

**REALIZACIÓN DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA Y PROPUESTA DEL
MODELO GEOLÓGICO DE LA SECCIÓN PÁRAMO PAN DE AZÚCAR -
PIEDEMONTES LLANEROS, (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ).**

CLAUDIA KATERINNE BARRERA CASALLAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO BOYACÁ

ESCUELA INGENIERÍA GEOLÓGICA

SOGAMOSO

2017

**REALIZACIÓN DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA Y PROPUESTA DEL
MODELO GEOLÓGICO DE LA SECCIÓN PÁRAMO PAN DE AZÚCAR -
PIEDEMONTES LLANEROS, (DEPARTAMENTO DE BOYACÁ).**

CLAUDIA KATERINNE BARRERA CASALLAS

**Proyecto Presentado como Requisito para optar el Título de Ingeniero
Geólogo en la Modalidad de monografía.**

DIRECTOR(A)

MSc. WILSON ENARJO NARANJO MERCHÁN

DR. ITALO REYES CHITTARO

U.P.T.C.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO BOYACÁ

ESCUELA INGENIERÍA GEOLÓGICA

SOGAMOSO

2017

Nota de Aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma Director Proyecto de Grado

Firma Codirector Proyecto de Grado

Firma Jurado 1

Firma Jurado 2

Firma Estudiante

Sogamoso, 23 de 2017

A Dios por permitirme llegar hasta este punto de mi vida, todo esfuerzo es una recompensa que no alcanzamos a llegar a imaginar. A mi hija Sarita que llego en un momento difícil de mi vida y se convirtió en el motorcito y en el verdadero amor de mi existencia.

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente al Geólogo Italo Reyes Chittaro por haberme permitido ser las manos para lograr transmitir su legado, por su constante acompañamiento en el proceso de culminar el proyecto, al ingeniero Wilson Naranjo quien permitió que este proyecto se realizara.

TABLA DE CONTENIDO

JUSTIFICACIÓN.....	22
INTRODUCCION.....	23
1 OBJETIVOS.....	24
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
2 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	25
2.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA.....	28
2.2 VÍAS DE ACCESO	28
2.3 CLIMA.....	29
2.4 SUELOS Y VEGETACION	29
2.5 ECONOMÍA	31
3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	32
3.1 MARCO GEOLÓGICO GENERAL	32
3.2 MARCO TECTÓNICO GENERAL	36
4 METODOLOGÍA.....	37
4.1 METODOLOGÍA PARTICIPANTES.....	37
4.2 MATERIALES Y/O EQUIPOS.....	38
4.2.1 Materiales de geología:.....	38
4.2.2 Materiales de arte.....	39
4.3 METODOLOGIA PROCEDIMIENTO	40
4.3.1 Procedimiento geológico:.....	40

4.4	DISEÑO DE MODELO GEOLÓGICO.....	47
4.4.1	Procedimiento artístico.....	49
4.5	MONTAJE DE LA INFOGRAFÍA:	59
4.6	BLOQUE DIAGRAMAS ASOCIADOS	62
4.6.1	BLOQUE DIGRAMA GAMEZA:.....	62
4.6.2	BLOQUE DIAGRAMA VOLCAN PAIPA - IZA	64
5	PERFIL GEOLOGICO PAN DE AZÚCAR – PIEDEMONTE LLAMERO.....	66
5.1	ESTRATIGRAFIA	66
5.1.1	Basamento cristalino:.....	67
5.1.2	Serie paleozoica superior 245 MA.....	68
5.1.3	Serie Molásica – Mesozoica 145.5 MA:	73
5.1.4	Serie Cretácica 65 MA:	75
5.1.5	Terciario 1.64 Ma:	82
5.1.6	Cuaternario (se presenta hasta la actualidad):.....	88
6	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	91
7	RESULTADOS ESPERADOS	93
8	PRODUCTOS ENTREGABLES	94
9	IMPACTOS ESPERADOS A PARTIR DEL USO DE LOS RESULTADOS	95
10	CONCLUSIONES	96
11	RECOMENDACIONES	99
12	BIBLIOGRAFÍA	100

Listas de figuras

	Pg.
Figura 1. Tomado del Sistema fallamiento área Tunja-Sogamoso Reyes 2001. ...	27
Figura 2. Localización particular del proyecto. Fuente: autor	28
Figura 3. Geología regional y localización de estructuras de origen volcánico (Tomado de INGEOMINAS, 2004). Mapa geológico general de Colombia.	34
Figura 4. Correlación cronológica de las unidades litoestratigráficas de la cuenca Duitama-Sogamoso-Paz del Río y la cuenca del Piedemonte Llanero.....	35
Figura 5. Modelo tectónico estructural de la Cordillera Oriental según Reyes (2001), Tomado de PAOR, D.G. (1988). ilustración: autor.	48
Figura 6. Cuadro cronoestratigráfica utilizada para definir los tonos de los pisos geológicos utilizados para la ilustración. Fuente:.....	57
Figura 7. Esquema explicativo general de bloques superpuestos debido a deslizamiento gravitacional TREVISAN & TONGIORGI. 1958. tomado de Reyes 2001.....	60

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pg.
Fotografía 1. Determinación de los sectores y corte geológico por mutuo acuerdo.	40
Fotografía 2. Paramo Pan de azúcar inicio de la sección, serie Molásica-mesozoica. N=1140800; E=1112480. Fuente: autor.....	41
Fotografía 3. Municipio de Duitama sobre el cuaternario de la sección. N=1137200; E=1115360. Fuente: autor.....	42
Fotografía 4. Municipio de Sogamoso sobre el cuaternario de la sección. Fuente: autor.....	43
Fotografía 5. Vista de la sección entre alto el arenal y peña las cintas. N: 1111110; E: 1134124. Fuente: autor.	44
Fotografía 6. Vista de la sección Cuchilla las Lisas y Cerro Negro. 1100113; E: 1148341; Fuente: autor.....	45
Fotografía 7. Finalización de la sección vida Piedemonte llanero –Llanos orientales. N: 1090299; E: 1151482; Fuente: autor.	46
Fotografía 8. Boceto original el papel milimetrado fuente: autor.....	50
Fotografía 9. Boceto original el papel milimetrado fuente: autor.....	51
Fotografía 10. Traspaso del boceto a la pared en papel mantequilla. Foto: autor.	52
Fotografía 11. Aplicación del yeso en las secciones definidas. Fuente: autor.	53
Fotografía 12 Concertación final para ajustes de los detalles puntuales entre el ilustrador y el científico. Fuente: autor	55

Fotografía 13.Proceso de pintado que se llevó a cabo teniendo en cuenta los colores crono estratigráfico de la tabla internacional 2017 según su edad en tiempo geológico. Fuente: autor.....56

Fotografía 14.Columna establecida para explicar la sucesión de estratos más viejos a los más jóvenes en la depositacion de tiempo geológico. Fuente: autor. .58

LISTA ILUSTRACIONES

	Pg.
Ilustración 1. Perfil geológico de Paramo Pan de Azúcar - Piedemonte Llanero ilustración: adaptado por el autor.....	59
Ilustración 2. Bloque plegado y con fallas inversas de vergencia contraria a la de las fallas del sistema imbricado. Ilustración: adaptado por el autor.	60
Ilustración 3. Estructuras en escamas presentes en el perfil. Ilustración: adaptado por el autor.....	61
Ilustración 4. Bloque diagrama modelo tectónico estructural de la Cordillera Oriental según Reyes (2001), tomado de PAOR, D.G. (1988) ilustración: adaptado por el autor.....	62
Ilustración 5. Bloque diagrama Gameza. Reyes (2017). Ilustración: adaptado por el autor.....	63
Ilustración 6. Bloque diagrama Volcán Paipa - Iza. Reyes (2017). Ilustración: adaptado por el autor.....	64
Ilustración 7. Final del Ordovícico una potente serie sedimentaria fue plegada, metamorfoseada e intruida dando lugar a una cordillera. Propuesto por Reyes (1984). Ilustración: adaptado por el autor.	68
Ilustración 8. el mundo en el paleozoico superior completó la formación de grandes cadenas montañosas en América, Europa y Asia, como los Apalaches, o los Urales. Emergió la parte central de la Cordillera Andina.(https://csociales.files.wordpress.com/2012/09/rasamareal.jpg). Fuente: Scotese; Ilustración: adaptado por el autor.....	68
Ilustración 9. Devónico Inferior comienza una lenta subsidencia o hundimiento del área, lo que permite una nueva transgresión de las aguas oceánicas, que forman un lago interior de poca profundidad y circulación restringida, el cual presenta las	

condiciones para la sedimentación y acumulación de los materiales que actualmente se datan como del Devónico (Grupo Farallones, de acuerdo con lo expuesto por Rodríguez y Ulloa1979), y llega hasta el Carbonífero-Pérmico (tiempo de la depositación de la Formación Cuche). Fuente: mapa paleogeográfico, Paleozoico Superior: (A, 1989) Ilustración: adaptado por el autor.70

Ilustración 10. A partir de la separación Laurasia y Gondwana, se hundieron los bordes de la placa y se generaron fallas de Graben en los bordes de Gondwana. Localmente el Graben la falla del Piedemonte Llanero. Representación de un ambiente marino en la localidad de floresta. Tomado de: <https://csociales.files.wordpress.com/2012/09/rasamareal.jpg>.71

Ilustración 11. Sobre la superficie de erosión del basamento cambro ordovícico se deposita una serie sedimentaria, que es deformada y levantada a finales del Paleozoico. (Paleo-Andes). Propuesto por Reyes (1984). Ilustración adaptado por el autor.73

Ilustración 12 Los Paleo-Andes son arrasados a principios del Mesozoico y en las cuencas internas se ha depositado la molasa Jurásica. Reyes (1984). Ilustración: adaptado por el autor.74

Ilustración 13 Durante el cretácico se originó la formación del océano Atlántico. Intensas erupciones de basalto provocan la subida en 300 metros del nivel de los océanos inundando los continentes. <http://www.terra.es/personal5/museumfossi/pagina7.htm>. Fuente: Scotese; Ilustración: adaptado por el autor.75

Ilustración 14 El mar Cretácico cubre así una superficie irregular formada principalmente por las rocas sedimentarias plegadas del Paleozoico Superior, depositando sedimentos detríticos, primero finos (Lutitas de Macanal) y luego gruesos (areniscas de Las Juntas), en un mar poco profundo que tenía la forma de un golfo estrecho, alargado en sentido Norte - Sur, que se extendía entre las zonas emergidas de Arauca y Casanare al Este y el Macizo de Santander al

Oeste, en dirección a la región del Táchira en Venezuela. Los aportes detríticos para este pequeño mar interior provenían del Norte y del Este, en donde afloraban rocas metamórficas y eruptivas del Escudo de la Guayana y rocas sedimentarias precámbricas, paleozoicas y jura-triásicas. . Fuente: mapa Paleogeográfico; Berreiasiano-Valangmiano: (A, 1989). Ilustración: adaptado por el autor.....76

Ilustración 15.Llega el cretácico con una transgresión marina, inundando hacia el sur el continente, surge vida marina, grandes reptiles acuáticos son los reyes del cretácico, Ilustración: adaptado por el autor.77

Ilustración 16.Panorama mundial del Paleoceno 60 MA: En cuanto a los movimientos globales, el continente Nor-Atlántico subsiste unido por la zona septentrional con Norteamérica; por el este, Europa y Asia se separan por un amplio brazo de mar. En el antiguo continente de Gondwana, Madagascar se separa de África, la India aparece aún relacionada por un rosario de islas y Sudamérica se separa, formando un continente aparte de Norteamérica. <http://www.terra.es/personal5/museumfossi/pagina7.htm> . Fuente: Scotesse; Ilustración: adaptado por el autor.....82

Ilustración 17. Mapa Paleogeográfico; Maastrichtiano-Paleoceno Superior: finales del Cretácico comienzan a manifestarse los primeros movimientos tectónicos de la orogenia Andina, y en el curso de varias fases tectónicas cenozoicas se produce un solevantamiento fuerte (Burgl, 1967). Estos movimientos de la cuenca de finales del Cretácico y comienzos del Paleógeno producen una superficie irregular, en donde las áreas menos elevadas reciben aportes de tipo pantanoso o deltáico e incluso algunas zonas inician ya una sedimentación de tipo fluvial, Esta época es caracterizada por la depositación de una alternancia de arenas, conglomerados y lodos, entre los cuales ya existen varias capas de carbón. Fuente: mapa Paleogeográfico; Maastrichtiano-Paleoceno Superior: Ilustración: adaptado por el autor.....84

Ilustración 18 Representación del paleógeno (Formación Arcillolitas de Socha), Cuando se alcanza el Terciario los mares se retiran se dan ambientes de llanuras de inundación zonas pantanosas rodeadas de pequeñas montañas. Ilustración: adaptado por el autor.....85

Ilustración 19. Actual plegamiento: Situación morfoestructura actual, a raíz de la de la formación y del levantamiento de los depósitos Mesozoicos y Cenozoicos, durante y después de la orogenia andina. Reyes (1984-2017). Ilustración: adaptado por el autor.....90

GLOSARIO

ALTIPLANO: Territorio elevado (superior a 3,000 m.s.n.m.), más o menos plano, generalmente corresponde a una superficie de erosión.

ANTICLINAL: Plegamiento en el cual las rocas estratificadas buzan en sentido contrario (divergen) a partir de un plano denominado axial.

ARENISCAS: Roca sedimentaria clástica, resultado de la consolidación y diagénesis de la acumulación de arena

BASAMENTO CRISTALINO: Son rocas antiguas Precambrianas que han sufrido metamorfismo de alto grado y sobre las cuales yacen las rocas más modernas

CORDILLERA: Cadena de montañas que presentan una orientación definida, siguiendo una estructura geológica principal.

