas de parametamórficas de grado medio y comprende pizarras, filitas, esquistos metareniscas y metaconglomerados, que afloran en límites con la microcuenca del Río Tona y como relictos altamente denudados al oeste de la Falla de Bucaramanga, al sur de Piedecuesta dentro de la microcuenca Oro Alto.

Según lo consignado en el boletín geológico H-12 y H-13 (Ward et al, 1973) la formación consta esencialmente de una gruesa sección con intercalaciones de metawaca y esquistos micáceos de grano grueso posiblemente correlacionables

con la base de la sección. A la formación se le ha asignado una edad pre – Devónica.

A diferencia de los neises en esta formación el espesor de los suelos residuales es menor, adicionalmente tiende a presentar coberturas vegetales poco densas (pastizales y rastrojos) que favorecen la erosión laminar por escorrentía.

- **Formación Jordán:** El primero en reconocer la Fm. Jordán fue Cediell (1968). La sección tipo se encuentra localizada a un 1km al este del municipio Jordán Sube, sobre la pendiente norte del cañón del Río Chicamocha.

La secuencia presentada por Jordán se puede diferenciar de la siguiente manera:

- **Facie Inferior:** Esta se encuentra compuesta principalmente por areniscas de grano grueso, de color gris verdoso, las cuales cuentan con capas de espesores de 1m y por shales de colores similares con espesores cercanos a los 2m; en su totalidad esta facie inferior presenta un espesor aproximado de 100m.

- **Facie Superior:** Compuesta por limonitas de color marrón rojizo y areniscas de grano muy fino, bien estratificada en capas de 30 a 80cm de espesor, aunque el espesor total mostrado en esta facie es de 200m aproximadamente. En esta parte de la columna es donde encontramos rocas volcánicas silíceas asociadas a esta formación.

En general la Fm. Jordán se encuentra suprayaciendo rocas metamórficas como filitas y esquistos (Ward et al, 1973).

No se han encontrado fósiles en la Fm. Jordán, por lo cual la asignación de una edad Jurásico Inferior fue basada en dos consideraciones (Ward, et al, 1973):

- Los conglomerados inferiores en el área de Piedecuesta contienen guijos angulares de la fase porfirítica del Granito de Pescadero, del cual se obtuvo por datación radiométrica una edad de 193 +/- 6 m.a. (límite del Triásico-Jurásico).

- En el área de Bucaramanga la Fm. Girón reposa inconformemente sobre dicha formación e igualmente infrayace la Fm. Tambor del Cretácico Inferior.

▪ **Formación Girón:** En nombre "Girón Series" fue usado inicialmente por Tener (1982; en Pulido, 1979), para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limonitas color marrón rojizo, el cual se encuentra ampliamente expuestas al oeste de Bucaramanga y toman el nombre del municipio de Girón.

En 1954 Langenheim (Ward, et al 1973), señaló los afloramientos del cañón de río Lebrija como la localidad tipo, definiendo los límites estratigráficos como contactos inconformes entre la Fm Bocas infrayaciendo y Tambor suprayacente. Dividió la sección aproximadamente de 3.500m de espesor, en una serie de miembros; el miembro inferior de litología arenosa con un espesor de 750m, uno arcilloso de 1.250m en la parte media y otro superior arenoso con un espesor de 1.500m. Después de esto Navas (1962; en Téllez, 1964) propuso un espesor de 2.690m, y lo dividió en siete facies: Nivel de conglomerados de cantos de roca ígneas, nivel Inferior Lutítico, nivel Arcósico Inferior, nivel Superior de Lutitas Rojas, nivel Arcósico Superior, nivel de Lutitas rojas y un nivel llamado Conglomerado Superior. Finalmente Cediél (1968) en la sección tipo del río Lebrija, midió un espesor de 4.650m y las clasificó en siete facies litológicas que coinciden con las descritas por Navas con anterioridad. El contacto con la Fm. Tambor que es la suprayacente es considerado generalmente como una disconformidad. La edad de la Fm. Girón ha sido motivo de varias discusiones. Cediél (1968) le asigna una edad Triásico-Jurásico, mientras que Ward, et al (1973), la considera del Jurásico Medio a Superior. Rabe (1974; en Pulido, 1979), la considero de edad Jurásico Superior, que es la edad mas aceptada hoy en día.

▪ **Formación Tambor:** La sección tipo fue descrita por Morales, et al (1958; en Ward, et al, 1973) en el cañón del Río Lebrija entre los kilómetros 92 y 95 del ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches. Morales, et al (1973), aplican el nombre Tambor a todas las areniscas que forman la parte más baja del Cretácico y que afloran en toda la parte norte de la región de Mesas y Cuestas. Cediél (1968) revisa el término Formación Tambor, prefiriendo como localidad tipo la Mesa de los Santos, donde, estratos de esta formación están bien expuestos y propone sean denominados “Formación Los Santos”.

Sobre el borde este de la Mesa de Barichara, el Tambor forma una amplia superficie estructural y su estratigrafía en Curití (Téllez, 1964) es: Un nivel inferior de conglomerados rojizos con intercalaciones de areniscas de grano medio y estratificación cruzada hacia el techo, el espesor es de 80 m; sobre este hay un nivel de 40m, constituido esencialmente de areniscas cuarcíticas con delgadas intercalaciones arcillosas rojizas, las cuales son más constantes hacia el techo y la base donde se presentan dos bancos de arcilla de 2m de espesor. Al correlacionar las dos secciones se observa una reducción notable del espesor de la Formación Tambor hacia el este, y la ausencia, en Curití, del nivel medio lutítico descrito en la serie del río Chicamocha, o por lo menos su reducción a unos 7m, si se considera que los dos bancos de lutitas rojas mencionados en la base del nivel superior, representan este nivel intermedio (Téllez, 1964). Esto pone en evidencia una discordancia en la parte noreste de la Mesa de los Santos (Juliverte, 1964).

Para Ulloa (1978, en Pulido, 1973) la transgresión marina, en la región de las Mesas de Barichara y Los Santos, comienza con los depósitos de la Formación Tambor (Los Santos de Cediél) en forma de lentejones con adelgazamientos hacia el sur. La edad reportada de la Formación Tambor puede decirse que es posterior al Jurásico Superior (edad de la infrayacente Formación Girón) y anterior al Hauteriviense – Barremiano (edad de la suprayacente Formación Rosablanca).

Según Renzoni (1985), quien hizo un análisis de los paleoambientes de la Formación Tambor en la quebrada Pujamanes, el intervalo lutítico-arenítico se formó en medio de depósitos ligados a ambientes estuarinos y maréales.

▪ **Formación Rosablanca:** Según Morales, et al (1958; en Pulido, 1979), el término Formación Rosablanca fue dado por Wheeler (1929, inédito) y su nombre proviene del Cerro Rosablanca a unos 5 kilómetros al norte de la esquina noreste de la Concesión de Mares (cuadrángulo H-12). Sin embargo, la sección tipo generalmente aceptada es la del cañón de río Sogamoso, cerca de 1.5km aguas arriba del puente sobre el río, en el sitio denominado El Tablazo. Allí la formación consiste de un espesor de aproximado de 425m de caliza masiva, dura, gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas que pasan a caliza de textura fina, color negro y arcillosa de en el tope (Ward, et al, 1973).

En el área de la Mesa de Barichara la Formación Rosablanca aflora a lo largo de los cañones de los ríos Suárez y Chicamocha, allí se pueden distinguir en general tres niveles:

- Nivel Inferior: De calizas negras que alteradas dan una coloración marrón, intercaladas con lutitas grises calcáreas y que contienen los bancos de yeso; con un espesor de 35m.
- Nivel Intermedio: Conformado esencialmente por lutitas negras a grises, laminadas, con bancos de caliza gris, fosilífera, con un espesor de 180m.
- Nivel Superior: Calizas grises, fosilíferas, intercaladas esporádicamente con lutitas color marrón oscuro y con un espesor de 50m.

En el área de Oiba la Formación Rosablanca descansa concordantemente sobre las lutitas de la Formación Cumbre y en el área de la Mesa de Barichara, lo hace igualmente sobre las areniscas blanco amarillentas en ambas áreas de la Formación La Paja.

Etayo (1968), le da una edad de Valanginiano Superior a Hauteriviano Inferior. Julivert (1968; en Pulido, 1979) propone que la unidad es oblicua respecto a las líneas isócronas y su edad sería Barremiana al Norte, Hauteriviana en la región de la Mesa de Los Santos – San Gil y Valangeniana hacia Villa de Leiva.

El ambiente de depositación de la Formación Rosablanca es marino de plataforma con altos topográficos, en la cual se encuentran moluscos de conchas gruesas y guijos de caliza re TRABAJADOS y redondeados que indican depositación bajo condiciones costaneras y neríticas (Morales, et al, 1958; en Ward, et al, 1973).

- **Formación La Paja:** La localidad tipo se encuentra ubicada en la quebrada La Paja, en su confluencia con el río Sogamoso, 1Km aguas arriba del puente en el Tablazo (Plancha 120-I-D). La Formación fue designada y descrita por O.C Wheeler en un informe inédito en 1929 (Morales, et al, 1958; en Ward et al 1973). La sección alcanza un espesor de máximo de 625m y esta compuesta de shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y finamente laminados. Los 250 – 300m inferiores contienen concreciones de caliza, nódulos septáreos y venas de calcita (Ward, et al, 1973). Esta formación se torna más arenosa hacia el sur razón por la cual en el mapa de Oiba son diferenciables los dos miembros que posee, el arenoso y el arcilloso.

- **Miembro Superior Arcilloso:** La secuencia litológica incluida dentro de esta denominación es muy similar a la descrita en la localidad tipo de la Formación La Paja por Morales (1958; en Pulido, 1979); consta con shales de color negro a gris castaño con nódulos calcáreos piritosos hasta de 25cm de diámetro e intercalaciones de caliza. Este miembro se caracteriza por la presencia de láminas de Yeso blanco en espesores de 0.1 a 2cm, entre los planos de estratificación. Su espesor calculado para esta secuencia es de 200 m. Para dicho miembro su contacto superior se encuentra en concordancia con las calizas de la Formación Tablazo, así como en la Mesa de Barichara.

▪ **Miembro arenoso:** Ya que dicho miembro no cuenta con un miembro correlacionable en la cuenca de Maracaibo es posible que este miembro arenoso corresponda más a un cambio facial lateral de la Formación Rosablanca y no a la Formación La Paja como hasta ahora se ha descrito, puesto que en un borde de cuenca es más fácil explicar cambios transicionales laterales que verticales (Modesto, et al, 1989); además en la cantera de Cementos Hercules, en Curití, se observa la base del Paja de carácter arcilloso sobre las calizas de la Formación Rosablanca.

▪ **Formación Tablazo:** La sección tipo está ubicada en El tablazo, donde la carretera que de Bucaramanga conduce a San Vicente de Chucurí, atraviesa el río Sogamoso cortando el risco que forman las calizas. La Formación fue designada en estudio inédito por O.C. Wheeler, según Morales, et al, (1958; en Pulido, 1979), y se refiere a una sección de calizas duras, azuladas, fosilíferas en la parte superior y margas o calizas arcillosas en la parte superior. El espesor varía entre 150 y 325m.

Hubach (1973; en Pulido, 1979), utiliza el término “Conjunto de San Gil” y describe a grandes rasgos en la columna estratigráfica de base a techo; “Caliza y esquistos y areniscas calosa”. Posteriormente este mismo autor, en 1957, emplea el término Formación San Gil, para representar una secuencia calcárea que aflora en los alrededores de San Gil – Socorro y a lo largo del valle de río Suárez. Esta unidad es equivalente a la Formación Tablazo (Julivert, 1958; en Pulido, 1979). Etayo (1968), se refiere al Grupo San Gil en la región de Villa de Leiva, dividiéndolo en la Formación San Gil Inferior (Conjunto arenoso - calcáreo) y la Formación San Gil Superior (Conjunto lutítico oscuro).

Esta unidad presenta variaciones en el espesor: en la localidad tipo alcanza 186m, mientras que en el norte de Bucaramanga alcanza 277m (Ward, et al, 1973) y en el área de Mesas y Cuestas su mayor espesor es de 374m.

La Formación Tablazo infrayace concordantemente a los sedimentos de la Formación Simiti y yace concordantemente sobre shales de la Formación La Paja. Su edad es considerada por Morales, et al, (Julivert, 1968; en Pulido, 1979), como Aptiano Superior – Albiano Inferior, con base es su posición estratigráfica. Etayo (1968) según fauna recolectada entre Sachica y Puente Samacá, le da una edad Aptiano Superior – Albiano Inferior.

▪ **Formación Simiti:** Este nombre fue dado por geólogos de la Internacional Petroleum Company (Colombia) en 1973, para los afloramientos que ocurren en el lado de la ciénaga de Simiti, sobre el lado occidental de río Magdalena, en la parte sur del departamento de Bolívar (Morales, et al, 1958; en Ward, et al, 1973). Allí la Formación tiene un espesor de 410m y consiste de shales blandos, laminados, de carácter carbonáceo de colores gris a negro, localmente calcáreo y concrecional. Las concreciones alcanzan un diámetro de 3m y abundan más hacia la parte superior de dicha Formación. Igualmente, hacia el tope, se presentan delgadas bandas conglomerados con guijos pequeños, nódulos fosfáticos y dientes de peces.

Estratigráficamente la Formación Simiti es equivalente a la designada por Etayo (1968) y Hubach (1957) como conjunto San Gil Superior. La unidad suprayace concordantemente a la Formación Tablazo; su edad es considerada Albiano con base en amonitas halladas en la sección tipo. Etayo (1968) le asigna una edad Albino Medio a Superior en la región de Villa de Leiva. Y dicha formación Simiti muestra características de un ambiente de depositación marina poco profunda de facies más litoral. Ulloa y Rodríguez (1979; en Pulido, 1979) la correlacionan con la Formación Une de la Cuenca de Bogotá.

## **2. CARTOGRAFÍA**

### **2.1 REVISIÓN DE CARTOGRAFÍA PRE-EXISTENTE**

Para la zona se han realizado algunos trabajos de cartografía geológica, siendo el primero el desarrollado por Scheibe, Ernest (1938), el cual presenta un bosquejo generalizado de la cordillera oriental.

Alejandro del Río (1964), elabora un mapa Geológico de Santander a escala 1:50000 donde hace una breve reseña de las unidades que conforman el área y realiza una apreciación general sobre los elementos minerales presentes en ella.

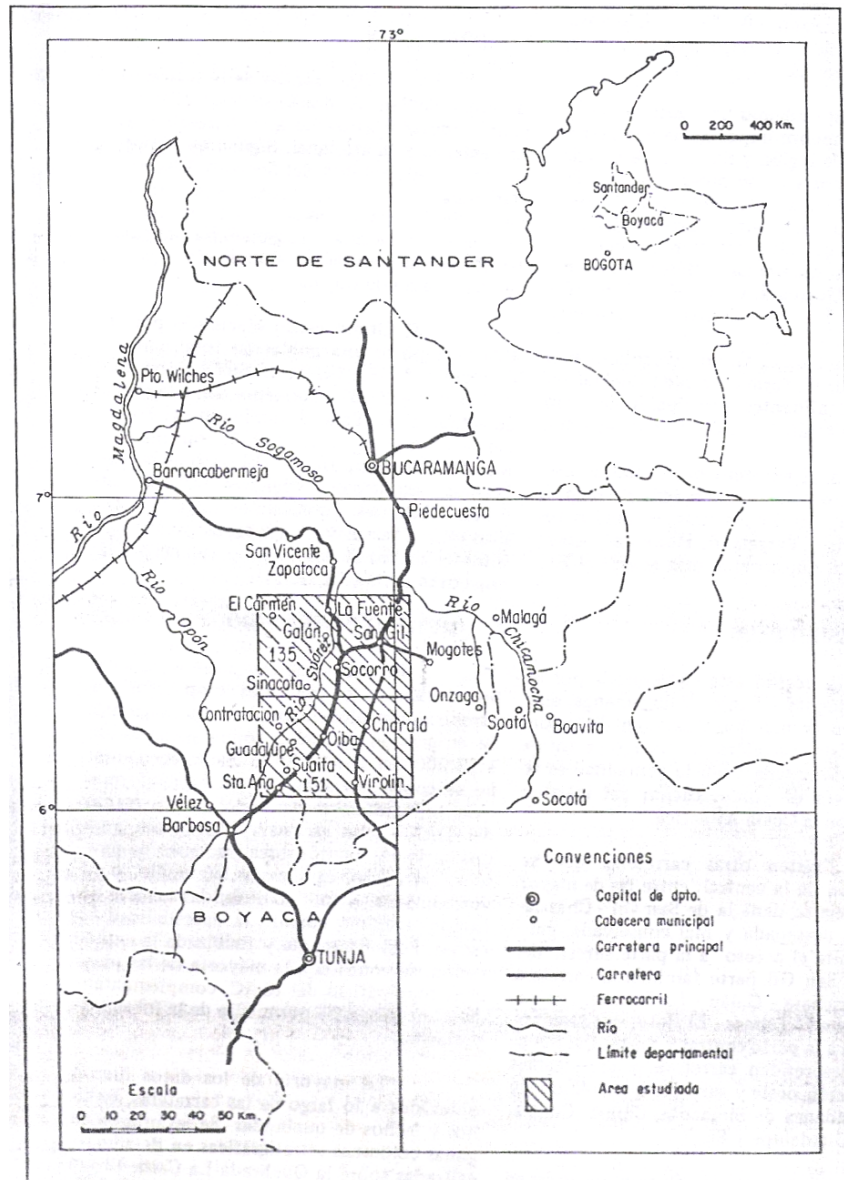
En general se han realizado pocas investigaciones en el área de estudio; Julivert, Manuel (1958), estudia la zona tabular entre Chiquinquirá y San Gil. Téllez, Noel (1964), presenta la cartografía de La Mesa de Barichara, señalando brevemente la estructura y rasgos tectónicos. Julivert, Manuel (1968), en el Léxico Estratigráfico de Colombia aporta ideas básicas sobre la estratigrafía de en las diferentes cuencas de la Cordillera Oriental. Ward, et al, (1969) presenta el mapa Geológico de la esquina noreste del cuadrángulo I-12, que comprende un área de 850km<sup>2</sup>. Ward, et al, también realiza un estudio regional del Macizo de Santander, descubriendo ampliamente las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

En el año de 1979 fue realizado el informe N° 1802 por parte del Ministerio de Minas y Energía, Instituto nacional de investigaciones Geológico-Mineras; sobre La Geología de las planchas 135 San Gil, y 151 Charala; Departamento de Santander; el cual tubo por autor a Orlando Pulido González.

El fin de dicho informe fue el de describir la geología de las áreas correspondientes a las planchas 135 y 151 (Cuadrángulo I -12), la cual cubre una

superficie de aproximadamente unos 4800 Km<sup>2</sup>, en la Cordillera oriental de los andes Colombianos.

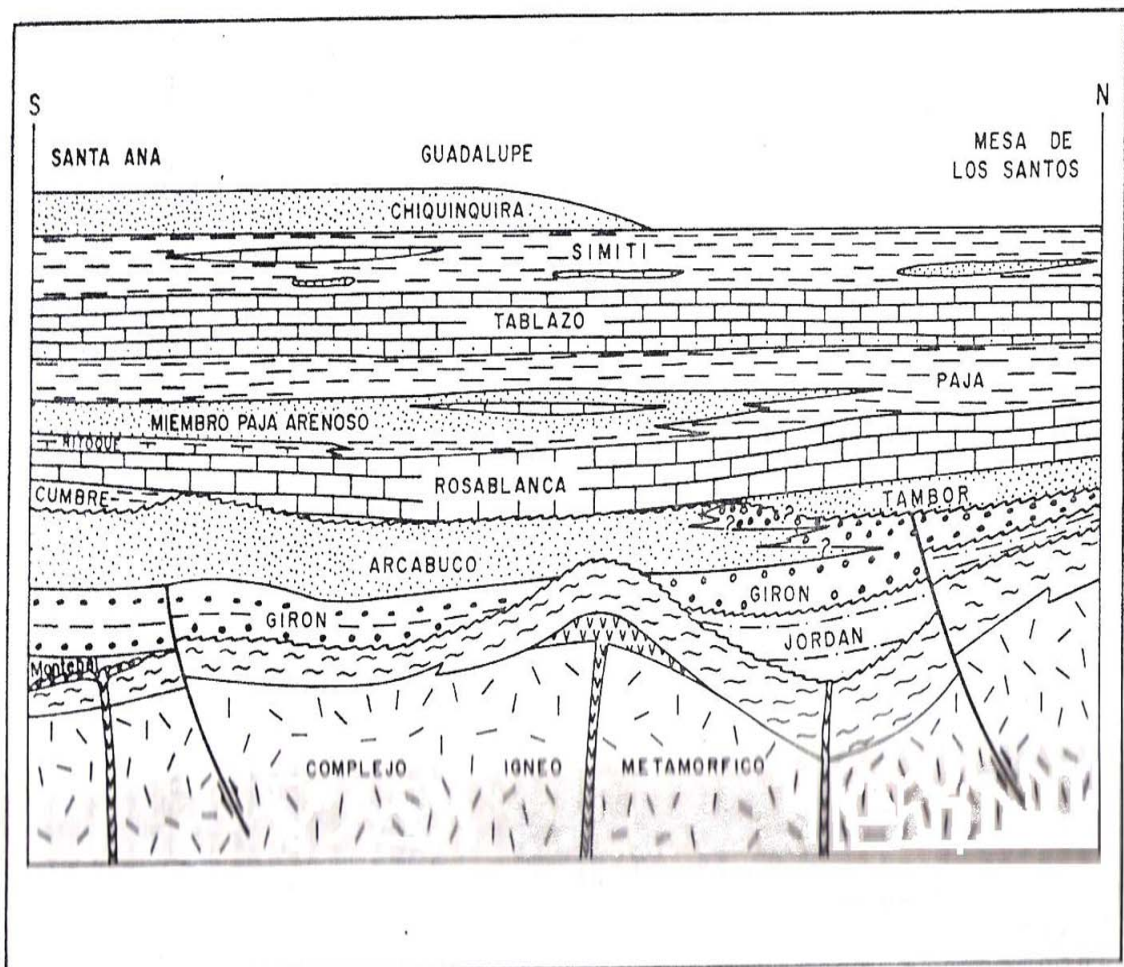
Figura 3. Localización de las planchas 135 y 151.



En este informe se presenta información acerca de la zona estudiada como los son sus vías de acceso, la topografía de la zona, su clima, la vegetación, su Hidrografía y su población, pero el verdadero objetivo de dicho informe es brindar

una muy detallada descripción de las formaciones de roca presentes en el área de estudio, como los es su cronología, sus litologías y su ubicación.

Figura 4. Esquema facial que muestra la secuencia sedimentaria del Jurásico y las unidades Cretácicas del Cumbre, Tambor, Rosablanca, Ruitoque, La Paja, Tablazo, Simití y Chiquinquirá. (Tomado de Pulido 1979).





## 2.2 FOTOGEOLOGIA.

El fin de la fotogeología realizada en este trabajo, fue el de observar y estudiar los tipos de roca (estratigrafía, litología), la geología estructural, la geomorfología y la tectónica, que integran el área de estudio y todo esto enfocado a la hidrogeología. Esta herramienta fue utilizada antes de salir al campo para obtener una idea de los rasgos geológicos y de accesibilidad del área y, después de concluida esta etapa han sido de gran ayuda en la compilación de los datos geológicos y geográficos en zonas de difícil acceso, para el seguimiento de estructuras y teniendo en cuenta, tonos, texturas y moteados se han redefinido algunos contactos litológicos.

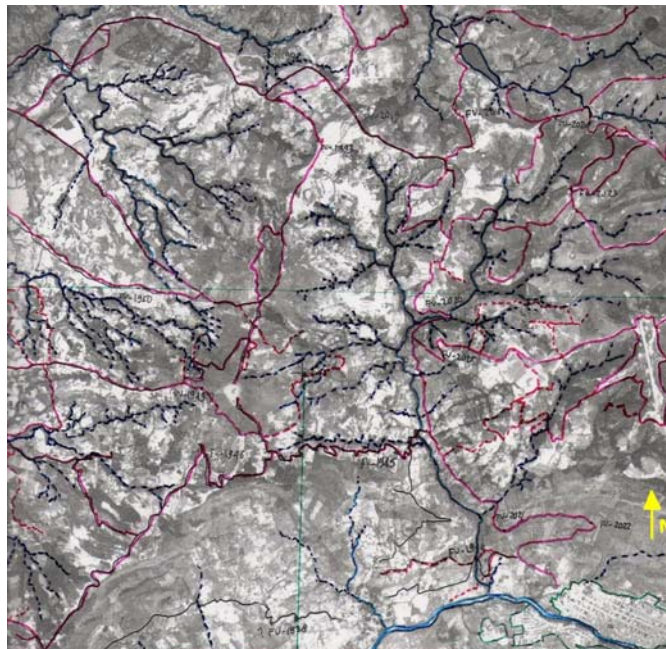
Una de las fases dentro de la cartografía geológica de cualquier zona, es la fotointerpretación; siendo uno de los primeros pasos la búsqueda y selección de fotografías aéreas a diferentes escalas, escogiendo de tal forma las que sean más representativas para el área de estudio, ya que actúan como una herramienta antes de salir al campo, para obtener una idea tanto de los rasgos geológicos que se encuentran, como de la accesibilidad del área, entre otros.

En la interpretación de fotografías aéreas se tienen en cuenta las siguientes fases:

- Observación directa de los elementos visibles en las fotografías. La detección permite el descubrimiento y exploración de los objetos y las superficies que se observan en las imágenes.
- El reconocimiento, permite apreciar sus formas, tamaños y otras propiedades visibles y asociarlos con la aplicación temática.
- Identificación, procura relacionarlos con algo conocido por su nombre o términos específicos.

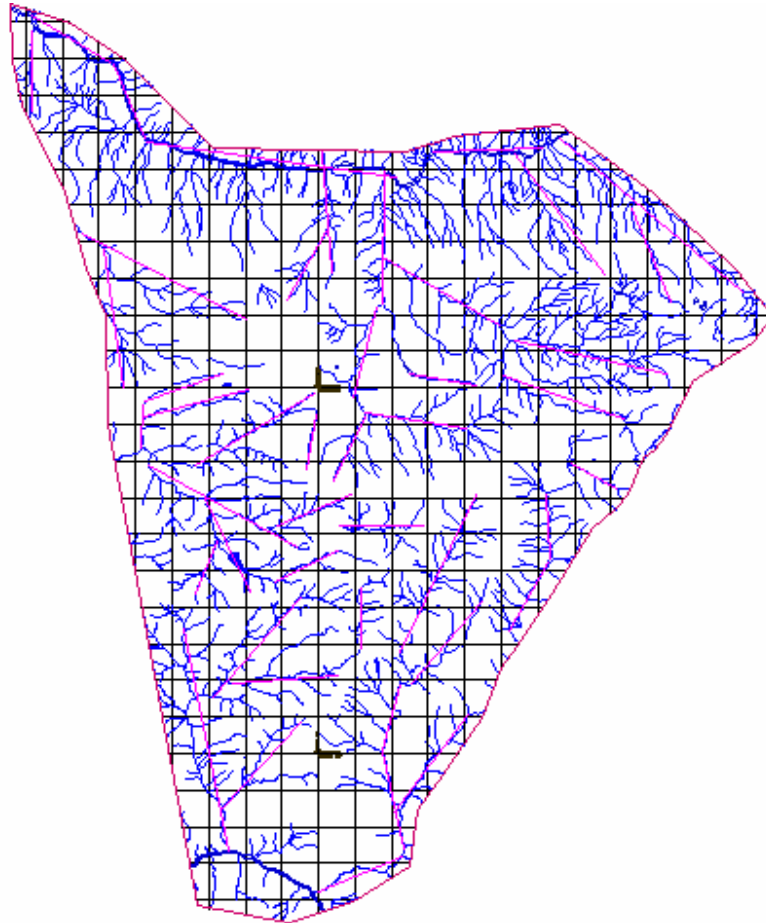
▪ **Etapas básicas durante el proceso de Identificación.** La primera etapa que se debe tomar en todo estudio fotogeológico es la descripción detallada del drenaje, en la zona Guanentina esta descripción está sujeta a numerosos controles por parte de litología, topografía y en otros casos por las estructuras; en el caso estructural presente en la zona, la red de drenaje corre por fallas debido a que son sectores de menor resistencia, en consecuencia las fallas tienden a formar redes de tipo dendríticas y subparalelas a paralelas. Al analizar la fotografía A se aprecia la diversidad de drenajes que se encuentran a través de gran parte de la zona (San Gil y sus zonas aledañas), esta fotointerpretación servirá como base para el seguimiento de lineamientos que en campo serán catalogados como fallas o como tales lineamientos. Aparte de esto también se ubicaron las principales vías.

