

**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA
UNIDAD INFORMAL ARENISCAS DE CUITIVA AFLORANTE EN EL MUNICIPIO
DE CUITIVA (BOYACA)**

LAURA JIMENA SANABRIA VEGA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2018**

**CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA
UNIDAD INFORMAL ARENISCAS DE CUITIVA AFLORANTE EN EL MUNICIPIO
DE CUITIVA (BOYACA)**

LAURA JIMENA SANABRIA VEGA

Trabajo de Investigación para optar al título de Geóloga.

Director:

LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA

Geólogo PhD en Paleontología

Docente Universidad Industrial de Santander

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A Dios por nunca soltarme de la mano y ser mi guía en cada paso que voy dando, por ser lo principal y la base en cada segundo de mi vida.

A mis padres, Santos Sanabria y Martha Vega, por ayudarme y motivarme con su amor incondicional a lograr todo lo que me he propuesto en la vida, porque nunca han dejado de creer y confiar en mí, porque son mi ejemplo y mi orgullo.

A la luz de mi vida, mi Jose Alejandro, mi hijo, por ser mi mayor motivación, por enseñarme que no existen los límites para soñar y alcanzar nuestros anhelos, por mostrarme que en él existe toda la fuerza que yo necesito para lograr lo que me proponga y ser su más grande ejemplo.

A mi hermana, Camila Sanabria, por ser mi amiga, mi cómplice y un gran ejemplo de que cuando uno ama lo que hace no existen excusas ni peros que me puedan detener.

A mi familia Sanabria Manrique porque aunque “Uno no escoge la familia

en la que va a nacer” me siento la persona más afortunada por tenerlos a mi lado y encontrar tanto apoyo y unidad en cada uno de ellos.

A mis amigos y compañeros, a los que están y a los que estuvieron, por dejarme tantas enseñanzas, recuerdos, anécdotas y conocimiento de quizá una de las mejores etapas de mi vida.

Laura Jimena Sanabria Vega

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer al profesor y geólogo PhD Luis Enrique Cruz Guevara por creer en mí desde el inicio, por apoyarme, guiarme y compartir conmigo tanto conocimiento durante el trayecto de la carrera y durante la realización de este proyecto.

A la Escuela de Geología y sus trabajadores por colaborarme y orientarme en cada uno de los pasos necesarios y requeridos al momento de la realización del proyecto.

A Jose Rodríguez y Laura Ortiz, compañeros de geología que me colaboraron de manera muy abierta y amable durante la realización de la fase de campo.

A mis compañeros que dedicaron una parte de su tiempo para aportar, compartir y enseñar información necesaria para la realización de este proyecto.

A los profesores Jairo Clavijo Torres y Ricardo Mier Umaña por compartir su conocimiento durante cada una de las correcciones del proyecto y así mismo durante la sustentación de este.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	19
1. JUSTIFICACIÓN	21
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	23
4. METODOLOGIA	25
4.1 Búsqueda, recopilación y análisis de la información	25
4.2 Recolección de información geológica	25
4.3 Elaboración del informe	27
5. ANTECEDENTES	29
6. GEOLOGÍA REGIONAL	31
6.1 Estratigrafía	35
6.1.1 Unidades lito estratigráficas.	35
6.2 Geomorfología	41

7. Geología Estructural	43
7.1 Geología Estructural Regional	43
7.2 Geología Estructural del Área de estudio	45
7.2.1 Sinclinal de San Miguel	47
7.2.2 Anticlinal de iza	47
7.2.3 Falla de Gámeza – Tota	47
8. EVOLUCIÓN GEOLOGICA DEL AREA	49
9. RESULTADOS	51
9.1 Formación Arenisca Dura	54
9.1.1 Sección Chiguata	56
9.1.2 Sección Areniscas de Cuítiva	60
9.1.3 Registro Fósil	65
10. DISCUSION	69
10.1 Litología	70
10.2 Facies	72
10.2.1 Facies arenosa	72
10.2.2 Facies arcillosas – limosas	73
10.2.3 Facies heteroolíticas	73
11. CONCLUSIONES	76

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Ubicación espacial de la zona de trabajo al sur este se muestra el municipio de Cuítiva y al nor este el municipio de Iza.	24
Figura 2: Sección transversal esquemática de la cuenca de la cordillera oriental, tomado parcialmente de ANH open Round.	31
Figura 3: Límites de la cuenca de la cordillera oriental tomado parcialmente de cuencas sedimentarias de Colombia, ANH.	33
Figura 4: Mapa geológico a escala 1:25.000 de la zona de estudio.	40
Figura 5: Mapa geológico zona de estudio.	41
Figura 6: Sección estructural de la región Sogamoso-Lago de Tota mostrando los principales rasgos estructurales, la falla de Soapaga al oeste y las fallas de Gámeza, San Miguel y Laguna de Tota al Este.	44
Figura 7: Sección estructural de la región Iza – Cuítiva mostrando los principales rasgos estructurales, la falla de Gámez al oeste y San Miguel al Este.	46
Figura 8: Convenciones de la Sección estructural de la región Sogamoso-Lago de Tota.	46
Figura 9: Panorámica de la zona de estudio al este del Rio Tota donde de base a techo se encuentra aflorando La Formación Chipaque y el Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Dura, Formación Pinos, Formación Arenisca Tierna y la Formación Guaduas.	51

Figura 10: Columna estratigráfica (C1) generalizada de las unidades lito estratigráficas aflorantes en la zona de estudio, de base a techo: La formación Chipaque, el grupo Guadalupe; Formación Arenisca Dura y Plaeners, Formación Labor y Pinos. Y la Formación Guaduas.	52
Figura 11: Mapa geológico del área a escala 1:25.000 para seguir la continuidad lateral de la Formación Arenisca Dura.	53
Figura 12: Tabla de convenciones mapa Geológico.	54
Figura 13: Panorámica de la zona de estudio al oeste del Rio Tota donde de base a techo se encuentra aflorando La formación Chipaque, la Formación Arenisca Dura, Formación Pinos, Formación Arenisca tierna y la Formación Guaduas.	55
Figura 14: Techo de la Formación Arenisca Dura al flanco Noroeste del Sinclinal de san Miguel. En este punto la unidad se encuentra invertida, evidencia de esto los Thalassinoides que al igual que en la vereda chiguata se encuentra invertidos.	55
Figura 15: Afloramiento de la Formación Arenisca Dura en la Vía Chiguata.	56
Figura 16: Columna estratigráfica (C2) Formación arenisca Dura en la sección de Chiguata..	57
Figura 17: Areniscas y lodolitas Silíceas de la Formación Arenisca Dura en la Sección de Chiguata.	59
Figura 18: Contacto entre la Formación Arenisca Dura y la Formación los Pinos, las galerías de Thalassinoides están invertidas (Contacto fallado).	60
Figura 19: Cuarzo areniscas en la parte inferior de la unidad Areniscas de Cuítiva.	61

Figura 20: Columna estratigráfica (C3) de la sección Areniscas de Cuítiva para la unidad informal Areniscas de Cuítiva.	62
Figura 21: Cuarzo Areniscas altamente Fracturadas en la sección areniscas de Cuítiva.	64
Figura 22: Cuarzo areniscas y areniscas Fosfáticas de la sección Areniscas de Cuítiva, bioturbadas, presencia de poliquetos.	65
Figura 23: Cuarzo arenitas bioturbadas con Icnofosiles en contacto con Lodolitas en el techo de la Formación Arenisca Dura.	66
Figura 24: Detalle de las Cuarzo arenitas bioturbadas con Icnofósiles característicos del techo de la Formación Arenisca Dura; Thalassinoides.	66
Figura 25: Poliqueto en posición de vida que indica la polaridad normal de las capas.	67
Figura 26: Icnofósiles de la Formación Arenisca Dura y Plaeners tanto en la sección Chiguata y la sección Cuítiva; Rissocolarium.	67
Figura 27: Arenicolithes presente en la formación Arenisca Dura en la sección Chiguata.	68
Figura 28: Orthokarstenia es un género de foraminífero bentónico, su especie tipo es Orthokastenia ewaldi. Su rango crono estratigráfico abarca desde el Turoniense hasta el Maastrichtiense.	68
Figura 29: Comparación ente lo descrito en la Sección Chiguata, la Sección de las Areniscas de Cuítiva y lo descrito por Ulloa et al (2001).	74

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cuadro comparativo de la descripción de la formación Arenisca Dura según los autores vs las descripciones realizadas en campo del presente estudio.	69
--	----

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y ESTRATIGRÁFICA DE LA UNIDAD INFORMAL ARENISCAS DE CUITIVA AFLORANTE EN EL MUNICIPIO DE CUITIVA (BOYACA) ¹

AUTOR: LAURA JIMENA SANABRIA VEGA ²

PALABRAS CLAVE: Grupo Guadalupe, Formación Arenisca Dura, Estratigrafía, Bioestratigrafía.

DESCRIPCION:

En el trabajo de investigación contiene una descripción sedimentológica y estratigráfica detallada de la formación geológica Fm Arenisca Dura, y la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva que afloran en zona rural de los municipios de Cuítiva e Iza en el departamento de Boyacá. Como apoyo a los estudios de: Ulloa et al 1998; Ulloa et al., 2001; Colmenares et al 2008 y con algunos estudios específicos como Monsalve et al 2011; Guarín, 2011. Para así poder ubicar lito-estratigráficamente a la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva dentro de la sección tipo de la Formación Arenisca Dura en la región.

Para determinar lo anterior se requirió de una descripción detallada así mismo de la clasificación de las muestras tomadas en campo, recolectadas en la sección de la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva. Posteriormente se realizó el levantamiento de la columna estratigráfica de la sección tipo escogida para la

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Luis Enrique Cruz Guevara, Geólogo.

zona, Sección de Chiguata, y la columna estratigráfica de la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva, sección Areniscas de Cuítiva.

A partir del estudio sedimentológico, estratigráfico y paleontológico se determinó las características litológicas tanto de las areniscas como de las lodolitas y arcillolitas presentes a lo largo de la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva, además en base a el registro fósil presente se logró comparar dicha unidad con la sección tipo escogida para la Formación Arenisca Dura para poder ubicar lito estratigráficamente a la Unidad Informal Areniscas de Cuítiva.

ABSTRACT

TITLE: SEDIMENTOLOGICAL AND STRATIGRAPHICAL CHARACTERIZATION OF THE INFORMAL UNIT ARENISCAS DE CUITIVA OUTCROP IN THE MUNICIPALITY OF CUITIVA (BOYACA)³

AUTHOR: LAURA JIMENA SANABRIA VEGA ⁴

KEYWORDS: Guadalupe Group, Arenisca Dura Formation, Stratigraphy, Biostratigraphy.

DESCRIPTION:

This research work contains a detailed sedimentological and stratigraphic description of the geological formation, Arenisca Dura Formation, and the Areniscas de Cuítiva Informal Unit which emerges in the rural area of the municipalities of Cuítiva and Iza in the department of Boyacá. As support for the studies of: Ulloa et al, 1998; Ulloa et al., 2001; Colmenares et al, 2008 and with some specific studies such as Monsalve et al, 2011; Guarín, 2011. In order to be able to locate lito-stratigraphically the Areniscas de Cuítiva Informal Unit within the type section of the Arenisca Dura Formation in the region.

To determine the above, a detailed description was required likewise of the classification of the samples taken in field, collected in the section of the Areniscas de Cuítiva Informal Unit. Subsequently, the stratigraphic column of the chosen type section for the zone, Chiguata Section, and the stratigraphic column of the

³ Grade Work

⁴ Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Luis Enrique Cruz Guevara, Geólogo.

Areniscas de Cuítiva Informal Unit, Areniscas Cuitiva section.

From the sedimentological, stratigraphic and paleontological study, the lithological characteristics of both the sandstones and the mudstones and arcillolites present along the Areniscas de Cuítiva Informal Unit were determined, also based on the present fossil record, it was possible to compare said unit with the chosen type section for the Arenisca Dura Formation to be able to stratigraphically locate the Areniscas de Cuítiva Informal Unit.

INTRODUCCION

La caracterización detallada de las unidades lito estratigráficas es vital para consolidar el conocimiento geo científico del territorio nacional esto encaminado a conocer y a promover la exploración de nuevos prospectos mineros e hidrocarburos.

En el presente trabajo de investigación se busca correlacionar las unidad arenítica aflorante en el municipio de Cuítiva en base a las características sedimentológicas, composicionales y estratigráficas con la formación Arenisca Dura.

La zona estructuralmente se caracteriza por presentar una tectónica compresiva de gran complejidad, con presencia de fallamientos de cabalgamiento (Falla de Soapaga) y retrocabalgamiento (Falla de Gámeza), al oeste del área de estudio.

En el bloque yacente de las fallas de Soapaga y Gámeza se observa una tectónica más sencilla, al presentar estructuras amplias y de gran longitud. por el contrario, en el bloque colgante de la falla de Gámeza los pliegues son estrechos y con algunos de sus flancos invertidos (Anticlinal de Cuítiva, Sinclinal de San Miguel, Anticlinal de Diágota, Anticlinal de Canoas).

A través de trabajo de descripción textural y composicional macroscópica detallada, evaluación de geometría de capas e identificación de fauna fósil, se

realizó el levantamiento de una columna estratigráfica detallada de la unidad aflorantes, generando como producto final un análisis de facies sedimentarias con incorporación de detalles bioestratigráficos para obtener una mejor versión de la descripción geológica de la región.