CORRELACIÓN: Es la correspondencia estratigráfica entre dos o más secuencias sedimentarias formadas en cuencas diferentes. La correlación se basa esencialmente en la determinación de que las acumulaciones se realizaron en la misma época, es decir son coetáneas y se comprueban por la similitud de los materiales, contenido de fósiles correspondientes a la misma edad, mismo grado de diagénesis, etc. A falta de pruebas, la correlación se realiza por la similitud de las secuencias supra e infrayacentes.

CUENCA: Estructura geológica cóncava, donde los buzamientos de los estratos convergen hacia un punto central. Depresión de la tierra donde se realiza la sedimentación.

DELTA: Formación de materiales aluviales de forma de un manto cónico triangular (letra griega) que construye un río al desembocar en el mar o en un lago, sin ser afectada por la marea. El río puede correr dividido en varios brazos

distributarios, por las aristas de ese cono. Se caracteriza por una estratigrafía oblicua y cruzada.

DEPOSICION: Es la caída de partículas que han sido transportadas por el viento y se estructuran de tal manera que siempre se depositan primero las partículas más pesadas y luego las más ligeras. Además las partículas ligeras vuelven a ser levantadas, de manera que la caer de nuevo su lugar ha sido ocupado por partículas más pesadas, lo que provoca una notable homometría en los depósitos eólicos. Pero también es característica de estos depósitos la estructura cruzada, debido a la variabilidad de las direcciones del viento y a la inclinación de las pendientes.

DISGREGACIÓN: Implica la ruptura de la roca en fragmentos más o menos grandes y angulosos pero sin modificación de la naturaleza mineralógica de la roca. Los calibres pueden ir desde la arcilla, a la marga, el limo, la arena y hasta los fragmentos de varios metros.

EROSION: Conjunto de los fenómenos exteriores a la corteza terrestre que contribuyen a modificar las formas creadas por los fenómenos endógenos. Esta modificación se realiza por retirada de materia es la erosión propiamente dicha, pero también por acumulación. Los elementos que contribuyen a la morfogénesis son los agentes de erosión, por ejemplo el agua de los torrentes, el hielo, el viento, las variaciones de temperaturas, etc. Se distinguen en este aspecto los agentes atmosféricos o agentes climáticos, los agentes biológicos y el hombre. La acción conjugada de los elementos climáticos y biológicos en un mismo medio es calificada a veces de erosión bioclimática. Las modalidades de acción de los agentes de erosión son los procesos de erosión. Los procesos de erosión son muy variados. Son clasificados en primer lugar en procesos mecánicos y procesos químicos. Los procesos mecánicos intervienen sin modificar la composición química o el estado de las rocas y de sus elementos constitutivos: fragmentación de las rocas compactas o litoclastia, dilución de las arcillas, retirada de las rocas muebles por abarrancamiento, raspado glacial, etc. Los efectos de la erosión

confunden en detalle con los procesos. La conversión de las rocas resistentes en móviles ya sea por fragmentación, ya por alteración por los agentes climáticos es llamada meteorización. La retirada de materia ha recibido diversas apelaciones generales: ablación, denudación.

FALLA: Deslizamiento de bloques de la litosfera a lo largo de grandes grietas o fracturas. En la falla un bloque aparece elevado y otro deprimido.

FRACTURA: Ruptura de la corteza terrestre acompañado o no de un desplazamiento relativo de los bloques rocosos, también es denominada fractura.

GLACIAR: Acumulación de hielo que procede de la transformación de la nieve y sometido a una arrollada lenta.

GEOSINCLINAL: Parte deprimida y subsidente de la corteza terrestre de forma alargada donde se realiza, en medio marino una cadena de montañas. El geosinclinal se caracteriza también por su sedimentación muy espesa de tipo flysch acompañada de fenómenos de metamorfismo y de magmatismo.

IGNEAS: De origen volcánico (rocas). Pudiendo ser intrusivas o extrusivas.

LACUSTRE: Relativo a los lagos.

LLANURA: Superficie continental extensa, plana y poco elevada. Una llanura alta se distingue de la planicie por la existencia de relieves más elevados que la dominan y encuadran. Se distinguen llanuras sedimentarias, llanuras de erosión, llanuras de acumulación, llanura aluvial y llanura de esparcimiento.

MACIZO: Conjunto de relieves elevados, de cumbre, el macizo antiguo, corresponde a un conjunto de relieves elaborados sobre estructuras viejas que datan por lo menos de la era primaria, donde las plutonitas y las rocas cristalofílicas son frecuentes o dominantes y donde los aplanamientos cubren una proporción importante de la superficie.

OROGENESIS: Formación de montañas. Las fuerzas que actúan en estos procesos son del tipo de empujes laterales o tangenciales.

PLEGAMIENTO: Dislocación de la corteza terrestre debida a las fuerzas orogénicas, que provocan una disposición alternante de los estratos, que se hundén y elevan a causa de la compresión.

PRECORDILLERA: En los plegamientos jóvenes, de tipo alpino, a ambos lados, o a un lado, del alineamiento principal, y separados generalmente por una depresión longitudinal, aparecen, más o menos en paralelo, alineaciones secundarias; es a estas alineaciones secundarias a las que, por estar antes del alineamiento principal, llamamos precordillera.

REGRESION: Desplazamiento del nivel del mar de carácter negativo que se traduce en un desplazamiento de la línea de costa en dirección a la superficie cubierta por el mar. Esta modificación de la posición de la costa supone cambios en la naturaleza de la sedimentación y se acompaña de un abandono de las formas litorales dando lugar a los acantilados muertos, terrazas, playas.

ROCA IGNEA: Roca formada por el endurecimiento del magma o rocas en estado de fusión

ROCAS METAMÓRFICAS: Las rocas metamórficas que aparecen en superficie son producto bien de la erosión completa de las cadenas montañosas, plataformas, zócalos y macizos antiguos, bien de las intrusiones ígneas. Pueden presentarse en grandes extensiones, por lo que aparecen como rocas masivas muy coherentes a las que les afecta a erosión de manera especial; son rocas resistentes a la fragmentación pero muy sensibles a la alteración (particularmente a la hidrólisis).

ROCA SEDIMENTARIA: Roca formada por la deposición de sedimentos.

SEDIMENTACION: Deposición en un lugar los materiales transportados por un agente, como el agua, viento o hielo. Derivado de Sedimentado.

SINCLINAL: Es un tipo de plegamiento en el cual los estratos buzan en sentido convergente hacia el centro o plano axial. Es un pliegue de tipo cóncavo que generalmente forma una depresión sobre la cual se ubican los valles subsecuentes.

TRASGRESION MARINA: Se traduce en una disposición particular de las capas depositadas durante esta fase, las más recientes por encima de las más antiguas. Cuando el mar se retira de un área continental, hay regresión, las capas más recientes se depositan en retroceso con relación a las más antiguas.

VOLCAN: Cerro o montaña de forma cónica, formada por la eyección de materiales a través de una abertura que lo comunica con el interior de la Tierra. La salida de estos materiales al exterior es normalmente violenta y en forma de lava, siempre acompañada de humo, cenizas y vapores a muy altas temperaturas.

RESUMEN

Este proyecto tiene como objeto el desarrollo de la ilustración científica y la propuesta del modelo tectónico de la Cordillera Oriental de Colombia en la sección Duitama-Sogamoso-Piedemonte Llanero, (departamento de Boyacá), concebido por el geólogo Italo Reyes Chittaro, y basado en casi 50 años de estudios de la geología del departamento:

A partir del perfil geológico desarrollado, se propone su implementación como una meta estratégica de discusión técnica, académica y científica, en el Museo Universitario de Ingeniería Geológica de la UPTC seccional Sogamoso. Se busca contribuir al conocimiento de la geología de la región, utilizándolo como herramienta de clase para los estudiantes y para servir de referencia a los proyectos de la Escuela que de alguna manera incluyen información relacionada con la geología estructural, ambientes de depósito, estratigrafía y comportamiento superficial de la corteza en el sitio planteado. Este perfil se realiza bajo la técnica de yeso en relieve, pintado a mano, lo cual facilita su comprensión, interpretación y reconocimiento visual. Se resalta el alto relieve que lo hace sensitivo al tacto ampliando el uso a personas con discapacidad visual.

Se describen además las sucesiones estratigráficas según la edad correspondiente al ambiente de sedimentación, que se evidencia en su composición litológica, a lo largo del Paleozoico superior, el Jurásico, el Cretáceo Cenozoico y el Cuaternario.

Palabras claves: Boyacá, bloque diagrama, geología estructural aplicada, ilustración científica, modelo, .museo.

ABSTRACT

This project aims to develop the scientific illustration and proposal of the tectonic model of the Eastern Cordillera of Colombia in the section Duitama-Sogamoso-Piedemonte Llanero, (department of Boyacá), conceived by the geologist Italo Reyes Chittaro, and based on almost 50 years of studies of the department's geology.

Based on the developed geological profile, it is proposed to implement it as a strategic of technical, academics and scientifically discussion at the University Museum of Geological Engineering of the UPTC Section Sogamoso. It seeks to contribute to the knowledge of the geology of the region, using it as a class tool for students and to serve as a reference to the projects of the School that in some way include information related to structural geology, depot, stratigraphy and behavior surface of the crust at the raised site. This profile is realized under the technique of plaster in relief, painted by hand, which facilitates its understanding, interpretation and visual recognition. It highlights the high relief that makes it sensitive to the touch extending the use to people with visual impairment.

The stratigraphic sequences according to the age corresponding to the sedimentation environment, which is evidenced in its lithological composition, along the Upper Paleozoic, Jurassic, Cenozoic Cretaceous and Quaternary are also described.

Keywords: Boyacá, block diagram, applied structural geology, scientific illustration, model, .museum of the Universit

INTRODUCCION

Este proyecto tiene como principal objetivo la realización de la ilustración científica del modelo geológico de la sección Duitama-Sogamoso–Piedemonte Llanero, departamento de Boyacá. El departamento se caracteriza por su gran complejidad estructural, producto de la Orogenia Andina que se originó aproximadamente hace 12 millones de años. (Cooper et al, 1995).

El geólogo Italo Reyes Chittaro, con la meta de dejar un legado a la carrera de Ingeniería Geológica de la UPTC, seccional Sogamoso, de la cual fue parte activa como docente durante 26 años y luego de prestar sus servicios a la Empresa Acerías Paz del Río durante más de 50 años, cuenta con el conocimiento del subsuelo de gran parte de la cuenca de Duitama, Sogamoso, Paz del Río, basándose en sus estudios para concebir el modelo tectónico de la cordillera que aquí se presenta

Este informe muestra una recopilación bibliográfica sobre la geología regional del departamento de Boyacá en el área del perfil geológico, expuesto a modo de discusión técnica en el área especial destinada a este fin en el Museo Universitario de Ingeniería Geológica de la UPTC, en la ciudad de Sogamoso.

La ilustración científica tiene como finalidad expresar por medio del arte un objeto, en este caso el modelo geológico en cuestión,. Con este tipo de método se permite dar a conocer algo muy puntual presentando características con detalles de fidelidad con respecto al diseño propuesto por el geólogo. Italo Reyes Chittaro, quien fue el principal colaborador científico para dicho desarrollo. Como complementación se efectuó la búsqueda de diferentes publicaciones de la región, para tener un firme apoyo en la realización de las características más importantes de cada sector.

JUSTIFICACION

Muchos investigadores a través de los años han propuesto un modelo estructural traslacional, relacionado con los esfuerzos de compresión al que han sido sometidas las rocas que han dado origen a diferentes estructuras geológicas de importancia regional. Dentro de estos estudios cabe destacar el realizado por geólogo Italo Reyes Chittaro, estudio inédito que se requiere dar a conocer para aportar al desarrollo investigativo, industrial y minero del departamento de Boyacá. Desarrollando a partir de ilustración científica la estructura del subsuelo y generación del modelo geológico de la sección Pan de Azúcar – Piedemonte Llanero. Departamento de Boyacá. Como punto estratégico en el Museo universitario de ingeniería geológica de la U.P.T.C. Seccional Sogamoso.

El público visitante del Museo conocerá un modelo grafico que será ampliado en explicaciones por parte de infografía sencilla y un guía dedicado a ello. Las discusiones y preguntas que se darán en este punto permitirán al área industrial y minera tomar sus propias conclusiones y a la gente del común conocer la forma en que se interpreta la geología a partir de modelos teóricos en proyecciones técnicas

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la ilustración científica y generar el modelo geológico de la sección Pan de Azúcar – Piedemonte Llanero. Departamento de Boyacá. A escala 1:25.000 en horizontal y 1:20.000 en la vertical.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Recopilar y verificar la información bibliográfica relacionada con el área de estudio.

Tomar información de datos de campo contribuyendo a la actualización de la información existente.

Elaborar del modelo geológico del área de estudio.

Realizar la Ilustración científica del modelo geológico estructural en las instalaciones del Museo de Ingeniería Geológica de la UPTC.

2 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES

Se han desarrollado estudios serios que han contribuido al desarrollo del conocimiento del subsuelo del territorio colombiano, sin embargo, mucha de esta información se encuentra diseminada por pertenecer al sector privado de la minería y la industria del petróleo. Por su parte el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha compilado la información de gran porcentaje del territorio total nacional de acceso público. Esta información se encuentra distribuida en planchas que representan la geología superficial e infiere las estructuras del subsuelo por medio de perfiles. En el informe “Inventario, Interpretación y Evaluación Integral de la Información Geológica, Geofísica y Geoquímica del Bloque Soapaga” (2008), realizada por la Universidad Nacional de Colombia para la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), a partir de anomalías superpuestas de Bouguer y datos geoquímicos de pozos, realizó estudios cuyos resultados son representados en perfiles, los cuales constituyen información base para la verificación de la geología estructural regional.