Foto 1. Fotografía aérea # 73, del vuelo C- 2475. Escala 1:50000. Se describen los drenajes (azul) y vías (rojo) en la zona de estudio.



Después de haber detectados los lineamientos previamente en las fotos aéreas, y corroborados con la imagen satelital, se procedió a ponerlos en digital en el mapa de la zona (figura 6).

Figura 6. Mapa de los drenajes y los principales lineamientos en la zona de estudio.



La segunda etapa consiste en la identificación de litologías teniendo en cuenta diversos elementos propios de cada tipo de roca como:

- Tonos característicos
- Formas de modelado y relieve que dan lugar
- Tipología de la red de drenaje a que dan lugar
- Comportamiento de la vegetación en relación a los diferentes tipos de roca.

En la tercera etapa se identifican los lineamientos, las fallas y fracturas de gran tamaño las cuales se diferencian por rasgos morfológicos como facetas triangulares, escarpes, contrastes litológicos, drenajes lineares muy extensos y por cambios bruscos en la dirección del drenaje.

En cuanto a los plegamientos, en los sinclinales la charnela sinclinal suele coincidir con una zona deprimida apareciendo sierras alargadas, también se pueden reconocer por los buzamientos de las capas presentes en el centro de la estructura (Formación Tablazo y en algunos casos en la Formación Simiti), los cuales son visibles en las fotos, ya que son paquetes de calizas y areniscas.

La fotointerpretación en esta etapa resulto indispensable en el seguimiento de estructuras a lo largo de la zona de estudio, como el anticlinal de Las Torres en el limite Occidental de la zona, permitiendo detallar su extensión y dimensión; aparte de esto pone en detalle una de áreas de mayor interés estructural de nuestra zona.

En la fotointerpretación de la zona se trabajo con fotografías aéreas verticales ya que son las más semejantes a los mapas planimétricos, obtenidos en el IGAC. El gran valor de las fotografías aéreas radica en su detallada representación de la superficie terrestre.

Para la zona se hizo un acopio de las fotografías aéreas que se encuentran en el IGAC, INGEOMINAS y Escuela de Geología, a continuación se presenta la tabla 1 con la información de los vuelos que sobrevuelan el área, también se muestra en la figura 7 las líneas de vuelo que cubren el área.

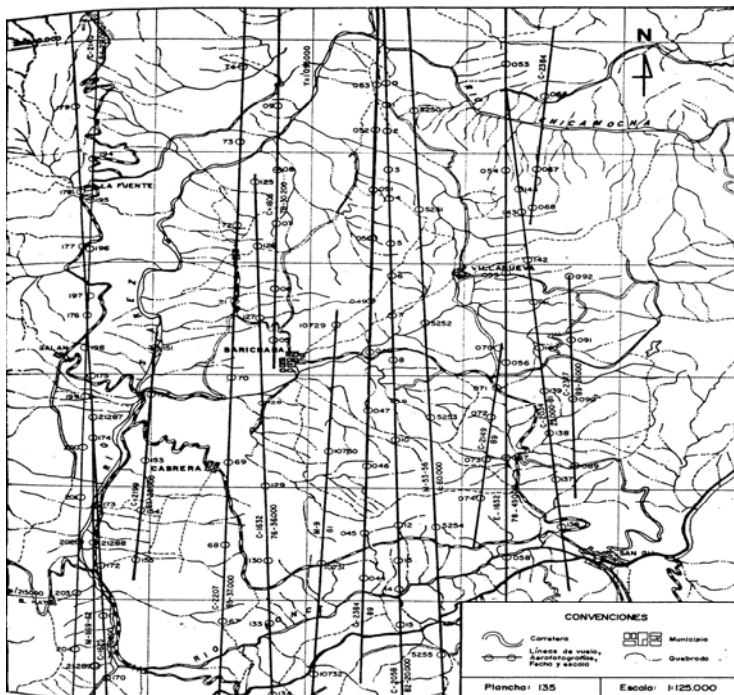
El mapa fotogeologico se entregara en este estudio como un resultado e ira como un anexo.

Tabla 2. Fotos y vuelos pertenecientes a la Zona de estudio.

**Relación de Fotografías Aéreas Relación Fotografías Aéreas Proyecto INGEOMINAS – UIS**

Municipio	Vuelo	Detalle	Nº de fotografías
VILLANUEVA	C-2384	Escala 1:34000	48-54
	C-2492		6-12
	C-2505		89-100
	C-2377		
	C-2475	Escala 1:50000	73-78
SAN GIL	C-2730		141-158; 135-140
	C-2492		82-104, 15-27
	C-2588		4 -10
	C-2492		97-104
	C-2058		11-15
	C-2034		153-159
	C-2207		115-117
	C-2377		87-90
	C-2505	Escala 1:39000	183-197

Figura 7. Líneas de vuelo que cubren el área de estudio. Tomado de Mendoza y Ramírez (1994)



El área de estudio esta conformada casi en su totalidad por Formaciones sedimentarias que forman un relieve típico de mesetas y grandes escarpes, presentando una vegetación escasa en ciertos lugares (con muy pocos árboles), predominando los cultivos agrícolas (tabaco y frijol) en formaciones como Simiti, Tablazo, y Tambor (piña y café). La densidad de drenajes que presenta es muy variada dependiendo del sector pero más aun dependiendo de el tipo de roca sobre las cual se encuentre la red de drenajes, aunque estos casi siempre son de gran cantidad.

En general hay varios tipos de litología apreciable a simple vista y su distinción en la parte alta de las mesetas, se llevo a cabo mediante la diferenciación de las tonalidades tanto en las rocas como en el suelo en superficie en las fotografías, y también por la determinación de los diferentes tipos de drenaje, y los diferentes sectores que estos ocupan a través de la zona de estudio.

La diferenciación de las litologías en la zona de los escarpes se hizo de la siguiente manera de base a tope:

- En los escarpes se tomo como base la variación tanto de las pendientes que por lo general son bastantes fuertes, así como de las tonalidades grises; ya que lo que se quiere es determinar que tipo de litología encontramos en la base de estos, las litologías se catalogan como rocas que presentan estratos horizontales o subhorizontales a través de ellas y las cuales cuentan con una vegetación de moderada a pobre y de potentes espesores (Formaciones Rosablanca y Tambor), además de esto se tiene también en cuenta el sector donde se encuentra el escarpe, para así poder diferenciar entre una y otra litología.
  
- En la parte media, la roca presenta intercalaciones de colores grises con blancos, con una vegetación escasa; propiedades típicas de formaciones con intercalaciones de materiales finos poco compactos con paquetes de

generalmente potentes bien compactados (Formaciones La Paja, Tablazo y Rosablanca).

- En la parte Suprayacente del escarpe, es decir en la parte superior de las mesas se encuentran rocas sedimentarias de material con propiedades plásticas (Formación Simiti y los niveles arenosos de Tablazo), las cuales forman pendientes muy suaves a manera de hondonadas y dejando entrever su estratificación casi horizontal o de muy poco buzamiento, el drenaje desplegado sobre este tipo de litologías es principalmente de tipo dendrítico esto debido tanto a la topografía como a la morfología; la vegetación como tal es muy pobre ya que lo que predomina en estos sectores es una gran cantidad de cultivos (Tabaco y Fríjol).

Los depósitos cuaternarios en la zona son principalmente depósitos fluviales como aluviones; y depósitos producto de la erosión como los derrubios y de colubión, y por lo general se encuentra hacia el pie de los escarpes, aunque en sectores como Macaregua Rincón y la parte baja de la vereda Pinchote en el descanso antes del escarpe del Río Chicamocha.

Aparte de esto se puede apreciar de una manera general:

- **Drenaje.** En general el área de estudio está enmarcada por dos drenajes principales, hacia el extremo sur el Río Fonce el cual delimita la zona en el municipio de San Gil y el Río Chicamocha al norte en el municipio de Jordán Sube. Después de examinar los diversos tipos de drenajes a través de la zona se encontró que el estilo que predomina es de tipo dendrítico y en segunda estancia el paralelo, los cuales son típicos de morfologías de Mesas.
- **Estructural.** Mediante la fotointerpretación se pudo detallar un sinclinal cuyo eje pasa cerca al municipio de Villanueva en su parte occidental, en el cual se

ha desarrollado una serie de drenajes de tipo dendrítico. Aparte de esto se pudo determinar la presencia también de una serie de sinclinal y anticlinal en la zona occidental entre los municipios de San Gil y Villanueva, sobre la quebrada El Guayabal en inmediaciones de la vereda que lleva el mismo nombre.

- **Fracturación.** Hay una serie de posibles fallas que son visibles en las fotografías asociadas principalmente a drenajes y lineamientos de gran longitud. En las cuales se aprecia que dichos lineamientos tienen un carácter de tipo más normal o inverso que de rumbo.

### **2.3 GEOMORFOLOGÍA**

En el estudio de las formas del relieve terrestre, se encuentra una serie de unidades topográficas llamadas mesas, cuestras y vertientes, las cuales presentan un reflejo directo de la acción de distintos procesos responsables de transformar constantemente las superficies, dichos procesos pueden ser exógenos debidos al clima y procesos endógenos que dependen de las fuerzas internas que afectan la corteza, es decir, es el resultado de una compleja interacción de factores litológicos, tectónicos y climáticos.

En una región de mesas, cuestras y/o vertientes se pueden observar paisajes formados por procesos depositacionales y denudacionales, los cuales son controlados estructuralmente, también podemos encontrar paisajes fluviales y paisajes de tipo cárstico. Dentro del primer tipo incluye los procesos continuados por un largo tiempo, como los procesos por depositación, erosión y remoción en masa. Los paisajes controlados estructuralmente están relacionados con las diferentes clases de estructuras geológicas las cuales ejercen una influencia dominante en las formas de un paisaje, los paisajes fluviales y cársticos están influenciados por la acción del agua, aunque el primero es por escorrentía superficial y el otro por aguas subterráneas.

El área de estudio presenta una gran extensión, a lo largo de la cual se puede observar una gran variedad de geoformas, las cuales varían dependiendo del tipo de roca sobre el cual se encuentren y de la interacción y susceptibilidad que estas tengan con el clima y los factores estructurales; es por esto mismo que la geomorfología de ondonadas predominan en la Formación Simiti que es la de mayor extensión en la zona.

Estos relieves se han desarrollado sobre rocas sedimentarias cretácicas, las mismas que fueron deformadas y plegadas debido a la orogénesis andina. En cuanto a la dinámica actual en este conjunto se producen deslizamientos, derrumbes, erosión remontante, erosión por disolución.

Los principales procesos formadores del relieve hondonado son los denudacionales, ya que factores como el agua y las corrientes de aire, tienen una gran repercusión en formaciones como Simiti y Tablazo, las cuales por sus propiedades plásticas permiten este modelamiento en particular. Un ejemplo de dichos procesos, se denota en la alteración de tipo químico producida por el agua, en suelos y rocas arcillosas, las cuales son lixiviadas por el paso de esta en superficie.

Interviene una tercera categoría de fenómenos, llamados procesos azonales, es decir agentes responsables de las formas que modelan las vertientes, cauces de los ríos, etc., tales como el escurrimiento superficial, soliflucción, reptación, que varían en función del clima y la litología

Toda forma del relieve es entonces el resultado de la intervención de los factores mencionados, sin que predomine alguno de ellos.

A escala geográfica, en el caso de la zona Guanentina y más específicamente en nuestra zona de estudio de Santander, dominan los factores tectonoclimáticos. A

nivel de las pequeñas dimensiones y para un mismo contexto climáticos, dominan las influencias litológicas (Villamizar, 1994).

▪ **Mesas y Cuestas.** La geoforma predominante en el área Guanentina es la Altillanura degradada.

Esta unidad genética de relieve es de extensión regional y comprende cualquier tipo de antiguas llanuras agradacionales que en nuestro caso corresponden a llanuras marinas y fluviomarinas; localizadas a diferente altitud y constituidas por capas o estratos horizontales de sedimento, las cuales están sometidas hoy en día a un ataque de procesos degradacionales, pero sobre todo de la erosión fluvial y algunas formas de remoción en masa que prácticamente han transformado su morfología inicial ya subdividiéndolas en porciones menores separadas por gargantas y valles, o bien disectándolas mediante una intensa red de drenajes.

Durante la etapa inicial de denudación las altillanuras son surcadas por cursos de agua que escurren libremente sobre la escasa pendiente de la superficie, configurando un modelo de drenaje dendrítico cuya densidad depende de la consistencia y permeabilidad de los estratos superiores y de los suelos desarrollados sobre estos.

En la zona Guanentina en avance de la denudación indica etapas de madurez temprana en la topografía. Observándose hacia el norte de la zona una llanura inicial muy elevada donde el río mayor (Río Chicamocha) excava rápidamente profundas gargantas y cañones, los que con ayuda de la remoción en masa van ensanchándose a costa de la reducción cada vez mayor de los interfluvios tabulares que pasan por la forma de mesetas amplias y mesas; este paisaje es muy característico debido a la alternancia de materiales duros de areniscas y calizas con estratos blandos de arcillositas y margas ( Formaciones Girón, Tambor y Rosablanca). Los estratos blandos son erosionados mas fácilmente y cuando

están debajo de estratos consistentes, acentúan los escapes o cornisas suprayacentes, mientras hacia la base forman laderas más suaves.

Hacia el sur de la zona se da el caso de la geoforma de Altillanura de poca elevación, donde la profundización de los cauces de los ríos no están marcada como tampoco lo es el relieve resultante. Aquí también el sistema fluvial sigue un modelado dendrítico aunque con segmentos más homogéneos en cuanto a longitud y profundidad, pero con diferencias en densidad en forma y en amplitud de los interfluvios todas estas características dan lugar a una topografía de fuertes ondulaciones con tendencia a ser colinado.

Foto 2. Panorámica de la zona mostrando la mesa de la zona de estudio.



En cuanto a las cuestras son capas sedimentarias que han sido basculadas por movimientos tectónicos. Forman superficies moderadamente disectadas con pendientes entre 12 y 40% y frentes de cuestras con pendientes superiores al 40%.

**2.3.1 Formas De Origen Estructural-Denudativo (S-D).** En la zona se manifiestan diversas formas de este tipo, condicionadas por la tectónica y las propiedades mecánicas de las rocas; encontrándose las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Sinclinales.** Es un pliegue debido a la tectónica, en el que la estratificación es cóncava hacia arriba y cuyo núcleo está conformado por rocas estratigráficamente más jóvenes. Su doblamiento es favorecido por la elasticidad y resistencia diferencial de los estratos que lo conforman. En la zona de estudio se presenta un sinclinal muy pronunciado hacia la vereda el Guayabal, y su eje pasa por la quebrada que lleva el mismo nombre.
- **Anticlinales.** Es un pliegue debido a la tectónica, en el que la estratificación es cóncava hacia abajo y cuyo núcleo está conformado por rocas estratigráficamente más viejas. Su doblamiento es favorecido por la elasticidad y resistencia diferencial de los estratos que lo conforman. El ejemplo más claro de nuestra zona es el anticlinal de las Antenas, el cual se encuentra en el límite occidental de nuestra zona.

Foto 3. Panorámica mostrando el eje del anticlinal de Las Antenas.



- **Cerro testigo:** Son colinas aisladas por un intenso fallamiento y luego erosionada, en la zona de estudio se identifica esta geoforma al NE,

predominando en esta estructura la Formación Rosablanca, delimitada por escarpes de falla. (Vereda Cruz de Piedra).

- **Planos Estructurales.** Corresponden a superficies del terreno que siguen la misma dirección del buzamiento de los estratos. En la zona se encuentran asociados a trazos de fallas, corresponden principalmente a la Formación La Paja. En nuestra zona encontramos zonas con estas características hacia la vereda Macaregua Hato.

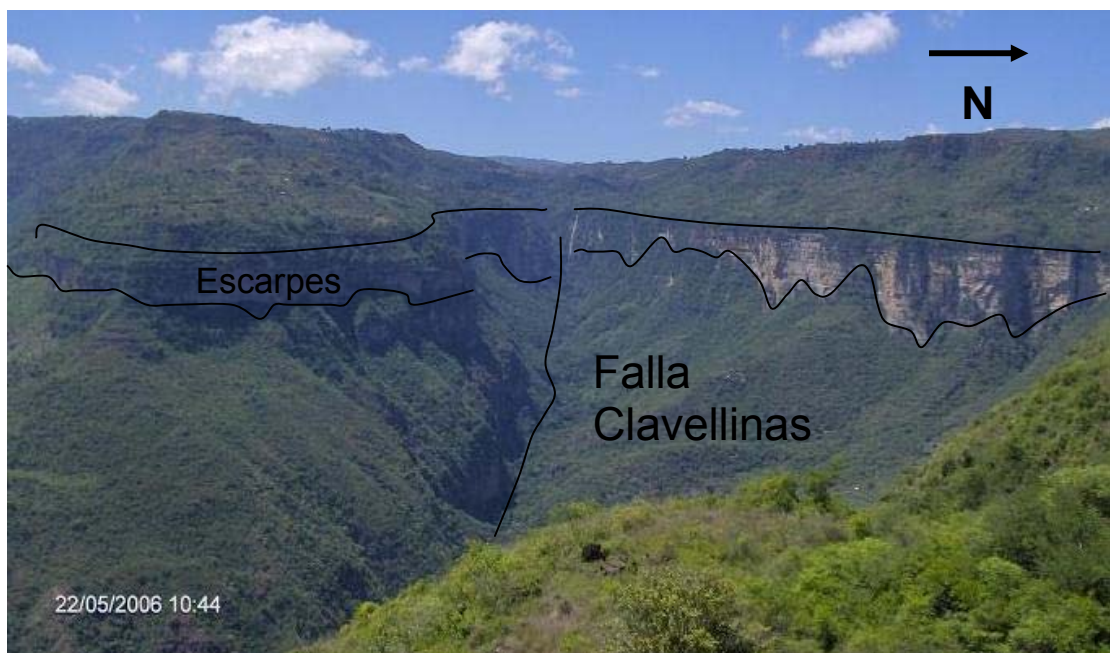
- **Escarpes rocosos.** Corresponden a taludes que exhiben pendientes abruptas, verticales a casi verticales, en los que se aprecia claramente la estratificación; pueden ser frontales o laterales en función a su localización en la macroestructura en que se encuentren. Este tipo de morfología se aprecia en las formaciones Rosablanca y Tambor. Los lugares donde se aprecian dichas formas son en el escarpe hacia el río Chicamocha en la carretera que conduce a la mina del Almirante Colón y en la vía que lleva de Aratoca hacia la vereda el Guasimo.

Foto 4. Escarpe en la vereda el Guasimo. Aratoca.



- **Escarpes de falla.** Vertiente de superficie rectilínea asociado con el talud del plano de falla. Dada su antigüedad, la erosión laminar ha modificado parcialmente su superficie. El contacto entre el materiales sedimentario se manifiesta como un valle de línea de falla en V y sus pendientes están afectadas por erosión moderada. El mejor ejemplo lo constituye el correspondiente a la falla Clavellinas frente a la vereda Cruz de Piedra.

Foto 5. Escarpes de la Formación Tambor sobre la vereda Cruz de Piedra.



- **Relieves residuales.** En el proceso de identificación de las formas del terreno y dada la mayor importancia de los factores estructurales en esta parte de la zona Guanentina, se encuentran otras formas relacionadas a un origen estructural.

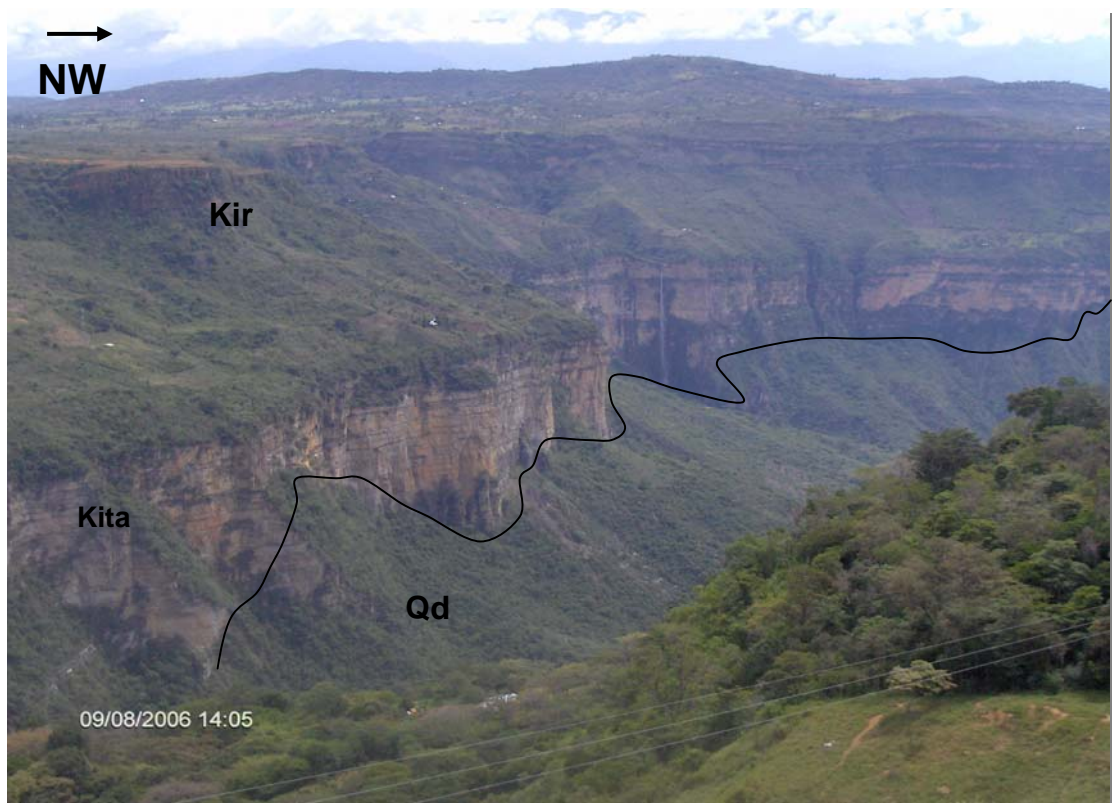
**2.3.2 Formas De Origen Denudacional (D).** Son geoformas presentes en unidades litológicas diferentes, por lo general se caracterizan por ser un material que se mantiene coherente y se mueve a lo largo de una superficie bien definida, pueden considerarse lentos o rápidos dependiendo de la inclinación de las

pendientes y el material implicado, son procesos donde actúa la gravedad y el principal agente detonante es el agua.

Se observaron las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Conos de derrubios.** Son depósitos de fragmentos gruesos que se acumulan al pie de las pendientes. Ellos se deben a desprendimientos rápidos en forma de caída de bloques o rocas desprendidas de los escarpes a partir de laderas verticales o próximas a la vertical. La principal causa de su formación es la gravedad, además intervienen el fracturamiento o diaclasamiento de la roca, meteorización y presión de las raíces de las plantas. En nuestra zona de estudio se pueden apreciar dichos conos en el cañón del río Chicamocha y sobre el cause de la quebrada Clavellinas en la vereda Cruz de Piedra.

Foto 6. Conos de derrubio en la Vereda Cruz de Piedra. Qd.



- **Deslizamientos.** Son movimientos de masa relativamente lentos con una superficie de ruptura bien definida entre el material litológico in situ y la masa movida. Se caracterizan por presentar una cicatriz de despegue en la parte superior cuya forma puede ser semirectangular, semicircular o irregular; una zona deprimida en la parte intermedia y una zona de acumulación caótica en la parte inferior.

En general, las causas que lo provocan se relacionan principalmente con las propiedades inherentes a las propiedades rocosas, presencia de agua y construcción de acequias de ladera. Dichos deslizamientos se encuentran en la zona conocida como el Boquerón en cercanía de Aratoca.

- **Colinas:** Las colinas son originadas debido a la acción de la erosión intensa de carácter fluviogravitacional de altillanuras degradadas, sometidas a una intensa disección, provocada exclusivamente por procesos exógenos degradacionales determinados por el agua y el viento, con fuerte incidencia de la gravedad, en general se puede decir que muestran una madurez avanzada del paisaje en altillanuras de poca elevación. Estas formas se pueden apreciar tanto en la Vereda el Placer como en las proximidades del aeropuerto Los Pozos de San Gil.

**2.3.3 Formas De Origen Kárstico (K).** Los principales agentes climáticos como el agua y el viento son los encargados de modificar el terreno ya sea erosionándolo o acumulando material, produciendo geoformas particulares, dentro de las cuales se encuentran las producidas por procesos de karstificación como es el caso de las dolinas, cárcavas y grietas.

- **Dolinas, Cárcavas, Grietas.** Ubicadas en la vereda Macaregua Hato, sobre las calizas de la formación Rosablanca; material que favorece este tipo de procesos por acción del agua, la cual sigue líneas de debilidad de la roca, como diaclasas y planos de estratificación permitiendo estas clases de geoformas.

Foto 7A. Formas por Disolución.



Foto 7B. Formas por disolución.



## 2.4 CAMPO

El proceso para realizar la cartografía geológica a escala 1:25000 de la zona de estudio, en su fase de campo, se realizo mediante los siguientes pasos:

- Se comenzó con una salida de reconocimiento general, en la cual se identificaron unidades de roca, estructuras y rasgos geomorfológicos, con el fin de establecer la forma mas adecuada para abordar el área de estudio identificando las futuras zonas problema o de mayor interés y detalles que sean cubiertos con trayectos de mayor efectividad.
- Toma de datos generales litológicos, estructurales y geomorfológicos los cuales se registraron en las carteras de campo, donde se anota el número de delta, la ubicación, los datos estructurales y la descripción petrográfica, mineralógica y textural de la litología, acompañadas de esquemas, fotografías y muestras recolectadas; donde se efectúan las observaciones y luego se representan sobre el mapa la ubicación de dichas estaciones y afloramientos, y de otros datos geológicos. Durante esta fase, en la zona de estudio se describieron 208 estaciones distribuidas regularmente por el área de estudio y acompañándolas de un muestreo sistemático de los afloramientos.
- Para el levantamiento de las columnas estratigráficas se ubicaron las zonas más apropiadas para el trazado de poligonales, las cuales presenten la mayor cantidad de unidades estratigráficas a lo largo de su trazado y presenten una idea de los espesores reales para cada una de las formaciones que la conforman.
- La segunda fase de campo consiste de un control sistemático de las arcillas en el área de trabajo; teniendo en cuenta la cartografía geológica hecha previamente en campo podemos determinar los puntos mas aconsejables para la recolección de muestras; esto depende principalmente del grado de incidencia que puedan

tener estas arcillas en el desarrollo hidrogeológico de la zona y bajo el criterio del geólogo de campo. Primero se describe la muestra en el afloramiento; esta descripción se hace tomando rasgos particulares del depósito arcilloso, como lo es, estructura, textura, color y composición; para luego clasificarla según el grado de meteorización.

## **2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS**

La información obtenida de la campaña de campo junto con la fotointerpretación fue procesada, analizada y registrada sobre la topografía actualizada dando como resultado el mapa geológico, notándose varios cambios con respecto a las cartografías anteriores.

Una vez elaborado el mapa de Geología de la zona, se realizan cortes geológicos los cuales sirven de apoyo en la obtención del modelo geológico estructural, permitiendo mostrar de una forma subjetiva el comportamiento de las estructuras a profundidad.

Adicionando otros componentes como datos climáticos y geomorfológicos que permitan determinar, con mayor o menor precisión según los casos, los límites y tipos de las principales unidades geológicas y con el ajuste de toda esta información se proceda a la elaboración del mapa geológico definitivo de la zona de estudio el cual tendrá una noción hidrogeológica.

## **2.6 PETROGRAFÍA**

La petrografía llevada a cabo durante el estudio fue basada en el análisis macroscópico de rocas sedimentarias, de las muestras recogidas en la fase de campo. Los análisis y observaciones hechas fueron basados en una metodología

ya establecida previamente por diferentes autores; metodología aprendida con anterioridad en los cursos de petrografía hechos a través de la carrera.