1. JUSTIFICACIÓN

La unidad de areniscas aflorantes en cercanías del municipio de Cuítiva que se denominó en esta propuesta como unidad informal Areniscas de Cuítiva es una sección ubicada lito-estratigráficamente como perteneciente a la Formación Chipaque (Ulloa et al, 2001), sin embargo, durante la realización de los trabajos de campo de la materia Campo I desarrollados en los últimos años en el área se ha evidenciado en base a las características litológicas que esta unidad no pertenece a la Formación Chipaque. Pero aún no se ha realizado un estudio detallado donde caracterice sedimentológica, estratigráfica y estructural esta unidad. Por ello, en este proyecto se realizará un estudio de manera metódica mediante análisis sedimentológicos, estratigráficos y estructurales con la finalidad de afinar y complementar la información geológica ya obtenida de las Areniscas de Cuítiva y contribuir con determinar la posición lito-estratigráfica de la unidad informal Areniscas de Cuítiva en relación con la sección tipo de la Formación Arenisca Dura.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar sedimentológica y estratigráficamente la unidad informal Areniscas de Cuítiva para determinar la posición lito-estratigráfica de la unidad en relación con la sección tipo, de la Formación Arenisca Dura

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

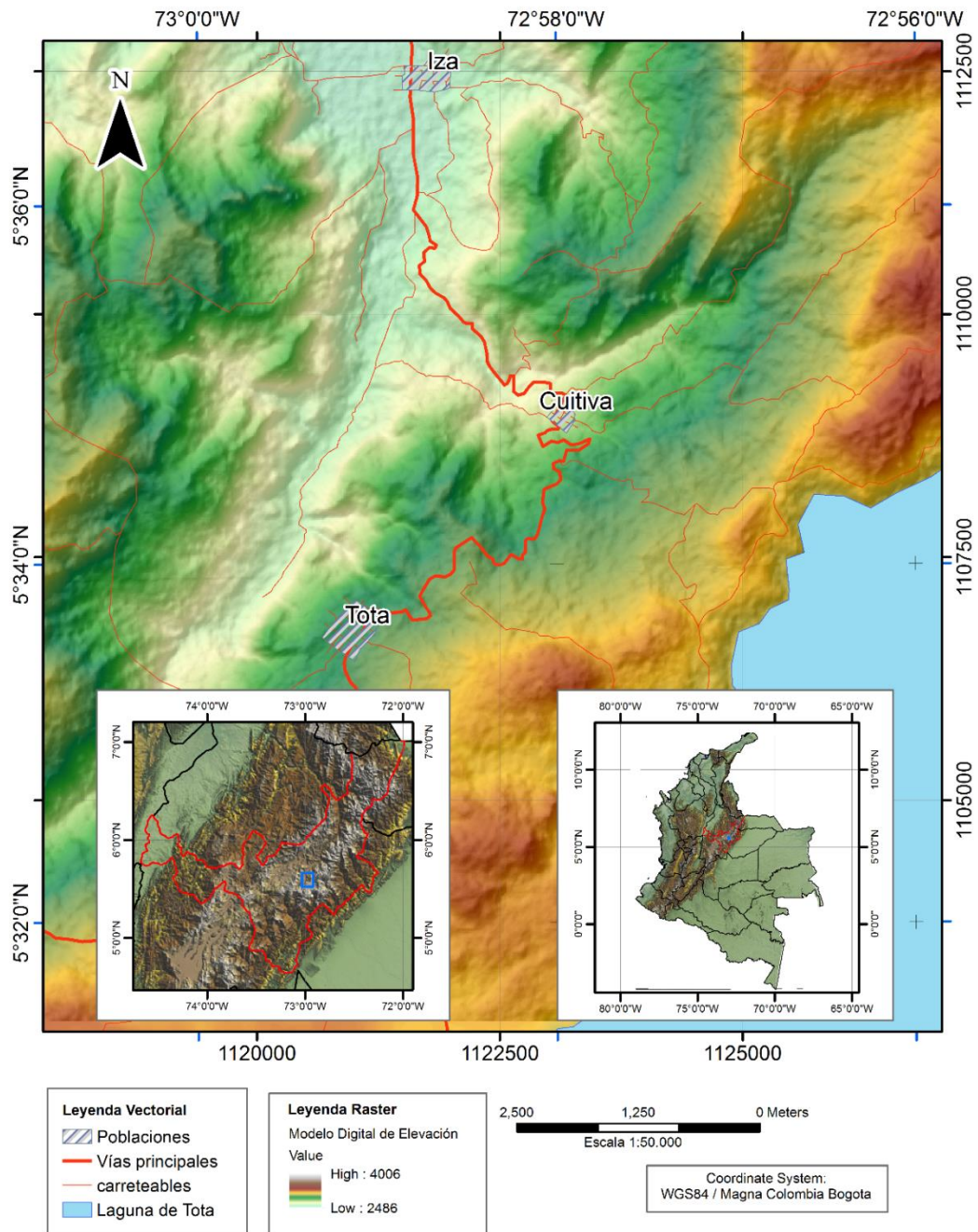
- Levantar la secuencia estratigráfica en detalle de la sección de las Areniscas aflorantes en el Km 2 del municipio de Cuítiva.
- Realizar una clasificación composicional y textural de las areniscas aflorantes en el área de estudio.
- Establecer las características estructurales y estratigráficas de las unidades aflorantes en la zona de estudio.
- Desarrollar una correlación de la unidad informal areniscas de Cuítiva con la sección tipo de la Formación Arenisca dura en la región, utilizando información publicada.

3. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de trabajo, se encuentra localizada en la parte central de la Cordillera Oriental al Sur de la ciudad de Sogamoso entre los municipios de Iza – Cuítiva, en el departamento de Boyacá, entre las coordenadas en X: 1'114.000 hasta X: 1'110.000 y en el eje de la Y: 1'121.000 hasta Y: 1'125.000 DATUM BOGOTÁ comprendiendo una zona de aproximadamente 65 Km^2 (Ver figura 1).

Geológicamente se encuentra integrada por un bloque tectónico en la parte central de la cordillera Oriental al E de la Falla de Soapaga al este por la Laguna de Tota, con rocas sedimentarias marinas someras del Cretáceo Superior y litorales del Paleógeno y afectadas por la presencia de un complejo volcánico reciente (Complejo dómico-volcánico de Iza) (Cadena, 2017) (Ver figura 3).

Figura 1: Ubicación espacial de la zona de trabajo al sur este se muestra el municipio de Cúitiva y al nor este el municipio de Iza.



4. METODOLOGIA

El desarrollo del presente trabajo de grado se programó para una duración de seis (6) meses en los cuales se llevó a cabo en distintas fases, el proyecto en sí consistió de Tres (3) fases o etapas principales, cada una de ellas se mencionan y se describen a continuación:

4.1 BÚSQUEDA, RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En esta fase se realizó una investigación sobre información geológica de la zona de estudio, como lo es información estratigrafía de la sección tipo de la Formación Chipaque , y base del Grupo Guadalupe, la búsqueda de información se realizó en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Industrial de Santander y en publicaciones científicas, entre otras fuentes relacionadas con los temas de interés, y se indagara material cartográfico existente tales como mapas geológicos, topográficos y temáticos, entre otros.

La información compilada se analizó para su posterior selección. De acuerdo a la información obtenida y analizada en la fase, se seleccionara la información más relevante.

4.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA

Durante esta fase se realizó un trabajo de campo de 10 días alrededor del municipio de Cuítiva, el trabajo de campo contemplo dos comisiones; la primera de ellas un reconocimiento de un día a lo largo de los municipios de Iza, Cuítiva y

Tota en el departamento de Boyacá; la segunda comisión conto con nueve días de campo en los que se levantó Una sección estratigráfica y se recolectaron muestras de roca y de especímenes fósiles. La sección a estudiar es: (1) Sección estratigráfica de la unidad informal areniscas de Cuítiva sobre la vía Iza – Cuítiva, Km 2.

Con el objetivo de estandarizar las descripciones de campo se adoptaron los siguientes criterios:

1. La metodología de medición de la sección estratigráfica contemplo tanto el trazado de poligonales abiertas según (Cruz & Mier, 2014) y donde fue posible se utilizó el método de bastoneo.
2. La escala para describir el espesor de capas y láminas es tomada de la propuesta de CAMPBELL (1967).
3. La descripción geométrica de capas y láminas sigue a REINECK & SINGH (1980).
4. La descripción de las muestras se realizará utilizando las recomendaciones contenidas en Cruz et al (2003).
5. El diagrama de comparación para la forma de los granos es tomado de KRUMBEIN & SLOSS (1969).
6. El tipo de selección de las partículas es tomado de PETTIJOHN ET AL (1973)
7. Los tipos de contactos entre granos sigue lo propuesto por TAYLOR (1950).

8. La clasificación composicional de las rocas terrígenas está basada en FOLK (1980) y textural en la escala granulométrica de WENTWORTH (1922).

9. La clasificación composicional de las rocas calcáreas sigue a FOLK (1974) y textural a DUNHAM (1962).

El número de muestras que se contempla recolectar son 10, en donde las litologías que presenten mayor interés se le realizaran descripción litológica a detalle.

4.3 ELABORACIÓN DEL INFORME

Habiendo recolectado toda la información necesaria para la realización del proyecto, se procedió a interpretar y estudiar cada uno de los datos obtenidos a partir de las fases anteriores para proponer la caracterización estratigráfica y partir de las fases anteriores para proponer la caracterización estratigráfica y sedimentaria de la unidad informal Areniscas de Cuítiva.

La elaboración del informe del proyecto incluye las descripciones macroscópica de las muestras recolectadas durante la fase 2, descripción realizada en los laboratorios de la escuela de Geología siguiendo la metodología propuesta por Cruz et al (2003) incluyendo otros aspectos relevantes para el presente estudio, para la elaboración del documento final se siguió la metodología propuesta por Cruz y Mier (2014).

Usando herramientas de teledetección (Google Earth) se establecieron límites de unidades y se integró la información mediante la implementación del software QGIS (2016) para la digitalización del mapa geológico de la zona del presente

estudio, y mediante la implementación del software INKSCAPE (2016) se elaboraron las columnas estratigráficas y se adoptó la metodología para columnas estratigráficas seguida en Guarín (2011) la cual para las rocas terrígenas presentan las relaciones entre los tamaños de grano y para las rocas calcáreas y fosfáticas la relación entre matriz y cemento, incluyendo datos texturales tales como redondez y selección, y los principales componentes del armazón en donde se incluyen las partículas biogénicas presentes y los minerales accesorios principales.

5. ANTECEDENTES

En el presente trabajo me basé en el estudio geológico general de Ulloa et al (2001) dentro del cual encontramos referencias de Alvarado & Sarmiento (1994), Van Der Hammen (1957), Hubach (1931b), Hubach (1957), Renzoni (1962), Ulloa et al (1973), Pérez & Salazar (1978), Ulloa & Rodríguez (1979), Etayo–Serna (1985), Fabre (1985a), Fabre (1985b), Föllmi et al (1992), Sarmiento en Osorno (1994), Vergara & Rodríguez (1995), Guerrero & Sarmiento (1996), Ulloa & Rodríguez (1996), Ulloa et al (1998).

En Ulloa et al (2001) se definen para el Cretáceo Superior - Paleoceno las Formaciones: Fm. Chipaque, Fm. Arenisca Dura y Plaeners, Fm. Labor y los Pinos, Fm. Arenisca Tierna y Fm. Guaduas. La zona de los municipios de Iza y Cuítiva cuentan con algunos estudios específicos como Monsalve et al (2011), Guarín (2011), Cadena (2017) para las Formación Chipaque y Grupo Guadalupe.

Guerrero & Sarmiento (en Ulloa et al, 2001) caracterizan la Formación Chipaque como lodolitas que suprayacen e infrayacen a unidades areníticas, que son respectivamente la Formación Une y el Grupo Guadalupe. La Formación Chipaque Hubach (en Ulloa et al, 2001) de edad Turoniano temprano – Santoniano y de un espesor de 200m en la localidad tipo.

Ulloa et al, 1973 (en Ulloa et al, 2001) divide el grupo Guadalupe en:

Formación Dura y Plaeners que corresponden a un conjunto de limolitas silíceas con intercalaciones de areniscas y frecuentes niveles fosfáticos. Vergara & Rodríguez; Pérez & Salazar; y Föllmi et al (en Ulloa et al, 2001) ubican el inicio de la depositación de la Formación durante el Campaniano superior-Maastrichtiano

inferior y un espesor de 170 m.

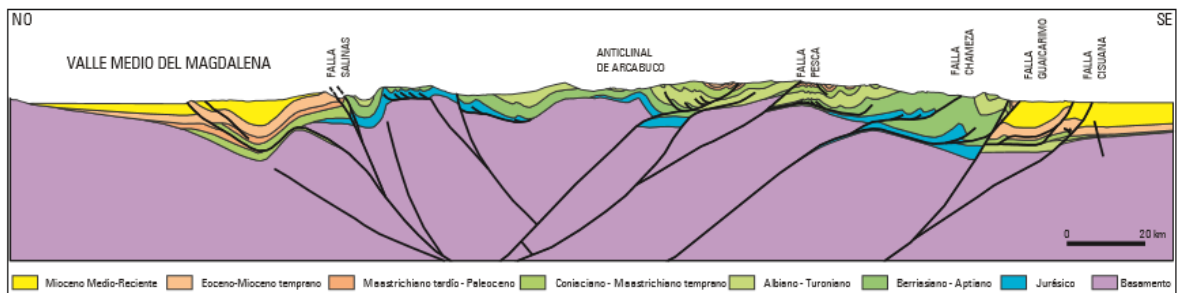
Formación Labor-Pinos que corresponden a un conjunto de lutitas y limolitas negras con intercalaciones de calizas y areniscas de poco espesor. Fabre & Sarmiento (en Osorno, 1994) ubican el inicio de la depositación de la Formación durante Campaniano al Maastrichtiano inferior y un espesor de 130 m.

Formación Arenisca Tierna compuesta por areniscas cuarzosas macizas con laminación inclinada de grano fino a grueso. Etayo–Serna; Fabre 1985 (en Ulloa et al, 2001) ubican el inicio de la depositación de la Formación durante el Maastrichtiano y un espesor de 100 m.

6. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio se ubica en la cuenca de la Cordillera Oriental, esta cuenca se caracteriza por rocas formadas en un sistema de Rift invertido resultado de la ruptura de Pangea durante el Triásico superior y posteriormente llenada por sedimentos marinos mesozoicos y sedimentos continentales Cenozoicos. Rolón et al (en Barrero et al, 2007) (Figura 2).

Figura 2: Sección transversal esquemática de la cuenca de la cordillera oriental, tomado parcialmente de ANH open Round.



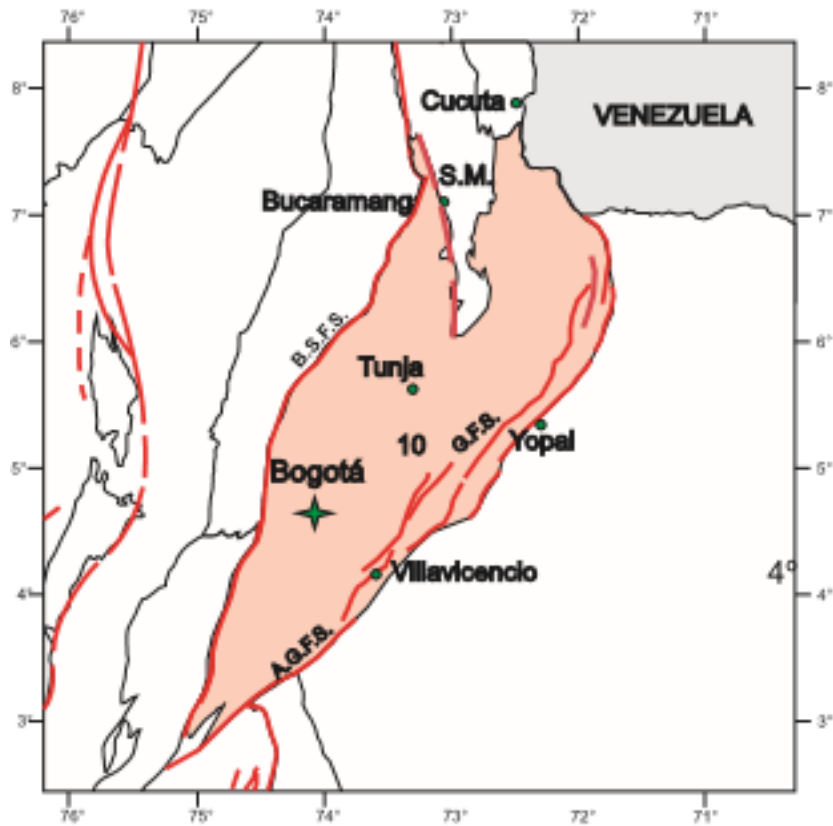
Fuente: Cooper et al (en Barrero et al, 2007)

Los límites de la cuenca de la cordillera oriental al este y oeste son fallas tipo echelon bien desarrolladas que empujan sobre las cuencas adyacentes, al oriente limita con el sistema de empuje frontal de la Cordillera Oriental, al occidente con los sistemas de fallas Bituima y La Salina. Al suroriente limita con el sistema de falla dextrales de Algeciras - Garzón, y limitando al norte con el macizo de Santander (Figura 2). Casero et al; Montes et al; Gómez et al; Kammer; Restrepo-Pace; Dengo & Covey; Julivert; Fabre (en Barrero et al, 2007).

Durante el Paleógeno temprano, la deformación dextral transpresional provocó fallas y plegamientos y fue determinante en la inversión estructural de la cuenca. (Barrero et al, 2007).

Durante el Triásico-Jurásico y el Cretáceo tardío, los esfuerzos transtensionales, produjeron un sistema de cuencas asimétricas de medio graben que se llenaron continuamente con depósitos alternos marinos y continentales. La deformación de estos depósitos ocurrió como una sucesión de eventos. El primer evento durante el Eoceno Oligoceno generó un sistema imbricado. El sistema imbricado fue erosionado y cubierto por depósitos superiores del Oligoceno. Un evento transpresional posterior durante el Mioceno al Pleistoceno reactivó las fallas de empuje preexistentes y volvió a plegar las estructuras concomitantes con el levantamiento de la Cordillera (Barrero et al, 2007).

Figura 3: Límites de la cuenca de la cordillera oriental tomado parcialmente de cuencas sedimentarias de Colombia, ANH.



Fuente: Barrero et al, 2007.

Localmente las rocas aflorantes en su mayoría son rocas Sedimentarias del Cretácico, durante el Cretácico, el territorio ocupado hoy por la parte central de la cuenca de la cordillera Oriental donde se ubica la zona del presente estudio, estaba constituido por un mar epicontinental (Etayo et al, 1976) limitado al occidente por una cadena volcánica (hoy la cordillera Central) y al oriente por el escudo de la Guayana. Dos porciones de tierra emergidas que aportaban sedimentos a la cuenca (Barrero et al, 2007).

Durante el Turoniano temprano – Santoniano, inicia la depositación de la

Formación Chipaque, la cual representa los fondos de depósito a mayor profundidad en el área, variando el ambiente de depositación entre la zona externa de la plataforma y la zona de barrera (Colmenares et al, 2008).

A mediados del Coniaciano inicia la regresión del mar, permitiendo que los sistemas, fluviales provenientes tanto del occidente como del oriente formen grandes sistemas deltaicos. Inicia el depósito del Grupo Guadalupe el cual se deposita durante las regresiones y transgresiones del mar, comenzando Durante el Campaniano superior - Maastrichtiano inferior con la depositación de la Formación Dura y Plaeners, que se depositó en la zona externa de la plataforma (Colmenares et al, 2008), así mismo durante el Campaniano al Maastrichtiano se deposita la Formación Labor y Pinos la base de esta formación depositada en la plataforma externa y hacia su tope depositada en la zona de barrera (Colmenares et al, 2008). Durante el Maastrichtiano la Formación Arenisca Tierna es depositada en un ambiente transicional, durante la progradación de una línea donde se logran apreciar algunos eventos transgresivos hacia el tope de la unidad (Colmenares et al, 2008).

Finalizando el Cretácico se caracteriza por las grandes extensiones de pantanos, en este ambiente costero se inicia la Depositación de la Formación Guaduas, la cual marca el retiro definitivo del mar Cretáceo.

Durante el cuaternario un pulso ígneo ascendió a superficie a través de las fisuras existentes en el material rocoso producto del debilitamiento estructural del Área formando así la Riolita de Iza.

En la actualidad la subducción de la placa Nazca bajo la placa suramericana ha creado grandes fuerzas compresionales que han dado origen a sistemas de fallas y pliegues regionales con dirección preferencial NE en el área de estudio.

6.1 ESTRATIGRAFÍA

El área de estudio se encuentra en el bloque colgante de la falla de Gámeza – Tota en el cual presenta las formaciones del cretácico superior, Formación Chipaque, Formación Dura y Plaeners, Formación Labor y Pinos, Formación Arenisca tierna y la Formación Guaduas (Figura 9) (Figura 12), Y cuya cartografía se presenta adjunta al presente informe (Figura 11).

6.1.1 Unidades lito estratigráficas. Las unidades se describen en orden cronológico de la más antigua a la más joven según la nomenclatura de Servicio Geológico.

6.1.1.1 Formación Chipaque. La Formación Chipaque corresponde a la formación más antigua en la zona de estudio, esta Formación geográficamente aflora en la carretera Iza – Cuítiva, en lo que sería la falda de la cuchilla san miguel y en el flanco sureste de la cuchilla de Diágota, y en el flanco sur este de la quebrada canoas.

Estratigráficamente La Formación Chipaque aflora en la base del bloque yacente de la falla de Gámeza- Tota formando el núcleo del sinclinal de Iza, y formando el flanco nor-oeste del sinclinal de Sanmiguel. Una sección del flanco sur del sinclinal de san miguel, en el bloque colgante de la falla Gámeza- Tota formando el flanco sur este del anticlinal de Diágota (Cadena, 2017) (Figura 4).

Sedimentológicamente La Formación Chipaque se caracteriza por lodolitas que supra yacen e infra yacen unidades areníticas (Ulloa et al, 2001). En la zona de estudio la Formación Chipaque se constituye por cuarzo arenitas terrígenas,

arcillolitas fosilíferas, limolitas y calizas esparíticas muy fosilíferas (Cadena, 2017) (Figura 14) (Figura 10).

6.1.1.2 Formación Dura y Plaeners. La Formación Dura y Plaeners se encuentra suprayaciendo la Formación Chipaque, esta Formación geográficamente aflora en la falda de el alto de Vita, en la carretera Iza – Cuítiva subiendo por el flanco oeste de la cuchilla de San Miguel, subiendo por el flanco sureste de la cuchilla de Diágota.

Estratigráficamente La Formación Dura y Plaeners aflora en la Base del bloque colgante de la falla de Gámeza - Tota formando el núcleo de los anticlinales de Diágota y Canoas, y en el bloque yacente de la falla de Gámeza - Tota formando los en lo que corresponde a los flancos del anticlinal de Iza y en el flanco este del sinclinal de San Miguel, y truncado en el flanco oeste del mismo (Cadena, 2017) (Figura 4) (Figura 14).

Sedimentológicamente La Formación Dura y Plaeners está compuesta por limolitas silíceas con intercalaciones de areniscas y frecuentes niveles fosfáticos. En algunas localidades presenta areniscas hacia su base (Ulloa et al, 2011). En la zona de estudio la Formación Dura y Plaeners está constituida por cuarzo arenitas, areniscas fosfáticas, lodolitas silíceas y arcillolitas fosilíferas (Cadena, 2017). Biomicritas de foraminíferos bentónicos con textura wackestone y packstone, como mineral accesorio tanto en las rocas terrígenas como calcáreas se presenta Glauconita en porcentajes que varían entre 3% y 7% (Guarín, 2011) (Figura 10).

6.1.1.3 Formación Labor y Pinos. La Formación Labor y Pinos se encuentran suprayaciendo la Formación Arenisca Dura, esta Formación geográficamente aflora subiendo por el flanco Noroeste de la cuchilla de San Miguel, La Formación Labor y Pinos aflora en el flanco noroeste de la cuchilla de Diágota debido afectada por una falla inversa.

Estratigráficamente la Formación Labor y Pinos aflora en la Base del bloque colgante de la falla de Gámeza - Tota formando el flanco nor-este del anticlinal de Diágota y en el bloque yacente de la falla de Gámeza - Tota formando los en lo que corresponde a los flanco Noroeste del anticlinal de iza y flanco nor-este del Sinclinal de San Miguel en contacto concordante con la Formación Arenisca Dura y Plaeners. La Formación Labor y Pinos no es observable en el anticlinal de Diágota debido a una falla inversa que afecta esa zona (Cadena, 2017) (Figura 4) (Figura 10).

Sedimentológicamente la Formación Labor y Pinos está compuesta por lutitas y limolitas negras con intercalaciones de arenisca y caliza de poco espesor (Ulloa et al, 2001). En la zona de estudio la Formación Labor y Pinos se constituye por arcillolitas fosilíferas e intercalaciones de calizas esparíticas fosilíferas de bivalvos y ostreidos de textura packstone y cuarzo arenitas (Cadena, 2017). Calizas esparíticas fosilíferas de bivalvos de textura grainstone y en menor proporción biomicritas de foraminíferos con textura wackestone parcial a totalmente silicificada, como mineral accesorio tanto en las rocas terrígenas como calcáreas se presenta Glauconita en porcentajes que varían entre 2% y 3% (Guarín, 2011) (Figura 14) (Figura 10).

6.1.1.4 *Formación Arenisca tierna.* La formación Arenisca Tierna se encuentra suprayaciendo a la Formación Labor y Pinos, esta Formación geográficamente aflora parcialmente en el flanco sur-este de la Chuchilla de San Miguel, la Formación Arenisca Tierna no aflora en la cuchilla de Diágota debido a que está afectada por una falla inversa de Diágota Gámeza – Tota y por erosión.

Estratigráficamente la Formación Arenisca Tierna aflora en la base del bloque yacente de la falla de Gámeza - Tota formando el flanco sur-este del sinclinal de San Miguel y el Anticlinal de Iza y en el bloque colgante de la falla de Gámeza - Tota en el Anticlinal de Diágota no aflora producto de la falla inversa y a los procesos erosivos (Cadena, 2017) (Figura 4) (Figura 10).

Sedimentológicamente a Formación Arenisca Tierna corresponde a areniscas cuarzosas, macizas de grano fino a grueso (Ulloa et al, 2001). En la zona de estudio la Formación Arenisca Tierna está constituidas principalmente por cuarzo arenitas, cuarzo arenitas fosfáticas, cuarzo arenitas glauconíticas y en menor proporción limolitas y arcillolitas (Cadena, 2017) (Figura 10).