En Colombia existen varios Museos dedicados a la divulgación geocientífica, donde se exhiben temáticas relacionadas a las ciencias de la Tierra, como: el Museo Geológico Nacional del Servicio Geológico Colombiano en Bogotá, el Museo Universitario de geología de la Universidad Nacional de Bogotá, el Museo universitario de geología y minería de la Universidad nacional de Medellín, el Museo de Geología de la universidad de Caldas en Manizales, los Museos de geología del Servicio Geológico Colombiano, Seccionales Cali y Medellín, el Museo universitario de la EAFIT en Medellín, el Museo paleontológico de Villa de Leyva administrado por la universidad Nacional de Bogotá, el Museo EL Fósil administrado por la comunidad de la vereda Monquirá en Villa de Leyva, el Museo de los Andes de Socha, Boyacá, administrado por la Fundación Benítez, el Museo de La Vida relacionado con temas de geología, paleontología y arqueología administrado por la junta directiva de la Asociación Museo de vida de Tobasía, en

Floresta, Boyacá. Aunque existen museos de carácter investigativo, tipo clásicos como los del Servicio Geológico Colombiano o de tipo universitario como los de la UNAL en sus diversas sedes, la EAFIT y la universidad de Caldas e incluso museos locales como los de Villa de Leyva, Socha y Floresta no hay ninguno con las características de formación participativa e inclusoria con la comunidad académica como el Museo universitario de Ingeniería geológica de la UPTC seccional Sogamoso.

Sin embargo, no existen registros de Museos que presenten de manera didáctica a escala un perfil geológico regional que representara una gran sección de terreno, con las características de la técnica artística desarrollada y elaboradas por una estudiante tesista capacitado en el área de las ciencias geológicas, en técnicas básicas de ilustración científica y con la asesoría especializada de especialista de geología estructural del sector.

Dentro de los antecedentes de este informe se debe destacar la contribución de la información suministrada por el geólogo Italo Reyes Chittaro, cuyos informes estratigráficos de la geología comprendida en el sector Sogamoso-Paz de Río han sido fundamentales y, actuando como Co-director del presente proyecto, ha desarrollado un perfil geológico que representa información estructural del sector Páramo de Pan de Azúcar- Piedemonte Llanero, un importante territorio comprendiendo secciones que corta cuatro planchas geológicas; Plancha 171 Duitama, Plancha 172 Paz de Río, Plancha 192 Laguna de Tota y Plancha 193 Yopal.

El científico Origino esquemas del comportamiento estructural en la región durante sus años de servicio y como aporte al conocimiento mediante observación a lo largo de salidas de campo y con base de otros autores que también han realizados aportes en dicho sector. Él ha propuesto que para el levantamiento de la cordillera oriental en la parte central del departamento de Boyacá se encuadra muy bien con el modelo de cadena – antepaís, tomado de DE PAOR, D.G. (1988) y adaptado para la sustentación a su hipótesis en la charla presentada en el VIII

Congreso Colombiano de Geología, realizado en agosto de 2001 en la ciudad de Manizales, con el título de NEOTECTÓNICA DEL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACÁ. En el cual el autor describe “Para toda cadena de montañas originada en zonas de compresión, existe un modelo característico, con variaciones de acuerdo al ensamblaje geotectónico que la ha generado. El modelo más sencillo es el de fallas de cabalgamiento con vergencia en una sola dirección”.

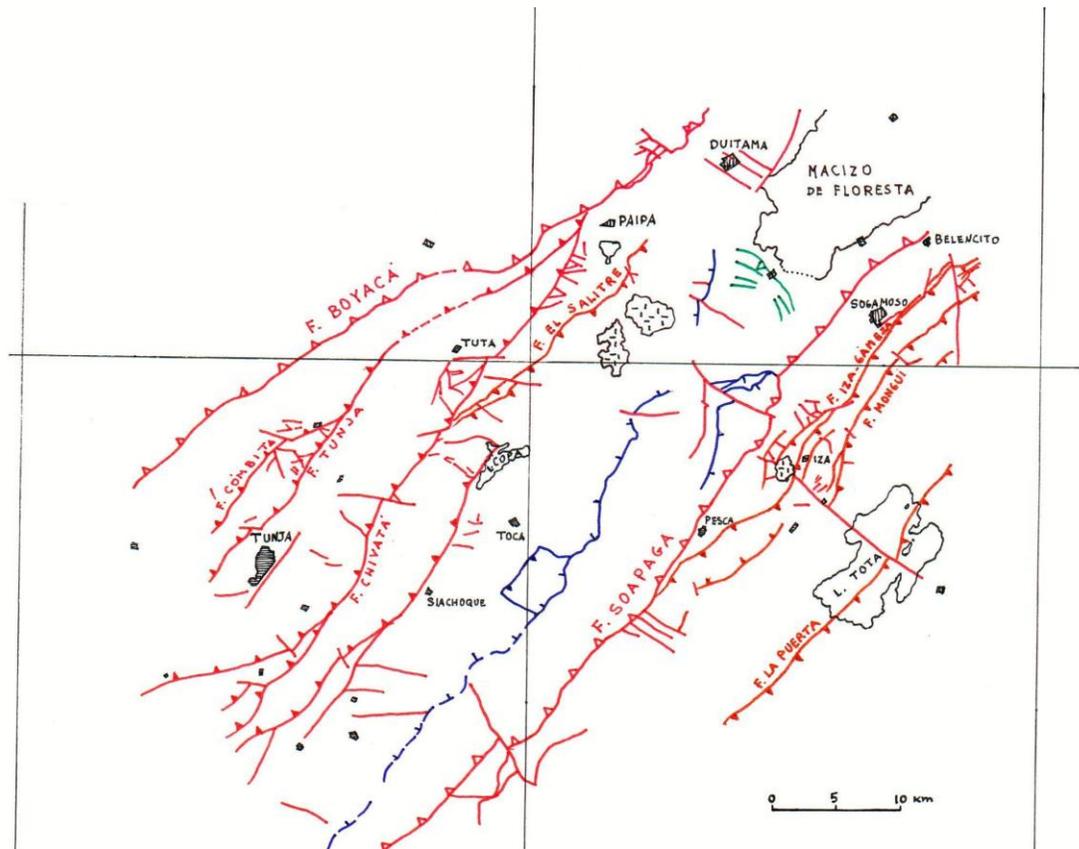


Figura 1. Tomado del Sistema fallamiento área Tunja-Sogamoso Reyes (2001)

2.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA

El área de estudio se encuentra localizada al noreste de Suramérica, en los andes Colombianos, propiamente en la Cordillera Oriental, dentro del Departamento de Boyacá. La sección ilustrada atraviesa los municipios de Duitama, Sogamoso llegando hasta el Piedemonte Llanero. Abarcando *Las planchas: 171 Duitama, 172 Paz del Rio; 192 Laguna de Tota; 193 Yopal*. La sección presenta una longitud de 87.5 Km de longitud, con una dirección NW-SE.

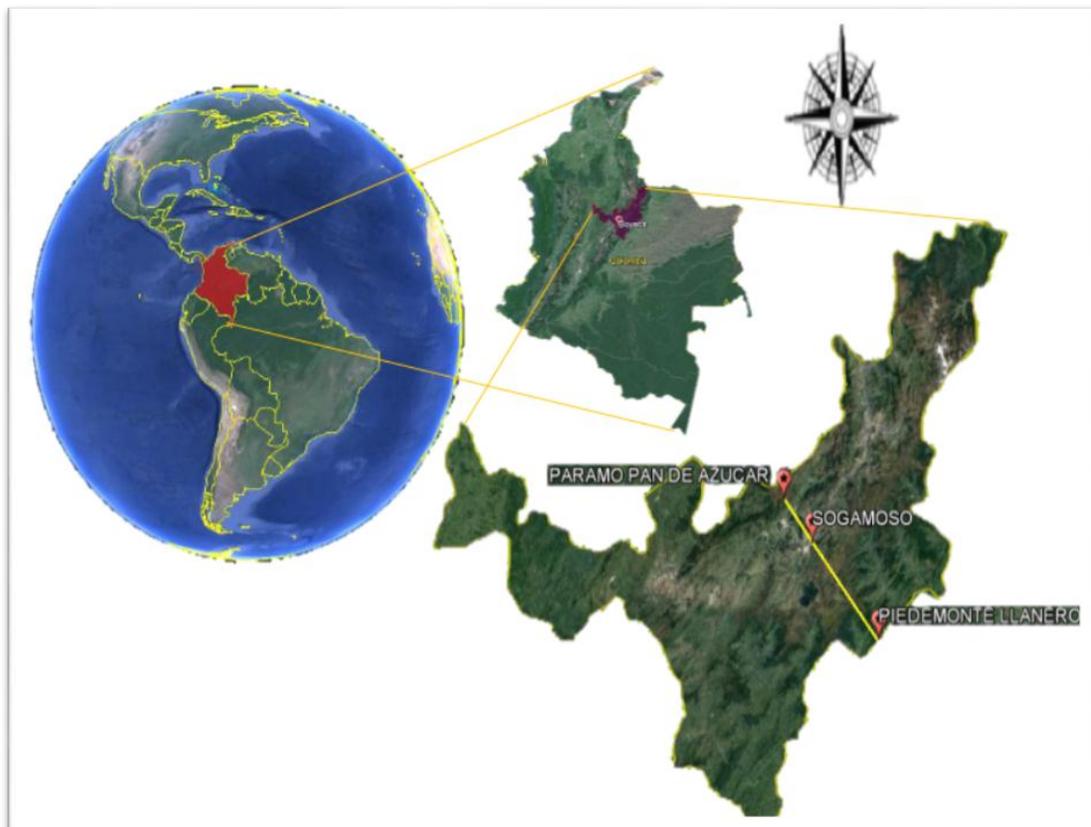


Figura 2. Localización particular del proyecto. Fuente: autor

2.2 VÍAS DE ACCESO

Se puede acceder por vía terrestre desde Bogotá D.C. Por la doble calzada que conduce hacia Duitama-Sogamoso, vía secundaria hacia los llanos orientales se

observa la transepta del perfil geológico. La red de vías secundarias y terciarias presenta en su mayoría pavimentación.

Sogamoso posee el aeropuerto Alberto Lleras Camargo el cual presta el funcionamiento de transporte comercial.

Al municipio de Paipa se llega por tierra, la carretera central del norte comunica al municipio con Duitama; presenta el aeropuerto Juan José Rondón que presta servicios de carácter netamente comerciales.

2.3 CLIMA

Debido al variado relieve que ofrece el área trabajo, se presentan casi todos los pisos térmicos conocidos con temperaturas pasando por el frío y templado hasta el cálido con temperaturas superiores a los 28 grados centígrados, en el Piedemonte Llanero.

El centro del departamento, al hallarse protegido por las barreras naturales que representan los flancos cordilleranos, presenta bajas pluviosidades: entre 150 y 2000 mm anuales, siendo la más baja la correspondiente al valle del Río Chicamocha, en donde varía entre 150 y 300 mm anuales, IDEAM 1997 en IGAC 1984.

2.4 SUELOS Y VEGETACION

Se Presenta diferentes tipos de suelo de acuerdo con la fisiografía del área de estudio que se concentran en: suelos de montaña, de colina, de altiplanicies, planicies de piedemonte y de planicies aluviales y lacustres (de río o antiguo lago, respectivamente), en los cuales el grado de fertilidad está en orden ascendente y en concordancia con dicha agrupación (IGAC, 1984).

a. Suelos de Montaña

Son suelos poco a moderadamente evolucionados que van desde superficiales a medianamente profundos y de baja a muy baja fertilidad. Dentro de esta clase se pueden subdividir en suelos de pisos niveles, poco evolucionados y no aptos para

la agricultura, suelos de páramo, de muy baja fertilidad, y suelos de piso frío, de baja fertilidad.

b. Suelos de Colina

Corresponden a los suelos de piso térmico cálido, localizados entre 50 y 300 m.s.n.m. Fueron desarrollados generalmente a partir de arcillas y areniscas del Terciario Superior, son medianamente profundos, de colores pardos, rojos y grises, bien drenados y de baja a moderada fertilidad.

c. Suelos de Altiplanos

Corresponden a los suelos de piso templado a frío, y están localizados entre los 2600 y los 2800 m.s.n.m.; son superficiales, bien drenados, de colores pardos y rojizos, presentan una baja a moderada fertilidad y en ocasiones un grado de erosión de ligera a severa.

d. Suelos de Planicie de Piedemonte

Son los suelos del piso térmico cálido, localizados entre 500 y 2.500 m.s.n.m., se desarrollaron sobre abanicos aluviales. Varían entre poco a muy evolucionados, son superficiales a muy superficiales, presentan un alto nivel freático y alta cantidad de arcillas en su composición, con colores pardos, rojos y grises y en general un grado muy bajo de fertilidad.

e. Suelos de Planicies Aluviales y Lacustres

Son aquellos que se desarrollaron sobre aluviones constituidos por materiales de tamaños medios a fino; son poco evolucionados, de superficiales a moderadamente profundos, con un drenaje natural pobre y baja fertilidad. También se pueden desarrollar sobre terrazas aluviales o sobre aluviones heterogéneos, los cuales desarrollan una baja a moderada fertilidad.

También existen algunas áreas severamente erosionadas que se asocian con suelos degradados o poco evolucionados, sin uso ni aptitud para la vegetación y

cuya recuperación, de iniciarse algún proceso en este sentido, será demasiado lenta. De acuerdo con el uso actual y la cobertura vegetal, los suelos en el

2.5 ECONOMÍA

El principal ingreso económico de los habitantes del bloque de Duitama, Sogamoso, los páramos (Pan de azúcar, Siscunci), Piedemonte Llanero, Paipa y Gameza. Se obtiene a partir de la agricultura, la ganaría, la explotación minera, industria siderúrgica; en la agricultura se encuentran productos variados ya que hay diferencias de altitudes, las principales variedades van desde el maíz, trigo, papa, cebolla, legumbres, cebada, caña panelera, yuca plátano, especies frutales muy diversas, entre otros.