Para dicho análisis serán utilizados los estereo-microscopios, de la escuela de Geología, para determinar las propiedades y la composición de las rocas y minerales, como complemento también son utilizadas las siguientes herramientas:

- rayadores
- lupas (10x, 14x)
- imanes
- porcelanas
- ácido clorhídrico (HCl)

El análisis se realiza para determinar color, textura y composición mineralógica de la muestra, donde se describen:

- **Color:** Color en corte reciente de la muestra y el que resulta de la acción meteórica (intemperismo).
- **Textura:** Se describe las propiedades inherentes a los elementos y minerales que conforman la roca como los son: Tamaño de grano y el porcentaje de su contenido; su forma, su calibrado, el contacto entre partículas, en empaquetamiento, la compactación que presenta, su grado de porosidad y su permeabilidad, esto en el caso de las rocas sedimentarias terrígenas (Folk, 1974).

Figura 8. Diagrama triangular para clasificación composicional de las areniscas. Modificado de Folk, 1974.

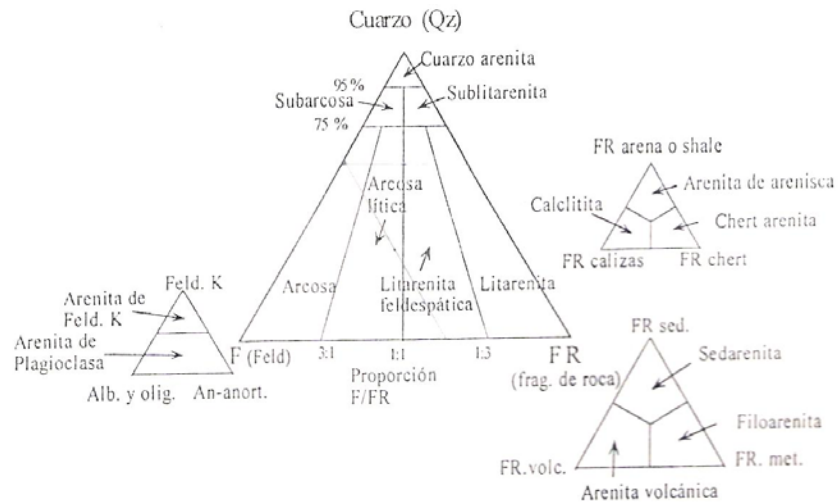
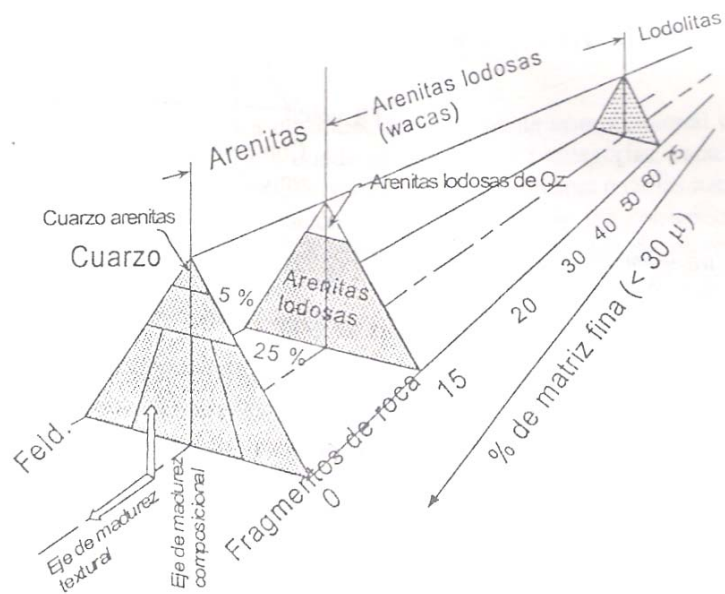


Figura 9. Clasificación de las areniscas con base en la textura y la composición, modificado de Petijhon y Sievers, 1973.



Para las rocas calcáreas el factor determinante en su clasificación es tanto la abundancia de los materiales gruesos o del lodo calcáreo, como la proporción o porcentaje de materia que se han formado junto y unido como el de aquellos que no lo hicieron (Dunham, 1962).

Figura 10. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional, Dunham (1962).

TEXTURA DEPOSICIONAL				
Componentes originales no crecieron juntos durante la depositación			Componentes originales crecieron juntos durante la depositación por intercrecimiento de material esquelético, laminación contraria a la gravedad,	
Contiene lodo, partículas de arcilla o de limo fino		Grano soportada carente de lodo		
Menos del 10 % de granos	Más del 10 % de granos	Grano soportada		
<u>MUDSTONE</u> <u>CALCAREO</u>	<u>WACKSTONE</u> <u>CALCAREO</u>	<u>PACKSTONE</u> <u>CALCAREO</u>	<u>GRAINSTONE</u> <u>CALCAREO</u>	<u>BOUNDSTONE</u> <u>CALCAREO</u>

- **Estructura:** La clasificación de las estructuras de fueron definidas por la forma y disposición de los minerales. Esta estructura esta ceñida a la forma descrita por los planos de estratificación y por la geometría que describe la roca tanto en el afloramiento como en muestra de mano.

### 3. GEOLOGÍA

#### 3.1 LITOLOGÍA

El área esta cubierta casi en su totalidad por rocas sedimentarias, y por rocas metamórficas; que abarcan edades desde el Predevonico pasando por el Jurásico hasta el cuaternario, con ausencia del Jurásico Inferior, Cretácico Superior y Terciario. Están representadas por las Formaciones Jordán, Girón, Tambor, Rosablanca, La Paja, Tablazo y Simití, en cuanto a las rocas sedimentarias; y la Formación Silgara para las metamórficas.

#### 3.2 SISTEMA CAMBRICO - ORDOVICICO

**3.2.1 Formación Silgará:** Nombre propuesto por Ward, et al. (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorfizadas 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. Corresponde a una secuencia de rocas de parametamórficas de grado medio y comprende pizarras, filitas, esquistos metareniscas y metaconglomerados.

Foto 8. Afloramiento de Metareniscas, sobre la vía Bucaramanga - San Gil.



Según lo consignado en el boletín geológico H-12 y H-13 (Ward et al, 1973) la formación consta esencialmente de una gruesa sección con intercalaciones de metawaca y esquistos micáceos de grano grueso posiblemente correlacionables con la base de la sección. A la formación se le ha asignado una edad pre – Devónica.

La Formación Silgará aflora en el municipio de Aratoca a lo largo de gran parte de la Falla Aratoca y en parte de la carretera que conduce de Aratoca hacia San Gil; en el límite noreste de nuestra zona, presentando laderas de moderada pendiente.

Foto 9. Afloramiento sobre la quebrada Aratoca perteneciente a Esquistos.



La textura predominante en los Esquistos micáceos con granates, ubicados en la confluencia de la Quebrada Aratoca y el río Suárez, es la lepidoblástica. La alteración que sufren los minerales debido a la meteorización, produce perfiles de

suelo con una textura arcillosa, en los cuales se aprecia la estructura esquistosa. Las metareniscas en el sector de la Falla de Aratocha, presentan venas de cuarzo.

Esta en contacto discordante con la Formación Jordán. Al considerarse estas rocas metamórficas, su importancia hidrogeológica radica en su porosidad secundaria ligada a las familias de diaclasas principalmente.

### **3.3 SISTEMA JURASICO**

**3.3.1 Formación Jordán:** El primero en reconocer la Fm. Jordán fue Cediell (1968). La sección tipo se encuentra localizada a un 1km al este del municipio Jordán Sube, sobre la pendiente norte del cañón del Río Chicamocha.

En general la Fm. Jordán se encuentra suprayaciendo rocas metamórficas como filitas y esquistos (Ward et al, 1973) e infrayace en discontinuidad estratigráfica a las formaciones Girón y Los Santos.

No se han encontrado fósiles en la Fm. Jordán, por lo cual la asignación de una edad Jurásico Inferior fue basada en dos consideraciones (Ward, et al, 1973):

- Los conglomerados inferiores en el área de Piedecuesta contienen guijos angulares de la fase porfiritica del Granito de Pescadero, del cual se obtuvo por datación radiométrica una edad de 193 +/- 6 m.a. (limite del Triasico-Jurásico).
- En el área de Bucaramanga la Fm. Girón reposa inconformemente sobre dicha formación e igualmente infrayace la Fm. Tambor del Cretácico Inferior.

El ambiente de depósito es continental vulcanoclástico. El espesor varía entre 300 y 660 m (WARD, et al., 1973).

Está constituida por areniscas gris verdosas, de grano grueso a ligeramente conglomerática, con estratificación cruzada; intercalados se presentan niveles de arcillolitas gris verdosas.

Foto 10. Afloramiento de lodolitas marrón rojizo de la Fm Jordán.



En el área de estudio aflora en forma de lengüeta alargada, en el norte sobre el cañón del Río Chicamocha, abarcando una longitud de 4km aproximadamente.

En la parte superior se encuentran intercalaciones de limolitas, color marrón rojizo a rojo grisáceo y areniscas de grano fino en capas medianas.

También existen dos capas delgadas de tobas soldadas félsicas. La zona donde aflora dicha formación se encuentra al noreste y pertenece a los sectores aledaños al municipio de Aratoca, sobre la carretable que conduce a la Vereda el Guasimo y que finalmente llega a la Quebrada Aratoca.

Foto 11. Afloramiento de lodolitas con venas de calcita



**3.3.2 Formación Girón:** En nombre “Girón Series” fue usado inicialmente por Tener (1982; en Pulido, 1979), para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limonitas color marrón rojizo, el cual se encuentra ampliamente expuestas al oeste de Bucaramanga y toman el nombre del municipio de Girón. En 1954 Langenheim (Ward, et al 1973), señalo los afloramientos del cañón de río Lebrija como la localidad tipo, definiendo los limites estratigráficos como contactos inconformes entre la Fm Bocas infrayaciendo y Tambor suprayacente. Finalmente Cediell (1968) en la sección tipo del río Lebrija, midió un espesor de 4.650m

Foto 12. Afloramiento de areniscas rojizas de la Fm Girón.



Dicha formación se encuentra a lo largo del cañón de Río Chicamocha y presenta un espesor de 30 – 200m, los cuales son pequeños al compararlos con la sección tipo, pero esto se puede atribuir a una depositación marginal muy cerca del área de suministro que puede también ser explicado por medio de un periodo erosivo post-Girón. La edad de la Fm. Girón ha sido motivo de varias discusiones. Cediel (1968) le asigna una edad Triásico-Jurásico, mientras que Ward, et al (1973), la considera del Jurásico Medio a Superior. Rabe (1974; en Pulido, 1979), la considero de edad Jurásico Superior, que es la edad mas aceptada hoy en día.

Foto 13. Limolitas verdosas violáceas hacia el tope de la Fm Girón. En contacto concordante con la Fm Tambor.



La Formación Girón está compuesta por areniscas de material siliciclastico con partículas de grano medio y grueso a ligeramente conglomerático, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, presentando estratificación cruzada, en capas gruesas, con intercalaciones de limolitas y lodolitas orgánicas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm. El contacto con la Fm. Tambor que es la suprayacente es considerado generalmente como una disconformidad, aunque esto tiende a variar lateralmente, presentándose de forma no concordante para la zona mas noreste, en la vereda Cruz de Piedra; y de manera concordante hacia la parte central y occidental del sobre el cañón de Río Chicamocha, en la zona conocida como El Pozo.

Foto 14. Contacto discordante entre las formaciones Girón y Tambor.



**3.3.3 Formación Tambor:** La sección tipo fue descrita por Morales, et al (1958; en Ward, et al, 1973) en el cañón del Río Lebrija entre los kilómetros 92 y 95 del ferrocarril de Bucaramanga a Puerto Wilches. Morales, et al (1973), aplican el nombre Tambor a todas las areniscas que forman la parte más baja del Cretácico

y que afloran en toda la parte norte de la región de Mesas y Cuestas. Cediel (1968) revisa el término Formación Tambor, prefiriendo como localidad tipo la Mesa de los Santos alcanzando un espesor de 218 metros, donde, estratos de esta formación están bien expuestos y propone sean denominados “Formación Los Santos”. La edad reportada de la Formación Tambor puede decirse que es posterior al Jurásico Superior (edad de la infrayacente Formación Girón) y anterior al Hauteriviano – Barremiano (edad de la suprayacente Formación Rosablanca). Según Renzoni (1985), quien hizo un análisis de los paleoambientes de la Formación Tambor, el intervalo lutítico-arenítico se formó en medio de depósitos ligados a ambientes estuarinos y maréales.

Foto 15. Afloramiento de areniscas blancas de la Fm Tambor.



En general en el área del Río Chicamocha se han distinguido tres niveles: Parte inferior constituida por areniscas y conglomerados rojizos, cuarzosos, de aspecto similar a los de Girón. Parte media, donde predominan las lutitas rojas y algunas areniscas intercaladas, y Parte superior, formada esencialmente de areniscas blancas con algunas intercalaciones delgadas de lutitas, alcanzando un espesor aproximado de unos 200m.

La formación Tambor aflora sobre la parte norte de la zona de estudio, en forma de escarpes; esta se encuentra muy caracterizada sobre el cañón del río Chicamocha. A la base se encuentra suprayaciendo discordantemente a la formación Girón, donde el contacto se encuentra evidenciado por la aparición de areniscas crema de tonalidades verdosas de arena fina y bien cementada; a medida que se asciende estratigráficamente se observa la presencia de areniscas cuarzo feldespáticas de grano medio con laminación plano paralela de tonalidades blancas y rosadas bien compactadas, con espesores de hasta 3 metros, intercaladas con pequeños niveles de arcillolitas de tonalidades moradas y rojizas.

Foto 16 y 17. La fotografía (16) de la izquierda pertenece la zona del Boquerón y muestra una fuerte lixiviación en las areniscas. La fotografía (17) de la derecha muestra la estratificación en artesa sufrida por la Fm Tambor en el Guasimo.



En algunos caso se observa la ocurrencia de niveles de areniscas de la misma composición con estratificación cruzada y en artesa, con gradación inversa, esta secuencia se puede observar sobre los escarpes rocosos de la vereda El Guasimo en inmediaciones del municipio de Aratoaca; donde presenta espesores de 2.5 metros y sobre la carretera que conduce al municipio de Jordán Sube en la vereda Cruz de Piedra.

Foto 18. Pertenece a areniscas blancas de la Fm Tambor sobre la vía a Jordán Sube, presenta estratificación cruzada.



Hacia el tope se encuentra infrayaciendo concordantemente a la formación Rosablanca, donde las areniscas se tornan más blancas con tonalidades amarillentas a marrón claro, en capas de 0.4 a 1.3m de espesor, estratificación plana paralela, truncada hacia el techo en un ángulo inferior de  $15^\circ$ . Las areniscas se observan fuertemente degradadas hacia la parte noreste de la zona de estudio donde se encuentran fuertemente lixiviadas por la influencia de factores climáticos, encontrándose prácticamente sin estructura, oxidadas y poco cementadas; esto hace que la porosidad primaria de dicha roca en las veredas La Laja, San Carlos y

Clavellinas sea bastante alta, con rangos mayores a los 16%. En los sectores donde aflora sobre el cañón del Río Chicamocha la porosidad ya pasa a ser de tipo secundario debido a la gran compactación presentada, siendo determinada por las diaclasas y fracturas en la roca.

El espesor aproximado de la Formación Tambor, calculado en el área de Mina Vieja es de 200m. Hacia el tope se encuentra infrayaciendo concordantemente a la formación Rosablanca.

**3.3.4 Formación Rosablanca:** Según Morales, et al (1958; en Pulido, 1979), el término Formación Rosablanca fue dado por Wheeler (1929, inédito) y su nombre proviene del Cerro Rosablanca a unos 5 kilómetros al norte de la esquina noreste de la Conseción de Mares (cuadrángulo H-12). Sin embargo, la sección tipo generalmente aceptada es la del cañón de río Sogamoso, cerca de 1.5km aguas arriba del puente sobre el río, en el sitio denominado El Tablazo. Allí la formación consiste de un espesor de aproximado de 425m de caliza masiva, dura, gris azulosa, fosilífera, de textura gruesa, con muchas capas margosas que pasan a caliza de textura fina, color negro y arcillosa de en el tope (Ward, et al, 1973).

Etayo (1968), le da una edad de Valanginiano Superior a Hauteriviano Inferior. Julivert (1968; en Pulido, 1979) propone que la unidad es oblicua respecto a las líneas isócronas y su edad sería Barremiana al Norte, Hauteriviana en la región de la Mesa de Los Santos – San Gil y Valangeniana hacia Villa de Leiva.

El ambiente de depositación de la Formación Rosablanca es marino de plataforma con altos topográficos (Morales, et al, 1958; en Ward, et al, 1973).

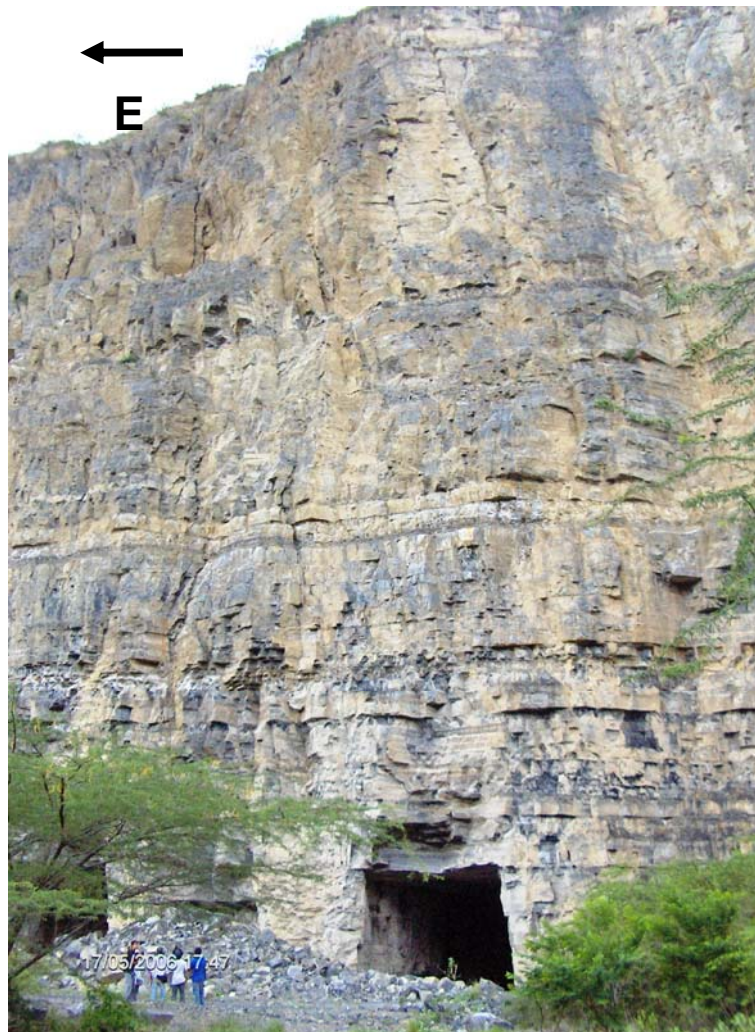
Foto 19. Mina de caliza Árbol Solo, Fm Rosablanca.



Se encuentra aflorando hacia la parte norte de la zona de estudio, en donde las pendientes formadas son abruptas (mayores del 50%) debido a que lo que aflora de ellas es el contraescarpe, presentándose mas caracterizada sobre la zona de las minas El Almirante Colon en la carretable que conduce hacia Las Juntas, lugar donde fue levantada una columna estratigráfica a través de los lugares donde esta afloraba, con el fin de detallar mejor esta formación. A la base se encuentra representada por niveles potentes de caliza tipo mudstone de 50 centímetros de espesor y en algunos casos 2 metros de espesor de color gris oscuro, intercalada por capas de yeso gris de hasta 70 centímetros de espesor. A medida que se sube estratigraficamente estos niveles de yeso con impurezas de arcillas, carbonatos, areniscas y material orgánico; desaparecen o disminuyen tornándose en laminas de 2 centímetros de espesor las cuales cortan no solo en sentido de la estratificación si no también rellenando fracturas y diaclasas, esto

debido por la evaporación del agua que ha percolado a través de depósitos de yeso masivo pre-existente, donde dichas aguas disuelven parte de la roca saliendo a superficie, donde vuelven a evaporarse precipitando yeso nuevamente. Además se observa una simultánea alternancia con lodolitas calcáreas muy fisiles y con esporádicos niveles de yeso los cuales alcanzan a tener 30 centímetros de espesor.

Foto 20. Minas del Almirante Colon. Minas de Yeso. Fm Rosablanca.



Sobre el tope se encuentra infrayaciendo concordantemente a la formación Paja en donde los niveles de caliza se encuentran de menor espesor.

Foto 21. Afloramiento de calizas intercaladas con capas de yeso gris y shales.



En general las calizas son de color gris oscuro, en capas de 0.5 a 2m de espesor, las que al alterarse dan una coloración marrón amarillenta, con cierto contenido arcilloso (5%), esparíticas, fosilíferas (restos de exogiras y especulas), venillas de calcita de 2 a 5mm. Las lutitas son de color gris a negro en donde se encuentran frescas, calcáreas, partición de tipo ortogonal y fisilidad, en capas de 0.5 a 0.9m. Aunque la porosidad primaria presentada por dicha formación es muy pobre, la de tipo secundario es bastante buena, con 26 de porcentaje, presentando diaclasas abiertas de hasta 40cm, lo cual le da una gran importancia hidrogeologicamente.

**3.3.5 Formación La Paja:** La localidad tipo se encuentra ubicada en la quebrada La Paja, en su confluencia con el río Sogamoso, 1Km aguas arriba del puente en el Tablazo (Plancha 120-I-D). La Formación fue designada y descrita por O.C

Wheeler en un informe inédito en 1929 (Morales, et al, 1958; en Ward et al 1973). La sección alcanza un espesor de máximo de 625m y esta compuesta de shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos y finamente laminados. Los 250 – 300m inferiores contienen concreciones de caliza, nódulos septáreos y venas de calcita (Ward, et al, 1973).

Foto 22. Afloramiento de shales negros con nódulos de gran tamaño intercalados con margas, de la Fm La Paja.



La Formación Paja es considerada en el área de Santander como del Barremiano – Aptiano (Morales, et al, 1958; en pulido, 1979). Un estudio detallado fue realizado por Etayo (1968) en la región de Villa de Leiva, quien le asignó edad Hauteriviano – Aptiano Superior. La secuencia presenta las características de depositación en un ambiente marino de aguas poco profundas o de circulación restringida, con un desarrollo de facies, es la parte baja, a material arenoso cuya posible fuente serían los altos topográficos del área de Santander.

Esta unidad se encuentra aflorando hacia la parte norte de la zona de estudio, hacia el noreste donde su espesor es menor, sobre la vereda el Placer y en el sur en la ciudad de San Gil.

Esta se encuentra suprayaciendo concordantemente a la formación Rosablanca, son shales negros con tonalidades marrones, no presentan laminas mayores a los 5 centímetros de espesor, presentan laminas de yeso blanco las cuales van en sentido de la estratificación y en algunos casos relleno de fracturas y no presentan mas de 5 milímetros de espesor aunque dichas laminas se encuentran muy sectorizadas y solo se encuentran intercaladas hacia la parte noroeste en la carretable que conduce a Las juntas; también se observa con nódulos calcáreos y ferruginosos los cuales presentan fósiles de amonites, bivalvos y algunas septarias y erizos de mar; dichos nódulos cambian su tamaño de unos 30cm en la parte oeste de la zona en el filo de Tierra Negra así como la presencia de fósiles de Turritella, y sobre la carretable a Las Juntas pasando a nódulos de 3-5cm sobre la carretera principal de Bucaramanga a San Gil. Los shales también se encuentran acompañados de septarias que alcanzan en algunos casos los 30 centímetros de diámetro, y se observa de manera sectorizada la presencia de patinas de sulfuros de coloraciones verdosas en el filo Tierra Negra.

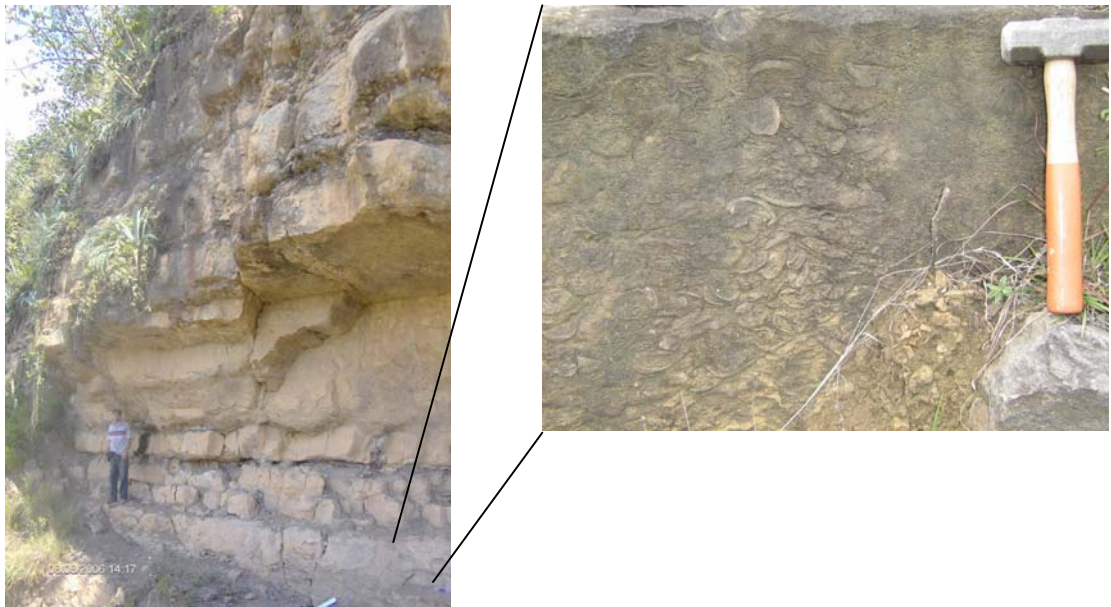
Foto 23. Afloramientos de la Fm La Paja a través de la zona, en los cuevas se aprecian las variaciones tanto en sus laminas de yeso como en sus nódulos.



Al tope se observan los niveles lodosos los cuales en algunos casos presentan composición calcárea con coloraciones más rojizas debido al alto grado de meteorización, con ausencia de septarias, intercalados con margas de caliza tipo mudstone bien compactadas, con espesores menores a los 25 centímetros. La formación paja se encuentra infrayaciendo discordantemente a la formación Tablazo. La porosidad primaria presentada por esta formación es muy pobre posiblemente con rangos entres los 2 a 5 por ciento.

**3.3.6 Formación Tablazo:** La sección tipo está ubicada en El tablazo, donde la carretera que de Bucaramanga conduce a San Vicente de Chucurí, atraviesa el río Sogamoso cortando el risco que forman las calizas. La Formación fue designada en estudio inédito por O.C. Wheeler, según Morales, et al, (1958; en Pulido, 1979), y se refiere a una sección de calizas duras, azuladas, fosilíferas en la parte superior y margas o calizas arcillosas en la parte superior. El espesor varía entre 150 y 325m.

Foto 24. Escarpe con intercalaciones de calizas compactas y fisiles, en la vereda El Espinal. Fm Tablazo.



Esta unidad presenta variaciones en el espesor: en la localidad tipo alcanza 186m, mientras que en al norte de Bucaramanga alcanza 277m (Ward, et al, 1973) y en el área de Mesas y Cuestas su mayor espesor es de 374m.

Sobre el área de estudio la formación Tablazo se encuentra aflorando principalmente al norte del municipio de Villanueva (vereda La Lajita), y bordea en

dirección noreste - sureste hasta la carretera principal en dirección de la quebrada paloblanca. Cabe anotar que el espesor de dicha unidad se disminuye a medida que se avanza hacia la parte oriental de la zona de estudio. Sobresaliendo en forma de grandes escarpes hacia el municipio de San Gil.

Foto 25. Calizas bastante diaclasadas sobre la vía que conduce de San Gil al aeropuerto Los Pozos.



Por lo general esta unidad mantiene su espesor y se observa sobre relieves de pendientes moderadamente pronunciadas y en otros casos sobre zonas de grandes pendientes formando escarpes. Se encuentra suprayaciendo de manera concordante con la formación Paja en forma de paquetes de calizas tipo Packstone y Wackstone las cuales presentan impurezas de material terrígeno siliciclastico como cuarzo y feldespato, con presencia de conchillas de bivalvos, estas calizas presentan espesores no mayores a los 2 metros, son de color gris

claro con tonalidades pardas y marrones, presentan fósiles de amonites y de conchillas de bivalvos, se encuentran intercalados con arcillas calcáreas bien fisilizadas de poco espesor y con nódulos calcáreos y ferruginosos.