6.1.1.5 *Formación Guaduas*

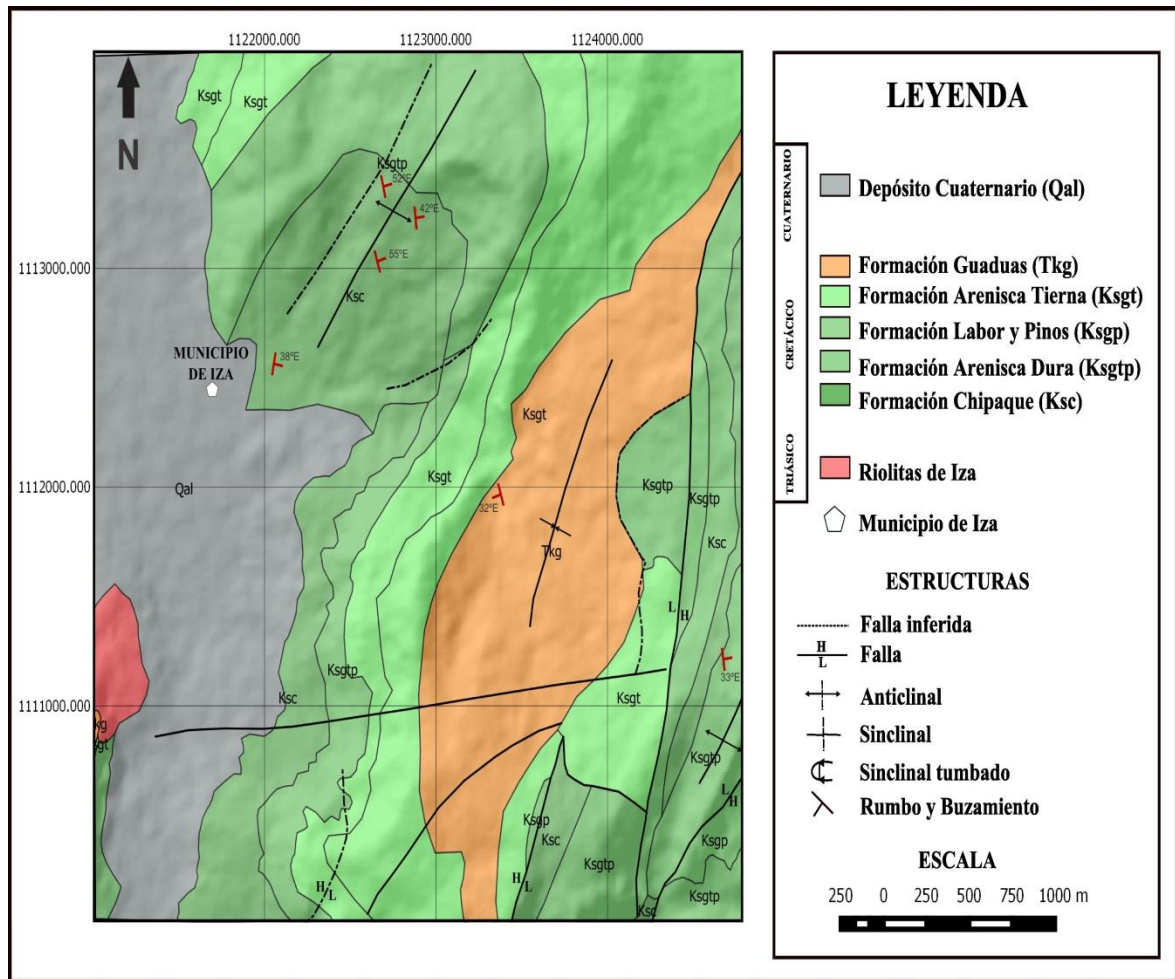
La Formación Guaduas se encuentra suprayaciendo la Formación Arenisca Tierna, esta formación geográficamente aflora Cuchilla de San Miguel, en la loma Guatapé, en el flanco nor-este de la quebrada carbonera y en el flanco nor-este del alto Palenque. La Formación Guaduas representa además de los depósitos Cuaternarios la formación más reciente en la zona.

Estratigráficamente la Formación Guaduas aflora en el bloque yacente de la falla de Gámeza - Tota formando lo que corresponde al flanco nor-este del Anticlinal

de Iza y el núcleo del sinclinal de San Miguel en contacto concordante con la Formación Arenisca Tierna en el flanco oeste, y al oeste en contacto fallado con la Formación Arenisca Dura y Plaeners esto debido a la inversión Tectónica producida por la falla Gámeza- Tota de componente inverso (Cadena, 2017), también conforma el núcleo del anticlinal del Crucero en contacto fallado al este con la formación Arenisca Dura y al oeste en contacto neto con la Formación Arenisca tierna, aflora al oeste de la falla de la Carbonera al este quebrada carbonera cortado por el intrusivo Ígneo al nor-este (Figura 4).

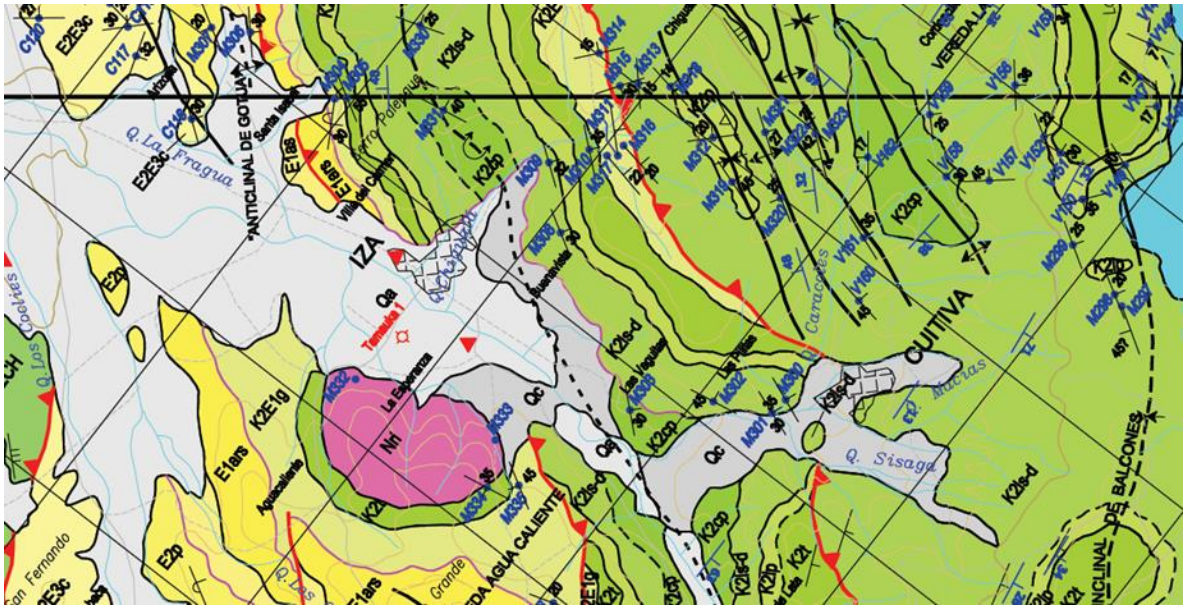
Sedimentológicamente la Formación Guaduas está compuesta por arcillolitas y lodolitas abigarradas, con intercalaciones de areniscas y frecuentes mantos de carbón (Ulloa et al, 2001). En la zona de estudio la Formación Guaduas está constituida por paquetes de lodolitas fosilíferas y cuarzo arenitas (Cadena, 2017) (Figura 10).

Figura 4: Mapa geológico a escala 1:25.000 de la zona de estudio.



Fuente: Cadena, 2017.

Figura 5: Mapa geológico zona de estudio.



Fuente: Colmenares, 2008.

6.2 GEOMORFOLOGÍA

Las geoformas observadas en la zona de estudio son características de un relieve montañoso y ondulado originado principalmente por el efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales, tanto sobre los relieves iniciales generados por la tectodinámica, como sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. El resultado final es la modificación parcial o total de éstos a través del tiempo y bajo condiciones climáticas cambiantes.

Las formaciones aflorantes en el área de estudio presentan unas características Geomorfológicas muy marcadas, de este modo tenemos que la Formación Chipaque debido a su composición sedimentológica y a la naturaleza fisil de su composición presenta pendientes suaves.

La Formación arenisca Dura y Plaeners por su composición mineralógica más cementada y producto de acción tectónica siendo expuesta a procesos de meteorización y fracturamiento presenta laderas convexas.

La Formación Labor y Pinos se caracteriza por presentar pendientes bajas a medias, producto de su composición mineralógica menos competente

La Formación Arenisca Tierna y La Formación Guaduas se caracterizan por presentar laderas rectilíneas y cóncavas donde se depositan los materiales de la Formación Arenisca Dura, dando lugar a los depósitos Cuaternarios Coluviales y Aluviales aflorantes en los alrededores del municipio de Cuítiva y en la vía que comunica los municipios Iza – Tota.

7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

7.1 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

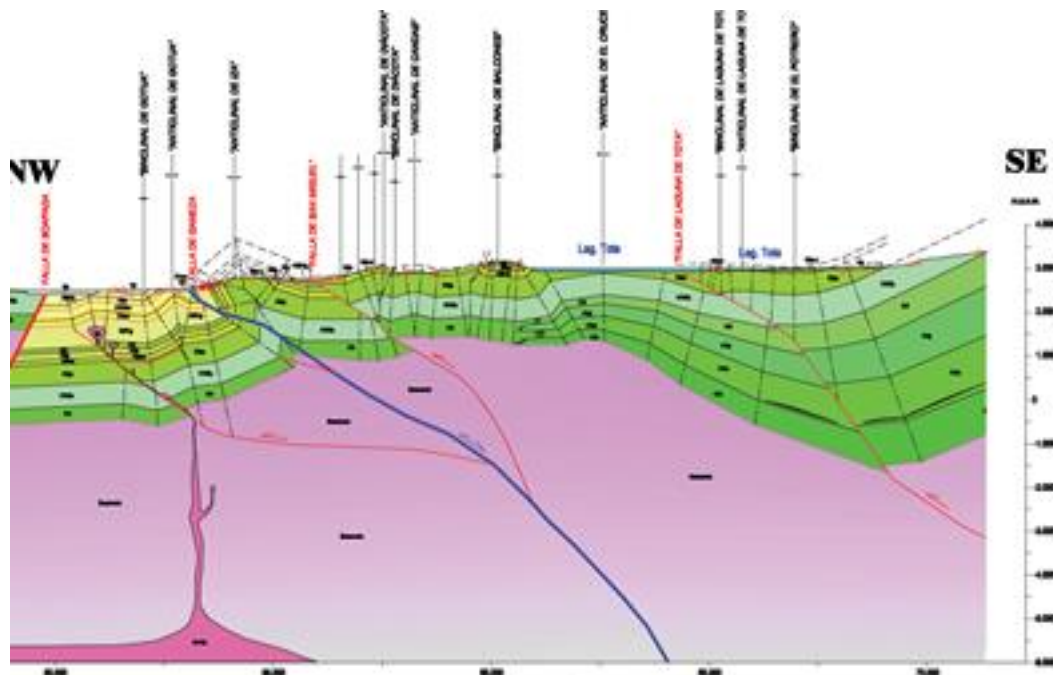
El área de estudio se encuentra enmarcada por los cabalgamientos de la falla de Boyacá al este y la falla de Soapaga al oeste, y la Falla de Gámeza de retrocabalgamiento al este (Colmenares, 2008) (Figura 5), que forman en su parte oeste en los bloques colgantes de la falla de Soapaga y de la falla de Boyacá escamas de inversión tectónica de unidades del cretácico superior en su parte más oriental y unidades más antiguas del cretácico medio e inferior e incluso del Jurásico en el bloque colgante de la falla de Boyacá. En la parte central el bloque yacente de las fallas de Soapaga- Gámeza presenta unidades del cretáceo superior al paleógeno en pliegues suaves abiertos y largos. Finalmente, en bloque colgante de la falla de Gámeza con pliegues estrechos y cortos con flancos invertidos que presenta unidades del Cretácico superior al Paleoceno (Figura 6).

En el bloque colgante de la falla de Soapaga se destacan estructuras tales como el Anticlinal de Tibasosa y la Falla de Soapaga (Figura 6). El Anticlinal de Tibasosa corresponde a la prolongación SW del Anticlinorio de La Floresta; su eje presenta direcciones entre los $N25^{\circ}W$ y $N4^{\circ}W$. La variación en la dirección del eje se debe a que éste es afectado por un sistema de fallas dextrales en un arreglo en echelon. El flanco oriental presenta altos buzamientos por efectos de la Falla de Soapaga, mientras que su flanco occidental tiene una suave inclinación, que hace a esta estructura un anticlinal asimétrico.

La Falla de Soapaga es una estructura definida por Julivert (1970) como una falla afectada por inversión, y según la clasificación de Coward (1992) como falla de inversión positiva. En el área presenta una dirección general $N25^{\circ}E$ a $N35^{\circ}E$, con

su plano inclinado hacia el noroeste entre 20 y 38 grados, hacia el sur se ramifica y forma bloques escamados.

Figura 6: Sección estructural de la región Sogamoso-Lago de Tota mostrando los principales rasgos estructurales, la falla de Soapaga al oeste y las fallas de Gámeza, San Miguel y Laguna de Tota al Este.



Fuente: Colmenares et al, 2008.

El Bloque Yacente de las fallas de Soapaga-Gámeza está constituido por una angosta franja noreste, deprimida (Figura 6) donde afloran materiales paleógenos y neógenos plegados en estrechos sinclinales alargados, a veces con sus flancos invertidos, y anticlinales apretados subsidiarios. La construcción geométrica del corte indica que la unidad cretácica basal es la Formación Tibasosa. En el bloque colgante de la falla de Gámeza encontramos estructuras como el Anticlinal de Iza, el cual es mostrado por la vergencia del plano de falla de la Falla de Gámeza,

cuyo flanco NW se encuentra invertido. Este anticlinal está limitado al oriente por la falla de San Miguel, la cual se interpreta aquí como un “splay” dorsal de la falla de Gámeza.