En el sector ganadero sobresalen la leche, quesos y carne. En el sector de minería se explota el carbón, la arcilla, la arena, la caliza, roca fosfórica, yeso, caliza, mineral de hierro. Se explota petróleo en el terreno Vásquez entre otros en minoría.

En las industrias se destacan la producción de acero en la siderúrgica de Paz del Río, cervecería, prefabricados para la construcción.

Como ingreso secundario se encuentra la producción de artesanías como trabajos en cerámicas, tejidos de lana de oveja, entre otros y el turismo

3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se presentan como principales fallas inversas significativas, con dirección SSW la falla de Boyacá y NNE, perteneciendo a la de Soapaga, falla de Guaicaramo las cuales presentan una simetría entre ellas. (ULLOA; C RODRIGUEZ, E. Y RODRIGUEZ, G.2003) En el perfil se observa un estilo estructural preferentemente compresivo, que se manifiesta en estructuras tales como pliegues y fallas de extensión regional, estructuras que al parecer están relacionadas entre sí.

3.1 MARCO GEOLÓGICO GENERAL

El perfil geológico de la sección Pan de Azúcar-Piedemonte Llanero, los dos bloques diagramas asociados de volcán Iza-Paipa y la falla de Gameza, se demarcan en la Cordillera Oriental de Colombia, están conformados por rocas metamórficas y sedimentarias.(figura 3.)

Sobre el basamento cristalino del Precámbrico - Paleozoico suprayace una secuencia sedimentaria Cretácica con diferentes facies y espesores, debido a la intervención tectónica de las fallas de Boyacá, Soápaga, Guaicaramo, entre otras. También se presentan rocas del Paleógeno Neógeno y cuaternario. Así mismo depósitos y materiales volcánicos del cuaternario.

Estructura de origen volcánico son encontradas en sector de olitas, al parecer concierne al remanente de un colapso de caldera, en donde se encuentra una serie de domos emplazados y una estructura relacionada con un foco volcánico (volcán de Paipa), responsable de los depósitos cartografiados en el área (INGEOMINAS, 2004). Otro cuerpo de interés está presente es el Domo Volcánico de Iza y sus alrededores (Rojas et al., 2009^a).

La Correlación cronológica de las unidades litoestratigráficas de la cuenca Duitama-Sogamoso-Paz del Río y la cuenca del Piedemonte Llanero Fuente: reyes, Ulloa y Rodríguez et al 1988, Cooper et al 1995, plancha 193 año 2013 Servicio Geológico Colombiano. (Figura 4.).

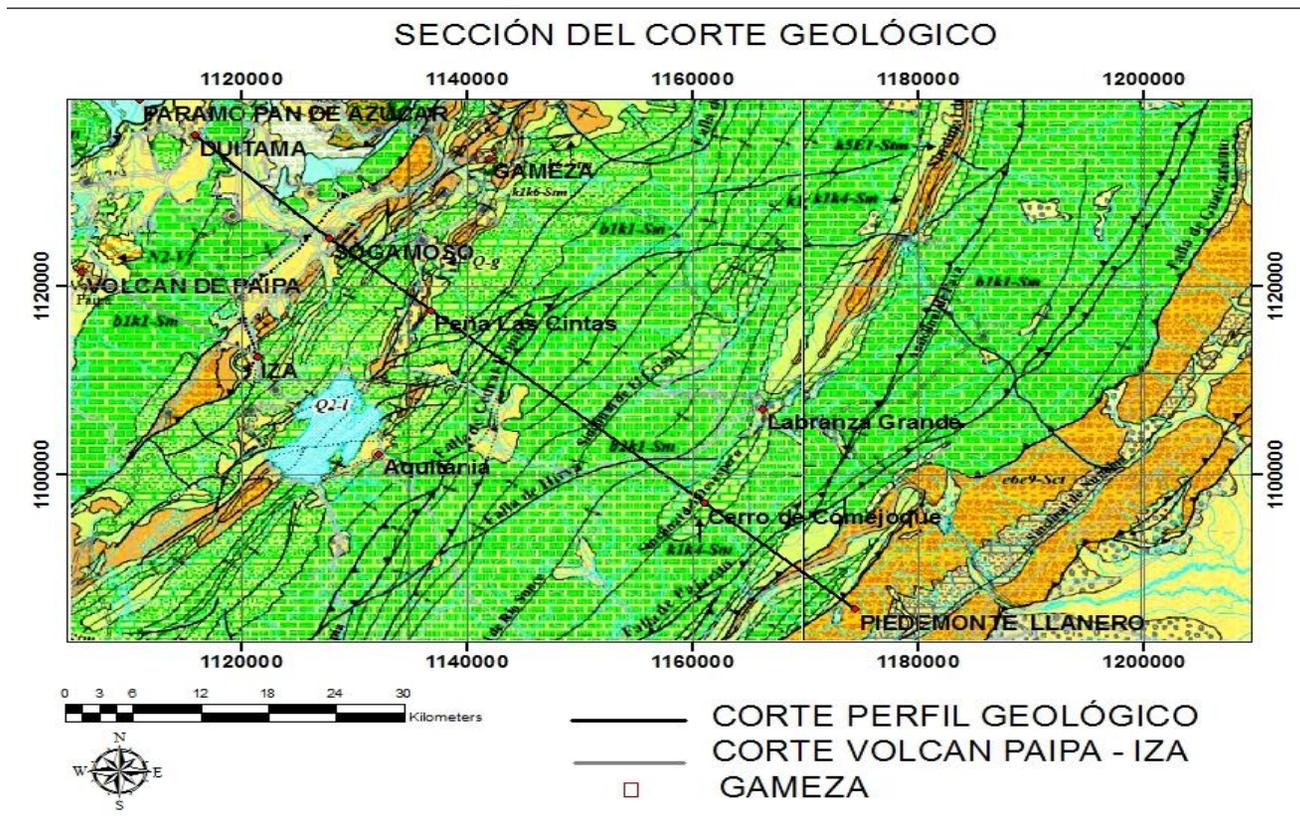


Figura 3. Geología regional y localización de estructuras de origen volcánico (Tomado de INGEOMINAS, 2004). Mapa geológico general de Colombia.

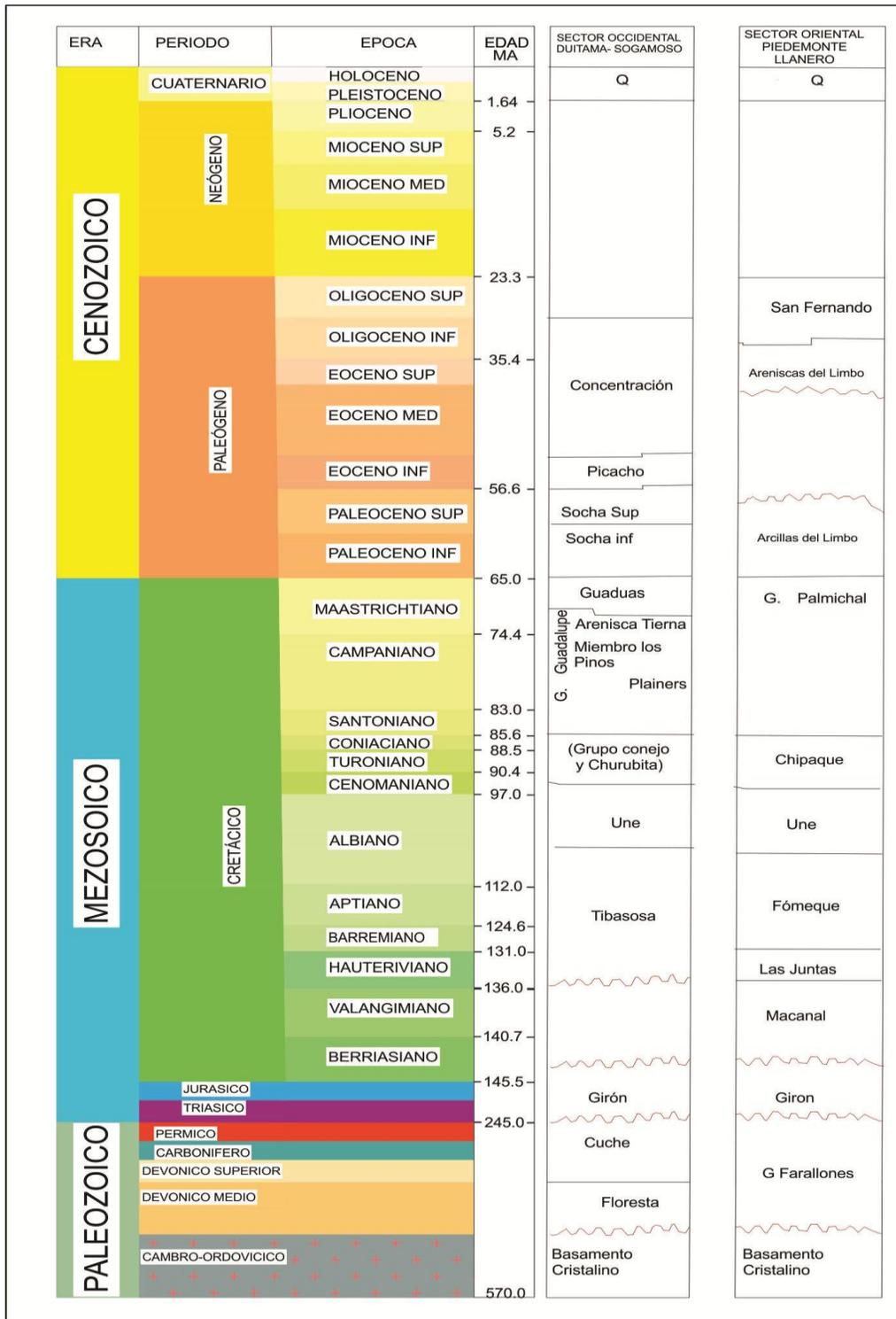


Figura 4. Correlación cronológica de las unidades litoestratigráficas de la cuenca Duitama-Sogamoso-Paz del Río y la cuenca del Piedemonte Llanero.

3.2 MARCO TECTÓNICO GENERAL

El levantamiento de la cordillera oriental es producto de los últimos esfuerzos generados por las placas suramericana, Nazca y caribe, que han estado interactuando durante millones de años evidenciando diversas litologías en un sistema compresivo con fallas de cabalgamiento que se aprecia en el perfil.

El área de sección de trabajo corresponde a una evolución de “Supraterreno de la Cordillera Oriental” de Etayo *et. Al.* (1985) en su informe del Mapa de Terrenos de Colombia. Es una provincia muy extensa pues cubre la mayor parte de la Cordillera Oriental; en el Departamento de Boyacá está limitada al occidente por el sistema de fallas de La Salina, al suroriente por el sistema de fallas del Borde Llanero o de Guaicáramo. Está constituida principalmente por rocas sedimentarias Cretácicas, Paleogenas y Neogenas, intensamente plegadas y falladas.

Con ayuda del mapa de velocidades geodésicas horizontales de Boyacá que el grupo de GeoRED con estaciones permanentes que se establece que la sismicidad del Departamento de Boyacá está considerada como ALTA, comparada con otras zonas del País .En esta región se han presentado numerosos sismos destructores tanto en tiempos históricos como recientes.

4 METODOLOGÍA

Para la obtención de los objetivos planteados y la obtención de productos exigidos se llevó a cabo la siguiente metodología.

- **Recopilación y análisis bibliográfica:** las actividades inician con la recopilación de información bibliográfica proporcionado en el sector de estudio, que incluye informes anteriores, mapas cartográficos, esquemas de ordenamiento territorial, divulgaciones, informes técnicos, tesis, y demás material aprovechable.
- **Verificación y compatibilidad de la información:** se estableció como prioridad para el desarrollo del presente trabajo ajustes de información de las épocas pasadas como recientes, reflexión de memorias geológicas proporcionadas de las planchas 171, 172, 192, 193 y sus respectivos mapas a escala 1:100000 del servicio geológico colombiano, textos, estudios y conferencias especializadas realizados por parte del Geólogo Italo Reyes Chittaro, consulta de publicaciones científicas del Geólogo Fernando Etayo Serna y otros, informes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) encontrados en la red. Planes de ordenamiento territorial municipales, y exploraciones de internet que daban información del sector.

4.1 METODOLOGÍA PARTICIPANTES

Se contó con la participación dinámica y evaluativa por parte del Geólogo Italo Reyes para el desarrollo de modelo geológico y los bloques diagramas.

A partir de la experiencia y los estudios realizados por el Geólogo Italo Reyes en el transcurso de varios años nació la idea de crear un modelo geológico, ya que es importante conocer la región desde un punto de vista geológico. Este modelo representa las características estructurales del subsuelo de forma generalizada a

escala 1:25000 en la Horizontal y 1: 20000 en la vertical. El modelo demuestra información objetiva de la geología, pero se encontraría sujeta a discusión del intérprete acerca de la historia tectónica y la evolución geológica llevada a cabo.