Foto 26. Cascada de la quebrada las Burras, la cual tiene su cause sobre calizas bastante diaclasadas de la Fm Tablazo.



A medida que se asciende litológicamente se observa la presencia de niveles de arenisca (arcosa lítica) de 1.5 metros de espesor como máximo de color café y pardo, de estructura masiva, geometría tabular, con presencia de bioclastos de bivalvos, con venas de calcita, intercalados con arcillas y lodolitas que en la mayoría de los casos no presentan composición calcárea, y con calizas tipo mudstone de 50 centímetros como máximo de espesor; al tope se observa el aumento en espesor de los niveles de arenisca y la ausencia de lo niveles de caliza.

La porosidad primaria presentada por la Formación Tablazo es de moderada a pobre encontrándose entre los rangos de 5 – 10%. El factor de importancia hidrogeológico en esta formación lo aporta la porosidad de tipo secundario ( $16\% <$ ), mediante un buen fracturamiento de las calizas presentes en la Vereda Macaregua, y en general en toda la zona.

**3.3.7 Formación Simiti:** Este nombre fue dado por geólogos de la Internacional Petroleum Company (Colombia) en 1973, para los afloramientos que ocurren en el lado de la ciénaga de Simiti, sobre el lado occidental de río Magdalena, en la parte sur del departamento de Bolívar (Morales, et al, 1958; en Ward; en Ward, et al, 1973).

Allí la Formación tiene un espesor de 410m y consiste de shales blandos, laminados, de carácter carbonáceo de colores gris a negro, localmente calcáreo y concrecional. Las concreciones alcanzan un diámetro de 3m y abundan más hacia la parte superior de dicha Formación. Igualmente, hacia el tope, se presentan delgadas bandas conglomerados con guijos pequeños, nódulos fosfáticos y dientes de peces.

La formación Simiti muestra características de un ambiente de depositación marina poco profunda de facies más litoral. Ulloa y Rodríguez (1979; en Pulido, 1979) la correlacionan con la Formación Uné de la Cuenca de Bogotá.

Foto 27. Afloramiento de la Fm Simiti, sobre la carreteable que conduce a las Juntas desde Villanueva.



La unidad suprayace concordantemente a la Formación Tablazo; su edad es considerada Albiano con base en amonitas halladas en la sección tipo. Etayo (1968) le asigna una edad Albino Medio a Superior en la región de Villa de Leiva.

Sobre el área de estudio la formación Simiti representa la unidad litológica más predominante, aflorando desde la parte norte de San Gil (aeropuerto Los Pozos), hasta la parte norte del municipio de Villanueva (vereda Macaregua).

En la zona se encuentra fuertemente alterado y meteorizado a tal punto que en la mayoría de las localidades se encuentra en forma de arcilla y como suelo residual fuertemente oxidado, con tonalidades abigarradas, predominando los colores rojos, amarillos y pardos, y con estructuras de meteorización tipo duripan, prevaleciendo su composición siliciclastica. A pesar del alto grado de

meteorización en que se encuentra, se puede observar en algunos casos rasgos de la secuencia litológica original, como lo es la continua intercalación de areniscas cuarzo feldespáticas hacia el tope de la secuencia; las cuales no superan los 1.5 metros de espesor, con granos de arena fina y de matriz lodosa, bien compactadas, bien calibradas, y moderadamente cementadas, de estructura masiva y geometría tabular, con presencia de huellas de fragmentos de bivalvos, intercalados con arcillolitas y lodolitas fisiles de la misma composición con cierta laminación plano paralela difusa, y con presencia de nódulos ferruginosos de 5 centímetros de diámetro como máximo.

Foto 28. Arenas arcillosas de colores amarillos claros sobre la vereda Guamito.



Cabe anotar la presencia de minerales de alteración como la glauconita sobre todos los niveles de la unidad, y la presencia de aljibes los cuales deben su origen a la moderada porosidad con rangos entre los 12% y 16% y permeabilidad que presenta, atribuido todo esto al alto grado de meteorización física y química.

Foto 29. Arcillolita con estructuras de Duripan sobre la vía que conduce al Aeropuerto de San Gil, desde la carretera que comunica Villanueva.



▪ **Sistema del Cenozoico**

**3.3.8 Depósitos de Derrubios, Qd:** En la zona se presentan depósitos de gran extensión y moderada magnitud, ubicados hacia el cañón del Río Chicamocha, en la base de los escarpes, en especial se aprecia uno en inmediaciones del municipio de Jordán Sube, sobre el cual está construido dicho municipio, el cual se caracteriza por caída de bloques y escombros, de hasta 70cm de diámetro, procedentes de las diferentes unidades (Girón, Tambor y Rosablanca), los cuales han sido finalmente acumulados en dicha zona.

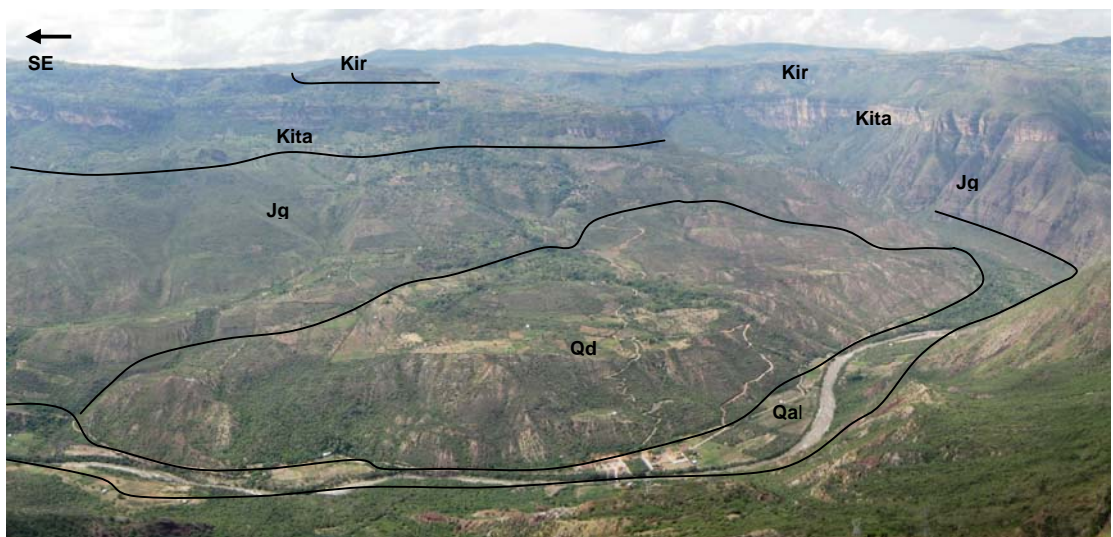
Foto 30. Panorámica desde la vereda Cruz de Piedra hasta el municipio de Jordán Sube, donde se aprecia tanto los depósitos por derrubios como los aluviales.



Foto 31. Cuaternarios hacia el topé del escarpe de la Fm Rosablanca en el cañón del Río Chicamocha en la vereda El Espinal.

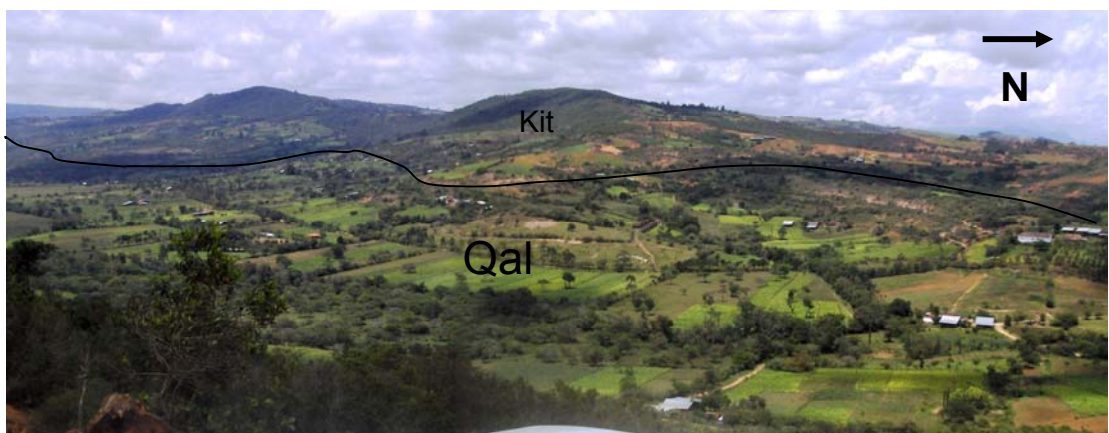


Foto 32. Se aprecia los depósitos de tipo aluvial y de derrubio del municipio de Jordán Sube, y las demás unidades que forman el paisaje.



**3.3.9 Depósitos de Aluviales, Qal:** Unidad Qal está conformada por depósitos no consolidados de aluvión, que son considerados del Holoceno. Los cuales se encuentran hacia la parte norte nuestra del municipio de Villanueva, en la vereda Macaregua. Este deposito resulta como resultado una antigua laguna en la cual se deposito los sedimentos que lo conforman.

Foto 33. Cuaternario aluvial, Vereda Macaregua.



#### **3.4 COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS.**

##### **3.4.1 Columna Generalizada de la zona de estudio.**

Columna N° 1 Columna generalizada del área de estudio, en las cuales se muestran las formaciones Silgara, Jordán, Girón, Tambor, Rosablanca, La Paja, Tablazo y Simiti

PERIODO	UNIDAD	SÍMBOLO	ESPESOR ACUMULADO	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
CRETACICO INFERIOR	Fm. Simiti	Kis			ARENISCAS DE ORAMO FINO A MEDIO LIGERAS CON INTERCALACIONES DE SHALES MEDIO Y VOLCANOS DE MICA CEBADO
	Fm. Tablazo	Kit			ARENISCAS SILICEAS Y CALCAREAS, CALICAS ESPARTICAS Y MICRITICAS Y SHALES MEDIO CON FOSES DE BRACHIOVOS Y TRILOBITAS
	Fm. Paja	Kip			SHALES MEDIO CALCAREOS Y ORGANICOS CON LAMINAS Y VENAS DE YESO INTERCALADAS CON BANDAS Y LIMOLITAS SILICEAS, SE OBSERVAN NODULOS CALCAREOS, FERROBOROSOS Y CON YESO CON FOSES DE AMONITES Y TRILIBELAS
	Fm. Rosablanca	Kir			CALICAS MICRITICAS CON BANDAS DE YESO INTERCALADAS CON NUBES DE YESO CALICAS BIOCORROFADAS INTERCALADAS CON SHALES DE PRESERVA FOSES DE BRACHIOVOS, ERIZOS DE MAR, EPIPTERIOIDOS Y OUTRERIDES
	Fm. Tambor	Kia			ARENISCAS DE ORAMO FINO A GRISEO, GRACIAS DE COLOR BLANCO-GRISA Y EN LA BASE ARENICAS FINAS DE COLOR BLANCO-ROSA CON EST PATRICACION CRUZADA EN ARTESA Y ORADACION INVERSA; ARENICAS MEDIAS DE MATRIZ LIGERA
	Fm. Jordán	Jj			LIMOLITAS Y LODO LITAS VIOLACEAS Y ROSALAS LIBRES DE LIMOLITAS VERDES, NUBES DE ARENICAS OMOLOMERITICAS Y OMOLOMERADOS ROSAZOS
	Fm. Silgara	PDs			LIMOLITAS MARRONES - VOLACEAS SILICEAS Y CALCAREAS; ARENICAS FINAS
PRE DEVONICO					ESQUITOS MICACEOS CON GRANATES Y METARENITAS

La secuencia litológica a través de la columna es la siguiente:

- **Silgara, PDs:** Esquistos micáceos con granates y metarenitas, presentan un espesor de 107.m.
- **Jordán, Jj:** Limonitas marrones – violáceas, silíceas y calcáreas, areniscas finas, con un espesor aproximado de 97.m

- **Girón, Jg:** Limonitas y lodolitas violáceas y rojizas, con lentes de limonitas verdes y niveles de areniscas conglomeráticas y conglomerados rojizos. Tiene un espesor aproximado de 306m.
- **Tambor, Kita:** Areniscas de grano fino a grueso cuarzosas, de color blanco a crema y hacia la base areniscas finas de color blanco a rosado con estratificación cruzada y en artesa y de gradación inversa, con areniscas medias de matriz lodosa. Presenta un espesor de 192m.
- **Rosablanca, Kir:** Calizas micriticas con bandas de yeso, intercaladas con niveles de yeso; con calizas biosoportadas intercaladas con shales, se presentan fósiles de bivalvos, erizos de mar, espatangidos y ostrecidos. Espesor de 216m.
- **La Paja, Kip:** Shales negros calcáreos y orgánicos con laminas y venas de Yeso, intercalados con margas y limonitas silíceas; también se observan nódulos calcáreos ferruginoso, con fósiles de amonites y turritelas. Presenta un espesor de 297m.
- **Tablazo, Kit:** Areniscas silíceas y calcáreas con calizas esparíticas y micriticas intercalados con shales negros con fósiles de bivalvos y trigonias. Tiene un espesor de 400m.
- **Simiti, Kis:** Areniscas de grano fino a medio, lodosas con intercalaciones de shales de color negro y violáceo muy micáceos. Presenta un espesor de 152.5m

**3.4.2 Columna de la Formación Rosablanca.** La columna correspondiente a la Formación Rosablanca fue levantada en el sector de las Minas el Almirante Colon, y fue descrita desde la entrada a las minas, la cual se encuentra próxima a la base de la Formación, hasta el segmento medio de dicha formación donde deja de florar la roca.

Su secuencia litológica se puede ver en la columna 1 y su descripción de techo a base es la siguiente:

- Calizas micriticas, calizas arenosas y shales grises calcáreos: 8,6 m de espesor.
- Calizas tipo mudstone intercalada con calizas tipo wackestone, bien diaclasadas: 5,6 m de espesor.
- Calizas micriticas, calizas arenosas y shales grises calcáreos: 5,4 m de espesor.
- Intercalación de caliza micritica y shales calcáreos con venillas de yeso: 3,4 m de espesor.
- Niveles de caliza tipo wackestone intercalada con caliza tipo mudstone: 8 m de espesor.
- Caliza gris oscura intercalada con lodolitas grises y shales calcáreos negros: 16.2 m de espesor.
- Niveles de caliza micritica oscura intercalada con shales grises calcáreos: 32.4 m de espesor.
- Intercalaciones de calizas micriticas oscura con shales gris oscuros calcáreos: 4 m de espesor.
- Lodosita gris con láminas de yesos intercaladas con calizas arenosas: 2 m de espesor.

Columna N° 2 Columna de la Fm Rosablanca, Minas el Almirante Colon. Columna de la Formación Simiti:

Edad Unidad	Segmento	Muestra Espesor Acumulado	Litología						Estratificación Interna	Fosiles	Descripción
			Mudosa Lodo	Pack Arena	Sand Grav	W M	W M	W M			
Hauteriviense Rosablanca											<p>Caliza micrítica intercaladas con calizas arenosas hacia el techo y hacia la base un nivel de shale gris calcareo.</p> <p>Caliza tipo mudstone intercalada con caliz tipo wackestone fuertemente diaclasada.</p> <p>Intercalación de caliza micrítica y shale gris. Calcetas con venillos de yeso. Niveles de caliza compacta tipo wackestone hacia el techo intercalada con niveles de caliza fisiles tipo mudstone.</p> <p>Caliza gris oscura intercalada con lodolitos fisiles de color gris y shale calcareo negro y amarillo (hacia el tope).</p> <p>Niveles de caliza micrítica oscura intercalada con shale calcareo gris oscuro. Hacia el techo se observa un aumento en el espesor de las calizas.</p> <p>Intercalaciones de calizas micríticas gris oscuro con shale gris oscuro calcareo.</p> <p>Ladolito gris con lentillas de yeso intercalada con calizas arenosas.</p>

La columna elaborada para la Formación Simiti no tubo un lugar específico sobre el cual ser levantada, ya que por la morfología que presenta dicha formación no se encuentran tramos lo suficiente largos en los cuales levantar una poligonal que fuera cartografiable de acuerdo a la escala requerida para este estudio (1:200); por tal razón se procedió a construir la columna mediante los datos estructurales y topográficos recolectados a través de los deltas mas representativos de tal manera

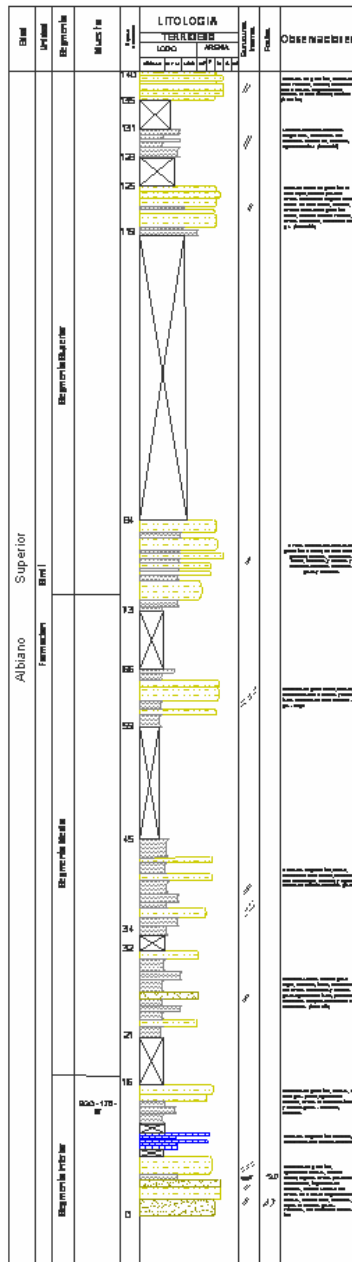
que dichos datos pudieran ser correlacionados para obtener una columna generalizada de la formación.

Su secuencia litológica se puede ver en la figura 2 y su descripción de techo a base es la siguiente:

- Arenisca de grano fino y lodosas de color violáceo, intercalada con areniscas de grano medio, lodosas de color amarillo: 3.5 m de espesor.
- Lodolitas micáceas de colores abigarrados, intercaladas con arcillolitas de color lila: 3.4 m de espesor.
- Arenisca lodosa de grano fino de color rojizo, intercalada con niveles de arenisca de grano medio lodosa de color blanco, niveles de arenisca de grano fino lodosa micácea de color violácea y niveles de lodosita de color gris: 6 m de espesor.
- Niveles de areniscas lodosas de grano fino a medio, limolitas, lodolitas y arcillolitas de colores grises y violáceos: 11.2 m de espesor.
- Areniscas de grano medio, lodosas, intercaladas con arcillolitas y lodolitas fisiles de color violáceo – gris: 7.2 m de espesor.
- Areniscas de grano fino, lodosa micácea de color blanco, intercalada con shales negros micáceos y algunos niveles de limolitas grises: 11.7 m de espesor.
- Arcillolitas de color gris a negro fisiles intercaladas con lodolitas y limolitas grises ligeramente fisiles, con presencia de nódulos de 4cm: 10.8 m de espesor.
- Areniscas de grano fino lodosas de color gris con niveles de de arcillolitas fisiles y lodolitas grises – violáceas micáceas: 4.8 m de espesor.
- Areniscas de grano fino calcáreas intercaladas con lodolitas calcáreas: 2 m de espesor.

- Areniscas de grano fino ligeramente lodosas de color blanco con fragmentos de conchas con arenisca de grano medio lodosas de color claro micáceas y capas de lodolitas grises con laminación ondulosa: 7.4 m de espesor.

Columna N° 2 Columna de la Fm Simiti.



### **3.4.3 Columna sobre el camino real que conduce al municipio de Jordán Sube.**

Esta columna corresponde a las Formación Rosablanca, Tambor y Girón; fue levantada sobre la vereda El Pozo, en el camino real que conlleva al municipio de Jordán Sube, y fue elaborada en las partes mas representativas donde afloraba la roca.

Su secuencia litológica se puede ver en la columna 1 y su descripción de techo a base es la siguiente:

- Caliza gris oscura intercalada con shale calcáreo. Tiene un espesor de 17m.
- Caliza micritica con superficies de calcita intercalada con caliza arenosa. Presenta un espesor de 11 m.
- Shale gris calcáreo. Con 3 m de espesor.
- Caliza micritica gris con superficie de calcita intercalada con shale calcáreo gris. Con un espesor de 6 m.
- Caliza gris oscura intercalada con shale calcáreo negro. Con 6m de espesor.
- Caliza micritica gris intercalada con shale calcáreo. Con 4m de espesor.
- Shale calcáreo intercalado con caliza arenosa gris oscura y venillas de yeso. Con 6m de espesor.
- Caliza poco potente de color gris oscuro intercalada con shale calcáreo negro. Con 9m de espesor.
- Arenisca cuarzo-feldespática de color blanco con tonalidades rosa claro moderadamente compacta y meteorizada. Presenta 24m de espesor.
- Lodolita color pardo, arenisca cuarzo-feldespática de color rosado claro bien compacta con estructura difusa. Con 17m de espesor.
- Arenisca cuarzo-feldespática de color amarillo claro bien compacta. Presenta 16m de espesor.

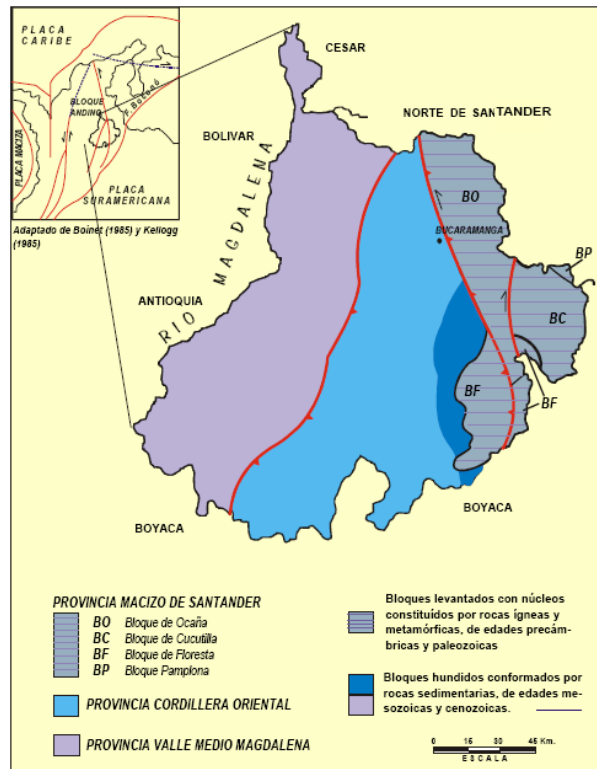


### **3.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

**3.5.1 Tectónica.** El nororiente colombiano de Los Andes es un territorio geológicamente complejo y tectónicamente dinámico; 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.

Para la caracterización tectónica del territorio de Santander se ha subdividido en tres provincias tectónicas como son la del Macizo de Santander, que está conformada por los bloques de Floresta, Cucutilla, Pamplona y de Ocaña; la del Valle Medio del Magdalena, y la de la Cordillera Oriental, de conformidad con el esquema tectónico, presentado por Clavijo, et al. (1993), (ver figura 6). La zona de estudio se encuentra ubicada en lo que corresponde a la provincia cordillera oriental caracterizada por pliegues anticlinales y sinclinales amplios, limitados por fallas inversas y de cabalgamiento, de direcciones NE y NW, con inclinación predominante hacia el oriente. Constituye una cobertera sedimentaria con cubrimiento de una gran extensión de la Cordillera Oriental. Está restringida a dos bloques, el principal localizado en la región central estructural y el menor ubicado en la región oriental.

Figura 11. Esquema explicativo de las provincias tectónicas del departamento de Santander. Tomado de las memorias del Mapa Geológico de Santander (Clavijo y Royero, 2001).



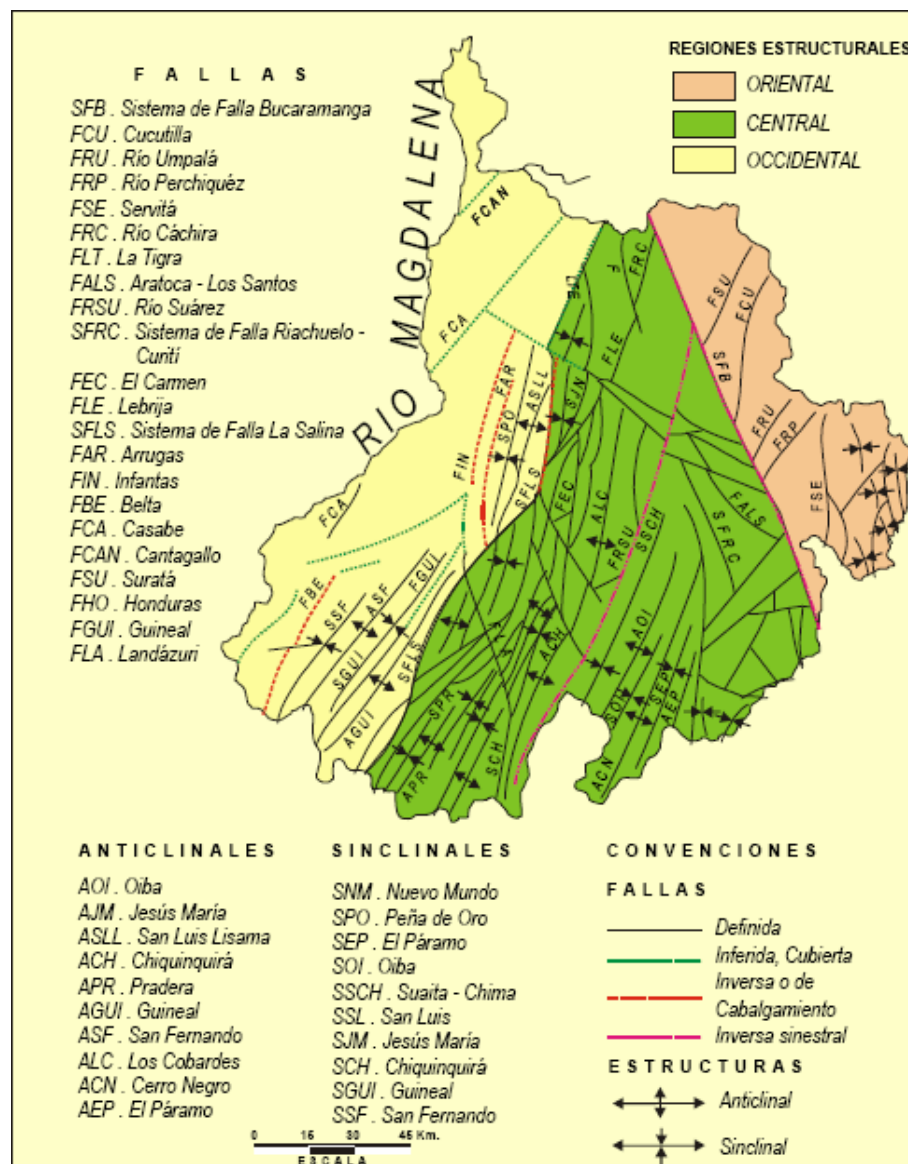
Esta provincia está conformada por rocas sedimentarias generalmente plegadas, de edades jurásicas y cretácicas; el bloque principal o central está limitado al oriente por las fallas Riachuelo y Bucaramanga-Santa Marta, y al occidente por la Falla La Salina, mientras el bloque oriental está limitado al oriente por la Falla de Servitá y al occidente por las fallas Bucaramanga-Santa Marta y de Baraya.

### 3.6 ESTRUCTURAS

El territorio santandereano se caracteriza por presentar tres estilos estructurales diferenciables, los cuales identifican tres regiones estructuralmente bien definidas del departamento (Figura 9): uno de fallamiento en bloques en la región oriental; otro de plegamientos en la región central, y el graben del Magdalena, en la región

occidental. En la Figura 9, se muestra el esquema estructural que se ha considerado apropiado para el Departamento de Santander.

Figura 12. Esquema explicativo de las principales estructuras en el departamento de Santander. Tomado de las memorias del Mapa Geológico de Santander (Clavijo y Royero, 2001).



El área de estudio está regida estructuralmente por dos megaestructuras las cuales corresponden a las fallas del Suárez y Bucaramanga, indicando un

ambiente tectónico compresivo ocasionando procesos de deformación de la secuencia sedimentaria Jurásico-cretácico dando como resultado estructuras sinclinales, fallas normales e inversas y fallas de menor orden considerándose como lineamientos debido a presentar un salto de falla poco significativo comparado con la escala que se está trabajando en esta cartografía; dichas estructuras presentan una dirección predominante NS y NW, las cuales son controladoras de los cauces de las Quebradas La Laja, Clavellinas, Aratoca, De Burras, Paloblanco y La Laja-San Gil.