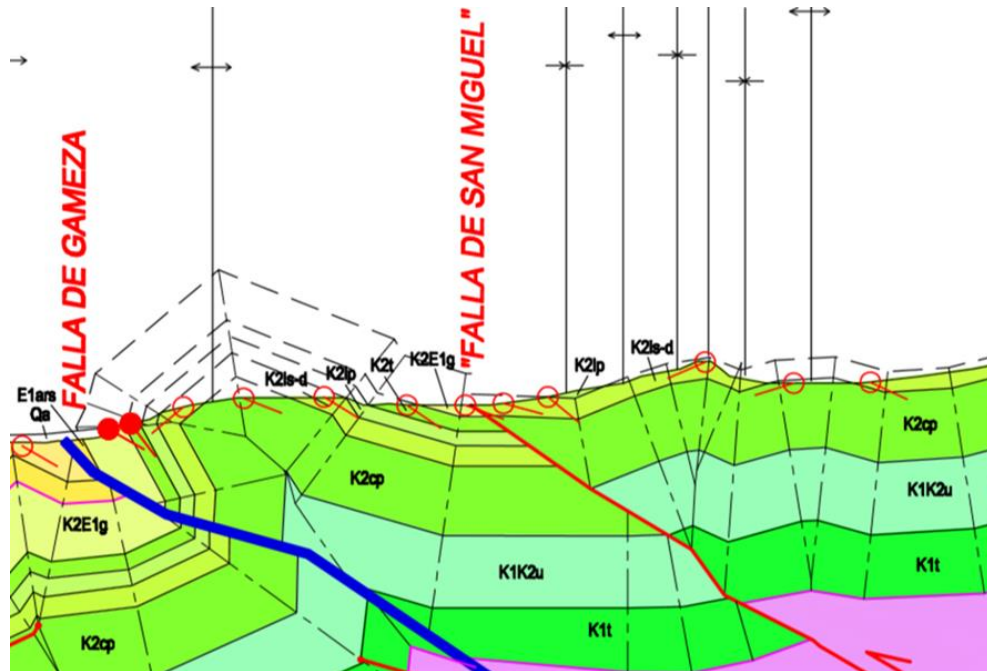
En el bloque colgante de la falla San Miguel - Tota hacia el SE la cartografía muestra que las unidades del Cretácico inferior van engrosando paulatinamente en esa dirección, estas unidades van desde la Formación Une hasta la Formación Guaduas. En esta región, ocurren tres fallas inversas vergentes al NW: fallas de Laguna de Tota, Cedral-Romazal e Hirva. Estas fallas generan el “escalonamiento” de conjuntos de pliegues, los cuales van disminuyendo su longitud de onda hacia el SE y hacia arriba hasta la región de Santa Bárbara. También podemos encontrar estructuras como el Anticlinal de Diágota, el Anticlinal de Canoas y el Sinclinal de Balcones.

7.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

En la zona de estudio, municipios de Iza – Cuítiva – Tota, se presenta un estilo estructural predominantemente compresivo activo (Cortés et al, 2006) (Cadena, 2017). Estructuras de extensión regional como el anticlinal del Picacho o de Iza, el Sinclinal de San Miguel, el Anticlinal de Cuítiva o de Canoas (Colmenares, 2008) (Figura 7), estructuras producto de los esfuerzos regionales que crearon la cordillera oriental durante el cretácico tardío hasta la actualidad.

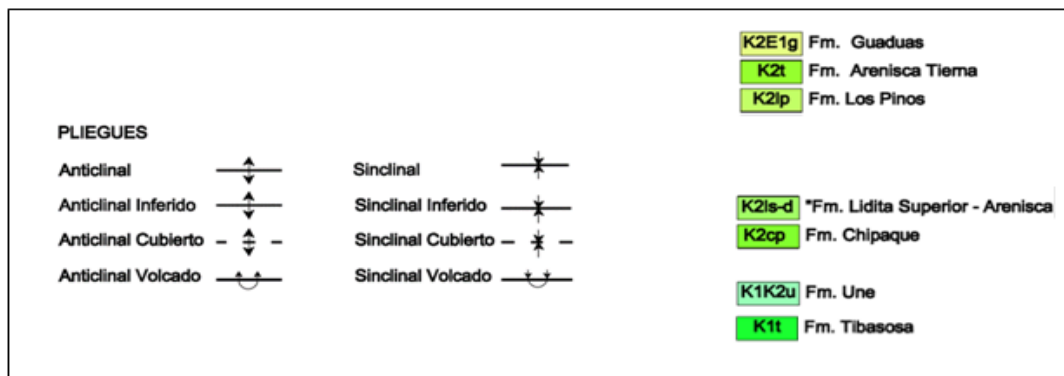
Las estructuras principales en el área de estudio son La falla de Gámeza – Tota, sinclinal de San Miguel y anticlinal de Iza (Figura 7). La unidad informal denominada en el presente estudio como Las areniscas de Cuítiva limitan al oeste por la falla de San Miguel (Gámeza – Tota) y hacen parte del anticlinal de Canoas (anticlinal de Iza).

Figura 7: Sección estructural de la región Iza – Cuítiva mostrando los principales rasgos estructurales, la falla de Gámez al oeste y San Miguel al Este.



Fuente: Colmenares et al, 2008.

Figura 8: Convenciones de la Sección estructural de la región Sogamoso-Lago de Tota.



Fuente: Colmenares et al, 2008.

7.2.1 Sinclinal de San Miguel. El sinclinal de San Miguel presenta un eje con dirección de N 30° E / 79°SE, su flanco oriental limitado y afectado por el sistema de fallas Gámeza – Tota (Figura 7).

Esta estructura presenta su flanco Oriental invertido, y truncado por una falla de cabalgamiento con dirección N15°E estructura que cabalga unidades del Turoniano temprano al Este sobre unidades del Maastrichtiano- Paleógeno al Oeste. (Cadena, 2017)

El Flanco occidental del sinclinal de San Miguel presenta la secuencia normal, donde tenemos unidades antiguas (Formación Chipaque) infrayaciendo las más recientes hasta el núcleo (Formación Guaduas).

7.2.2 Anticlinal de Iza. El Anticlinal de Iza presenta un eje con dirección de N 21° E / 88°SE (paralelo al sinclinal de San Miguel), su flanco occidental limitado por las fallas de Gámeza con ángulo de buzamiento 25°SW, y su flanco oriental limitado por la falla de San Miguel y ángulo de buzamiento 45°SE. Esta estructura anticlinal presenta hacia sus flancos las unidades con edades de depósitos más reciente manteniendo la secuencia hasta su núcleo donde tenemos la Formación Chipaque (Figura 7).

7.2.3 Falla de Gámeza – Tota. La falla de Gámeza – Tota, afecta el flanco oriental del sinclinal de San Miguel. En este flanco del sinclinal las Formaciones más antiguas se encuentran suprayaciendo las Formaciones de edades recientes (Figura 7), esto debido a la acción de la Falla Regional Gámeza – Tota con orientación N27E/65°NW.

La falla Gámeza – Tota de bajo ángulo de buzamiento y con fuerzas compresivas que actúan perpendicularmente al plano de falla se infiere como una falla de cabalgamiento.

8. EVOLUCIÓN GEOLOGICA DEL AREA

Durante el período Cretácico (entre 135 Ma. y 65 Ma. B.P.), el territorio ocupado hoy por la parte central de la Cordillera Oriental estaba constituido por un mar epicontinental (Etayo & Serna, 1976) limitado al occidente por una cadena volcánica, hoy la cordillera Central, y al oriente por el escudo de la Guayana. Dos porciones de tierra emergidas que aportaban sedimentos a la cuenca.

El tiempo de duración del Cretácico fue de 70 millones de años, tiempo durante el cual la cuenca sufrió ascensos y descensos del nivel del mar, estos dejan marcas sedimentológicas, combinados con eventos tectónicos. El grupo de rocas aflorantes en la zona que representa el nivel del mar más elevado y por lo tanto fondos de depósito más profundos, es la formación conejo de edad Turonience-Coniacience a mediados del Coniaciano el mar comienza a retirarse lentamente, permitiendo que los sistemas, fluviales provenientes tanto del occidente como del oriente formen grandes sistemas deltaicos. Hacia finales del Cretácico los ambientes dominantes en la cuenca son estuarios, en donde grandes extensiones de pantanos son la característica principal, y es aquí en estos ambientes parálisis (Costeros) en donde se encuentra el origen del carbón de la Formación Guaduas, la cual marca el retiro definitivo del mar Cretáceo. Durante el periodo terciario inferior (Paleógeno y Mioceno) hay alternancia de sedimentación fluvial y lacustre representada por la Formación Socha inferior.

En la era cuaternaria las rocas que se encuentran, constituyendo el cuerpo ígneo. Ascendieron a la superficie a través de fisuras existentes en la región, provocadas por el debilitamiento estructural del área. En la actualidad la subducción de la placa Nazca bajo la placa Suramericana ha creado grandes fuerzas compresionales que han dado origen a sistemas de fallas y pliegues regionales

con dirección preferencial NE en el área de estudio.

9. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis y descripción de las secciones estratigráficas de la Formación Arenisca Dura aflorante en la zona de estudio.

Se muestran las unidades lito estratigráficas que conforman la secuencia aflorante en la zona de estudio, describiendo la zona donde aflora, las litologías que la constituyen y las estructuras que la conforman.

Las formaciones se describen en orden cronológico de la más antigua a la más joven según la nomenclatura de INGEOMINAS.

Figura 9: Panorámica de la zona de estudio al este del Rio Tota donde de base a techo se encuentra aflorando La Formación Chipaque y el Grupo Guadalupe: Formación Arenisca Dura, Formación Pinos, Formación Arenisca Tierna y la Formación Guaduas.

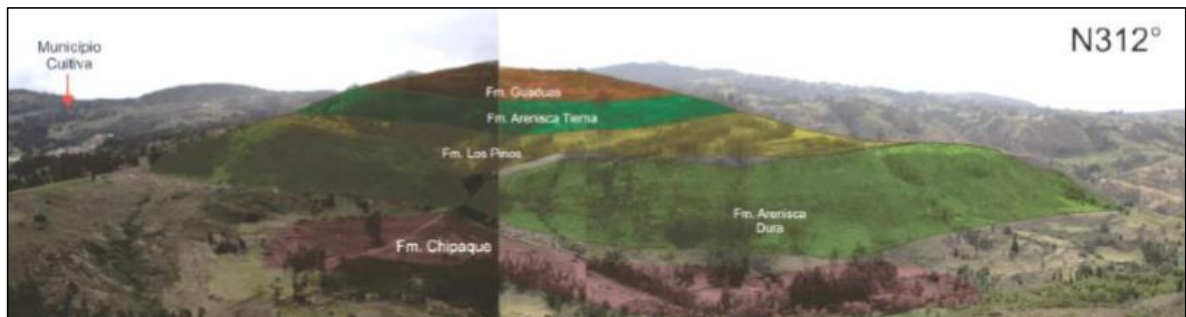


Figura 11: Mapa geológico del área a escala 1:25.000 para seguir la continuidad lateral de la Formación Arenisca Dura.

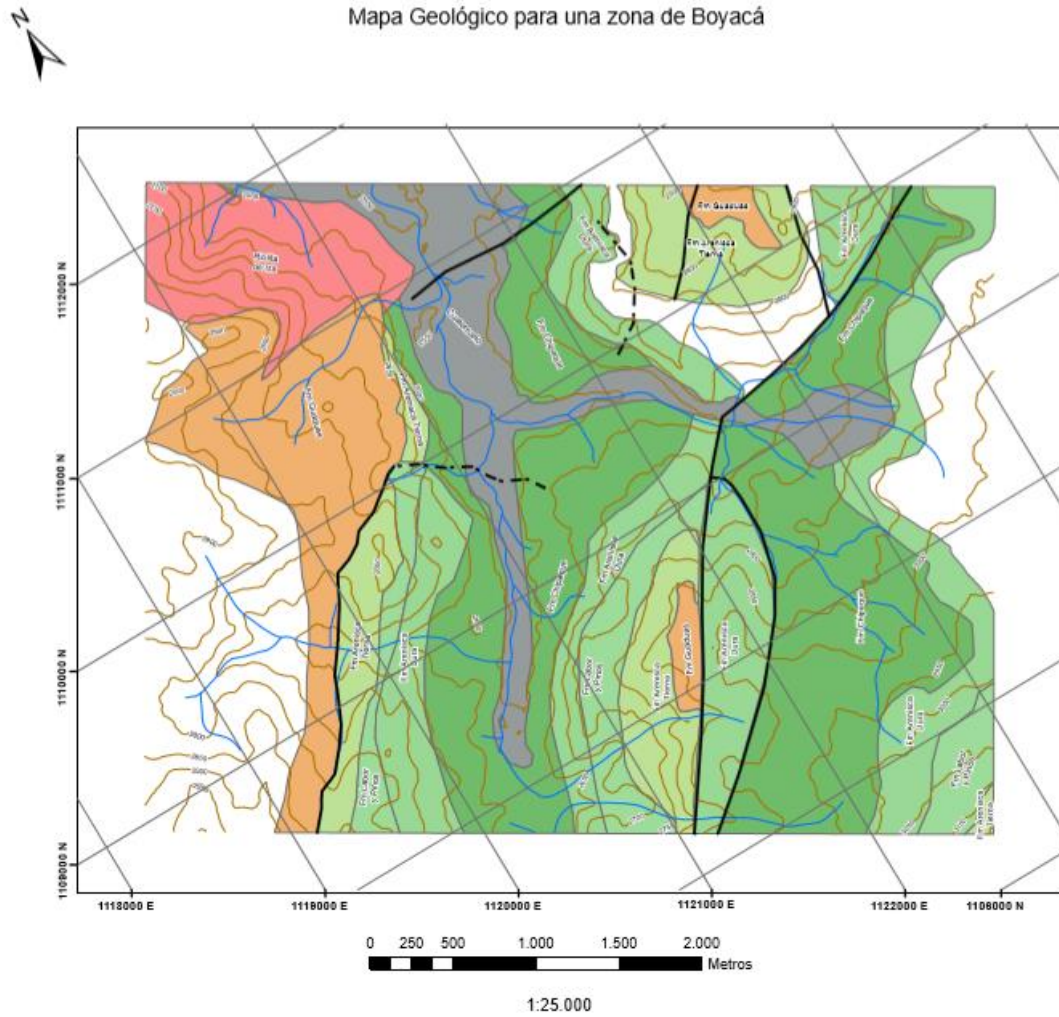


Figura 12: Tabla de convenciones mapa Geológico.