4.2 MATERIALES Y/O EQUIPOS

4.2.1 Materiales de geología:

GPS

Martillo

Brújula

Libreta topográfica

Bolígrafo

Cámara Canon 16 mpx

Decámetro

Lupa manual

Nivel

Escala

Pila recargable doble A alcalina

Lápices # 2

4.2.2 Materiales de arte

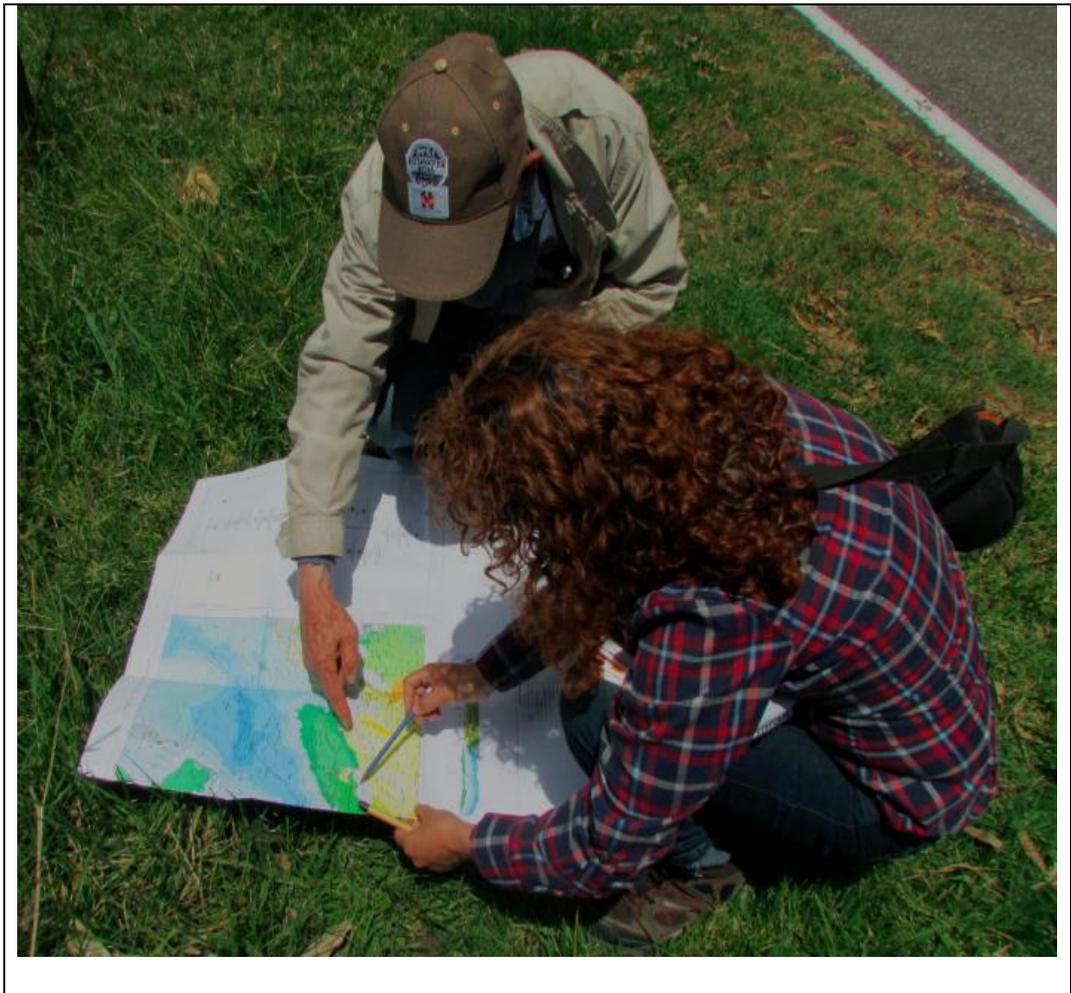


Figura5. Instrumentos utilizados para la creación de la ilustración del perfil

4.3 METODOLOGIA PROCEDIMIENTO

4.3.1 Procedimiento geológico:

4.3.1.1 Síntesis y análisis de datos: Para optimizar el análisis de datos se determinaron los sectores más importantes que se deberían tener en cuenta. Se realizó la adquisición de información geológica la cual fue tomada de acuerdo a los parámetros estipulados, se procuró seguir el trazo de las transepta tanto cartográficas como estructurales, planificadas y aprobadas de común acuerdo.



Fotografía 1. Determinación de los sectores y corte geológico por mutuo acuerdo.

4.3.1.2 Trabajo y verificación de campo Por medio de visitas a campo se realiza toma de información que permita confrontar y confirmar la búsqueda establecida.

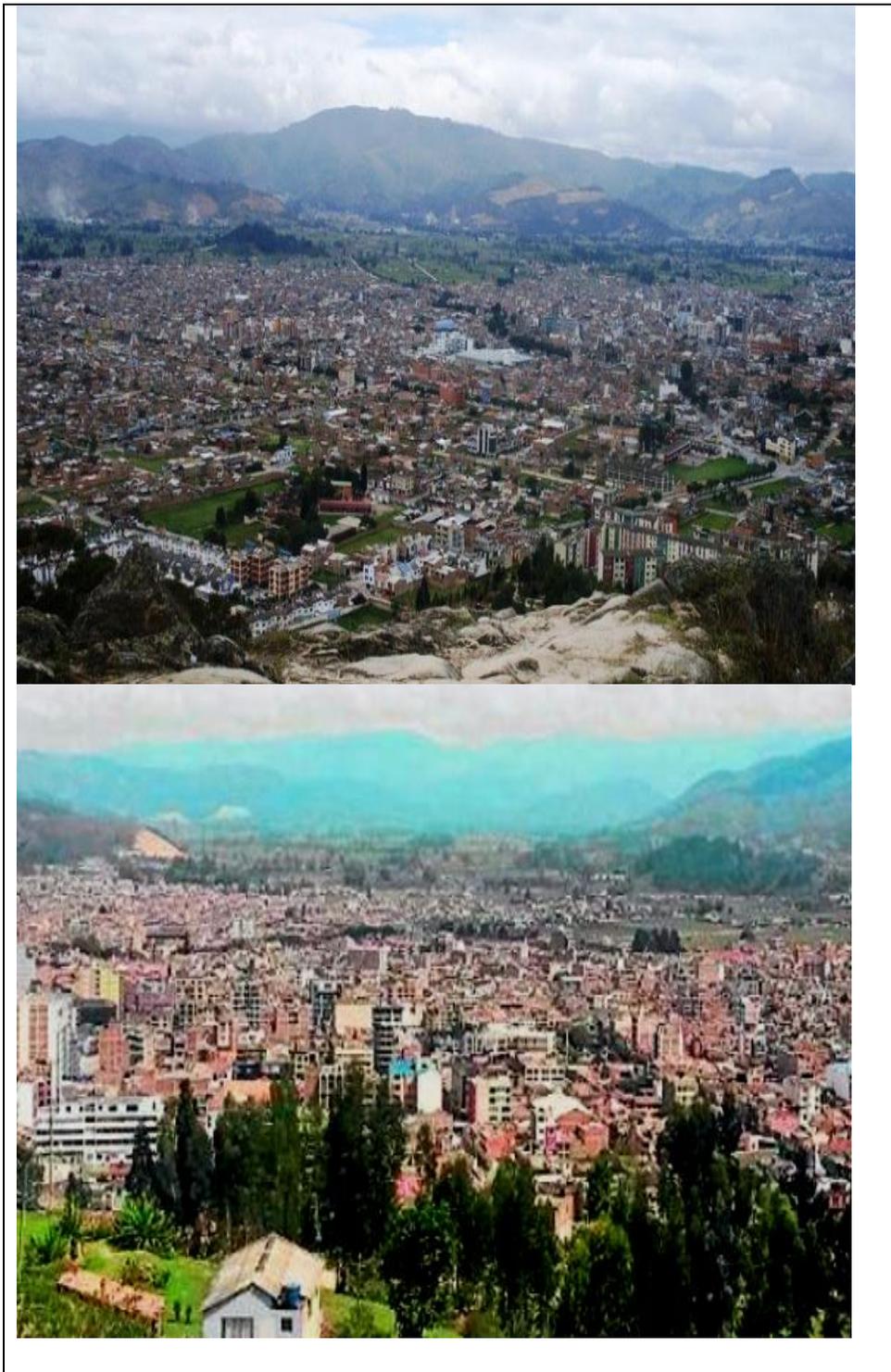
- Identificación de las unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de estudio, con base inicialmente en la nomenclatura de los mapas geológicos base de la cartografía.
- Ubicación de los datos en los mapas topográficos del IGAC (a escala 1:100.000), georreferenciados con el sistema de coordenadas con origen Bogotá.
- Geográficamente está localizado según las coordenadas planares tomadas por GPS en la ubicación más cercana
- Registro fotográfico de las características más relevantes de cada estación.



Fotografía 2. Páramo Pan de azúcar inicio de la sección, serie Molásica-mesozoica. N=1140800; E=1112480. Fuente: autor.



Fotografía 3. Municipio de Duitama sobre el cuaternario de la sección. N=1137200; E=1115360.
Fuente: autor.

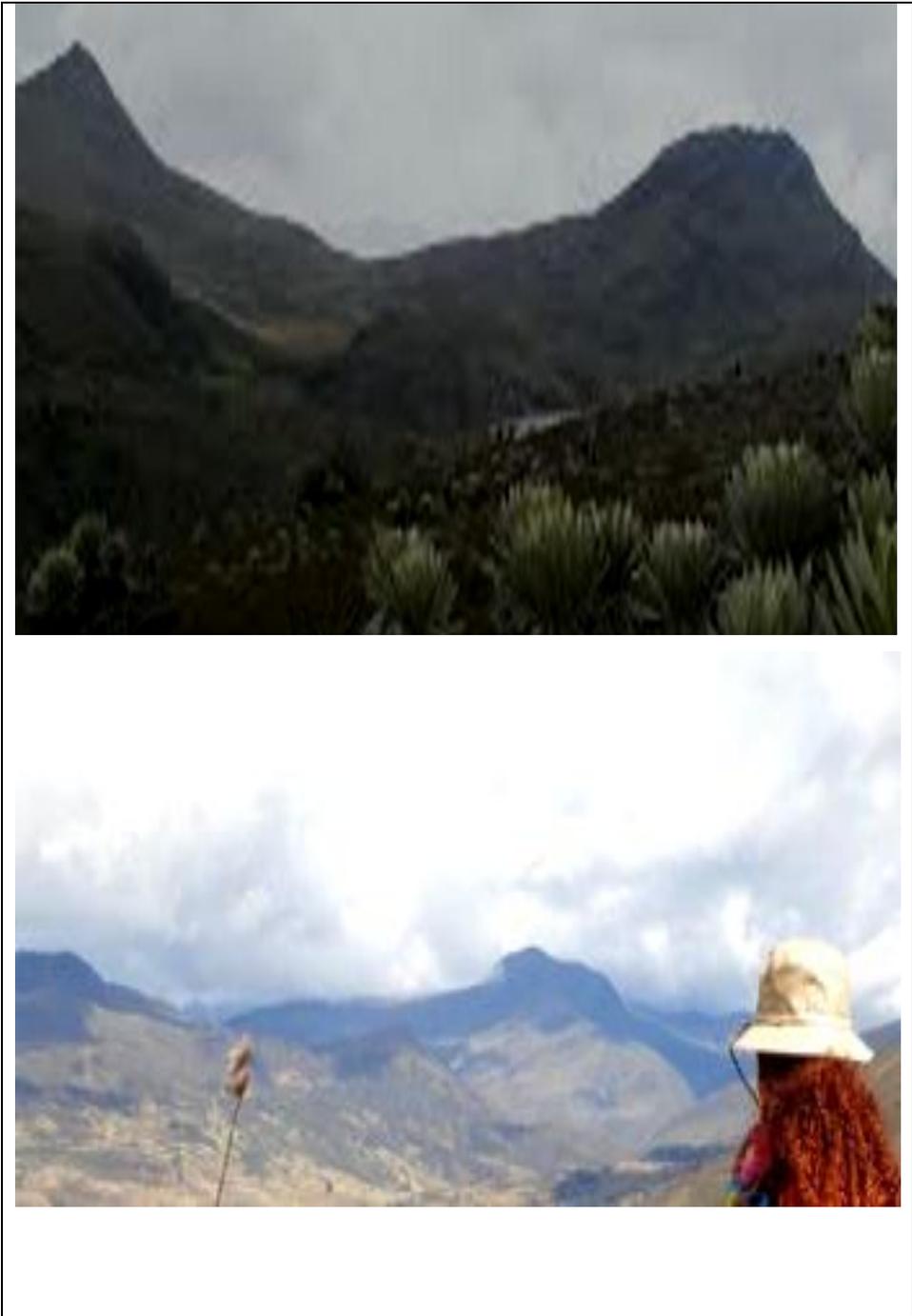


Fotografía 4.Municipio de Sogamoso sobre el cuaternario de la sección. Fuente: autor



Fotografía 5. Vista de la sección entre Alto el Arenal y Peña las Cintas. N: 1111110; E: 1134124.

Fuente: autor.



Fotografía 6. Vista de la sección Cuchilla las Lisas y Cerro Negro. 1100113; E: 1148341; Fuente: autor.



Fotografía 7.Finalización de la sección vida Piedemonte llanero –Llanos orientales. N: 1090299; E: 1151482; Fuente: autor.

4.3.1.3 Corte recorrido: Pertenece a un corte estructural con una longitud de 85.4 Km y está empieza su corte desde el páramo Pan de Azúcar de 3500 msnm hasta el Piedemonte Llanero, atravesando los municipios principales de la región, Duitama y Sogamoso. Tomando una dirección NW-SE, hasta llegar a al Piedemonte que le corresponde al departamento de Boyacá.

4.4 DISEÑO DE MODELO GEOLÓGICO

La idea de crear el modelo geológico nació ya que es importante conocer la región desde el punto de vista geológico completo, el visitante que llega al Museo conoce la región sus montañas, los paisajes, pero es necesario que también conozca el subsuelo de la cordillera, gracias a que se cuenta con información de estudios realizados en la región, por lo tanto se muestra un modelo antepaís, característico de todas las cordilleras del mundo publicando una serie de eventos que pudieron haber ocurrido en su formación.