▪ **Fallas.** Falla Clavellinas: Presenta dirección NW – SE, se encuentra ubicada sobre la parte nororiental de la zona de estudio, se extiende más exactamente entre las veredas Clavellinas y Cruz de Piedra; esta falla es de tipo normal, sin componente de rumbo; hacia la vereda Clavellinas es imposible conocer el desplazamiento generado por la falla ya que se encuentra poniendo en contacto la misma litología (formación Tambor), pero se puede atribuir el aumento en extensión areal de esta litología al desplazamiento de esta falla; ya hacia la vereda Cruz de Piedra se puede observar el desplazamiento ocasionado por la falla, debido al cambio abrupto del relieve y poniendo a la misma altura topográfica las areniscas de la formación Tambor y las calizas de la formación Rosablanca, representando un salto de falla aproximado de 80 metros, con el plano de falla orientado hacia el norte.

Falla Aratoca: Presenta dirección NW – SE, se encuentra ubicada sobre el extremo nororiental de la zona de estudio, se extiende más exactamente sobre la quebrada Aratoca; esta falla es de tipo inverso, sin componente de rumbo; además se encuentra poniendo en contacto fallado los esquistos predevónicos de Silgara con las lutitas rojas de la formación Jordán. El salto de falla no es muy representativo. Esta falla puede ser corroborada también mediante análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado hacia el norte.

Falla Carrizal: Presenta dirección NW – SE, se encuentra ubicada sobre el extremo nororiental de la zona de estudio, se extiende mas exactamente sobre la quebrada Carrizal; esta falla es de tipo inverso, sin componente de rumbo; se encuentra afectando las lutitas rojas de la formación Jordán. El salto de falla es difícil de determinar ya que mantiene en contacto la misma litología, aunque se puede evidenciar debido a los cambios en el relieve y a datos estructurales tomados a lado y lado de la misma, así como también a análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado hacia el norte.

Falla El Pozo: Presenta dirección N – E, se encuentra ubicada sobre el extremo norte de la zona de estudio, se extiende mas exactamente sobre la quebrada El Pozo; esta falla es de tipo normal, sin componente de rumbo; se encuentra afectando, las areniscas de la formación Tambor, las lodolitas de la formación Girón, y las lutitas rojas de la formación Jordán. El salto de falla es de aproximadamente 8 metros aunque no es lo suficientemente grande se puede apreciar fácilmente. Y además se puede corroborar debido a los cambios en el relieve y a datos estructurales tomados a lado y lado de la misma, así como también a análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado de manera vertical.

Falla Las Burras: Presenta una dirección NW-SE, se encuentra ubicado sobre el extremo noroeste de la zona de estudio; se extiende a lo largo de la quebrada que lleva el mismo nombre sobre la vereda La Lajita, esta falla es de tipo normal y no presenta componente de rumbo, y se encuentra afectando la Formación Tablazo. No se pudo determinar el salto de falla debido a que pone en contacto el mismo tipo de litología. Su forma y su comportamiento fueron corroborados debido a los datos estructurales y a los análisis de fotografías aéreas y de imágenes satelitales. El plano de falla esta orientado en dirección norte.

Falla La Laja (Aratoca): Presenta dirección NW – SE, se encuentra ubicada sobre el extremo nororiental de la zona de estudio, se extiende mas exactamente sobre la quebrada La Laja en el municipio de Aratoca; esta falla es de tipo inverso, sin componente de rumbo; se encuentra afectando las areniscas lixiviadas de la formación Tambor. El salto de falla es difícil de determinar aunque pone casi en contacto fallado a las calizas de la formación Rosablanca con las areniscas mencionadas anteriormente; el movimiento de la falla se puede evidenciar debido a los cambios en el relieve y a datos estructurales tomados a lado y lado de la misma, así como también a análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado hacia el norte.

Falla La Laja (San Gil): Presenta dirección NW – SE, casi norte sur, se encuentra ubicada al extremo sur de la zona de estudio, se extiende mas exactamente sobre la quebrada La Laja en el municipio de San Gil; esta falla es de tipo inverso, sin componente de rumbo; se encuentra afectando los niveles de calizas y areniscas de la formación Tablazo y los niveles arenosos y lodosos de la formación Simiti. El salto de falla es difícil de determinar aunque pone casi en contacto fallado las litologías anteriormente mencionadas; el movimiento de la falla se puede evidenciar debido a los cambios en el relieve y a datos estructurales tomados a lado y lado de la misma, así como también a análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado hacia el este.

Falla Macaregua: Presenta dirección N – E, se encuentra ubicada sobre el extremo norte de la zona de estudio, se extiende mas exactamente sobre la quebrada Macaregua; esta falla es de tipo normal, sin componente de rumbo; se encuentra afectando, las areniscas de la formación Tambor, las lodolitas de la formación Girón, y las lutitas rojas de la formación Jordán. El salto de falla es de aproximadamente 12 metros aunque no es lo suficientemente grande se puede apreciar fácilmente. Y además se puede corroborar debido a los cambios en el relieve y a datos estructurales tomados a lado y lado de la misma, así como

también a análisis de fotografías aéreas y a imágenes satelitales, con el plano de falla orientado hacia el este.

▪ **Lineamientos.** La gran mayoría de los lineamientos en la zona de estudio presentan un patrón de orientación NE – SW, siendo el mas representativo en este grupo el lineamiento de la quebrada Paloblanco, sobre la vereda Paloblanco Bajo hacia el costado suroriental de la zona, estos lineamientos por lo general son representativos de trazos de quebradas que en la actualidad se encuentran secas o representan drenajes de escorrentía, además tienden a mantener un movimiento de tipo normal, aunque no se puede observar y tan solo se puede insinuar por pequeños cambios en los datos estructurales.

Foto 34. Lineamiento de la Quebrada Paloblanca



Otro patrón de lineamientos se pueden observar en dirección NW – SE y se pueden asociar al esfuerzo que genero el patrón de fallas en la misma dirección que se observa en la zona.

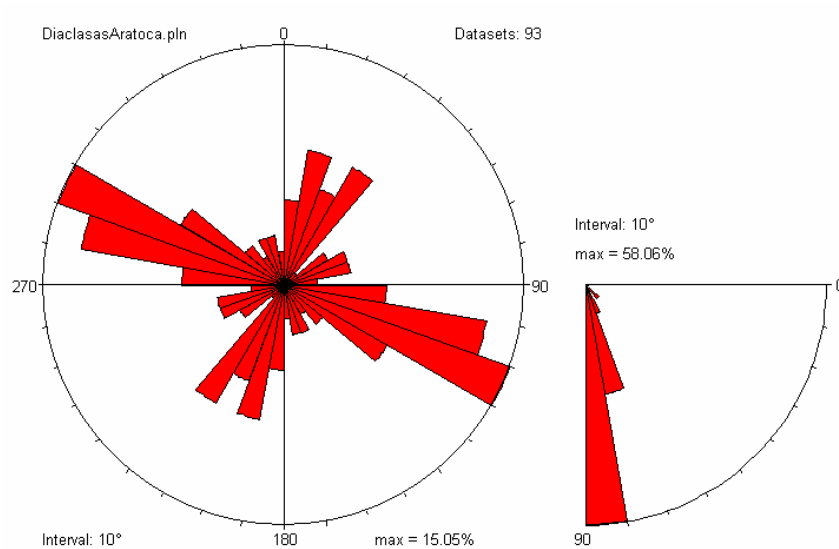
Por ultimo encontramos un patrón de lineamientos de menor importancia en dirección N – S, el cual esta asociado a la falla de La Laja en San Gil; siendo el mas representativo el lineamiento de la Quebrada El Guasimo sobre la vereda del mismo nombre.

▪ **Pliegues.** Encontramos un solo pliegue comprobado mediante datos estructurales, este es de tipo sinclinal; su eje axial pasa sobre la quebrada El Guayabal, en la vereda con el mismo nombre, perteneciente al municipio de San Gil; y debe su origen al cabalgamiento originado hacia el oeste de la zona de estudio mas exactamente sobre el filo de Las Antenas, nombre por el cual se le conoce; este sinclinal presenta una orientación N – S y se extiende sobre arenas y lodos de la formación Simiti. Los datos estructurales y los datos de la fotointerpretación fueron suficientes para corroborar la presencia de dicho pliegue. En cuanto a cualquier otro tipo de pliegues se hace difícil la confirmación de la presencia de estos ya que los resultados arrojados por los datos estructurales y la fotointerpretación no son suficientes.

▪ **Relaciones de las diaclasas y fallas con los esfuerzos principales.** El procesamiento de los datos cinemáticas se hizo mediante el software Tectonics FP 1.6.2® aplicando el método diagramas de rosetas, eigenvectores y grandes círculos para los datos de diaclasas y el método de diedros rectos (Angelier y Mechler, 1977; Angelier y Gouguel, 1979) para los datos de las estrías; los cuales arrojaron los siguientes resultados:

▪ **Sector Aratoca.** Para el sector de Aratoca se obtuvieron 92 datos de diaclasas (ver anexos), los cuales indican un patrón principal de diaclasas con dirección preferencial de  $290^{\circ}/85^{\circ} \pm 5^{\circ}$  o NW-SE; y un segundo patrón con dirección preferencial entre los  $190^{\circ} - 220^{\circ} / 75^{\circ} \pm 5^{\circ}$  o NE-SW; a simple vista se puede observar que estos dos patrones que rigen la zona de Aratoca son producto de dos esfuerzos los cuales son ortogonales entre si (figura).

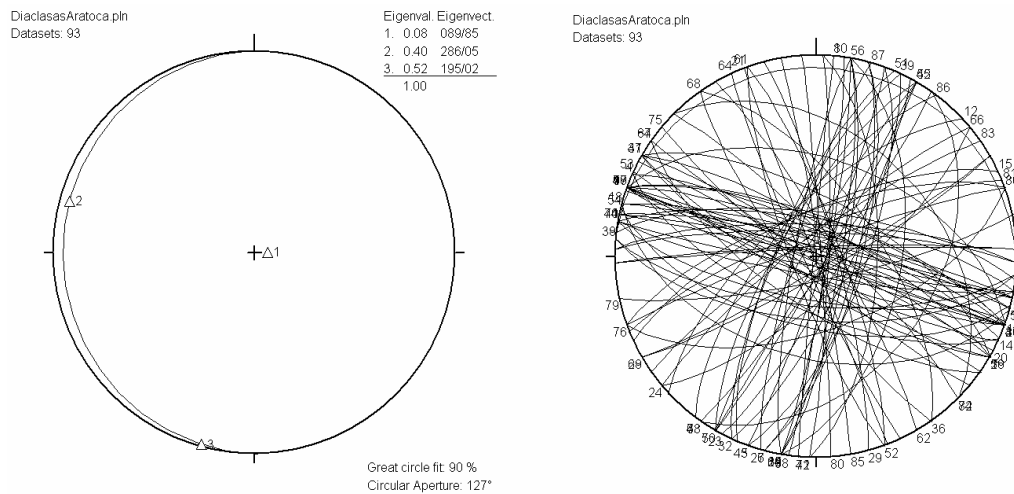
Figura 13. Diagrama de rosas para el sector de Aratoaca.



Mediante el tratamiento estadístico de las diaclasas, también se pudieron proponer la dirección de los tres esfuerzos principales que actúan sobre la zona (figura); indicando un esfuerzo principal en dirección de  $89^{\circ}/85^{\circ}$ , un esfuerzo secundario de  $286^{\circ}/05^{\circ}$ , y un esfuerzo menor  $195^{\circ}/02^{\circ}$ .

Con los datos obtenidos podemos sugerir; que el esfuerzo principal es claramente vertical, siendo propicio para la generación de un sistema estructural transtensivo y para la formación de fallas de tipo normal. Para el segundo esfuerzo el cual esta orientado NW – SE, puede estar relacionado con la formación de el segundo patrón de diaclasas; así como el patrón principal de diaclasas esta ligado al esfuerzo menor el cual se encuentra orientado en dirección NE – SW.

Figura 14. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Aratoca.



Para este sector se obtuvieron 16 datos de estrías, los cuales recibieron un análisis mas detallado debido a que estos arrojan información mas precisa sobre la situación estructural del sector (anexos), de las cuales se obtuvo un tensor de esfuerzo principal horizontal ( $\sigma_1$ )  $68^\circ/04 \pm 0.40$ , un esfuerzo intermedio vertical ( $\sigma_2$ )  $327^\circ/69 \pm 0.33$ , y un esfuerzo mínimo ( $\sigma_3$ )  $160^\circ/21 \pm 0.27$ . El eje de presión P tiene una orientación de  $103^\circ/03^\circ$  con un factor de correlación  $R = 34\%$ , el eje de tensión T se orienta  $11^\circ/37^\circ$  con un factor de forma ( $R$ ) =  $37\%$  y el eje B se orienta a  $310^\circ/83^\circ$  con  $R = 92\%$ , esto muestra una correlación moderada entre los valores de estría y el campo de esfuerzos general para el cual el diedro no se ajusta perfectamente con los datos medidos en campo pero se aproximan; la baja correlación entre los valores de estría y el campo de esfuerzos se explica porque algunos de los datos introducidos pueden corresponder a un régimen de esfuerzos anterior o simplemente a la aparición progresiva que han tenido estas estructuras. Con la recopilación de estos resultados se puede concluir que el plano de falla es netamente de rumbo y dextral, con una pequeña componente de desplazamiento inversa, en dirección NE -SW.

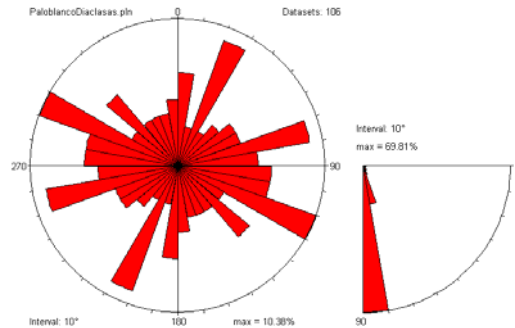
Figura 15. Tensor de esfuerzos calculado por el método de diedros rectos de Angelier y Machler (1977), usando el programa Tectónicas FP. El eje principal ( $\sigma_1$ ) es horizontal en dirección NE – SW. Con desplazamiento de rumbo destal y una mínima componente de desplazamiento inverso.



Al comparar directamente los resultados obtenidos en base a las diaclasas con los que están en base las estrías, se puede observar una gran diferencia entre la dirección de los esfuerzos principales que afectan la zona, pero dado que el tratamiento de los datos de las estrías indican propiamente la mejor aproximación a la dinámica estructural sobre la zona.

- **Sector Paloblanco.** Para el sector de Paloblanco se obtuvieron 106 datos de diaclasas (ver anexos), los cuales indican un patrón principal de diaclasas con dirección preferencial de  $290^\circ/85^\circ \pm 5^\circ$  o NW-SE; y un segundo patrón con dirección preferencial entre los  $200^\circ - 210^\circ / 85^\circ \pm 5^\circ$  o NE-SW; Estos dos patrones que prevalecen sobre la zona de Paloblanco son producto de dos esfuerzos que a su vez son ortogonales entre si (figura).

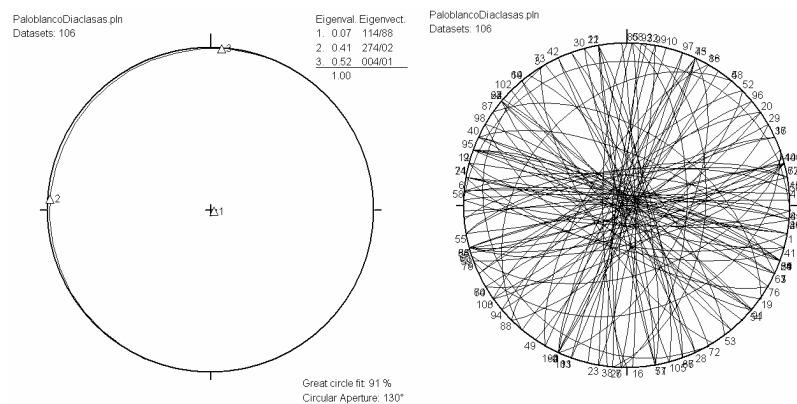
Figura 16. Diagrama de rosas para el sector de Paloblanco.



Además se pudo proponer la dirección de los tres esfuerzos principales que actúan sobre la zona (figura); indicando un esfuerzo principal en dirección de  $114^{\circ}/08^{\circ}$ , un esfuerzo secundario de  $274^{\circ}/02^{\circ}$ , y un esfuerzo menor  $04^{\circ}/01^{\circ}$ .

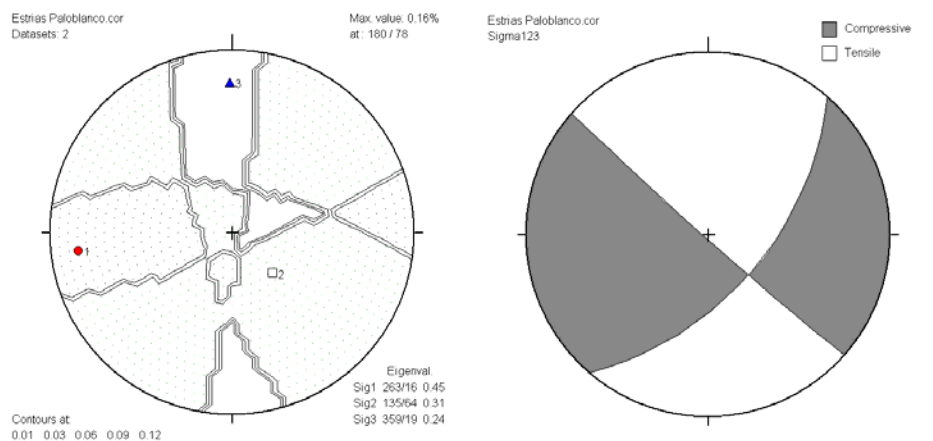
Con los datos obtenidos podemos sugerir; que el esfuerzo principal es claramente vertical, siendo propicio para la generación de un sistema estructural transtensivo y para la formación de fallas de tipo normal. Para el segundo esfuerzo el cual esta orientado NW – SE, puede estar relacionado con la formación de el segundo patrón de diaclasas; así como el patrón principal de diaclasas esta ligado al esfuerzo menor el cual se encuentra orientado en dirección NE – SW.

Figura 17. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Paloblanco.



Para este sector se obtuvieron 2 datos de estrías, esta frecuencia tan baja de datos se puede atribuir a que la litología mas frecuente sobre esta zona corresponde a los niveles arcillosos de la formación Simiti sobre los cuales se hace complicado la conservación de este tipo de información, a pesar de esto, los datos son suficientes como para arrojar información detallada sobre la situación estructural del sector (anexos), de las cuales se obtuvo un tensor de esfuerzo principal horizontal ( $\sigma_1$ )  $263^\circ/16 \pm 0.45$ , un esfuerzo intermedio vertical ( $\sigma_2$ )  $135^\circ/64 \pm 0.31$ , y un esfuerzo mínimo ( $\sigma_3$ )  $359^\circ/19 \pm 0.24$ , (figura). Como otro inconveniente adicional debido a la escasez de datos se hace imposible conocer la orientación de los ejes P y T y el factor de correlación de estos, los cuales nos podrían indicar el ajuste del diedro con los daros obtenidos en campo. Con la recopilación de estos resultados y se puede concluir que el plano de falla es netamente de rumbo y dextral, con una pequeña componente de desplazamiento inversa, en dirección NE -SW.

Figura 18. Tensor de esfuerzos calculado por el método de diedros rectos de Angelier y Machler (1977), usando el programa Tectonics FP. El eje principal ( $\sigma_1$ ) es horizontal en dirección NE – SW. Con desplazamiento de rumbo dextral y una mínima componente de desplazamiento inverso.

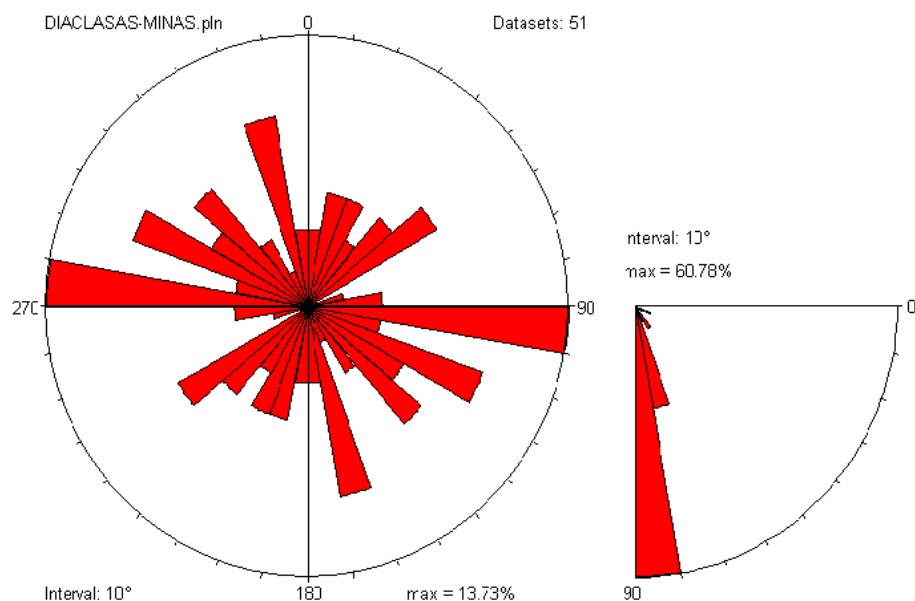


A diferencia del sector de Aratoca, podemos observar una relación entre la cinemática estructural obtenida con los datos de diaclasas y los datos de estrías,

ubicando el esfuerzo menor en los dos casos, horizontal y casi en dirección N – S, Aunque la orientación de el esfuerzo principal en las diaclasas se encuentra mas asociado a la orientación del esfuerzo secundario en las estrías; similarmente ocurre con el esfuerzo secundario en las diaclasas y el esfuerzo principal en las estrías.

▪ **Sector Las Minas.** Para el sector de Las Minas se obtuvieron 51 datos de diaclasas (ver anexos), los cuales indican un patrón principal de diaclasas con dirección preferencial de  $275^{\circ}/85^{\circ} \pm 5^{\circ}$  o E - W; y un segundo patrón con dirección preferencial entre los  $160^{\circ} - 170^{\circ} / 75^{\circ} \pm 5^{\circ}$  o NE-SW; los esfuerzos que provocan estos patrones de diaclasamiento tienen que ser casi ortogonales debido a la orientación que presentan estas diaclasas (figura).

Figura 19. Diagrama de rosas para el sector de Las Minas.



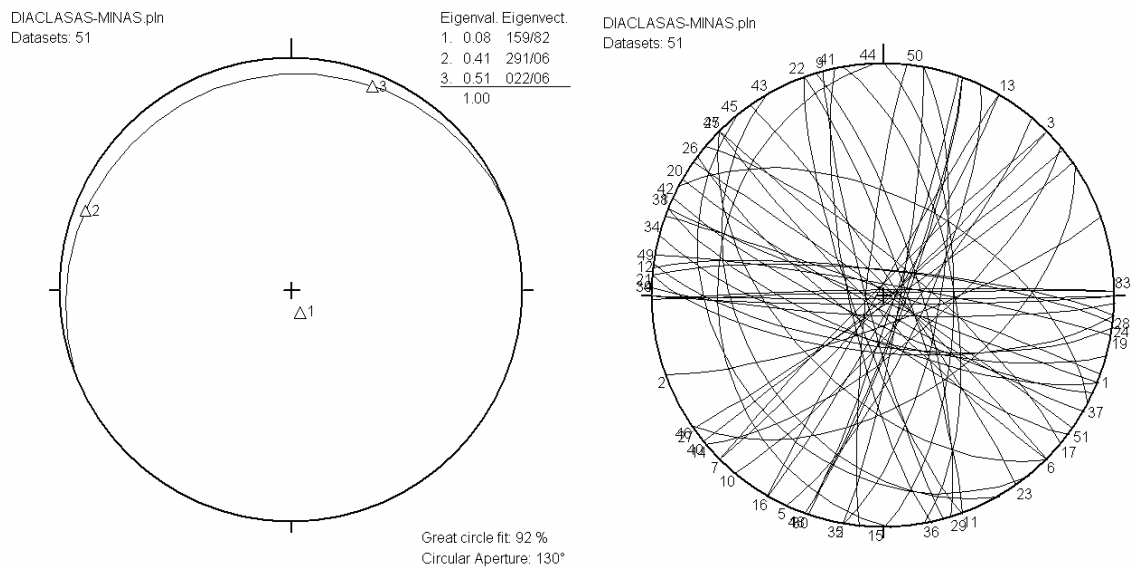
Mediante el tratamiento estadístico de las diaclasas, también se pudieron proponer la dirección de los tres esfuerzos principales que actúan sobre la zona (figura);

indicando un esfuerzo principal en dirección de  $159^{\circ}/82^{\circ}$ , un esfuerzo secundario de  $291^{\circ}/06^{\circ}$ , y un esfuerzo menor  $22^{\circ}/06^{\circ}$ .

Con los datos obtenidos podemos sugerir; que el esfuerzo principal es claramente vertical, siendo propicio para la generación de un sistema estructural transtensivo y para la formación de fallas de tipo normal.

Debido a que sobre este sector se hizo imposible la obtención de datos más confiables como son las estrías, la cinemática de los esfuerzos y la orientación de estos solo pueden ser obtenidos mediante el manejo de las diaclasas, aunque obviamente no pueden presentar un grado de confiabilidad tan alto como en los otros sectores de la zona de estudio.

Figura 20. Diagrama de Eigenvectores y Grandes Círculos para el sector de Las Minas.



## 4. ARCILLAS

### 4.1 MUESTREO Y PREPARACIÓN DE ARCILLAS PARA POSTERIOR ANÁLISIS POR DRX.

**4.1.1 Generalidades de las Arcillas.** Los minerales arcillosos son numerosos y difieren entre sí por su forma, estructura, apilamiento de las capas y por la simetría de la red que forman entre sí. Estas redes estructurales no son perfectas, generalmente presentan huecos por falta de iones o por sustitución de unos iones por otros que distorsionan la estructura y generan diferencias entre familias. Es bueno tener presente que en los depósitos naturales siempre coexisten varias clases de minerales arcillosos simples e interestratificados acompañados de óxidos de hierro o de titanio, piritas, yeso, calcita, feldespatos y otros minerales. La formación de los minerales arcillosos está influenciado en gran medida por los procesos de meteorización, y su presencia o ausencia pueden dar una noción del comportamiento hidrogeológico en estas zonas de alteración, los minerales que están en mayor proporción son los encargados de condicionar estas características. De acuerdo con su distribución estructural los minerales arcillosos se pueden dividir en las siguientes familias o grupos:

**4.1.2 Familia de la Caolinita** Según **Besoain** (1985), son posiblemente los minerales arcillosos más extendidos y frecuentes en el mundo y comprenden la Caolinita, la Halosita, la Nacrita y la Dickita. La composición química de la Caolinita puede expresarse como  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Los distintos minerales se distinguen por los diferentes apilamientos de las capas octaédricas y tetraédricas, la simetría de la red cristalina y la mayor o menor inclusión de moléculas de agua.

Su ocurrencia es común como un producto de alteración de feldespatos y micas, generados principalmente en condiciones de bajo pH y abundante disponibilidad

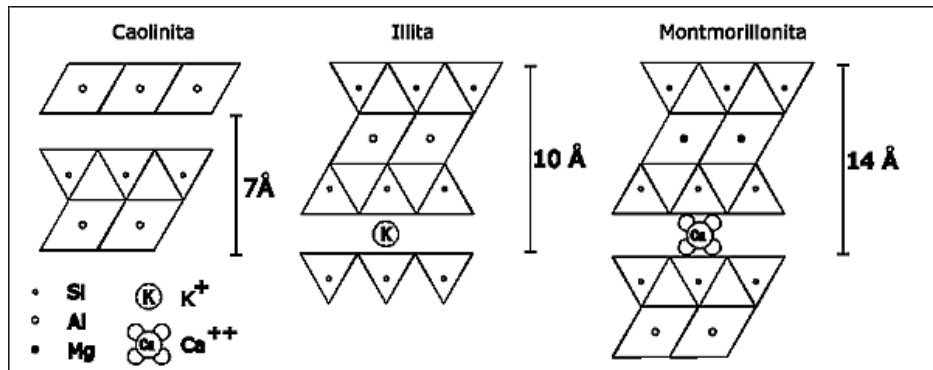
de agua y de sedimentos provenientes de rocas que contienen dichos minerales. (Ígneas y metamórficas).