9.1 FORMACIÓN ARENISCA DURA

Se levantó la sección para la Formación Arenisca Dura en el área en el sector (vía a la vereda Chiguata) donde la formación presenta mejor exposición, mayor continuidad describiendo las características sedimentológicas, mineralógicas y estratigráficas con el fin de realizar una comparación con la sección denominada Areniscas de Cuítiva

Figura 13: Panorámica de la zona de estudio al oeste del Río Tota donde de base a techo se encuentra aflorando La formación Chipaque, la Formación Arenisca Dura, Formación Pinos, Formación Arenisca tierna y la Formación Guaduas.

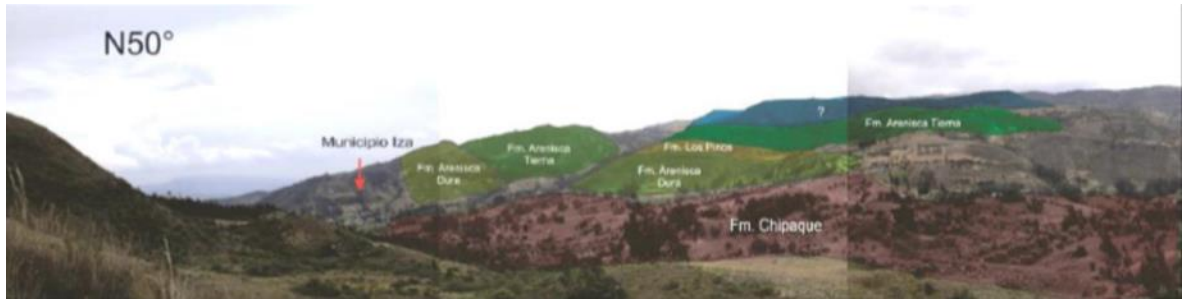
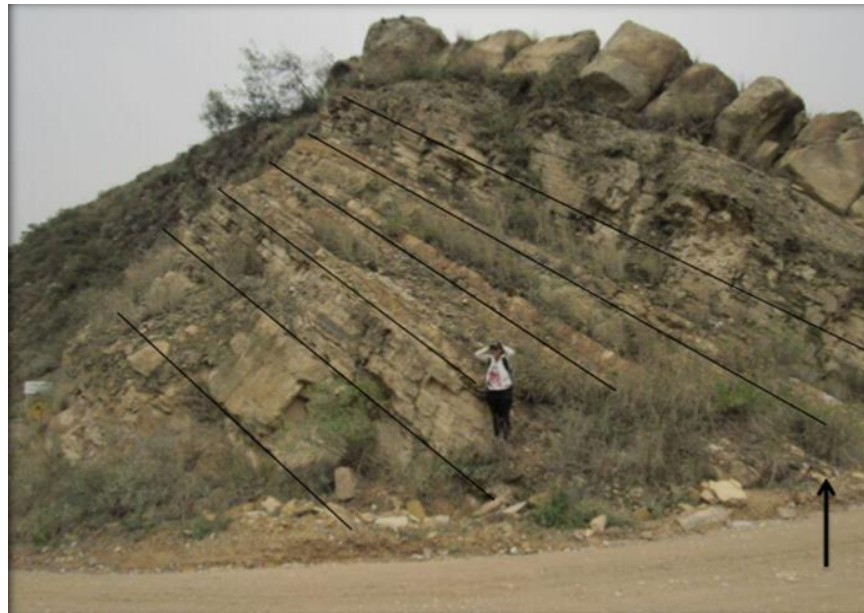


Figura 14: Techo de la Formación Arenisca Dura al flanco Noroeste del Sinclinal de san Miguel. En este punto la unidad se encuentra invertida, evidencia de esto los Thalassinoides que al igual que en la vereda chiguata se encuentra invertidos.



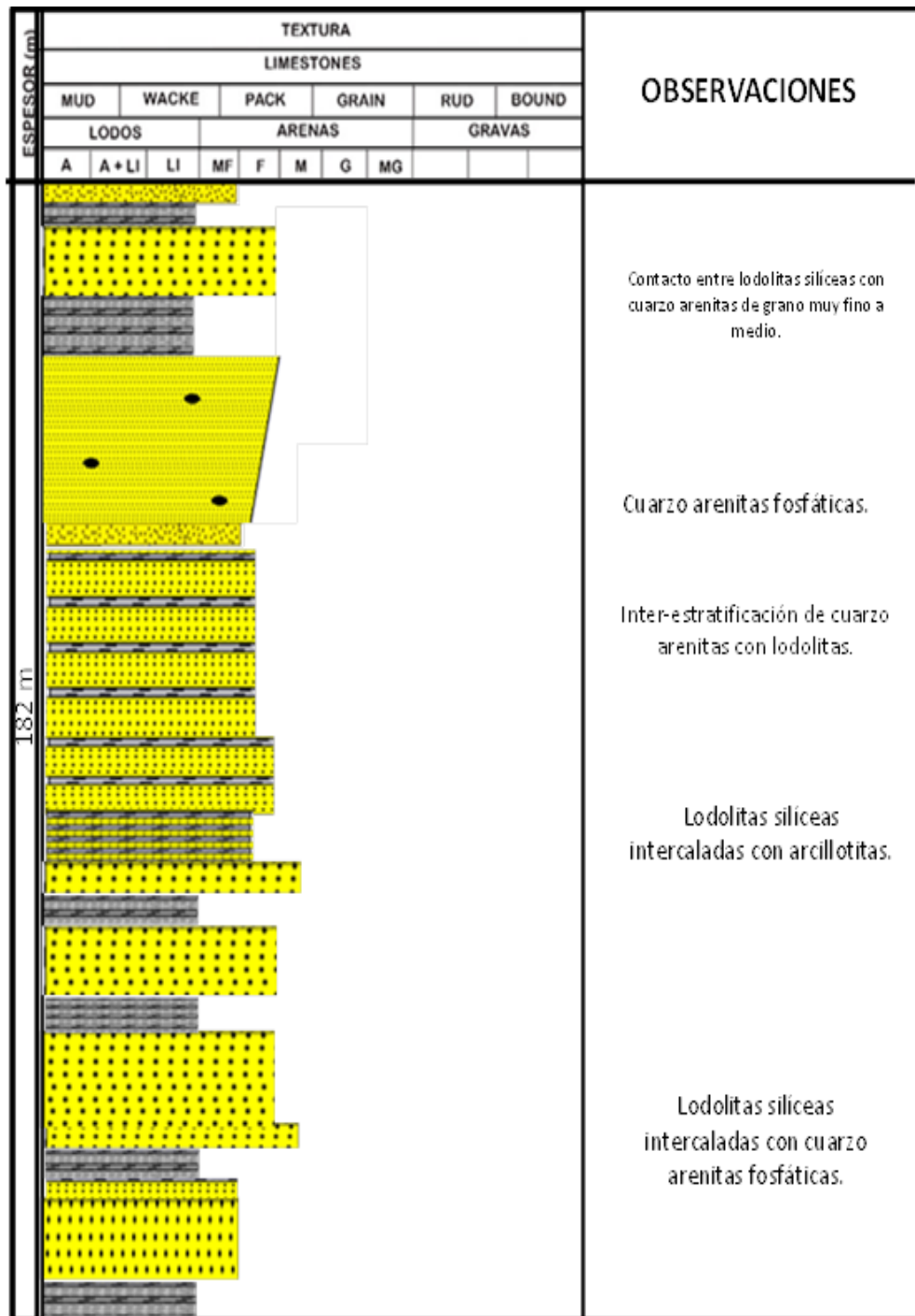
9.1.1 Sección Chiguata. La sección tipo que se propone para la Formación Arenisca dura se ubica en la parte oeste del área de estudio en el carretable de la vía a la vereda chiguata (Columna estratigráfica C2) debido a la continuidad y exposición de la misma en el área con un espesor de 182 metros (Ver figura 16).

Figura 15: Afloramiento de la Formación Arenisca Dura en la Vía Chiguata.



En esta área La formación se compone por intercalaciones de Cuarzo Areniscas, Areniscas Fosfáticas, lodolitas síliceas, biomicritas de foraminíferos bentónicos con textura wackestone, como mineral accesorio tanto en las rocas terrígenas como en las rocas calcáreas se presentan cristales de Glauconita .

Figura 16: Columna estratigráfica (C2) Formación arenisca Dura en la sección de Chiguata..



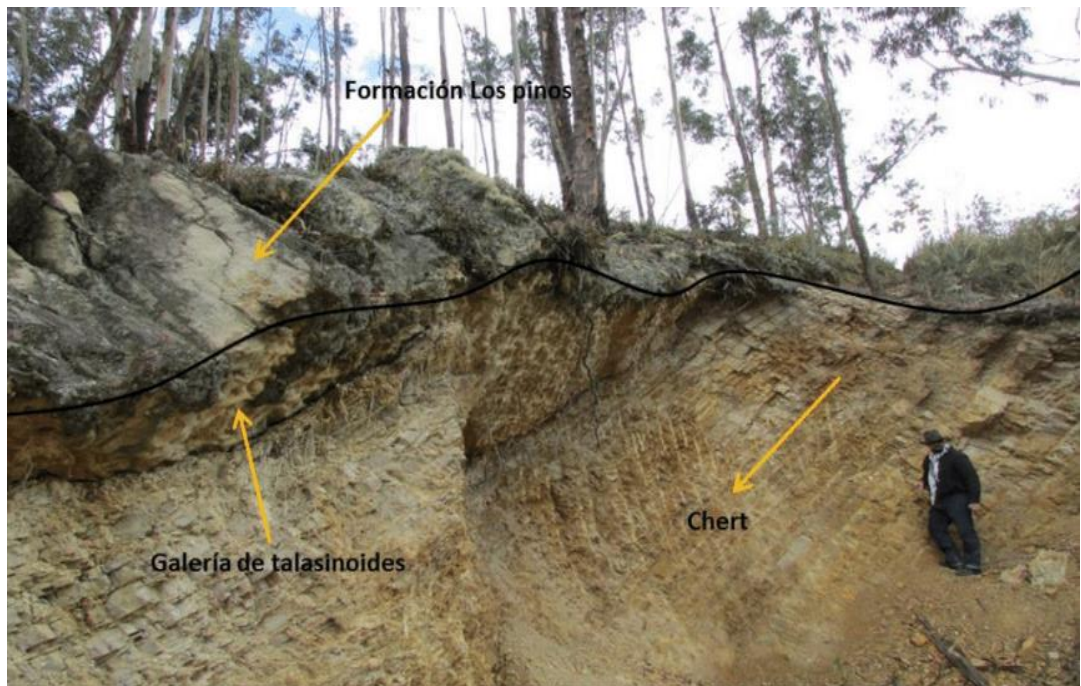
La Formación Arenisca Dura en la sección de Chiguata, inicia en su base con capas de lodolitas silíceas con laminación plana paralela continua y discontinua, con contactos netos, de geometría tabular y de fractura concoidea , intercaladas con Cuarzo areniscas fosfáticas de grano muy fino (Figura 15), de buen calibrado, grano soportadas de matriz lodosa terrígena fosfatizada constituidas sedimentológicamente por pellets fecales fosfáticos, fragmentos fosfatizados de huesos de peces foraminíferos bentónicos (*Orthokarstenia ewaldi*) y planctónicos presentando una geometría tabular en sus capas, la sección se caracteriza por presentar una intercalación de cuarzo areniscas de grano medio ondulosas paralela continua con lodolitas silíceas , hasta la parte media de la sección donde tenemos una intercalación de lodolitas silíceas con arcillolitas suprayaciendo una capa de Cuarzo areniscas fosfáticas de grano fino, en contacto neto con Lodolitas silíceas, tenemos una inter estratificación de cuarzo areniscas con lodolitas silíceas con contactos netos, próximo al techo de la sección tenemos un paquete de cuarzo areniscas fosfáticas de grano fino a medio en contacto neto con capas de lodolitas silíceas

En el techo de la sección tenemos un contacto entre las lodolitas silíceas con Areniscas de grano muy fino a medio de matriz lodosa (Figura 15), bien calibrada, grano soportada, presentan un armazón fosfático de tamaño arena (pellets fecales), foraminíferos bentónicos (*Orthokarstenia ewaldi*) (Figura 22) y planctónicos estos en porcentajes no mayores a 10%. Geometría externa de las capas tabulares, la bioturbación es alta, en contacto con la Formación los Pinos (Figura 18).

Figura 17: Areniscas y lodolitas Silíceas de la Formación Arenisca Dura en la Sección de Chiguata.



Figura 18: Contacto entre la Formación Arenisca Dura y la Formación los Pinos, las galerías de Thalassinoides están invertidas (Contacto fallado).



9.1.2 Sección Areniscas de Cuítiva. En la sección levantada en el Kilómetro 2 en la vía Cuítiva, denominada en el presente trabajo como las areniscas de Cuítiva, se le realizó una descripción a detalle de los aspectos sedimentológicos, estratigráficos y paleontológicos de los componentes litológicos de la unidad (Columna estratigráfica C3).

Figura 19: Cuarzo areniscas en la parte inferior de la unidad Areniscas de Cuítiva.