Para crear un modelo tectónico de la región central de la Cordillera Oriental hay que considerar el clásico esquema cadena-antepaís. Toda cadena de montañas originada en zonas de compresión, consta de un modelo característico, con variaciones de acuerdo al enmarque geotectónico que la ha generado.

El modelo más sencillo para explicar el comportamiento de la estructura es el de fallas de cabalgamiento con vergencia en una sola dirección que se muestra (figura 5.).

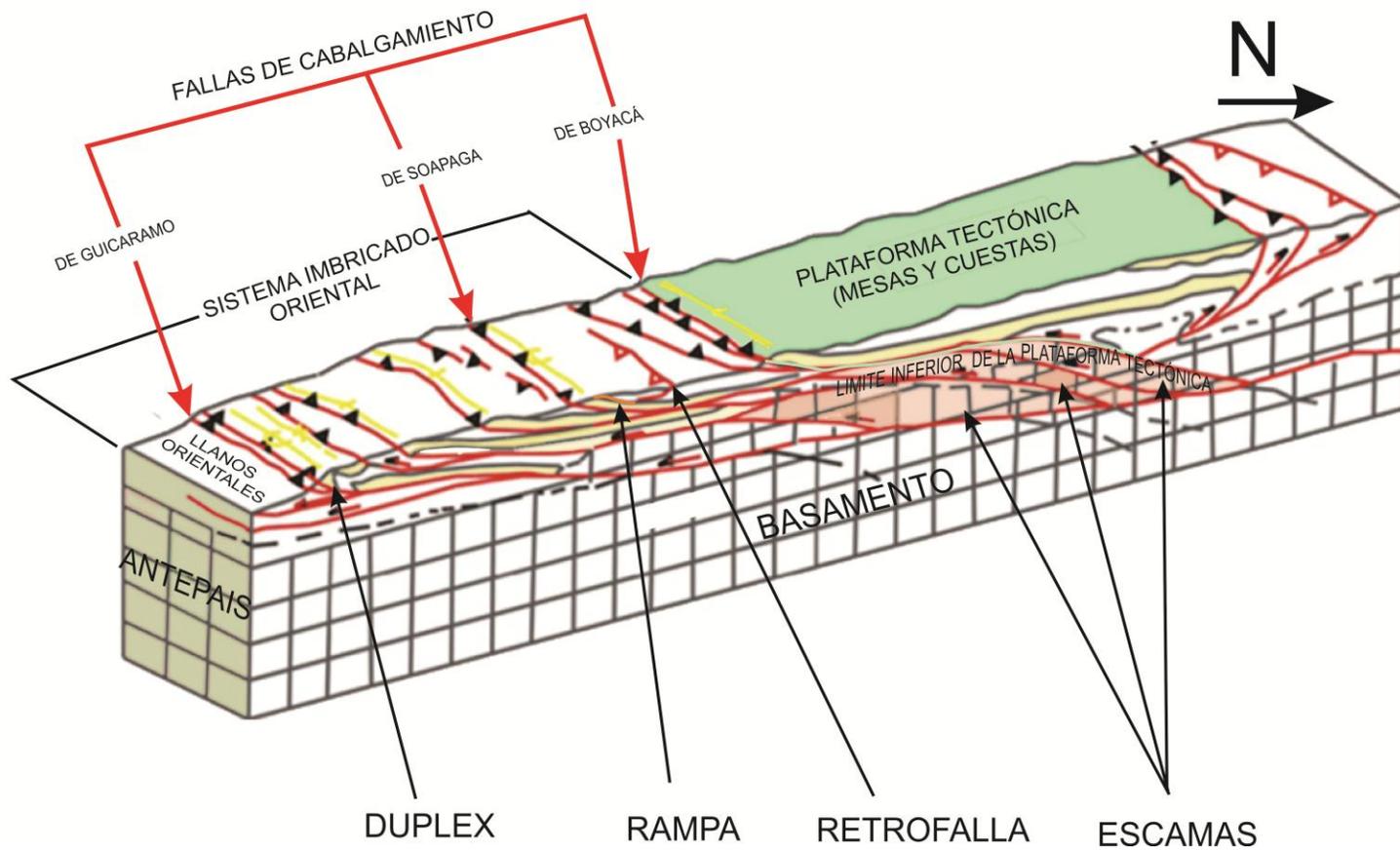


Figura 5. Modelo tectónico estructural de la Cordillera Oriental según Reyes (2001), Tomado De PAOR, D.G. (1988).ilustración: autor.

Este tipo de estructura implica grandes acortamientos de la corteza terrestre.

Para confirmar la existencia de una estructura como la del modelo en cuestión hay que observar los rasgos geológicos de la región y analizar las evidencias:

En cuanto a la estratigrafía se refiere

En el estilo de la tectónica

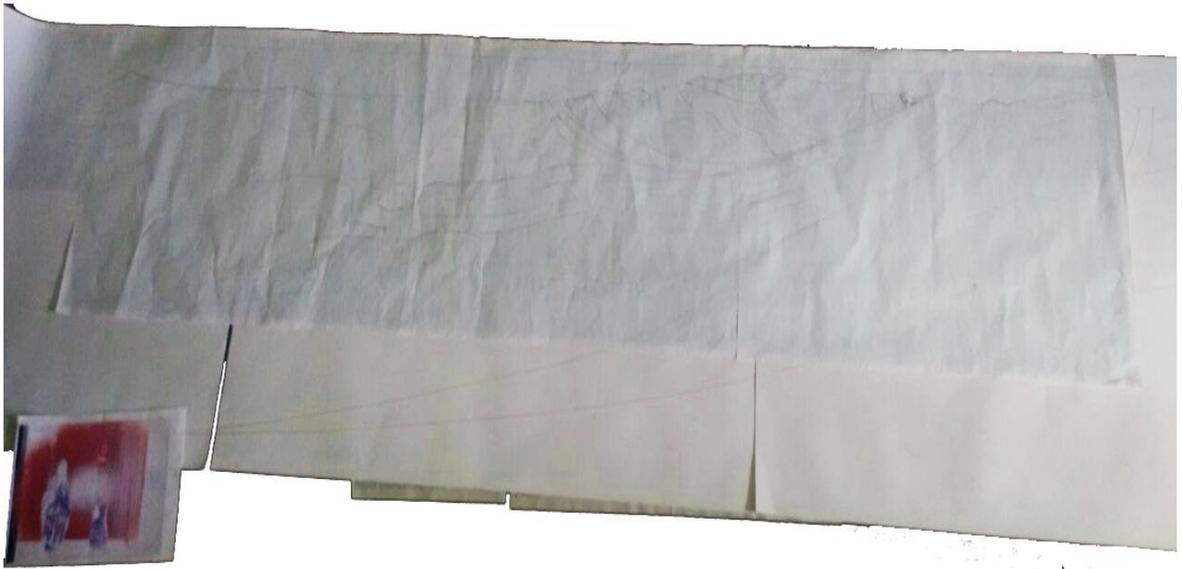
En el aspecto morfoestructural.

4.4.1 Procedimiento artístico

4.4.1.1 Proceso creativo de la instalación del mural:

La concertación inicial del corte se decidió que sus estructuras tuvieran volumen como punto especial, se realizaron modificaciones debido a la adquisición tardía de los materiales y debido a las bases del conocimiento en la reconstrucción del perfil, las modificaciones que se hicieron no influyeron en ningún sentido en la expresión artística de la secuencia estratigráfica y de las estructuras geológicas que se muestran ya que la ilustración científica es una herramienta para dar luz a la interpretación geológica del científico.

Una vez se boceta en papel milimetrado la sección del perfil, se definen las dimensiones reales que serán plasmadas en la pared, es importante conocer previamente cual es el área disponible para implementar el corte, ya que esto permite hacer ajustes en altura y anchura del mismo. La pared debe encontrarse pañetada y pintada sugiriendo un fondo blanco para el trabajo artístico de realce de colores en la instalación.



Fotografía 8. Boceto original en papel milimetrado fuente: autor.

Es necesario crear como mínimo dos copias del boceto original a que su manipulación constante al momento del calcado puede destruir la información para tal fin se propone al lector un boceto inicial que será nuevamente calcado, el boceto original será archivado no será manipulado y su uso será restringido a observación y confirmación de dudas, el boceto copia uno será utilizado para traspaso de información, al boceto copia dos se utiliza para hacer anotaciones, nuevas propuestas de color ya que este boceto permite cualquier alteración, y permite que al manipularse se pueda presentar envejecimiento o rotura sin ninguna preocupación para la construcción del modelo.



Fotografía 9.Copia Boceto original en papel cartulina fuente: autor.

La base del boceto para el diseño de la pared se traza en un papel mantequilla, con cinta, se traspasa en lápiz 2B que permite observar a nivel de detalle las estructuras líneas capas y texturas que se piensan plasmar en la pared, los colores utilizados para la expresión visual de los elementos ya han sido definido en los procesos de la bocetación.

Una vez seleccionado el punto definitivo donde va el mural se fija el boceto con cinta de enmascarar de tal manera que el papel quede templado y se traspasa la información del papel al muro con lápiz 2B, es necesario tener borrador y tajalápiz, en este caso se recomienda borrador pelikan miga de pan, e incluso goma limpia tipo para eliminar el exceso de grafito y evitar manchar la superficie de trabajo,

una solución para evitar este tipo de inconvenientes consiste el uso de guantes de billar.

La coincidencia de las líneas entre el boceto y el papel es fundamental debido a que se está trabajando la ilustración científica de un esquema geológico a escala, donde cualquier cambio en la continuidad, espesor, color, textura, inclinación y cierre de área podría alterar considerablemente la información geológica que el científico necesita entregar.

Es responsabilidad del ilustrador que el científico este conforme con la traducción de su idea ya que el ilustrador se convierte en mediador entre lo técnico y lo artístico, su persecución del color no puede jamás alterar la propuesta del científico.



Fotografía 10.Traspaso del boceto a la pared en papel mantequilla. Foto: autor.

4.4.1.2 Aplicación del yeso: corte geológico

Esta es la parte más compleja del proyecto debido a que en este caso el ilustrador es estudiante de ingeniería geológica y desconoce las propiedades del yeso como elemento artístico, se hace una breve capacitación sobre el uso y propiedades del yeso en elementos usados en una exposición del Museo natural de historia de la Universidad Nacional de Colombia.

Se solicita la adquisición tanto del yeso como de las herramientas que serán utilizadas para pulir, mezclar y aplicarlo en la pared, haciéndose pruebas previas del fraguado del yeso en donde por acierto y error se encontró que la mezcla perfecta para la solidificación del yeso está en un porcentaje de 80:20, siendo el agua el 20%, debe ser limpia, sin sedimentos y una vez mezclada con el yeso se tienen cerca de 30 segundos para batir la mezcla, el yeso utilizado fue hydrocal 10S para moldes dentales de extrema dureza y expansión controlada tipo III.

La aplicación del yeso se hizo con espátula, pincel, y estiletes en un tiempo contado de un minuto ya que el yeso es de secado rápido, se debe tener definido que líneas y áreas van en yeso, el volumen de preparación es directamente proporcional al secado.

Una vez secado el yeso y endurecido en algunas secciones es necesario pulirlo, en este caso al no contar con un motor tol se usó punzón y martillo.



Fotografía 11. Aplicación del yeso en las secciones definidas. Fuente: autor.

4.4.1.3 Preparación del color:

Se usan vinilos tipo I para exteriores para exteriores marca Pintuco y acrílicos marca Louvre en tubo , se seleccionan vinilos tipo agua , para mezclar con agua debido a los costos y presentación por acabado mate, para mezclar la pintura se usan tazones de plástico y mezcladores de madera requiriéndose una fuente de agua cercana.

Se preparan 15 colores diferentes, que van de diversos tonos desde amarillo pálido claro correspondiente al Mioceno a varios tonos verdes para el periodo Cretácico, azul claro para Jurásico, rojo para Paleozoico, rosado para el Intrusivo, gris azulado para el fondo de las estructuras Metamórficas, rojo mate para las fallas.

Los acrílicos son utilizados para los detalles finos como lo es la letra y números también para acabados con los pinceles pelo de cerda y lengua de gato más delgados,

4.4.1.4 Aplicación del color:

Esta es una de las fases más delicadas del proyecto ya que para las eras geológicas existen estándares internacionales que definen los valores de color en CMYK que pueden ser verificados en la tabla cronoestratifica 2017, para dar un ejemplo el periodo cretácico presenta varias subdivisiones que el geólogo puede identificar inmediatamente en un corte o mapa, pero hay subdivisiones en el tiempo característico por cambios de tono de color que llegan a un nivel de distinción más detallado, es así como el Berriasiano es un tono de verde más oscuro que el del Campaniano cuyo color es cercano al verde amarillento.

En el caso del metamorfismo y el intrusivo fue el científico quien definió los colores del perfil o el corte ilustrado en el Museo geológico de la UPTC, es de uso didáctico por lo tanto las decisiones en cuanto a color pueden tener ligeras variaciones siempre y cuando no afecte la información técnica y sea sustentado.



Fotografía 13.Proceso de pintado que se llevó a cabo teniendo en cuenta los colores crono estratigráfico de la tabla internacional 2017 según su edad en tiempo geológico. Fuente: autor.