Los suelos con caolinita como mineral de arcilla presentan un comportamiento de baja a media plasticidad y permeabilidad. El efecto del aumento de humedad sobre las propiedades del suelo generalmente, no es importante, ya que esta se comporta como un mineral no expansivo.

**4.1.3 Familia de las Esmectitas o minerales expandibles.** Esta familia incluye especies dioctaédricas como la Montmorillonita (Figura 21), la Nontronita y la Beidelita y trioctaédricas como la Saponita, la Sauconita y la Hectorita. Su composición química varía por la capacidad de sustitución elemental y de absorción de agua; una fórmula general para una Esmectita es:  $Al_{2-x}Mg_xSi_4O_{10}(OH)_2$ . En general, las arcillas expandibles, presentan estructuras que permiten que el agua penetre entre las láminas tetraédricas y octaédricas a través de enlaces de hidrógeno, lo cual determina una expansión de la celda cristalográfica y explica su alto índice de plasticidad y alta capacidad de retención le permite actuar como zonas de acumulación cuando su contenido es considerable.

La montmorillonita se forma como producto de la meteorización de materiales volcánicos en condiciones climáticas contrastadas. La esmectita se transforma en illita, cuando su composición mineralógica y su disposición estructural se presenta como capas mixtas en sus iones, muy común en procesos diagenéticos.

Figura 21. Estructura elemental de la Montmorillonita, illita y caolinita



**4.1.4 Familia de las micas.** Esta familia sigue el mismo esquema de cristalización de la anterior pero sus minerales no son expandibles; a este grupo pertenecen las Vermiculitas, el Talco, la Pirofilita, la Illita, la Moscovita. En la celda cristalográfica de las micas algunos silicios pueden estar reemplazados por aluminio y la diferencia de carga está balanceada por iones Potasio.

La illita se forma como producto de alteración de micas y feldespatos. En condiciones óptimas para su formación corresponden a un pH elevado y rocas ricas en minerales portadores de aluminio y potasio, también se forman a partir de diagénesis de caolinita o montmorillonita bajo la influencia de temperatura, presión, concentración iónica y consecuente profundidad de soterramiento.

La estructura elemental de la Illita y su composición química puede expresarse como  $K Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ . El índice de plasticidad de los minerales de esta familia es menor que el de las Esmectitas.

## 4.2 METODOLOGÍA

**4.2.1 Muestreo y descripción.** Este se hace por medio de un control sistemático de arcillas en el área de trabajo; teniendo en cuenta la cartografía geológica hecha

previamente en campo podemos determinar los puntos mas aconsejables para la recolección de muestras; esto depende principalmente del grado de incidencia que puedan tener estas arcillas en el desarrollo hidrogeológico de la zona y bajo el criterio del geólogo de campo.

Primero se describe la muestra en el afloramiento; esta descripción se hace tomando rasgos particulares del deposito arcilloso: estructura, textura, color y composición; para luego clasificarla en cuatro tipos diferentes según el grado de meteorización que presente (La clasificación de dichas arcillas fue determinada por el Geólogo Rafael Duarte de INGEOMINAS).

La clasificación propuesta para las arcillas según su grado de meteorización:

Meteorización tipo 1: presenta una estructura relativamente bien definida y poco alterada indicando la relación con la roca madre, en donde se pueden apreciar rasgos como la laminación interna; presenta una textura bien compactada, bien calibrada, aunque el grado de cementación es muy bajo o no tiene; colores relativamente definidos aunque afectados por el grado de oxidación y meteorización que tenga; su composición es propia de la roca parental, aunque alterado debido a la influencia de la meteorización que esta haya sufrido.

Meteorización tipo 2: Presenta estructura no muy bien definida y su parentesco con la roca fuente es difícil de definir a no ser que no haya sufrido mucho transporte; presenta una textura moderada a bien compactada, se encuentra bien calibrada debido a que ha sufrido un grado de lixiviación que ayuda a mejorar la selección de los granos que la componen, no presenta prácticamente grado de cementación; colores relativamente definidos aunque afectados por el grado de oxidación y meteorización que tenga; su composición es propia de la roca parental, aunque alterado debido a la influencia de la meteorización que esta haya sufrido y la formación de nuevos minerales.

Meteorización tipo 3: No presenta estructura y su parentesco con la roca fuente es difícil de definir a no ser que no haya sufrido mucho transporte; presenta una textura donde el grado de compactación, depende de la asociación de los minerales arcillosos presentes (sean expansivos o no expansivos), se encuentra bien calibrada debido a que ha sufrido un grado de lixiviación moderado que ayuda a mejorar la selección de los granos que la componen, no presenta ningún grado de cimentación; colores poco definidos a manera de tonalidades abigarradas (en el caso en que su mayor componente sea materia siliciclastica) o definidos (en el caso en que su mayor componente sea la materia orgánica), afectados por el grado de oxidación y meteorización que tenga; su composición esta ligada en parte a la roca parental, muy alterado debido a la influencia de la meteorización que esta haya sufrido por lo que se observa la formación de nuevos minerales.

Meteorización tipo 4: No presenta estructura y su parentesco con la roca fuente es difícil de definir, se puede asociar fácilmente con suelo residual (en muchos casos, sobre la zona de trabajo se observo una estructura típica de meteorización denominada popcorn, ligada a las condiciones climáticas con presencia de minerales expansivos); se encuentra bien calibrada debido a que ha sufrido un grado de lixiviación alto que ayuda a mejorar la selección de los granos que la componen, no presenta ningún grado de cementación; colores poco definidos a manera de tonalidades abigarradas (en el caso en que su mayor componente sea materia siliciclastica) o definidos (en el caso en que su mayor componente sea la materia orgánica), afectados por el grado de oxidación y meteorización que tenga; su composición esta ligada en parte a la roca parental, muy alterado debido a la influencia de la meteorización que esta haya sufrido por lo que se observa la formación de nuevos minerales.

El muestreo fue realizado sobre columnas estratigráficas, de tal manera que se determino base y techo de las capas y que permitieran correlacionar fácilmente

otros niveles equivalentes. Después de realizada la descripción del depósito, se procedió a recolectar una muestra significativa de 500 gr aproximadamente, in situ, indicando su localización en la columna estratigráfica, y se almaceno en una bolsa sellable con el fin de no contaminar la muestra.

**4.2.2 Fase de laboratorio.** Después de tomada la muestra se llevo al laboratorio para un posterior tratamiento, con el fin de seleccionar la fracción limo y arcilla, que corresponden a los minerales silicatados, los cuales nos darán información esencial sobre la relación que estos tienen con los procesos hidrogeológicos en la zona de estudio. (Figura 20).

Materiales.

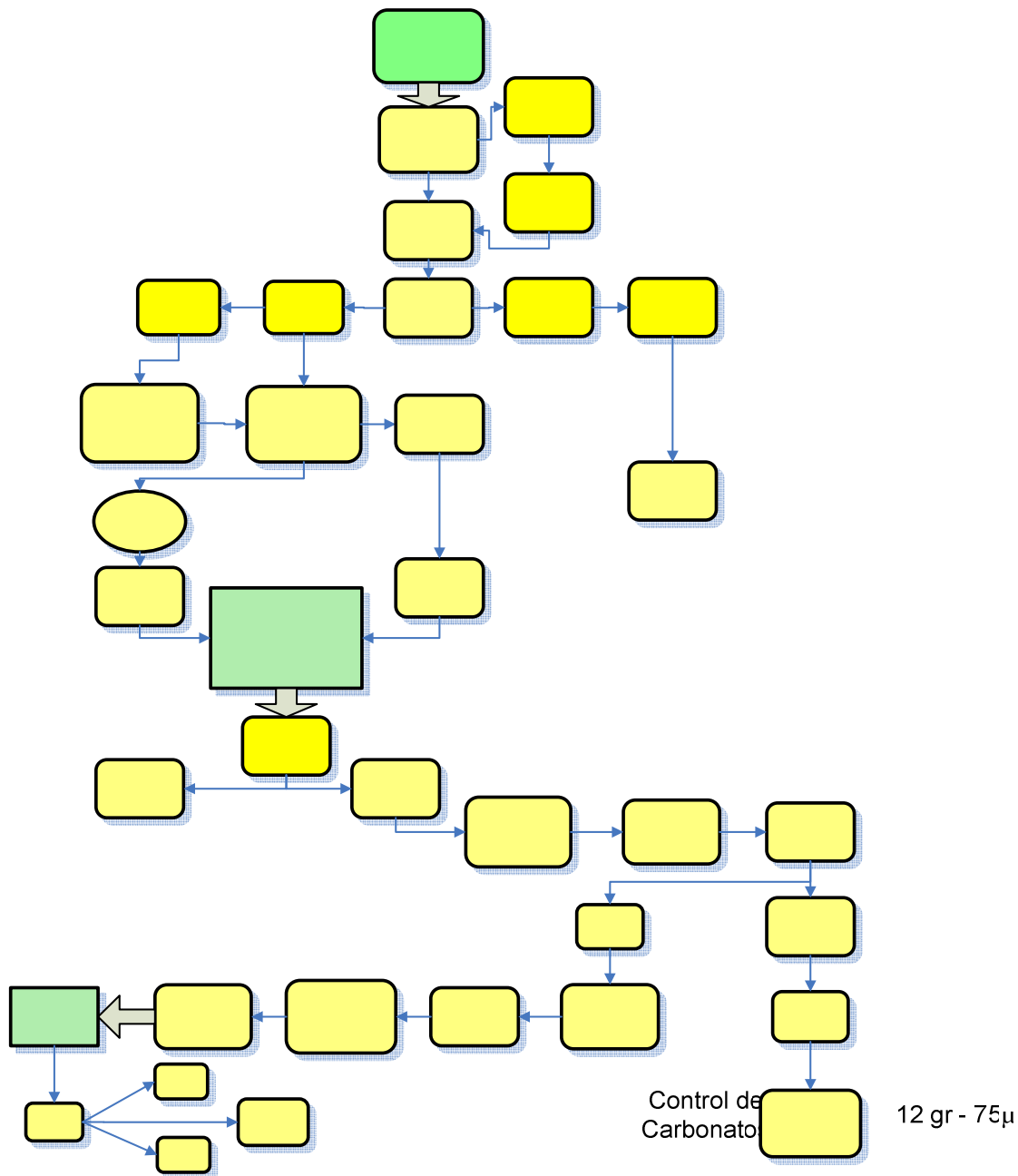
- Mortero de ágata.
- Tamiz (malla 100 y malla 200).
- Bolsas para muestras (capacidad 12 gr).
- Bolsas para testigos (capacidad 50 gr).
- Frasco lavador.
- Vaso de precipitado.
- Pipeta de 25 ml.
- Pipeta de 50 ml.
- HCl (0.2 N).

- Agua destilada (pH-7).
- Amoniaco (NH<sub>4</sub>).
- Botella de 30 plástica ml.
- Botella de 60 plástica ml.
- Centrifuga.
- Horno.
- Portaobjeto petrográfica.
- Etilenglicol.
- Desecador.
- Difractometro de RX.
- Balanza de precisión.

**4.2.3 Procedimiento.** Se toman 50 gr de muestra; si la muestra no esta lo suficientemente seca se procede a realizar el secado de la misma en el horno a 80° C durante 2 horas. Con la muestra ya en optimas condiciones se procede a macerar en un mortero de ágata; en el proceso de tamizado se emplean la malla de 100 para obtener 12 gr de muestra con un tamaño de 150 µm, y la malla de 200 para obtener 12 gr de muestra con un tamaño de 75 µm, estas muestras se etiquetaran y se empacaran en bolsas, al igual que con el testigo.

A continuación se muestra el cuadro sinóptico de los diferentes procesos por los cuales se trata a la muestra para poder someterla a un análisis con el difractograma (Figura 22.)

Figura 22. Cuadro sinóptico del procedimiento de laboratorio, en Arcillas.



El resultado de la rutina básica son 3 difractogramas diferentes, los cuales serán comparados entre si para determinar la mineralogía de la muestra, y así conocer sus características esenciales.

**4.2.3 Análisis de los Difractogramas.** El fin de este análisis es determinar la composición y mineralización de las muestras de arcilla anteriormente procesadas. Al igual que el tipo arcillas y su contenido.

El análisis consiste en un conteo semicuantitativo de los diferentes picos a través del difractograma picos que dependiendo de su valor de theta me representaran un valor en grados amstrongs, valor que a su vez es equivalente a cada uno de los diferentes tipos de arcilla, encontrados en la muestra.

El conteo se hace desde una línea base o background, a partir del cual se mide la longitud máxima de cada pico.

El proceso exige comparar los picos de cada una de las arcillas detectadas en cada uno de los difractogramas (Natural, Etilenglicol y 500°) y ver como es su comportamiento a medida que va siendo sometida la muestra a los diferentes procesos en el laboratorio.

Comprendiendo de antemano el comportamiento esperado por cada tipo de arcillas al ser sometida a los diferentes tratamientos, se procede a medir y cuantificar cada unos de los picos en el difractograma de Etilenglicol, que es donde se puede apreciar las arcillas de tipo no expansivo en su magnitud real, con excepción de las arcillas expansivas como algunas esmectitas las cuales son medidas en el difractograma de Quemado de 500°.

Acto seguido se procede a llevar a porcentaje cada uno de las mediciones hechas para cada arcilla o pico; con excepción de aquellos picos que me representen las

segundas reflexiones de un mismo tipo de arcilla, en el difractograma Natural. Ya teniendo los contenidos en porcentajes de las diferentes arcillas en la muestra se procede a correlacionarlas en cada una de las columnas realizadas en la Formación Simiti, formación en la cual se hizo el muestreo de arcillas. Los difractogramas analizados se presentan en este estudio como anexos.

Figura 23. NATURAL AVS 131

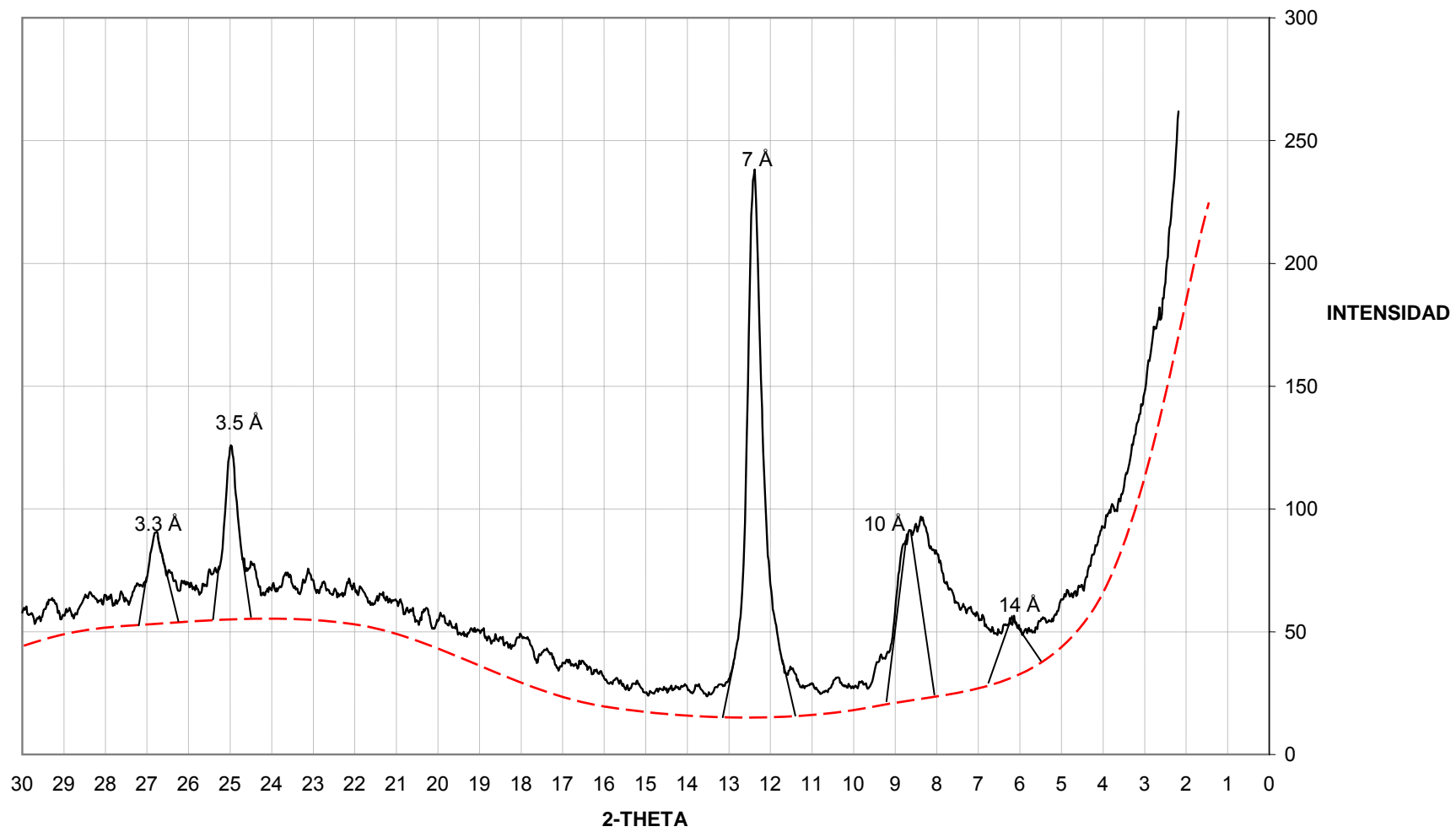


Figura 24. ETILENGLICOL AVS 131

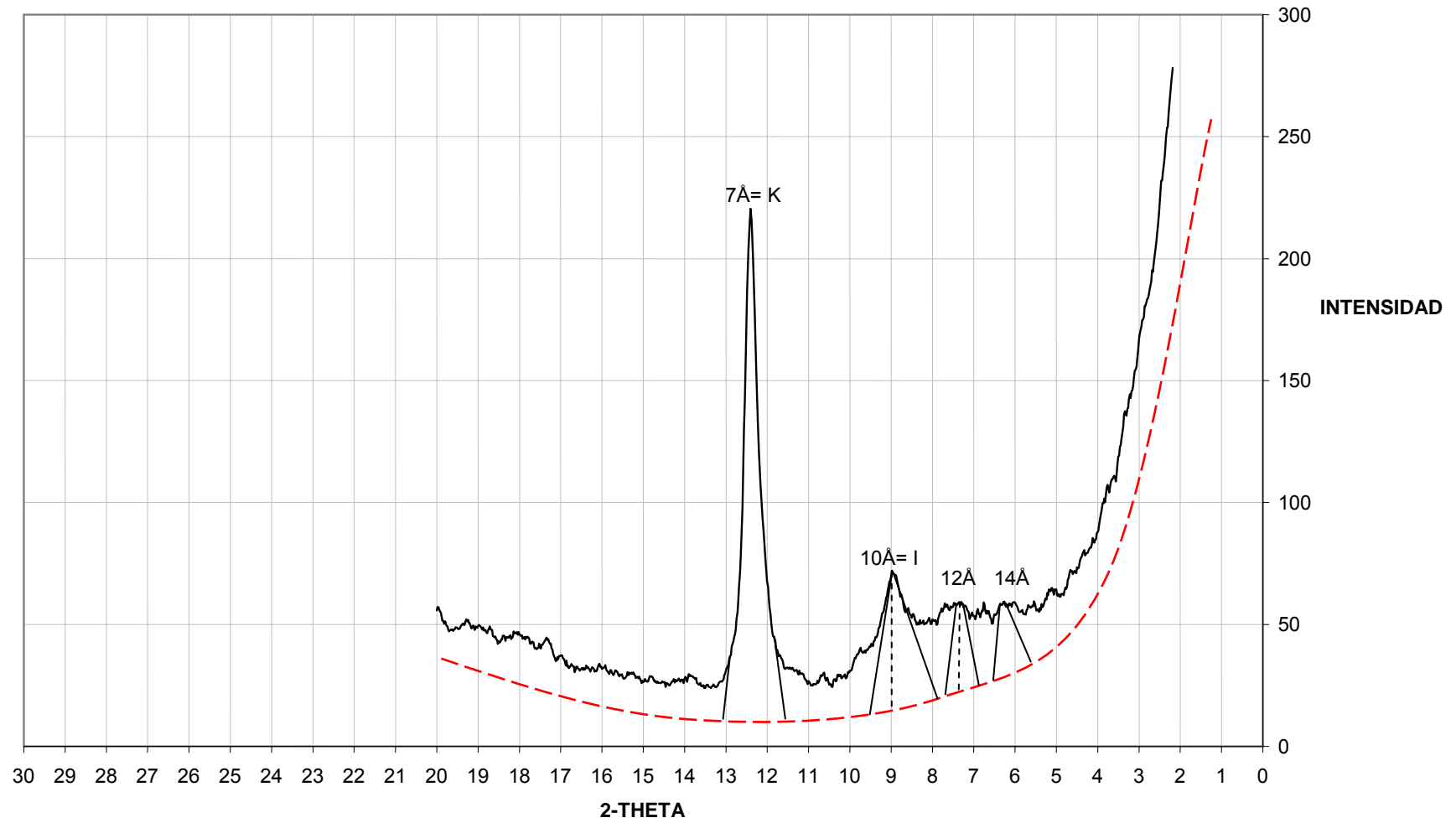
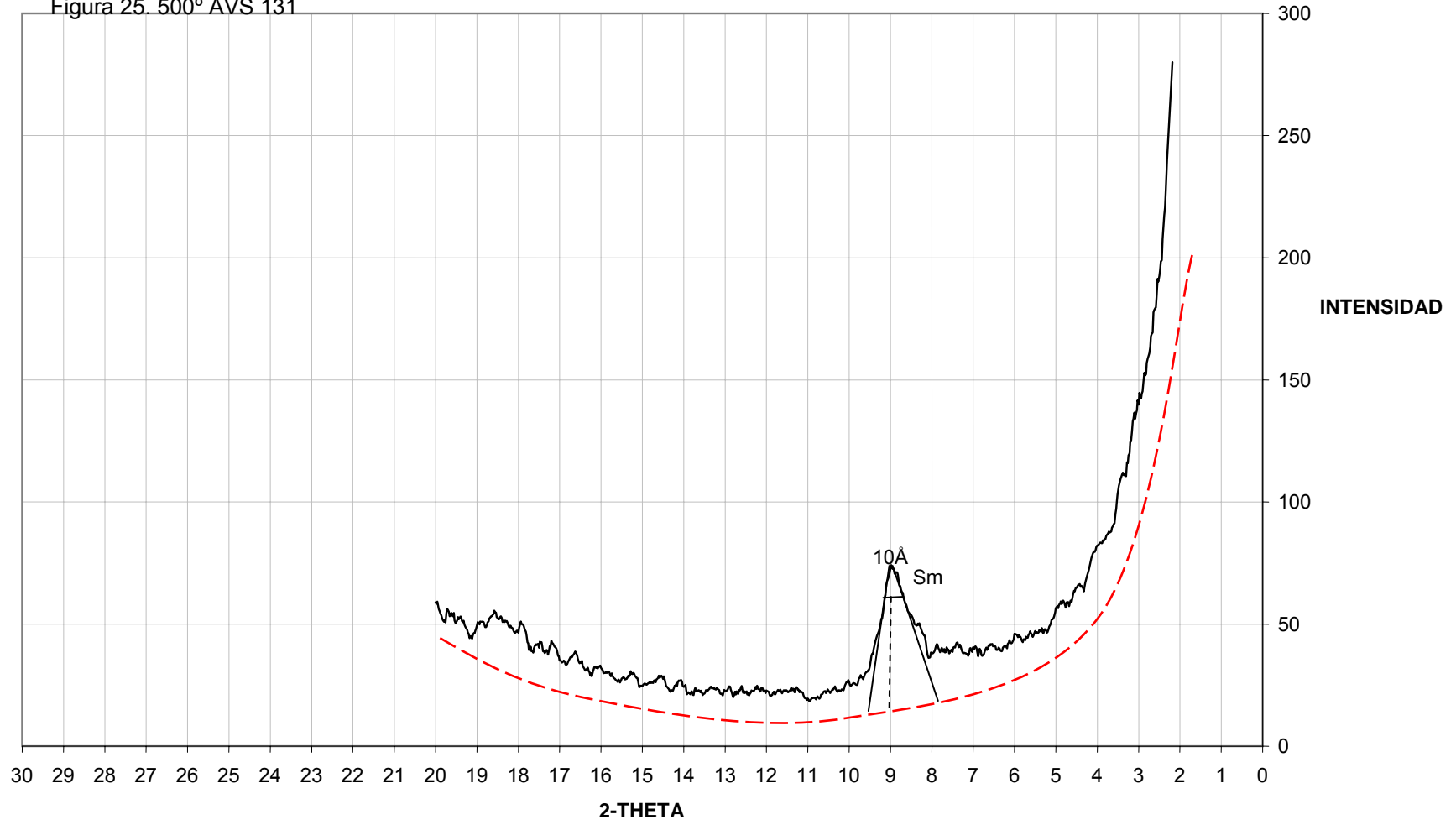


Figura 25. 500° AVS 131



**4.2.4 Resultado de análisis.** En los difractogramas podemos encontrar un patrón general en cuanto a composición de las muestras analizadas en el laboratorio, el cual representa a su vez la mineralogía del material arcilloso sobre la zona de estudio. Encontrándose el material arcilloso esta compuesto principalmente por caolinita, la cual varía en un rango de 60% a 75%, además que por la forma de los picos los cuales se observan bien definidos con ligeras asimetrías, que indican una mezcla de caolinita degradada y triclinica por su carácter heredado (Formación Simiti) siendo este tipo de arcillas predominante en ambientes marinos someros.

En menor proporción pero de gran importancia encontramos otros minerales como la illita (14% a 17%), interestratificado 10-14 Sm (14% a 17%) parte illita y parte esmectita; cuya reflexión a 17Å, no se observa bien definida, indicando bajo estado de cristalización como resultado de procesos de alteración.

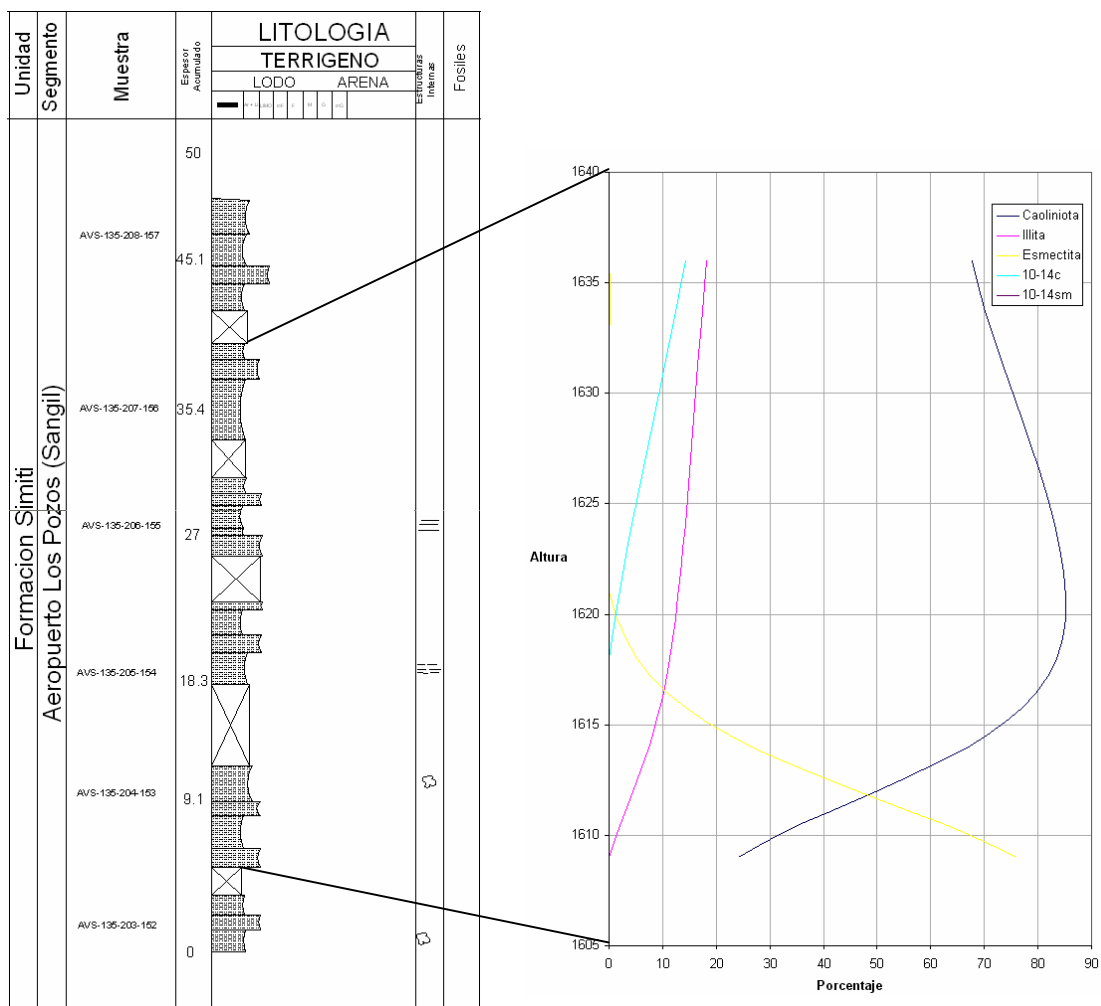
Como característica hidrogeológica estos resultados indican un gran contenido de minerales no expansivos, como lo es la caolinita, lo que hace pensar que el nivel (al condición mecánica).