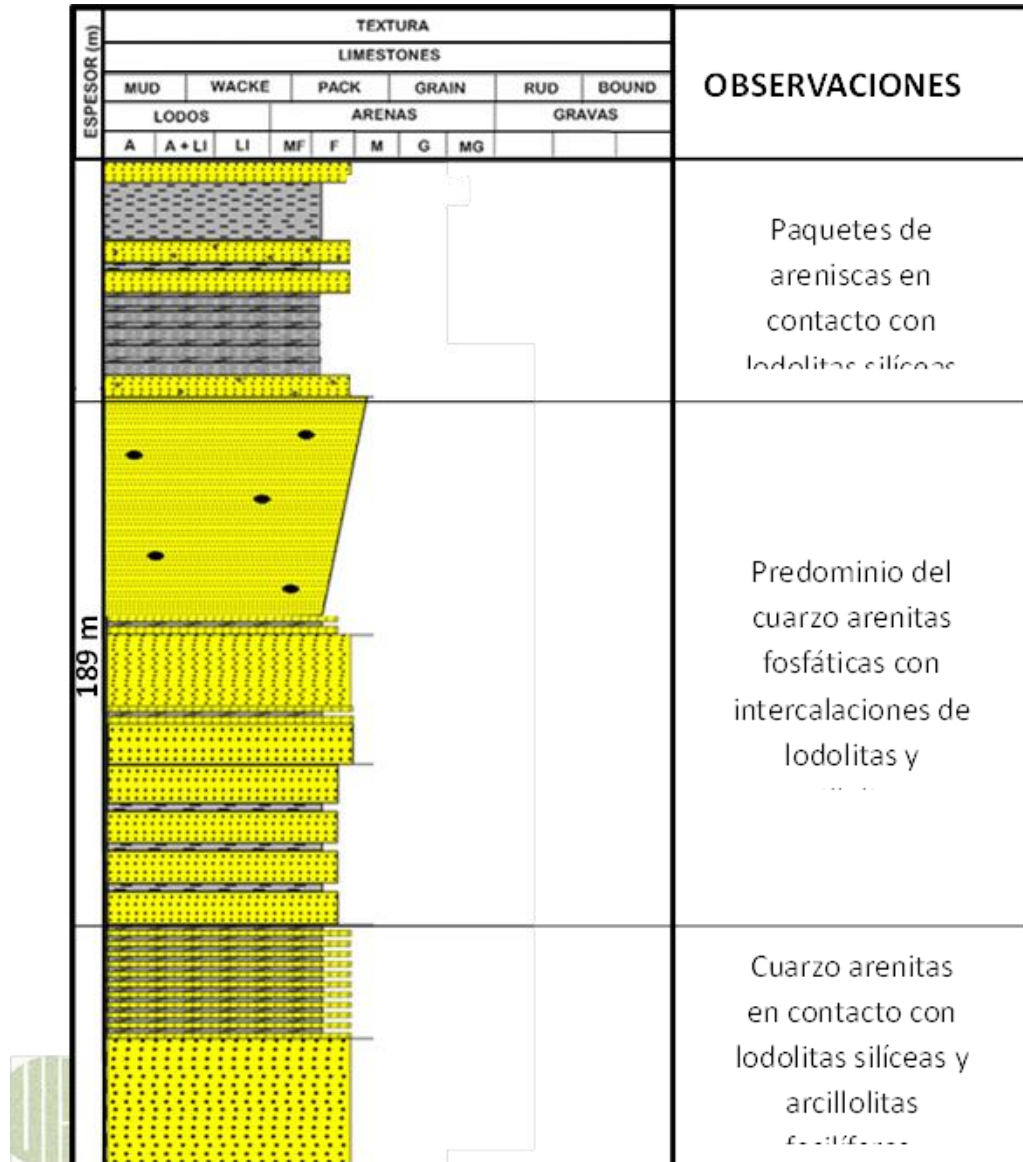
En la sección, la base de las Areniscas de Cuítiva se compone de un paquete de cuarzo areniscas de Grano fino muy fracturadas debido a la fuerte acción estructural que afecta la zona desde el km 0 del municipio de Cuítiva, suprayaciendo este paquete de areniscas tenemos en contacto neto con lodolitas síliceas laminación plana paralela continua con presencia de Orthokarstenia ewaldi y pellets fosfáticos y arcillolitas fosilíferas, geometría tabular , siendo la litología presente en mayor proporción las Areniscas de grano fino.

El segmento subsiguiente tenemos una intercalación de cuarzo Areniscas Fosfáticas bioturbadas de grano fino a medio con láminas delgadas de – Lodolitas fisiles de tonalidad negra, ricas en materia orgánica con laminación plana paralela continua , este segmento culmina con areniscas de grano medio.

El segmento que se ubica en la parte media de la sección presenta un predominio

de cuarzo areniscas fosfáticas bioturbadas en contacto neto con una serie heterolítica de arcillolitas y cuarzo areniscas hacia el techo de la sección.

Figura 20: Columna estratigráfica (C3) de la sección Areniscas de Cuítiva para la unidad informal Areniscas de Cuítiva.



A groso modo la sección litológicamente está compuesta por lodolitas, arcillolitas y areniscas.

- Lodolitas. Lodolitas silíceas con laminación plana paralela discontinua, con contactos netos, la geometría tabular y de fractura concoidea, Chert Tipo Flint.
- Arcillolitas. Arcillolitas Fosilíferas de grano muy fino, lodo soportadas con laminación interna ondulosa plano paralela muy fisiles, Shale.
- Areniscas. La Sección que denominamos Areniscas de Cuítiva corresponden a areniscas grano soportadas con variación textural de grano Muy fino a granos medios, estas areniscas están constituidas principalmente por Cuarzo = 95% y en menor proporción Fragmentos de roca = 5%. Cuarzo areniscas (Figura 21).

Figura 21: Cuarzo Areniscas altamente Fracturadas en la sección areniscas de Cuítiva.



- Areniscas de matriz lodosa y cemento calcáreo: Cuarzo Areniscas de grano muy fino, de buen calibrado, grano soportadas de matriz lodosa cemento calcáreo, Geometría externa de las capas tabulares a sub tabulares (Figura 20).
- Areniscas de matriz lodosa y cemento silíceo: Cuarzo Areniscas de grano muy fino, de buen calibrado, grano soportadas de matriz lodosa cemento silíceo, Geometría externa de las capas tabulares a sub tabulares.
- Areniscas fosfáticas bioturbadas: Cuarzo areniscas fosfáticas presentan un armazón compuesto por Pellets fecales tamaño arena, foraminíferos bentónicos (*Orthokarstenia ewaldi*) y planctónicos, presentan Bioturbación (Icnofósiles), capas tabulares (Figura 22).

9.1.3 Registro Fósil. En cada una de las secciones mencionadas anteriormente se encontró un registro fósil característico que sirvió de guía para indicar la polaridad de las capas, posible ambiente de depositación de las secciones, así como enmarcar el tipo de litología predominante.

Figura 22: Cuarzo areniscas y areniscas Fosfáticas de la sección Areniscas de Cuítiva, bioturbadas, presencia de poliquetos.



Figura 23: Cuarzo arenitas bioturbadas con Icnofosiles en contacto con Lodolitas en el techo de la Formación Arenisca Dura.



Figura 24: Detalle de las Cuarzo arenitas bioturbadas con Icnofósiles característicos del techo de la Formación Arenisca Dura; Thalassinoides.



Figura 25: Poliqueto en posición de vida que indica la polaridad normal de las capas.



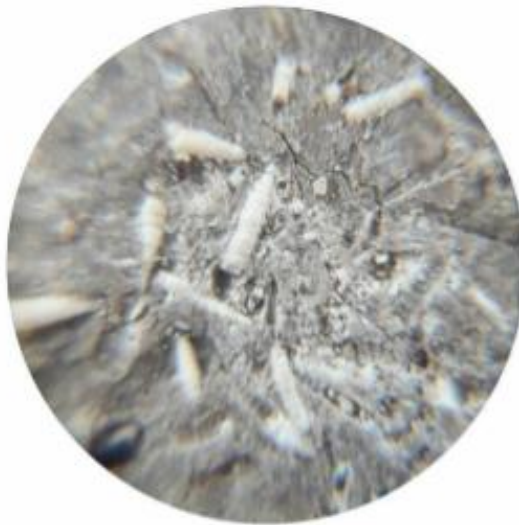
Figura 26: Icnofósiles de la Formación Arenisca Dura y Plaeners tanto en la sección Chiguata y la sección Cuítiva; Rissocolarium.



Figura 27: Arenicolithes presente en la formación Arenisca Dura en la sección Chiguata.



Figura 28: Orthokarstenia es un género de foraminífero bentónico, su especie tipo es Orthokarstenia ewaldi. Su rango crono estratigráfico abarca desde el Turoniense hasta el Maastrichtiense.



10. DISCUSION

Realizando una comparación de la litología levantada en la sección de las areniscas de Cuítiva, con los autores que han levantado secciones de la formación Arenisca Dura, caracterizándolas sedimentológica y estructuralmente además de su contenido fósil (Tabla 1), encontramos similitudes en la composición textural de segmentos de la Formación Arenisca Dura con la sección de las areniscas de Cuítiva, así mismo como en su contenido fósil.

Tabla 1. Cuadro comparativo de la descripción de la formación Arenisca Dura según los autores vs las descripciones realizadas en campo del presente estudio.

AUTOR	DESCRIPCION
De Porta, 1965.	La Lidita Superior está constituida por capas de chert que alternan con lutitas y shales; los chert están representados por porcelanitas y chert carbonáceos y son comunes foraminíferos bentónicos.
Pérez y Salazar, 1978.	Esta subdividida en ocho conjuntos constituidos por areniscas en un 63,8% y 36,2% de limolitas, arcillolitas y liditas.

<p>Ulloa et al, 2011.</p>	<p>Conjunto de limolitas silíceas con intercalaciones de areniscas y frecuentes niveles fosfáticos ULLOA et al (1973). En algunas localidades presenta areniscas hacia su base.</p>
<p>Guarín, 2011.</p>	<p>Biomicroritas de foraminíferos bentónicos con textura wackestone y packstone, como mineral accesorio tanto en las rocas terrígenas como calcáreas se presenta Glauconita en porcentajes que varían entre 3% y 7%.</p>
<p>Cadena, 2017.</p>	<p>Constituida por cuarzo areniscas, Areniscas Fosfáticas, lodolitas silíceas y arcillolitas fosilífera.</p>
<p>Montoya & Reyes, 2003.</p>	<p>Se caracteriza por ser una sucesión silícea con foraminíferos bentónicos (siphogenerinoides) y que genera una morfología abrupta.</p>

10.1 LITOLOGÍA

La sección de las areniscas de Cúitiva litológicamente se constituye por Cuarzo arenitas, areniscas grano soportadas con variación textural de grano muy fino a granos medios, estas areniscas están constituidas principalmente por Cuarzo = 95% y en menor proporción Fragmentos de roca = 5%. Cuarzo areniscas.

Diferenciamos tres tipos de cuarzo areniscas en la sección:

- Areniscas de matriz lodosa y cemento calcáreo
- Areniscas de matriz lodosa y cemento silíceo
- Areniscas Fosfáticas bioturbadas

Así como en una menor proporción en intercalaciones con las areniscas, tenemos lodolitas silíceas con laminación plana paralela discontinua, con contactos netos, la geometría tabular y de fractura concoidea, arcillolitas fosilíferas de grano muy fino, lodo soportado con laminación interna ondulosa plano paralela muy fisiles.

En la memoria explicativa de la plancha 192 (Ulloa et al, 2001) describe litológicamente la Formación Arenisca Dura en dos segmentos de las columnas levantadas en la quebrada Canoas y en la parte oriental de la Laguna de Tota:

Segmento A (12-65m). Arenitas de cuarzo de grano fino a medio, en estratos delgados a gruesos y delgadas intercalaciones de lodolitas gris oscuro. El conjunto en el sector oriental de la Laguna de Tota tiene un espesor de 65 m y en la quebrada Canoas un espesor de 12 m.

Segmento B (144-100 m) Limolitas silíceas con partición romboidal intercaladas con lodolitas gris oscuras, areniscas cuarzosas y esporádicos niveles de chert. En esta unidad se han observado varios niveles de areniscas fosfáticas de 0,30 a 1,50 metros de espesor y varios niveles con foraminíferos y vértebras de peces. En la descripción litológica presentada en el informe se destaca la presencia de areniscas fosfáticas y lodolitas características de esta formación, así como la presencia de chert.

Comparando la sección con lo descrito por De Porta (1965) en su descripción para la Formación Lidita superior de la sabana de Bogotá además de la similitud litológica el reporta la presencia de foraminíferos bentónicos, para la sección tenemos la presencia de foraminíferos bentónicos, pero a diferencia del autor si realizamos caracterización de los fósiles recolectados *Orthokastenia ewaldi* (Figura 26).