CUADRO ESTRATIGRAFICO INTERNACIONAL



Comisión Internacional para la Estratigrafía

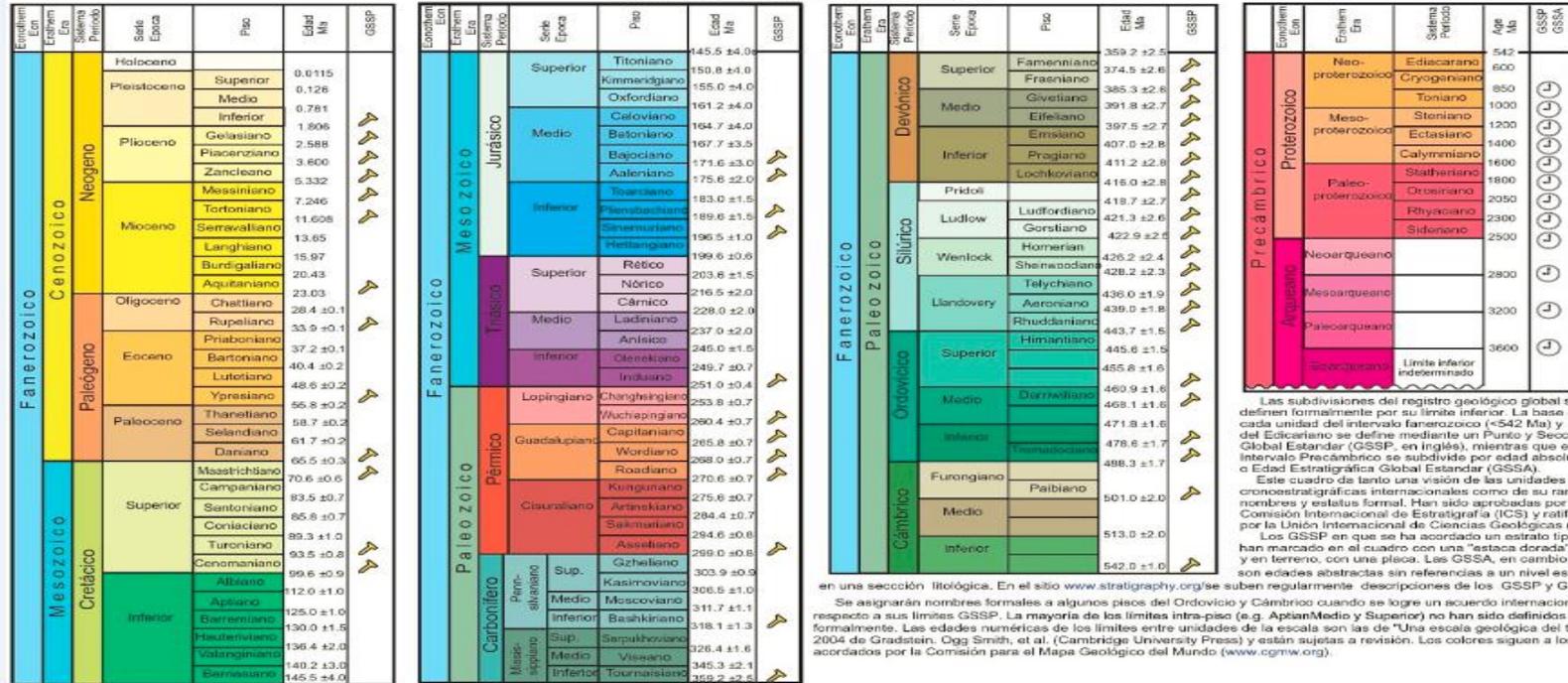


Figura 6. Cuadro cronoestratigráfico utilizado para definir los tonos de los pisos geológicos utilizados para la ilustración. Fuente:

4.4.1.5 Diseño columna estratigráfica:

La columna estratigráfica no posee escala sino más bien presenta una idea de la secuencia sedimentaria y los colores utilizados para los estratos de la sección geología según su tiempo de depositacion desde las rocas más antiguas hasta las más jóvenes.

Se tomó en cuenta el mapa geológico de la región de Duitama –Sogamoso-Paz del Rio. Realizado por el Doctor Italo Reyes Chittaro. Donde describe la secuencia sedimentaria en una columna estratigráfica dandole los nombre de Metamórfico e intrusivo al Basamento cristalino del Cambro-Ordovícico, Serie Paleozoica Superior, Serie cretácico-terciaria y cuaternarios (Depósitos Post Andinos).



Fotografía 14. Columna establecida para explicar la sucesión de estratos más viejos a los más jóvenes en la depositacion de tiempo geológico. Fuente: autor.

Diseño de letras y escala numérica

La letra se estableció tipo clásica ya que Él Doctor Italo Reyes Chittaro es un geólogo clásico, entonces se le da una personalidad a la ilustración del perfil según su principal autor. Ya que es un legado que el científico deja para el Museo Universitario.

4.5 MONTAJE DE LA INFOGRAFÍA:

Explica las partes del diseño y rasgos más característicos del perfil para comprender y aclarar a los visitantes del museo las partes del modelo geológico. Como las estructuras más importantes que componen la ilustración.

El altiplano boyacense se ubica geológicamente entre dos fallas importantes, la de Boyacá por el occidente y la de Soapaga por el oriente. Evidencias estructurales como la existencia de una plataforma tectónica limitada por la Falla de Boyacá (región de mesas y cuevas de Santander), y el sistema de escamas con vergencia hacia los Llanos Orientales indican que dichas grandes fallas hacen parte del sistema imbricado oriental de la Cordillera Oriental, junto con las otras fallas inversas que culminan con el gran cabalgamiento frontal de la Falla de Guaicaramo.



Ilustración 1. Perfil geológico de Paramo Pan de Azúcar - Piedemonte Llanero ilustración: adaptado por el autor.

Se trata por consiguiente del clásico modelo estructural “cadena-antepaís” característico de varias de las cordilleras presentes en el planeta, donde ocurre un fuerte acortamiento de la corteza terrestre.

Al oriente de Sogamoso, el bloque plegado y con fallas inversas de vergencia contraria a la de las fallas del sistema imbricado, tuvo origen probablemente por deslizamiento tectónico sobre una rampa de uno de los frentes importantes de cabalgamiento. Las areniscas del Cretáceo Inferior que forman las sierras altas

orientales (en correspondencia a las rampas de cabalgamiento), presentan constantemente buzamiento hacia NW, exponiendo amplias superficies estructurales (*dip slopes*).



Ilustración 2. Bloque plegado y con fallas inversas de vergencia contraria a la de las fallas del sistema imbricado. Ilustración: adaptado por el autor.

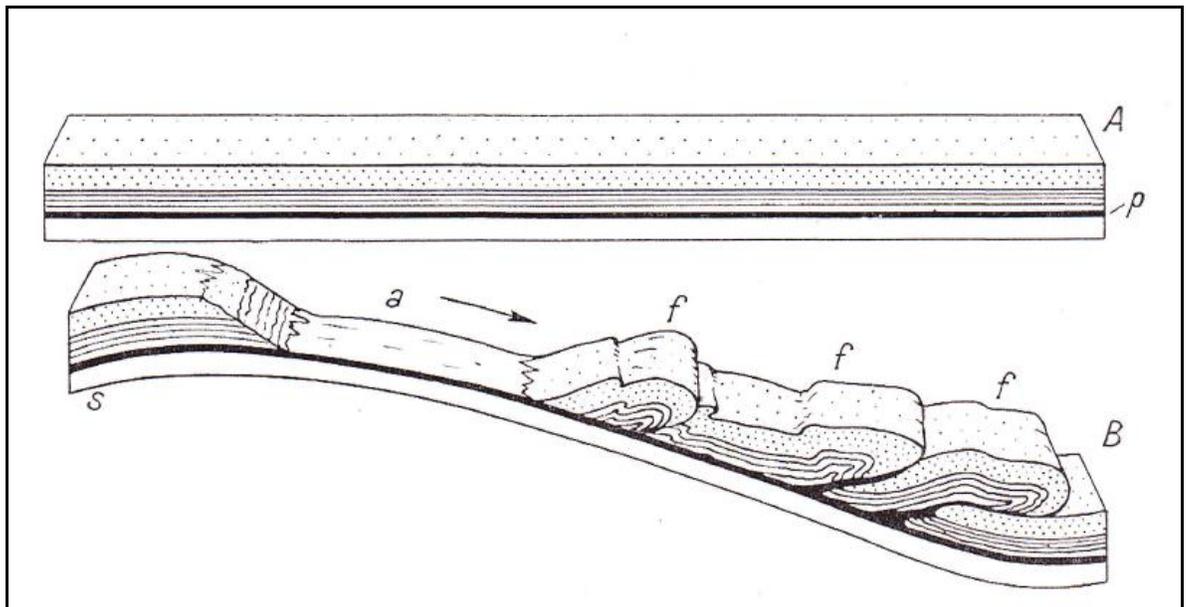


Figura 7. Esquema explicativo general de bloques superpuestos debido a deslizamiento gravitacional TREVISAN & TONGIORGI. 1958. tomado de Reyes 2001.

Deslizamiento tectónico de un conjunto de estratos debido a la fuerza de gravedad. El despegue ocurre en un nivel plástico (**p**) por encima de formaciones más resistentes. Hacia el frente de avance se desarrollan fallas de cabalgamiento (**f**) con formación de anticlinales asimétricos cuya vergencia es en el sentido del movimiento. Atrás de la masa deslizada queda un área de destape tectónico (**a**) que expone amplias pendientes estructurales de la roca basal. Nótese la posición de las crestas de los anticlinales cada vez más altas hacia el sitio del desprendimiento. (Tomado de TREVISAN & TONGIORGI, 1958, La Terra, p.277, fig.260). Adaptado para el VIII Congreso Colombiano de Geología, realizado en agosto de 2001 en la ciudad de Manizales, con el título de NEOTECTÓNICA DEL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACÁ por parte del geólogo Italo Reyes.

El corte geológico Duitama-Sogamoso-Piedemonte llanero muestra las escamas características del sistema imbricado con el apilamiento frontal de estructuras debido al obstáculo rígido del antepaís (escudo guayanés).

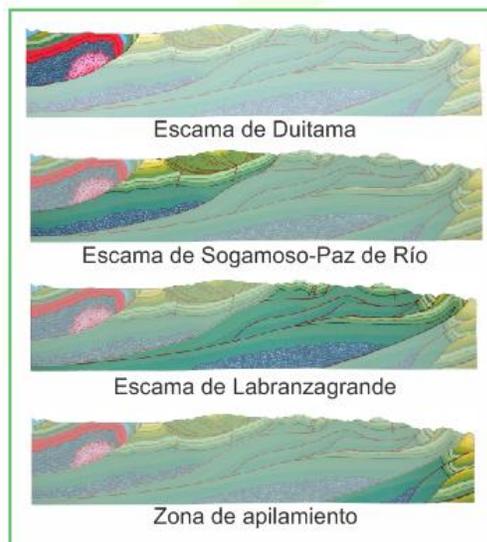


Ilustración 3. Estructuras en escamas presentes en el perfil. Ilustración: adaptado por el autor.

La estructura geológica de la cordillera oriental, en la región central de Boyacá, coincide muy bien con el modelo clásico cadena antepaís, para toda cadena de montañas originada en zona de compresión, existe un modelo característico, con variaciones de acuerdo al ensamblaje geotectónico que la ha generado.

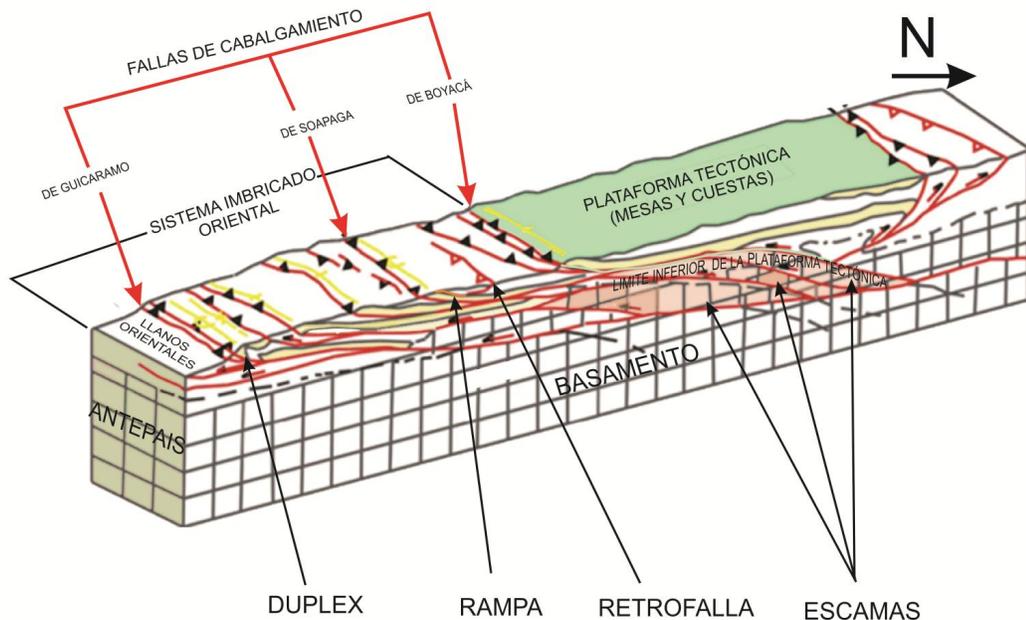


Ilustración 4. Bloque diagrama modelo tectónico estructural de la Cordillera Oriental según Reyes (2001), tomado De PAOR, D.G. (1988) ilustración: adaptado por el autor.

4.6 BLOQUE DIAGRAMAS ASOCIADOS

4.6.1 BLOQUE DIGRAMA GAMEZA:

En el sector de Gameza se representa como la cobertera sedimentaria presenta una tectónica de pliegues independiente de la estructura del basamento. Existe la evidencia de que estos plegamientos son el resultado del acomodamiento final de los estratos sobre la tectónica rígida del basamento o de las formaciones del Cretáceo inferior más compactas.