**4.2.5 Correlación estratigráfica de los resultados.** A continuación se mostrara la forma de relacionar los porcentajes medidos a partir de los difractogramas hechos a las muestras más representativas de las arcillas recolectadas, con las columnas elaboradas en la Formación Simiti, formación donde afloran la mayoría de las arcillas de la zona de estudio.

**4.2.6 Columna en la zona del Aeropuerto Los Pozos:** Esta columna fue levantada sobre una carreteable, que parte desde la vía Barichara - San Gil y conlleva al aeropuerto los Pozos, en la Formación Simiti. Fue elaborada a lo largo de dicha carreteable porque la morfología del área no permite tener tramos suficientemente largos para realizar una poligonal cartografiable a la escala

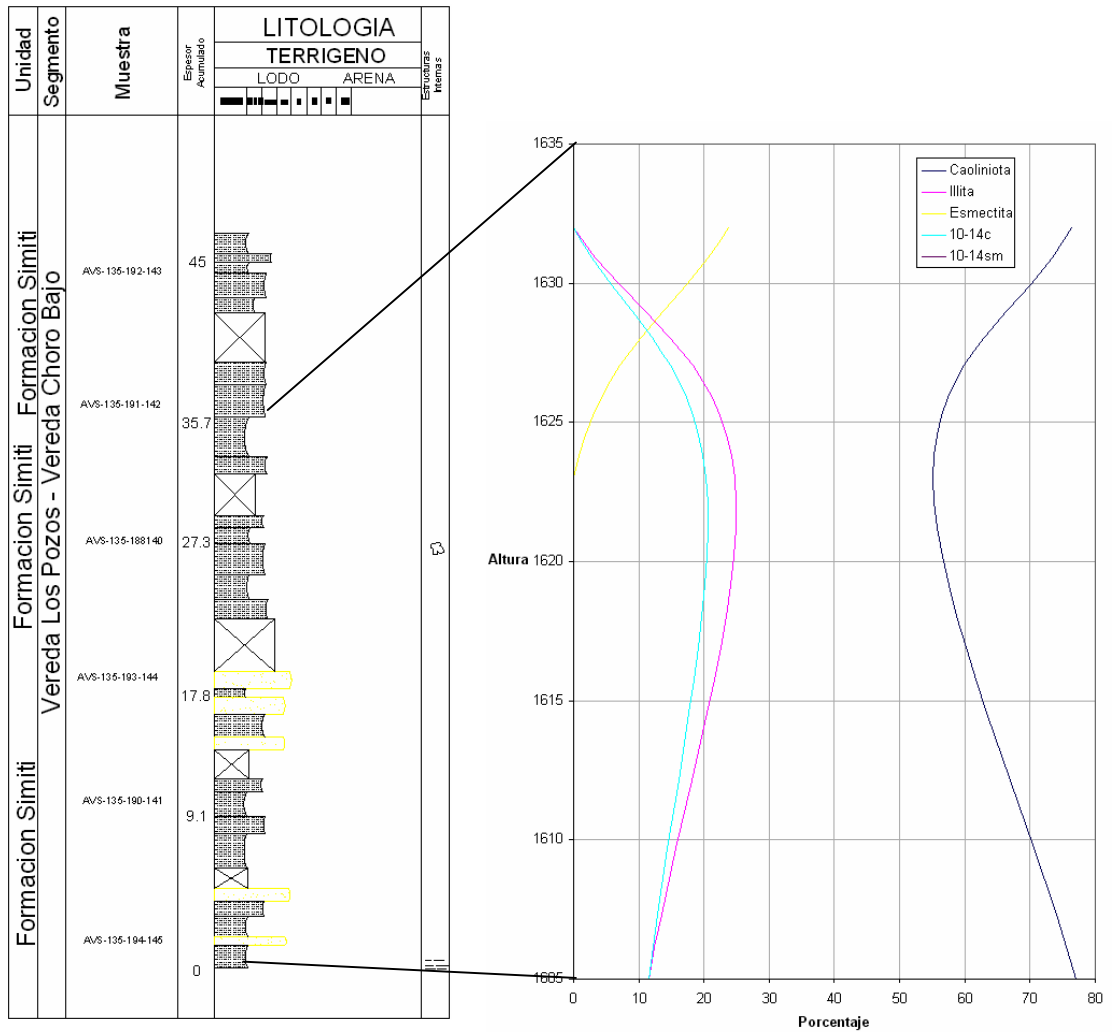
requerida para este estudio (1:200); la columna tuvo como prioridad la altura de los datos recolectados a través de los deltas mas representativos de tal manera que pudieran ser correlacionados para obtener una columna mas detallada. La grafica (26) presenta los porcentajes de los diferentes tipos de arcilla a través de la columna estratigráfica.

Figura 26. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Illita: Fucsia, Esmectita: Amarillo, 10-14c: celeste) en la columna estratigráfica.



**4.2.7 Columna entre la vereda Los Pozos (Aeropuerto) y la vereda Choro Bajo** . Esta al igual que la anterior columna fue levantada a lo largo de un trayecto, ya que por la morfología que presenta dicha formación no se encuentran tramos lo suficiente largos en los cuales levantar una poligonal que fuera cartografiable de acuerdo a la escala requerida para este estudio (1:200); la columna tuvo como prioridad la altura de los datos recolectados a través de los deltas mas representativos de tal manera que pudieran ser correlacionados para obtener una columna mas detallada. La figura (27) presenta los porcentajes de los diferentes tipos de arcilla a través de la columna estratigráfica.

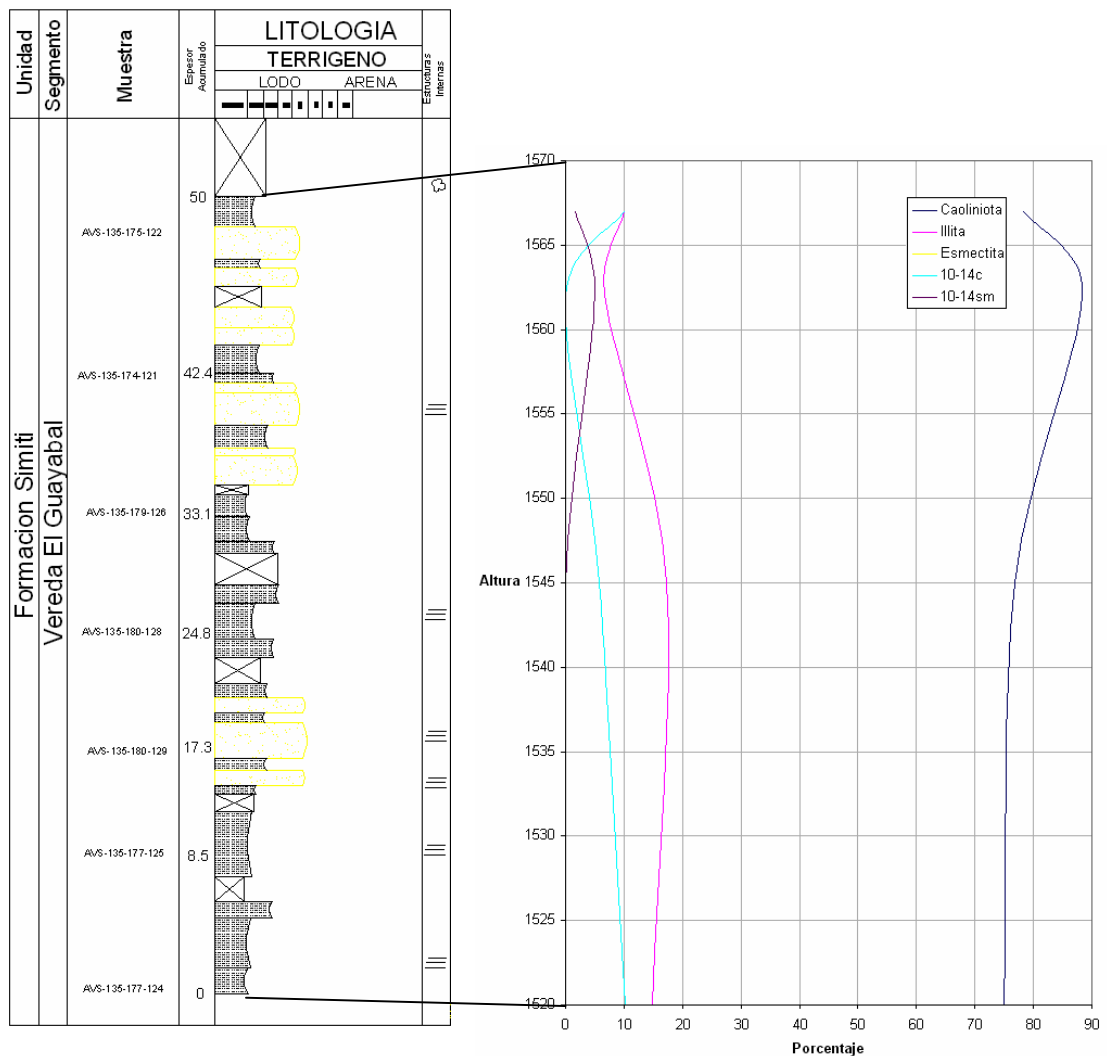
Figura 27. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Illita: Fucsia, Esmeclita: Amarillo, 10-14c: celeste) en la columna estratigráfica.



**4.2.8 Columna entre la vereda el Guayabal.** Esta columna fue elaborada sobre la Formación Simiti y al igual que la anterior columna fue levantada a lo largo de un trayecto, ya que por la morfología que presenta dicha formación no se encuentran tramos lo suficiente largos en los cuales levantar una poligonal cartografiable de acuerdo a la escala requerida para este estudio (1:200); la columna tuvo como prioridad la altura de los datos recolectados a través de los deltas mas representativos.

La Figura (28) presenta los porcentajes de los diferentes tipos de arcilla a través de la columna estratigráfica.

Figura 28. Grafica correlacionando los diferentes tipos de elementos arcilla (Caolinita: azul, Illita: Fucsia, 10-14c: celeste y 10-14Sm: morado) en la columna estratigráfica.



Observando las graficas obtenidas para los porcentajes de elementos arcillas que componen las muestras tratadas, se aprecia rangos similares en cuanto a sus porcentajes.

El elemento arcilla que en mayor cantidad se encuentra es la Caolinita (70% – 90%), el cual es consistente a través de las columnas realizadas, con la excepción del recorrido en la vereda Los Pozos (Aeropuerto de San Gil), donde hacia su base, ubicada cerca al contacto con la Formación Tablazo, sobre la vía San Gil – Barichara, su contenido desciende hasta aproximadamente un 25%.

Los demás elementos como la Illita, la Esmectita y los interestratificados de esmectita: 10-14c y 10-14Sm, presentan contenidos entre 10% y el 30% los cuales a manera que se acercan hacia la base (1600m) de las columnas van desminuyendo sus porcentajes de contenido. La única excepción a la regla fue dada por la Esmectita en el recorrido sobre la zona del aeropuerto Los Pozos, donde a medida que esta se acerca a la base, aumenta considerablemente su contenido (75% aproximadamente).

## CONCLUSIONES

- Los cambios mas importantes en cuanto a la cartografía pre-existentes fueron hechos hacia la zona noreste del área de estudio, sobre las veredas La Laja, Clavellinas y San Carlos; y consistieron en una nueva delimitación del contacto entre las formaciones Rosablanca y Tambor, aumentando la extensión de esta ultima.
- En general las unidades litológicas como, Tambor Rosablanca, La Paja y Tablazo sufren un adelgazamiento en espesor hacia la parte oriental de la zona debido a que hacia esta se produce el cierre de la cuenca de depositación.
- La tectónica general del área geológicamente se asocia a un bloque fallado siendo el producto de esfuerzos principales compresivos con rumbo de 280° a 300° y buzamiento prácticamente vertical, dando origen a un fallamiento inverso y a estructuras plegadas.
- El sistema de diaclasas que sufre un mayor grado de desarrollo, se observa sobre la Formación Rosablanca, mas exactamente hacia la vereda Macaregua Hato, presentando dolinas y formas de disolución; todo esto provocado por factores climáticos como el agua, y expresado en forma de diaclasas abiertas con espesores de hasta 40cm dando inicio a procesos de carstificación.
- Las quebradas que trasportan agua están asociadas a las fallas principales determinadas sobre la zona de estudio.
- La mayoría de los aljibes y de los pozos naturales de agua se encuentran sobre la formación Simiti.

- Los resultados obtenidos para la composición de las arcillas nos indican que estos materiales corresponden a arcillas caoliniticas y por lo tanto estos se comportan con un bajo grado de permeabilidad.

## BIBLIOGRAFIA

A. ULLOA, N. Rojas. Cartografía geológica y caracterización estructural de la subcuenca de la quebrada río sucio, municipio de tona, Santander, orientado a definir un modelo hidrogeológico conceptual. 2005.

BOGGS, Changes during diagenesis, 1987, p. 269-271.

BOGGS. Grain size, graphical and mathematical treatment of grain-size data, 1987, p. 106-122.

BOGGS, Sedimentary textures, 1987, p. 105-134.

BOGGS. Primary sedimentary structures, 1987, p. 135-186.

D. CARREÓN-Freyre, M. Cerca, L. Luna-González y F. J. Gómez-González. Influencia de la estratigrafía y estructura geológica en el flujo de agua subterránea del Valle de Querétaro. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22, núm. 1, 2005, p. 1-18.

FOLK, Grain size scales for sediments, 1974, p. 25-32.

FOLK. Size analysis by sieving, 1974, p. 41-61.

FOLK, Petrology of sandstones, 1974, p. 102-110.

FRIEDMAN, Properties of sedimentary particles, 1978, p. 58-70.

FRIEDMAN, Sanders. Layers, thickness, features within strata, lateral extent, 1978, p. 88-93.

FRIEDMAN, Sanders. Current marks on cohesive substrates, scour marks, tool marks, 1978, p. 108-119.

FRIEDMAN, Sanders. Stratal surfaces, internal features, geopetal criteria, indicator of direction of transport. 1978, p. 412-416.

FRIEDMAN, Sanders. Size distribution of populations of particles in sedimentary deposits. 1978, p. 70-81.

Ingeniería de Hidrosistemas LTDA. Aprovechamiento hidroeléctrico de los Ríos Fonce y Suárez, Estudio de prefactibilidad, Informe general. ISA Interconexión eléctrica S.A. Mayo de 1982.

Ingeniería de Hidrosistemas LTDA. Proyecto Hidroeléctrico del Río Fonce, Estudio de Factibilidad, Informe general. ISA Interconexión eléctrica S.A. Septiembre de 1983.

Ingeniería de Hidrosistemas LTDA. Proyecto hidroeléctrico del Río Fonce, Hidrogeología. Estudio de prefactibilidad, ISA interconexión eléctrica S.A, Anexo N° 6. Septiembre de 1983.

Ingeniería de Hidrosistemas LTDA. Proyecto Hidroeléctrico Cabrera, Estudio de Factibilidad, Volumen 1, Informe general, ISA interconexión eléctrica S.A, Noviembre de 1984.

J. Royero, J. Clavijo. Memoria explicativa del Mapa Geológico generalizado del departamento de Santander. 2001.

M. Julivert. La Morfoestructura de la zona de las mesas al suroeste de Bucaramanga, UIS, Facultad de petróleos, Departamento de Geología, Boletín N° 1, 1958.

M. LÓPEZ VERGARA. Manual de Fotogeología, Servicio de publicaciones de la JEN, Madrid, 1971.

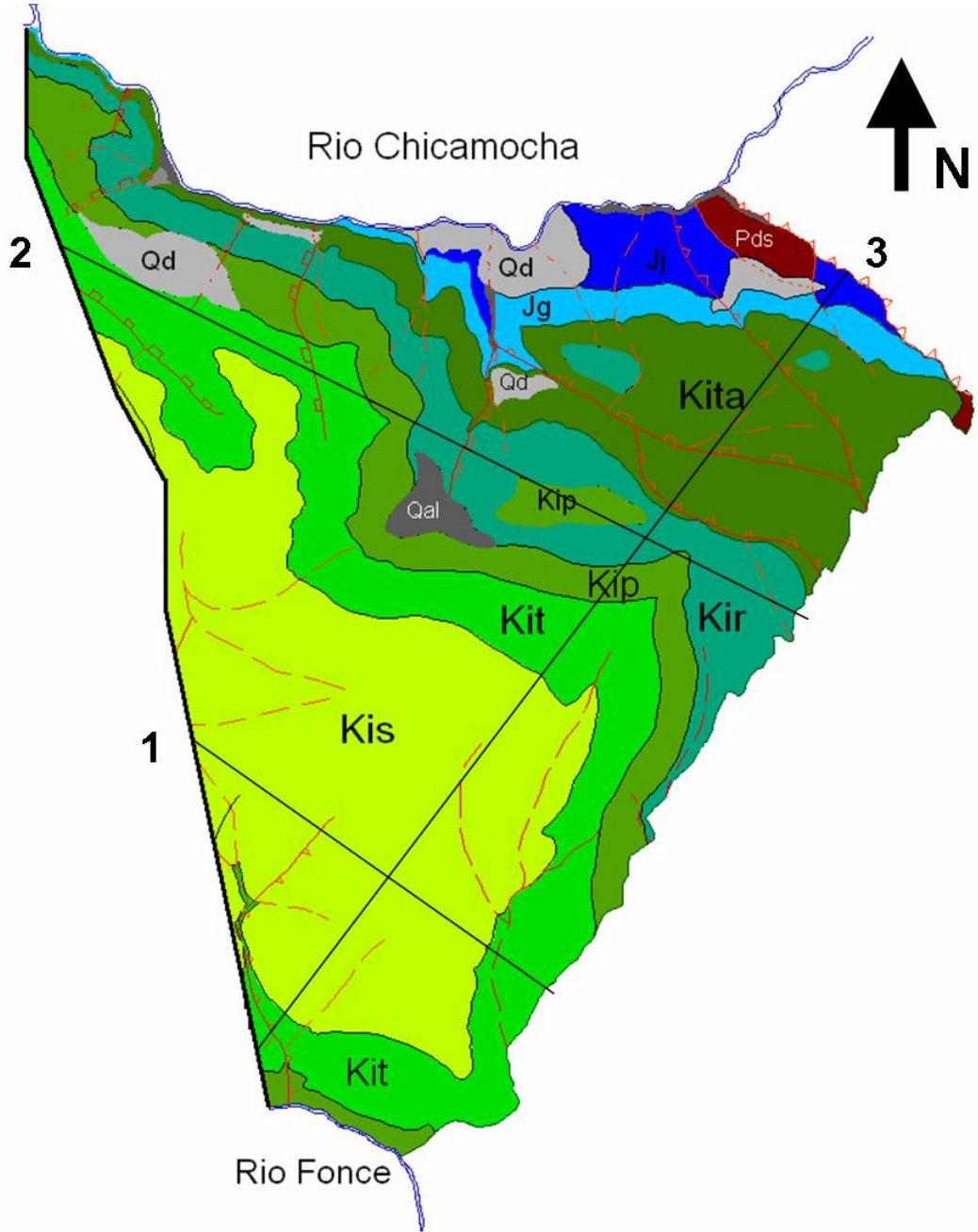
PORTILLA GAMBOA. Modesto Eusebio, Exploración geológica y cálculo de reservas probables de Arcilla y Yeso, con fines industriales en la provincia de Guanentá, 1989.

ORLANDO PULIDO González. geología de las planchas 135 San Gil, 151 Charala; Departamento de Santander, Ministerio de Minas y Energía instituto nacional de investigaciones geológico mineras, Informe N° 1802, Boletín geológico, Volumen 23 N° 2. Bogota 1979.

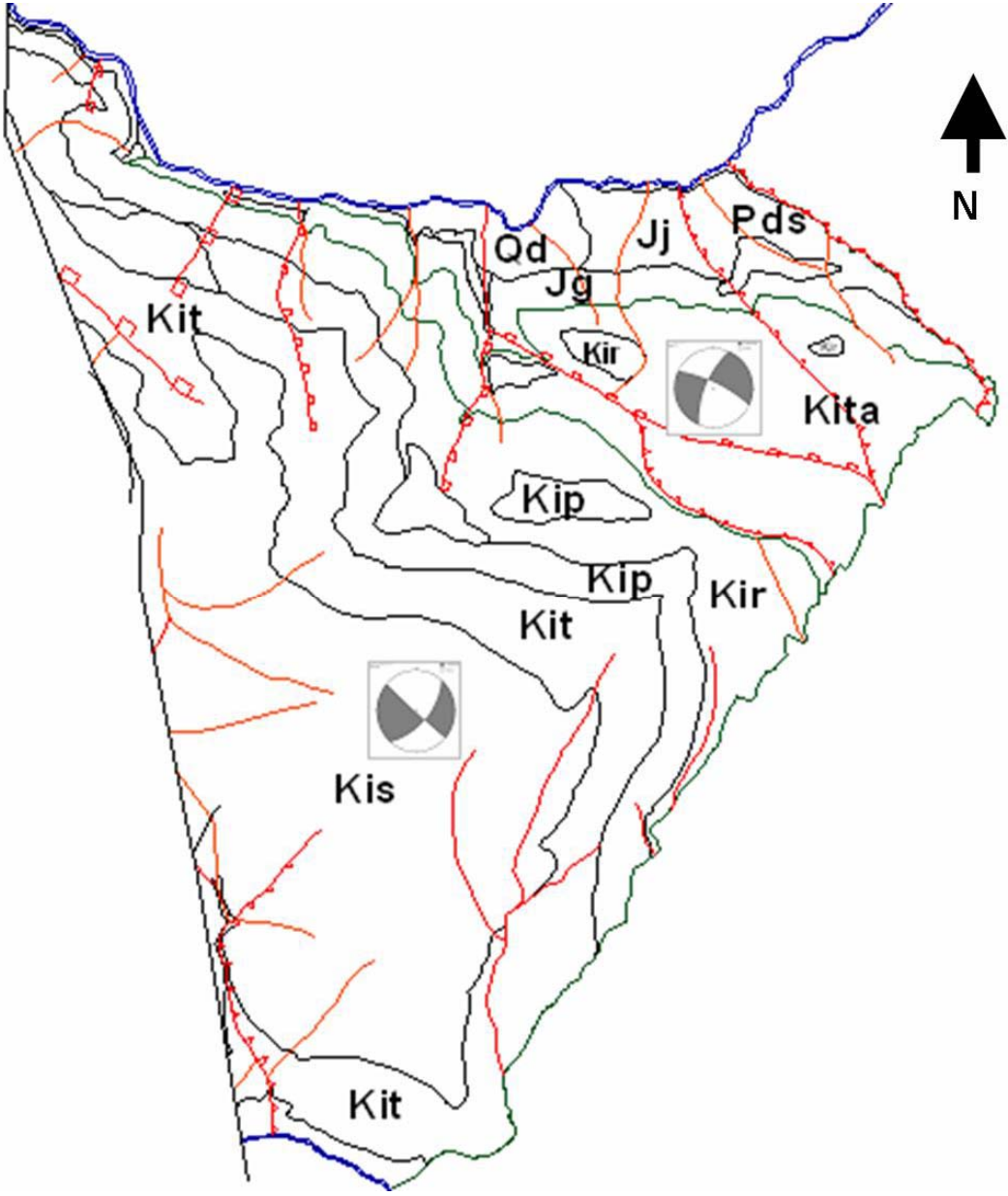
[http://64.233.187.104/search?q=cache:21C7\\_5L8dOgJ:www.geocities.com/manual geo/20\\_geomorfologia.htm+geomorfologia+de+mesas+y+cuestas&hl=es&gl=co&ct=clnk&cd=3](http://64.233.187.104/search?q=cache:21C7_5L8dOgJ:www.geocities.com/manual_geo/20_geomorfologia.htm+geomorfologia+de+mesas+y+cuestas&hl=es&gl=co&ct=clnk&cd=3)

# **ANEXOS**

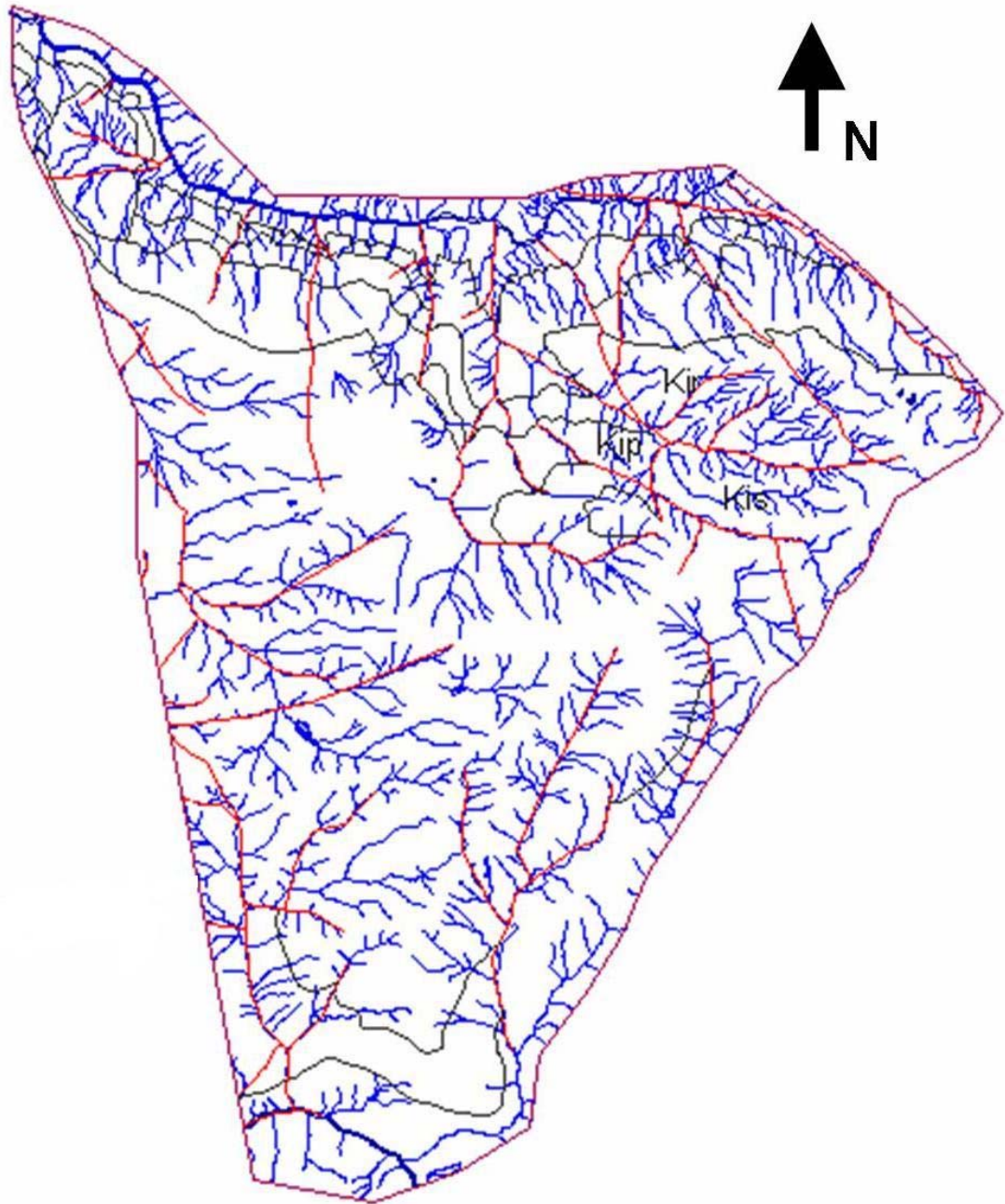
ANEXO 1 MAPA GEOLOGICO



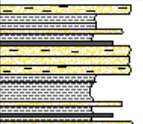
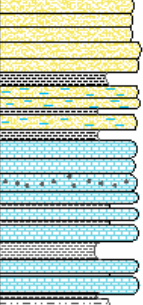
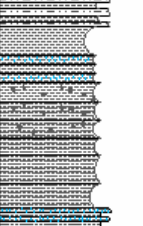
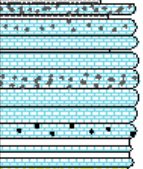