10.2 FACIES

10.2.1 Facies arenosa

- Am – b: Areniscas cuarzosas masivas bioturbadas :
 - (i) Areniscas de grano muy fino a medio de matriz lodosa, bien calibrada, grano soportada composicionalmente constituida por Cuarzo = 95%, Feldespatos = 0%, Fragmentos de roca = 5%,
 - (ii) Cuarzo arenita de cemento calcáreo y de sílice presentan un armazón fosfático de tamaño arena (pellets fecales), foraminíferos bentónicos (*Orthokarstenia ewaldi*) y planctónicos estos en porcentajes no mayores a 10%. Geometría externa de las capas tabulares, la bioturbación es alta

- AmP: Arenisca cuarzosa masiva, con fosfatos:
 - (i) Cuarzo arenitas fosfáticas de grano muy fino, de buen calibrado, grano soportadas de matriz lodosa terrígena parcial a totalmente fosfatizada se constituyen sedimentológicamente por pellets fecales

fosfáticos, fragmentos fosfatizados de huesos de peces foraminíferos bentónicos (*Orthokarstenia ewaldi*) y planctónicos Geometría externa de las capas tabular

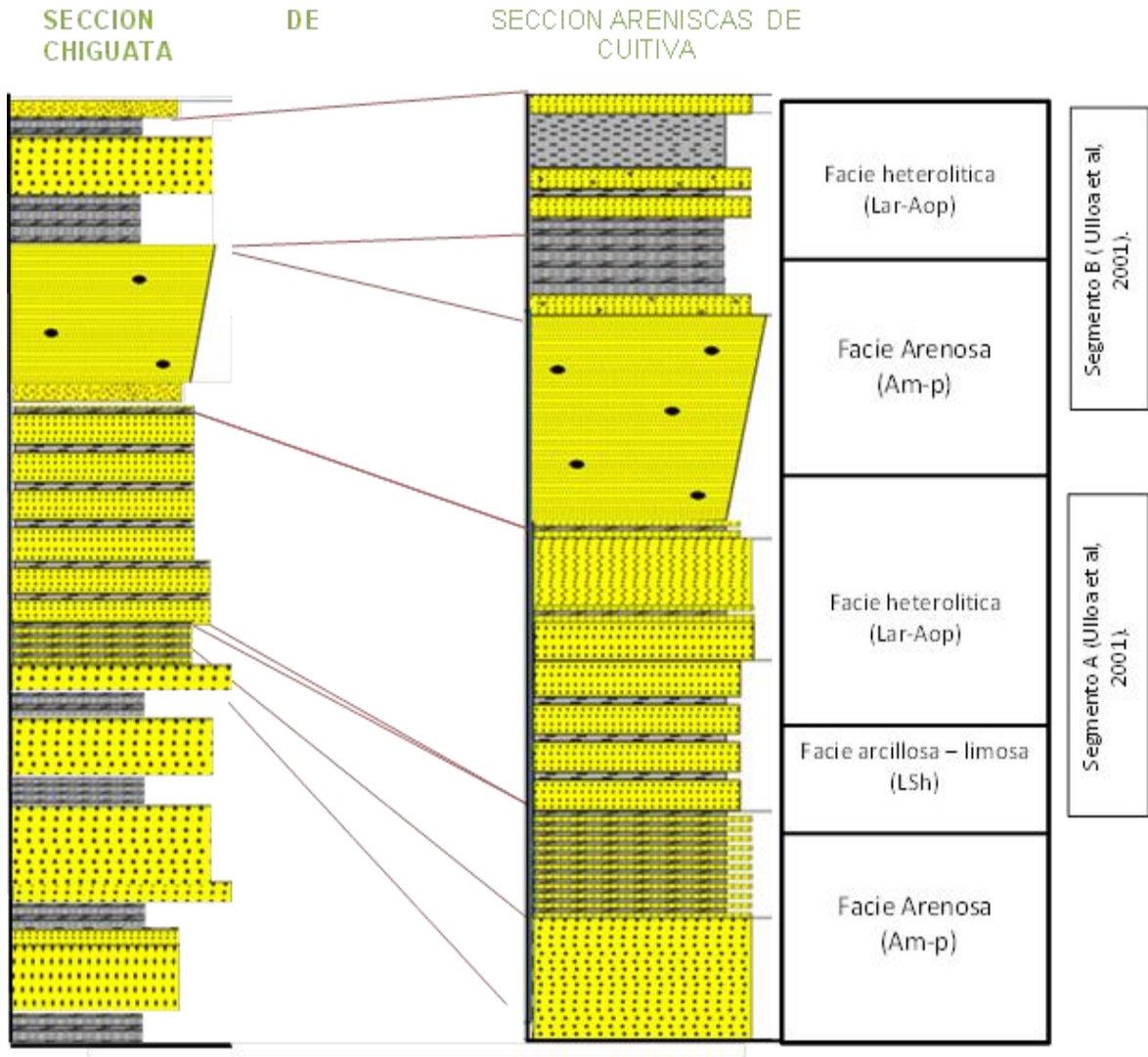
10.2.2 Facies arcillosas – limosas

- LSh: Lodolitas silícea con laminación planar paralela continua y discontinua. Lodolitas silícea con laminación plana paralela discontinua, con contactos netos, la geometría tabular y de fractura concoidea Chert Tipo Flint.
- Aronp: Arcillolitas con laminación ondulosa no paralela fosilíferas. Arcillolitas Fosilíferas de grano muy fino, lodo soportadas con laminación interna ondulosa plano paralela muy fisiles (shale).

10.2.3 Facies heteroolíticas

- I Ar-A op: Interestratificaciones arcillolita – cuarzo arenisca ondulosa paralela continua y discontinua

Figura 29: Comparación entre lo descrito en la Sección Chiguata, la Sección de las Areniscas de Cuítiva y lo descrito por Ulloa et al (2001).



Según lo expuesto se tiene una comparación sedimentológica entre lo descrito por los autores, lo descrito en la Sección de Chiguata y lo descrito en la Sección de las Areniscas de Cuítiva lo que nos da como resultado que estas dos secciones y lo descrito en la literatura presenta características sedimentológicas similares, además como evidencia adicional, se encuentra que al seguir la continuidad lateral

de la unidad correspondiente a las Areniscas de Cúitiva en la zona de trabajo según lo cartografiado por Cadena (2017) y lo cartografiado en el presente estudio, se pudo evidenciar que la unidad estratigráficamente se encuentra suprayaciendo una unidad arenítica correspondiente al techo de la Formación Chipaque e infrayaciendo paquete de cuarzo areniscas de matriz lodosa y lodolitas fosilíferas correspondientes a la base de la Formación Labor y Pinos.

11. CONCLUSIONES

Se reconoce que la Formación Arenisca Dura y Plaeners se encuentra estratigráficamente supra yaciendo la Formación Chipaque en contacto concordante, aflora en la Base del bloque colgante de la falla de Gámeza- Tota formando el núcleo de los anticlinales de Diágota y Canoas, y en el bloque yacente de la falla de Gámeza - Tota formando los en lo que corresponde a los flancos del anticlinal de iza y los flancos del Sinclinal de San Miguel.

Litológicamente la Formación Arenisca Dura y Plaeners, en la sección, está constituidas por lodolitas silíceas, arcillolitas fosilíferas, algunos niveles de cuarzo arenitas, areniscas Fosfáticas.

En base a las características sedimentológicas, bioestratigrafías y de continuidad lateral de unidad en la zona de estudio se puede inferir que la unidad descrita como las Areniscas de Cuítiva en el presente estudio corresponde realmente a una sección de la Formación Arenisca Dura.

Según lo expuesto se tiene una comparación entre lo descrito por los autores, la sección tipo en la zona de chiguata y lo descrito en la sección de las areniscas de Cuítiva, por lo que correspondería a una sección de la Formación Arenisca Dura. Pero cabe mencionar que falta profundizar y realizar estudios a un mayor nivel de detalle para aseverar que corresponde a la Formación Arenisca dura, por lo cual se recomienda realizar estudios estructurales, estratigráficos en la zona así como secciones delgadas de las muestras recolectadas en campo.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. 1944. Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de Paz de Río, Departamento de Boyacá. -Informe No. 468, Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

ALZATE, J. C.; BUENO, J. M. 1995. Análisis estratigráfico secuencial de las rocas Cretácicas de la parte oriental del Departamento de Boyacá, municipios de Sogamoso, Belencito y Aquitania. Trab. Grado, U. Nal. Bogotá.

BARRERO ET AL, 2007. Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, Agencia Nacional de Hidrocarburos

BATURIN, G.N. 2003. Lithology and Mineral Resources.

BÜRGL, H. 1959. Bioestratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Serv. Geol. Nal., Bol. Geol., 5(2):113-185. Bogotá.

CADENA, W. 2017. Caracterización sedimentológica y estratigráfica de las unidades de roca aflorantes en la región de Iza, Boyacá, Colombia. Tesis de grado universidad industrial de Santander.

CAMPBELL, C.V. 1967. Lamina, laminaset, bed and bedset. - Sedimentology 8: 7-26, Oxford.

COLMENARES, F. 2008. Secciones estructurales admisible en el sector comprendido entre Suesca y Sogamoso, cuenca de la cordillera oriental. ANH.

COOPER, M. et al. 1995. Basin development and Tectonic History of the Llanos

Basin, Eastern Cordillera, and middle Magdalena Valley, Colombia. AAPG Bull., 79(10):1421-1443

COWARD, M. 1992. Inversion Tectonics. En: Hancock, P. (ed.). Continental Deformation. 289-304 p. Londres

CRUZ GUEVARA, L. E. & CABALERO, V. M. 2003. Manual de laboratorio de petrología sedimentaria: Guía para la descripción de rocas terrígenas en el terreno: Parte Composicional. Publicaciones UIS.

CRUZ GUEVARA, L. E. & MIER, R. 2014. Geología de Campo de rocas sedimentarias, guía de campo 1. Publicaciones UIS.

DUNHAM, R. 1962. Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. Ham. W.E., ed. Classification of Carbonate Rocks, p. 108-121. AAPG Memoir 1. Tulsa

ETAYO-SERNA, F. 1969. Contornos sucesivos del Mar Cretáceo en Colombia. Congreso Colombiano de Geología. Memorias., 217-253. Bogotá.

ETAYO-SERNA, F., G. Renzoni, and D. Barrero, 1976, Contornos sucesivos del mar Cretáceo en Colombia: in F. Etayo, and C. Cáceres, eds., Memoria, Primer Congreso Colombiano de Geología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 217-252.

FOLK, R. L, 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Co. 74 p. Austin, Texas.

FOLLMI, K.B.; GARRISON, R.E.; RAMIREZ, P.C.; ZAMBRANO, F.; KENNEDY,

W.J. & LEHNER, B.L. 1992. Cyclic phosphate rich successions in the upper Cretaceous of Colombia. - *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 93: 151 - 182, Amsterdam

FOLLMI, K.B, 1996. The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. – *Earth Science Reviews*, 40, 55-124.

GUERRERO, J.; SARMIENTO, G. 1996. Estratigrafía física, Palinológica, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero.

GUARIN. H. 2011. Análisis estratigráfico, petrográfico y geoquímico de los episodios fosfáticos de la parte inferior y media del grupo Guadalupe en el sector central de la cordillera oriental, Colombia.

HETTNER, A. 1982. Die Kordillere von Bogotá. *Paternans Mitteil Eng.*, 22 (104) 131p.

INGRAM, R.L. 1954. Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. - *Geological Society of America, Bulletin* 65: 937-938, Boulder.

JULIVERT, M., 1970 Cover and Basement Tectonics in the Cordillera Oriental of Colombia, South America, and a Comparison with Some Other Folded Chains.

KRUMBEIN, W. C., GARRELS, R. M. y SLOSS, L. L., 1969. Estratigrafía y sedimentación

MONSALVE, M. L, ROJAS, N. R., VELANDIA F. P., Pintor, I. MARTINEZ, L.F.

2011. Caracterización geológica del cuerpo volcánico de Iza, Boyacá – Colombia. 33 (1)

OSORNO, J. F. 1994. Estratigrafía y ambientes de depósito de la secuencia regresiva localizada al noreste de Sogamoso. Tesis grado, U. Caldas. Manizales, 102 p...

PÉREZ, G.; SALAZAR, A. 1978. Estratigrafía y Facies del Grupo Guadalupe. U. Nal., Geol. Col., (10):1- 85. Bogotá

PETTIJOHN, F. P.; POTTER, P. E. y SIEVER, R. 1973. Sand and sandstones. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 618 p.

PUFAHL P.; GRIMM, K.; ABED, A.; SADAQAH, R. 2003. Upper cretaceous (Campanian) phosphorites in Jordan: implications for the formation of a south Tethyan phosphorite giant. *Sedimentary Geology* 161: 175-205

REINECK, H., SINGH, I. 1980. Depositional sedimentary environments, with reference to terrigenous clastics. Springer-Verlag. Berlín, 549p 1962.

ROSERO, A. J. 1996. Análisis estructural tridimensional del sistema de fallamiento y plegamiento al sur de Sogamoso, Boyacá, Colombia. Tesis Grado, U. Nal. Santa Fe de Bogotá.

TAYLOR, J. 1950. Pore-space reduction in sandstones. *American Association Petroleum Geologist, Bulletin* 34: 701-715.

TRAPPE, J., 2001. A nomenclature system for granular phosphate rocks according to depositional texture. – *Sedimentary Geology*, 145, 135-15

TORRES, M. P. 1994. Estratigrafía secuencial de las sedimentitas de la Formación Une, en el sector oriental del departamento de Boyacá, municipios de Beteitiva, Pesca y Aquitania. Tesis Grado, U. Nal. Bogotá.

ULLOA, C., RODRIGUEZ, E., ESCOBAR, R., 1973. Mapa Geológico escala 1:100.000 de la Plancha 192, Laguna de Tota. Mapa preliminar inédito, INGEOMINAS, Bogotá.

ULLOA, C., RODRIGUEZ, E., FUQUEN, J., ACOSTA, J., 2001. Geología de la plancha 192, laguna de tota, memoria explicativa. INGEOMINAS.

VERGARA, L. E.; RODRÍGUEZ, G. A. 1995. Estandarización de la Nomenclatura estratigráfica - Cretáceo Superior - Piedemonte Llanero. Convenio Ingeominas - ICP.

VERGARA, L. E.; RODRÍGUEZ, G. A. 1996. Consideraciones sobre Petrografía y Diagénesis de los Grupos Guadalupe (Cordillera Oriental) y Palmichal (Piedemonte Llanero). U. Nal., Geol. Col., (21).

VERGARA, L. E.; RODRÍGUEZ, G. A. 1997. The Upper Cretaceous and Lower Paleocene of the Eastern Bogotá Plateau and Llanos Thrustbelt, Colombia: Alternative Appraisal to the Nomenclature and Sequence Stratigraphy. U. Nal., Geol. Col., (22)

VIDAL, G. F.; PARRA, J. M. 1991. Cartografía Geológica y análisis estructural del Anticlinal de Tota. Tesis Grado, U. Nal. Bogotá.

WENTWORTH, C. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. -

The Journal of Geology 30: 377-392, Chicago.