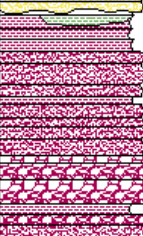


ANEXO 2 MAPA ESTRUCTURAL



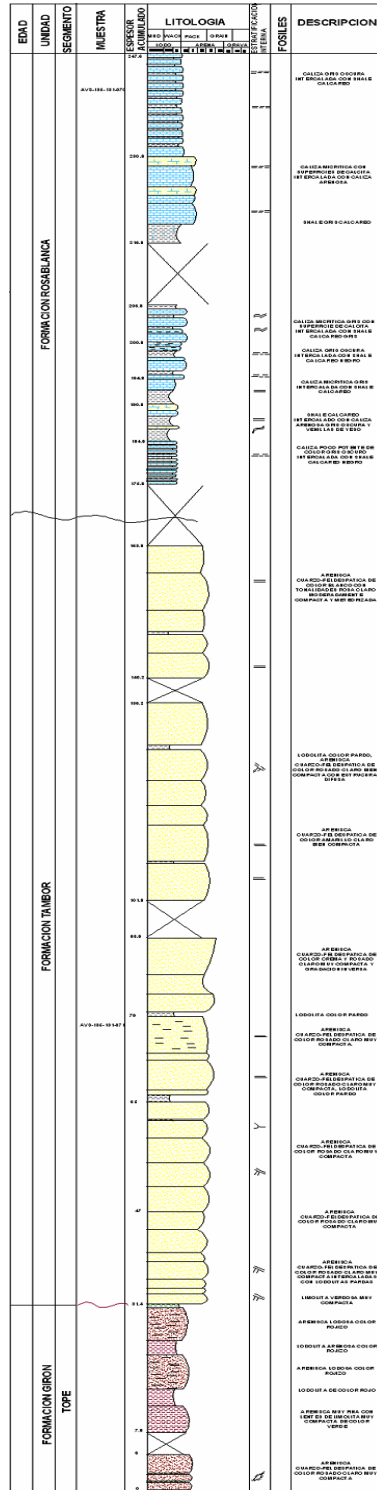
**ANEXO 3 MAPA FOTOGEOLÓGICO**



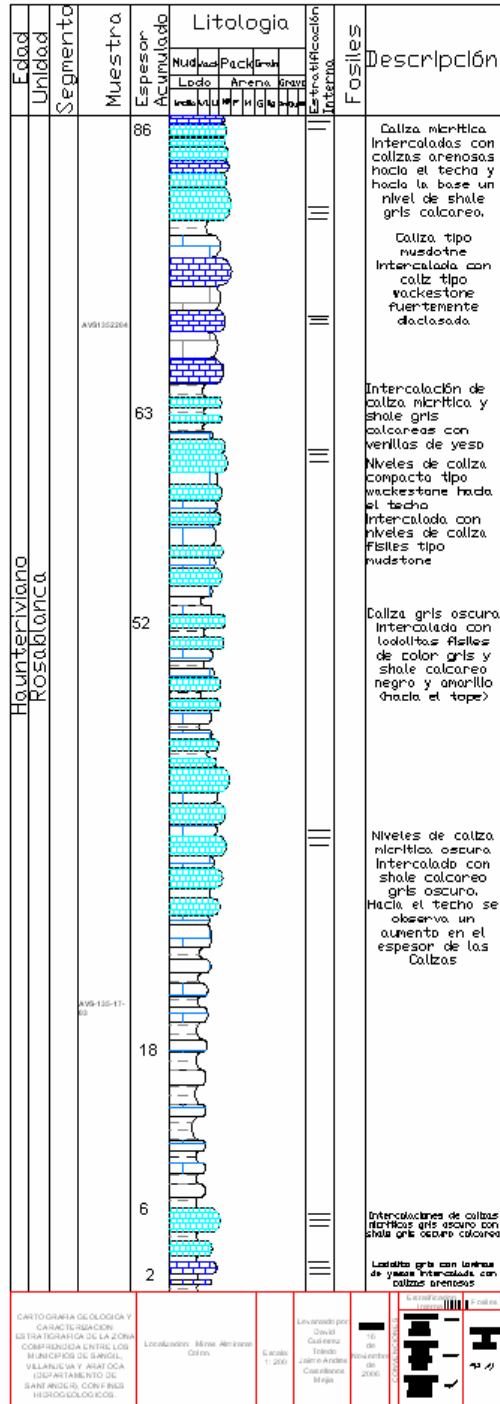
## ANEXO 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA

PERIODO	UNIDAD	SIMBOLO	ESPESOR ACUMULADO	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
<b>CRETACICO INFERIOR</b>	Fm. Simiti	Kis			ARENISCAS DE GRANO FINO A MEDIO LUDOSAS CON INTERCALACIONES DE SHALES NEGRO Y VIOLACEO MUY MICACEO
	Fm. Tablazo	Kit			ARENISCAS SILICEAS Y CALCAREAS, CALIZAS ESPARTICAS Y MICRITICAS Y SHALES NEGROS CON FOSSILES DE BIVALVOS Y TRIGONIAS
	Fm. Paja	Kip			SHALES NEGROS CALCAREOS Y ORSMICOS CON LAMINAS Y VERAS DE YESO INTERCALADAS CON MARGAS Y LIMOLITAS SILICEAS, SE OBSERVAN NUDOS CALCAREOS, FERRUGINOSOS Y CON YESO CON FOSSILES DE AMONITES Y TURRITELAS
	Fm. Rosablanca	Kir			CALIZAS MICRITICAS CON BANDAS DE YESO INTERCALADAS CON NIVELES DE YESO, CALIZAS BIOSPORTADAS INTERCALADAS CON SHALES, SE PRESENTAN FOSSILES DE BIVALVOS, ERIZOS DE MAR, ESPATANOIDES Y OSTREOIDES
	Fm. Tambor	KIta			ARENISCAS DE GRANO FINO A GRUESO, CUARCOSAS DE COLOR BLANCO-CRISPA Y EN LA BASE ARENISCAS FINAS DE COLOR BLANCO-ROSA DO CON ESTRATIFICACION CRUZADA EN ARTESA Y GRADACION INVERSA; ARENISCAS MEDIAS DE MATRIZ LUDOSA
	<b>JURASICO SUPERIOR</b>	Fm. G.ROIH	Jg		
Fm. Jordani		Jj			LIMOLITAS MARRONES - VIOLACEAS SILICEAS Y CALCAREAS; ARENISCAS FINAS
Fm. Silgara		Js			ESQUELITOS MICACEOS CON GRANATES Y METAARENISCAS
Pre-Devonico					

## ANEXO 5 COLUMNA ESTRATIGRAFICA FORMACIÓN TAMBOR



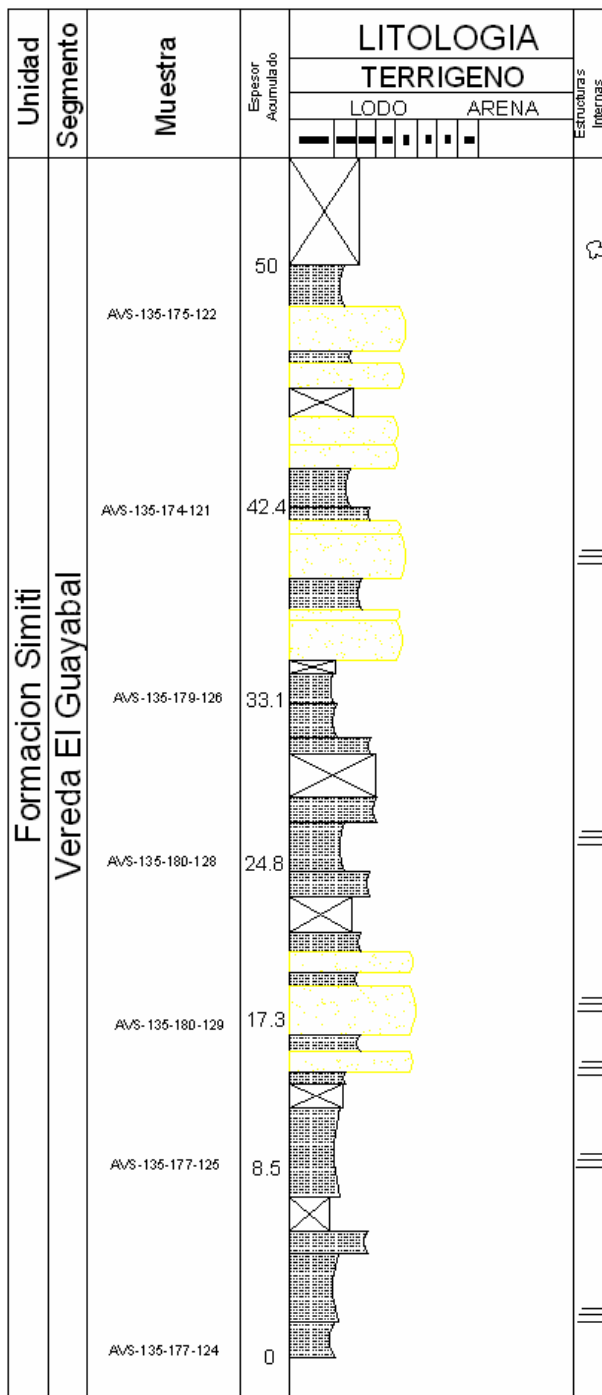
## ANEXO 6 COLUMNA ESTRATIGRAFICA FORMACIÓN ROSA BLANCA



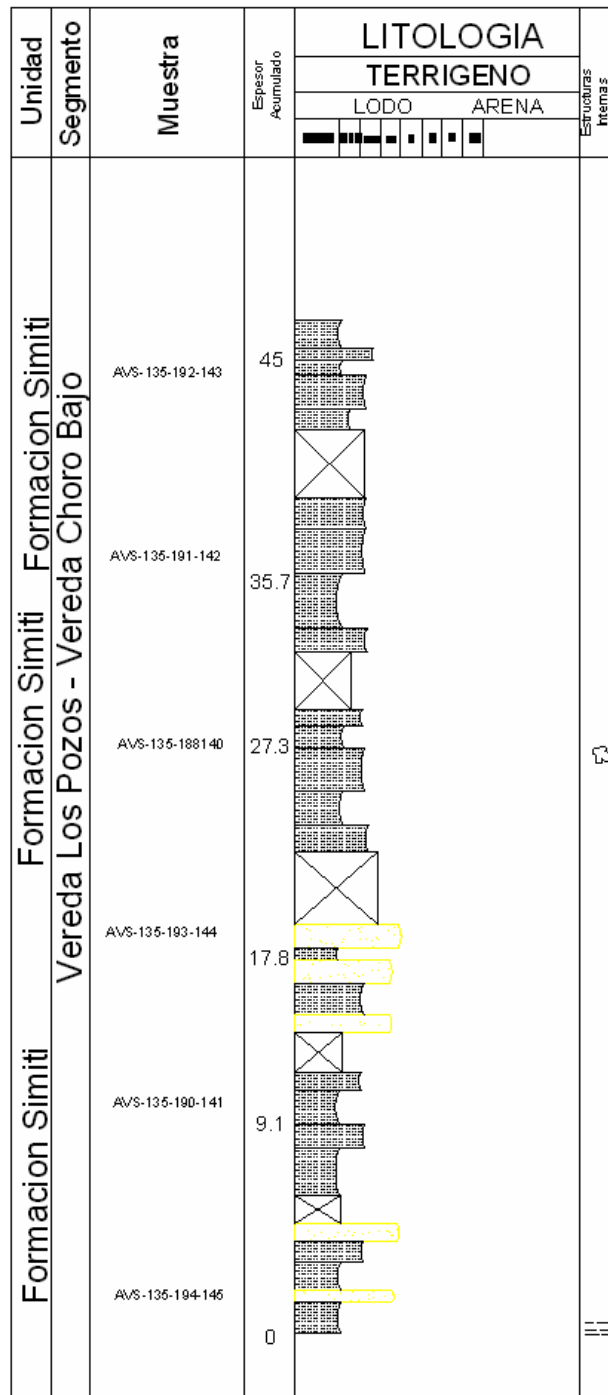
## ANEXO 7 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACIÓN SIMITI DEL AEROPUERTO

Edad	Unidad	Segmento	Muestra	Espesor Acumulado	LITOLOGIA										Estructuras Internas	Fosiles	Observaciones
					TERRIGENO												
					LODO					ARENA							
					M	S	C	L	O	M	S	C	L	O			
				50													
			AVS-135-208-157	45.1													Arcillas de colores blancos de tonalidades amarillentas, bastante liciviados y diaclasados.
			AVS-135-207-166	35.4													Arcillas de colores abigarrados, bastante meteorizada, con algunos niveles de limolitas.
			AVS-135-206-155	27													Arcilla blanca de tonalidades violaceas con laminacion plano paralela y oxidos, intercalada con limolitas.
			AVS-135-205-154	18.3													Arcilla de colores abigarrados, bastante oxidada, con laminacion difusa, intercalada con niveles de limolita.
			AVS-135-204-153	9.1											☁		Arcillas de colores beish y amarillo claro, meteorizada y con estructura popcorn en superficie con intercalaciones de limolita.
			AVS-135-203-152	0											☁		

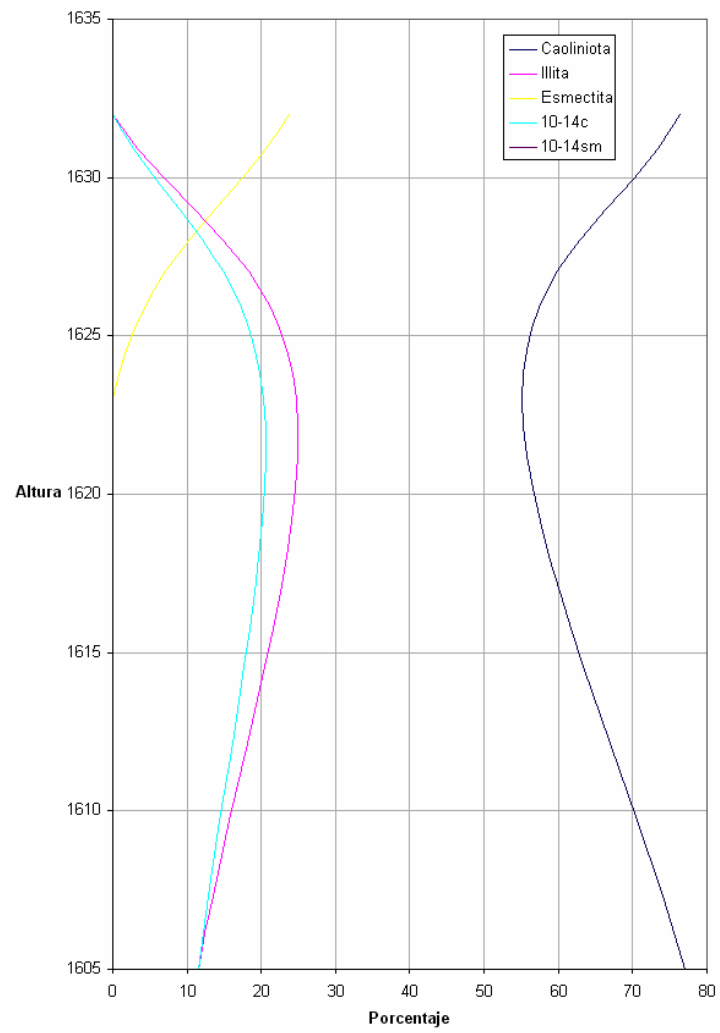
## ANEXO 8 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACIÓN SIMITI DEL GUAYABAL



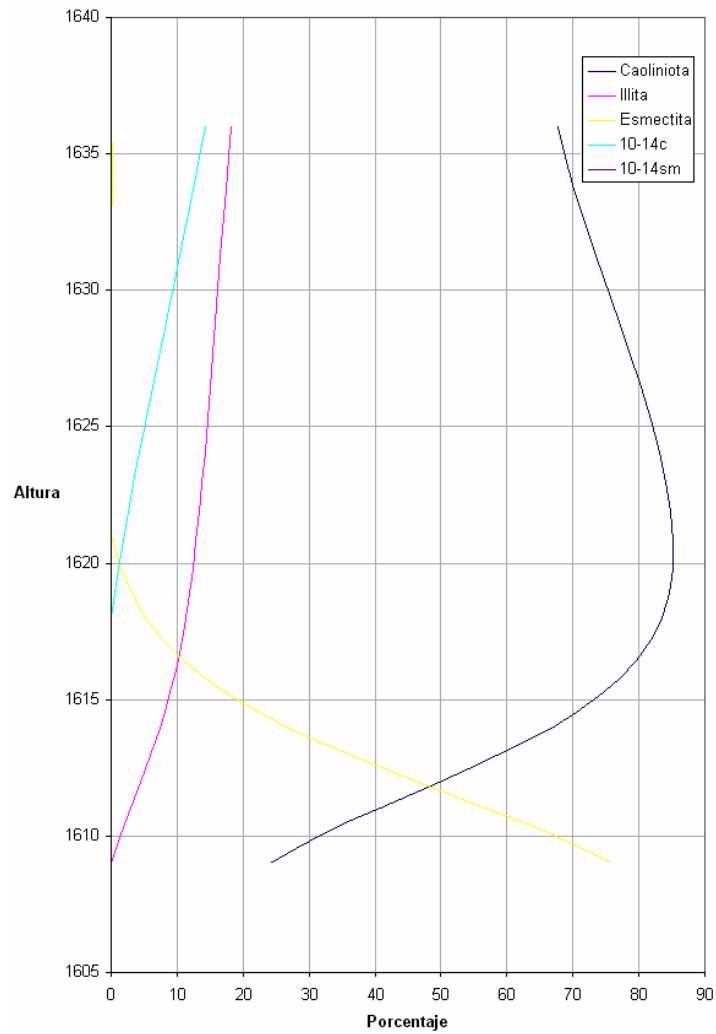
## ANEXO 9 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACIÓN SIMITI LOS POZOS



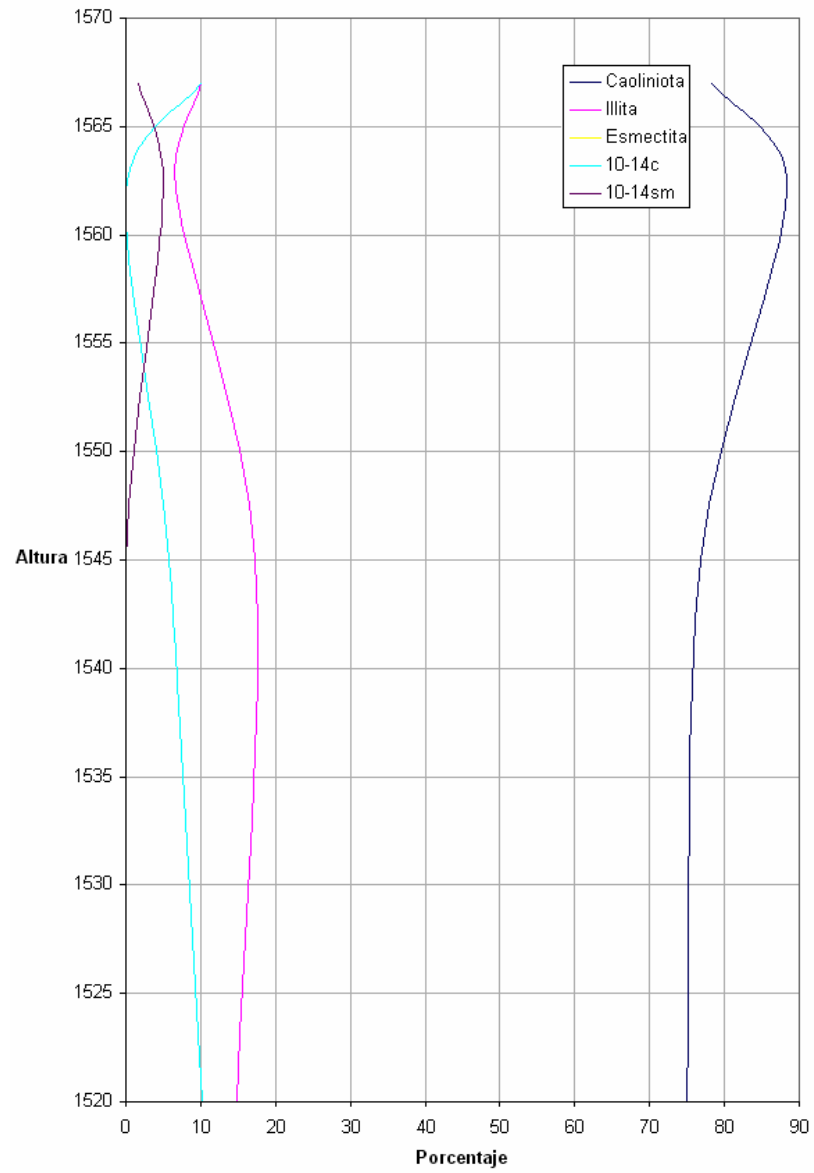
## ANEXO 10 PORCENTAJE CONTENIDO DE ARCILLAS DEL LA FORMACIÓN SIMITI PARA EL POZOS



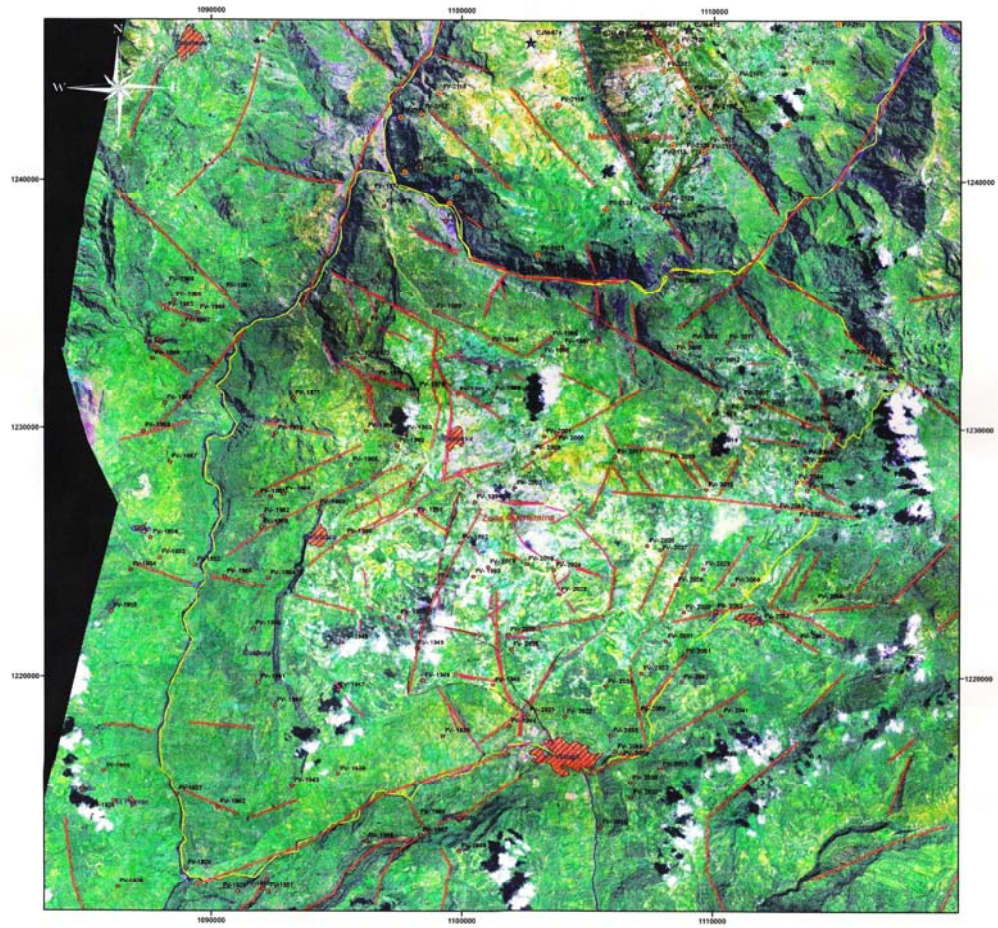
## ANEXO 11 PORCENTAJE CONTENIDO DE ARCILLAS DEL LA FORMACIÓN SIMITI PARA EL AEROPUERTO



## ANEXO 12 PORCENTAJE CONTENIDO DE ARCILLAS DEL LA FORMACIÓN SIMITI PARA EL POZOS



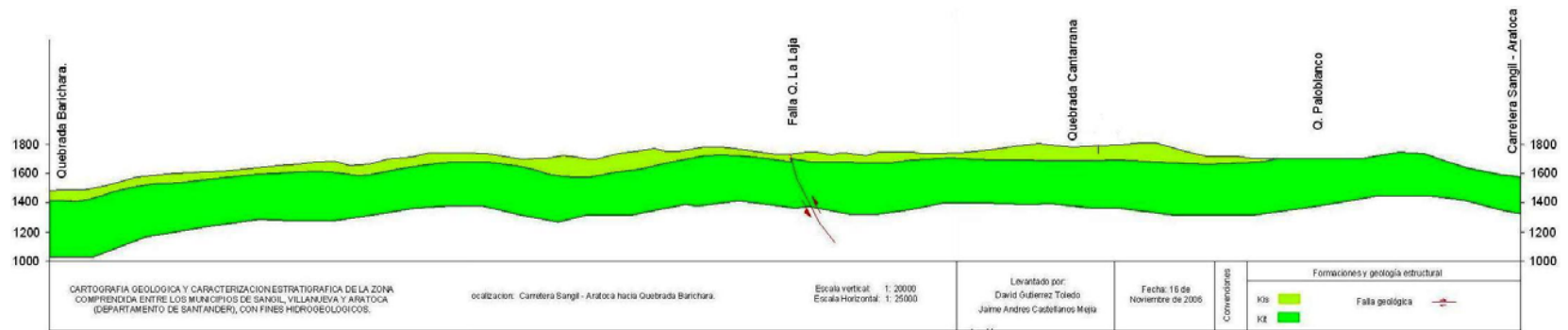
## ANEXO 13 IMAGEN SATELITAL DE LA ZONA DE ESTUDIO



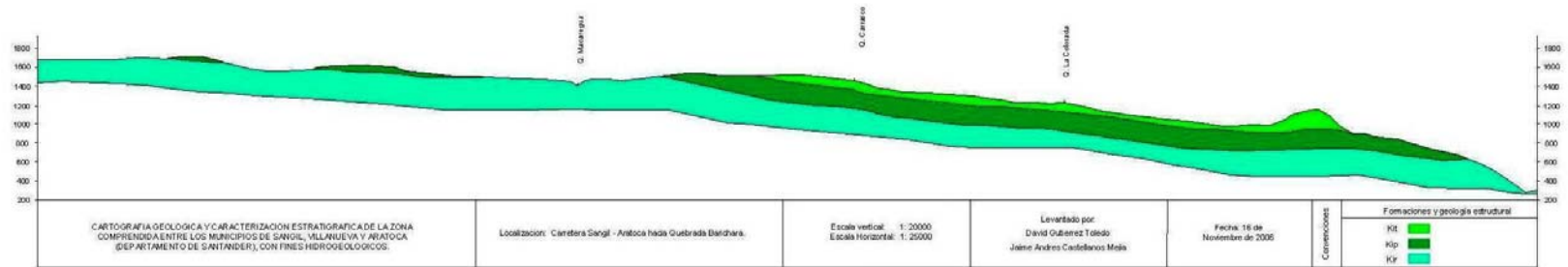
0 2.500 5.000 10.000  
Meters

Escala 1 : 100.000

## ANEXO 14 PERFIL1



## ANEXO 15 PERFIL 2



### ANEXO 16 PERFIL 3