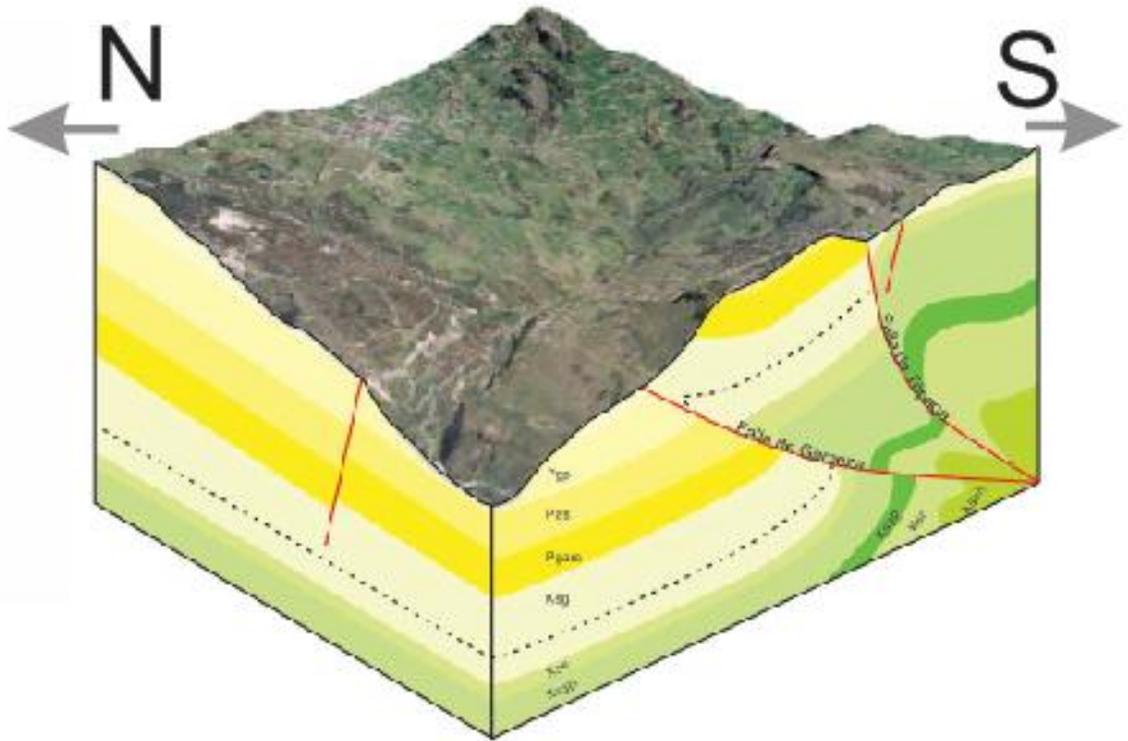


Ilustración 5. Bloque diagrama Gameza. Reyes (2017). Ilustración: adaptado por el autor.

Se observan fallas de tipo inverso (retro fallas) que afectan unidades del Cretácico Superior y Terciario Inferior, implicando un relieve topográfico y estructural menor. Estas fallas tienen su representación hasta en fracturas menores de afloramientos aislados y son anteriores con respecto a la deformación compresiva del Neógeno. La deformación final de la cobertera obedece a deslizamientos tectónicos sobre las superficies inclinadas de las rampas de cabalgamiento.

4.6.2 BLOQUE DIAGRAMA VOLCAN PAIPA - IZA

La región presenta un estilo estructural típico de gran parte de la Cordillera Oriental, que es el de fallas de cabalgamiento, con frentes de avance hacia el antepaís de los Llanos Orientales. Las estructuras principales presentes son la falla de Boyacá y la falla de Soapaga, dos grandes fallas de cabalgamiento de dirección NE-SW y buzamiento hacia el NW, las cuales dividen la región en tres áreas geológicas bien diferenciadas.

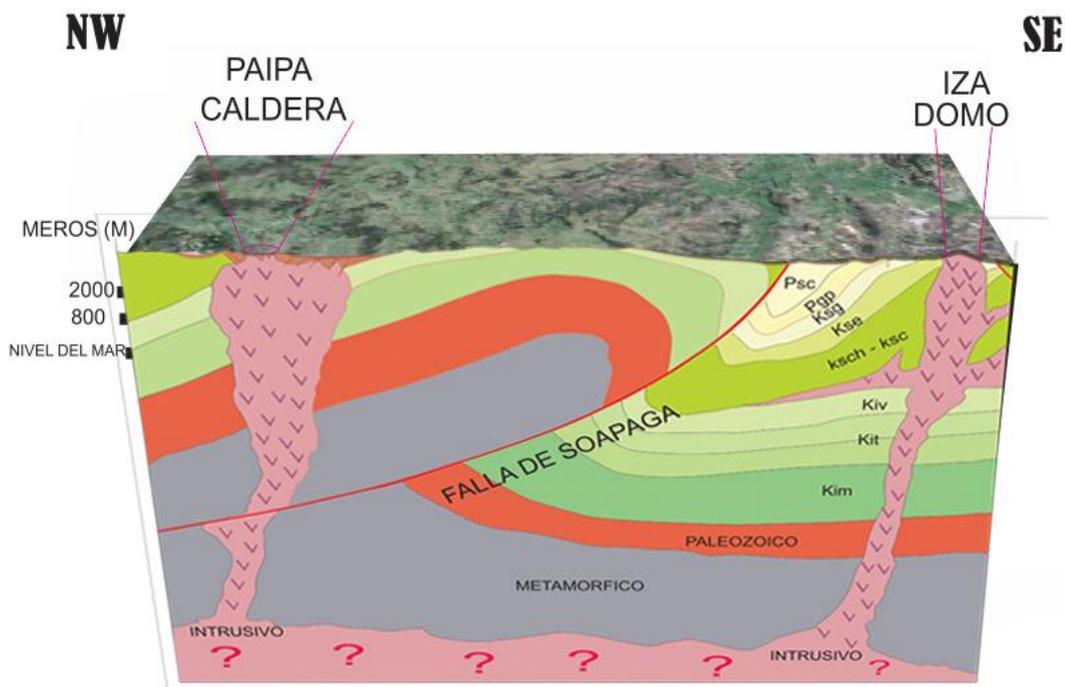


Ilustración 6. Bloque diagrama Volcán Paipa - Iza. Reyes (2017). Ilustración: adaptado por el autor.

Se muestra que el sector del Volcán Paipa – iza es un tipo de deformación que también aporta una serie de características estructurales, el modelo de cadena Antepaís es el resultado de esfuerzos compresivos, se puede diferenciar un tipo de deformación predominantemente transpresiva (Sistema de fallas de Boyacá-Soapaga) de las que tienen un carácter netamente compresivo, asociado a cabalgamientos. Los cuales ponen en contacto rocas antiguas (cretácico inferior)

con rocas relativamente más jóvenes (Paleógeno) y luego se produjo una inyección magmática a comienzos del cuaternario debido a el fracturamiento del basamento en la cordillera Oriental. El Cuaternario que cubre parte del área y dificultan la interpretación de relaciones estructurales entre las unidades pre-Neogenas en el Altiplano Cundiboyacense.

A profundidad al parecer el vulcanismo que se presenta en los municipios de Paipa e Iza constituyen a un mismo evento magmático. Las rocas volcánicas, cuya composición ha sido clasificada principalmente como riolítica ácida en Iza. Depósitos volcánicos piroclásticos y domos de composición traquítica con intercalaciones de depósitos sedimentarios se presentan en el sector de Paipa.

5 PERFIL GEOLOGICO PAN DE AZÚCAR – PIEDEMONTE LLAMERO

Este perfil geológico, como se ha mencionado, ha sido desarrollado por el Geólogo. Italo Reyes Chittaro, basado en la experiencia laboral y contrastado por estudios realizados en la zona, recoge ideas del subsuelo a partir de información de registro de pozos y perforaciones, busca explicar la evolución geotectónica del terreno de manera satisfactoria, permitiendo observar el comportamiento y la distribución de los esfuerzos que tuvieron lugar, las cuales generarían las diferentes fallas y plegamientos. Se encuentra delimitado por las fallas de Boyacá y Guaicaramo, abarcando 85.4 km de longitud, disectando el departamento de Boyacá en dirección NW - SE.

Ha sido el resultado de un largo proceso de cambios y modificaciones tectónicas y estructurales que se han presentado a través de la Historia Geológica de la parte más septentrional de los Andes Suramericanos y que han determinado el tridente cordillerano manifiesto en Colombia. La zona que hoy ocupa la Cordillera Oriental ha sufrido varias transgresiones y regresiones marinas producidas por sucesivos levantamientos orogénicos y hundimientos o subsidencias de grandes bloques de corteza continental, de lo cual existe un registro fósil y litológico que permite su datación.

5.1 ESTRATIGRAFIA

Se describen las sucesiones estratigráficas según la edad correspondiente al ambiente de depositación que se resalta en su composición litológica como la literatura geológica que les corresponden a las rocas de la misma edad: Basamento Cristalino, Serie Paleozoico Superior, Serie Molásica Mesozóica, Serie Cretácico- terciaria, Depósitos Post- andinos.

Se observan fallas de tipo inverso que afectan unidades del Cretácico Superior y Terciario Inferior, implicando un relieve topográfico y estructural menor. Estas fallas tienen su representación hasta en fracturas menores de afloramientos aislados y son anteriores con respecto a la deformación compresiva del Neógeno.

5.1.1 Basamento cristalino 439 MA:

IRVING E. (1971). En el cambro-ordovícico se presentaron depósitos sobre plataformas precámbricas de estructura miogeosinclinal, finalizando el periodo cambro-ordovícico a parecer ocurrió una orogenia intercratónica, donde se produce el metamórfico. En el final de esta fase orogénica, en el Macizo de Santander se presentó una intrusión de ortoneises graníticos sintectónicos.

En el corte geológico de la sección se presenta rocas metamórficas que suprayacen a los estratos sedimentarios, este antiguo basamento consiste de esquistos, cuarcitas y filitas sumamente plegados, asociados con gneis. También se observa entre la falla de Boyacá y Soapaga atravesando en la roca metamórfica un intrusivo de tipo ácido granítico, sin haber evidencia de que esto ocurra dentro de la serie sedimentaria, presentando una edad Cámbrico-Ordovícica.

El basamento cristalino fue reducido a un área de relieve variable de la ingresión del mar Devónico, a juzgar por la irregularidad de la sedimentación marina en el devónico.

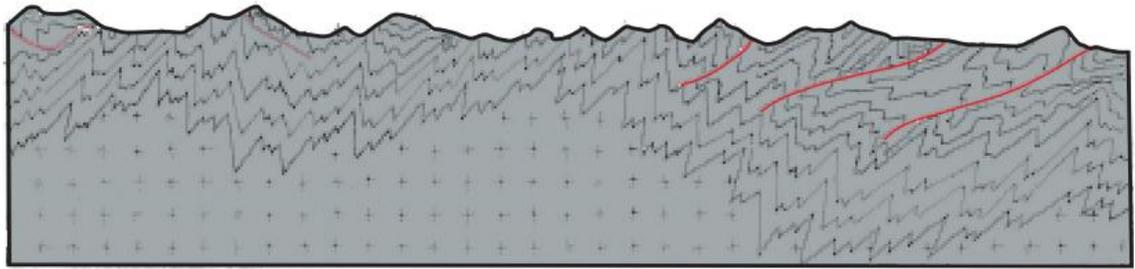


Ilustración 7.Final del Ordovícico una potente serie sedimentaria fue plegada, metamorfoseada e intruida dando lugar a una cordillera. Propuesto por Reyes (1984). Ilustración: adaptado por el autor.

5.1.2 Serie paleozoica superior 245 MA.

Final del Paleozoico 245 MA

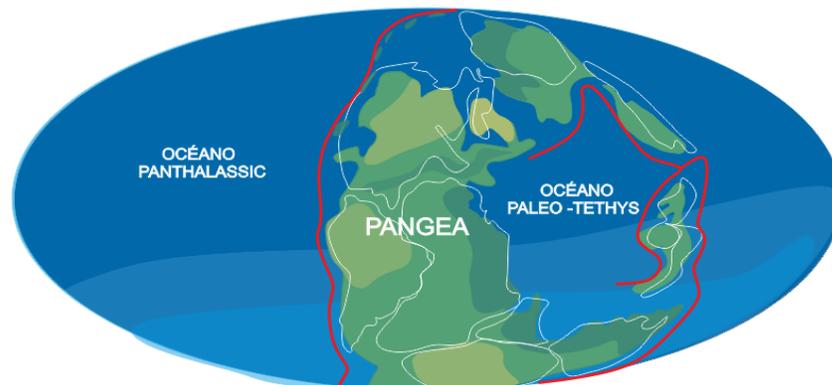


Ilustración 8. El mundo en el paleozoico superior completó la formación de grandes cadenas montañosas en América, Europa y Asia, como los Apalaches, o los Urales. Emergió la parte central de la Cordillera Andina. (<https://csociales.files.wordpress.com/2012/09/rasamareal.jpg>). Fuente: Scotese; Ilustración: adaptado por el autor.

Es la más antigua que se encuentra dentro de la sección del perfil, producto del avance del mar sobre el continente, en el Devónico, al oriente se encontraba el continente con rocas antiguas (Cambro-Ordovícicas), en estos mares se depositaron gravas, arenas, arcillas. Presentaban una vida marina con arrecifes

coralinos, mientras que la parte de la cordillera central se presentaba flujos de lava submarina con arcillas interdigitadas.

El evento distensivo que dio lugar a una serie de graben que fueron rellenados por las rocas de la serie Paleozoico superior, las cuales corresponden a una invasión marina en el devónico medio, el cual fue interrumpido por un levantamiento orogénico

Durante el Devónico Medio a Superior la sedimentación es representativamente marina, presentando facies transicionales a lo largo del carbonífero, es por lo tanto que en el área del pie demonte se deposita el GRUPO FARALLONES (Ulloa y Rodríguez; 1979) y en el área de del Macizo de Floresta las FORMACIONES FLORESTA Y CUCHE (Reyes 1984).

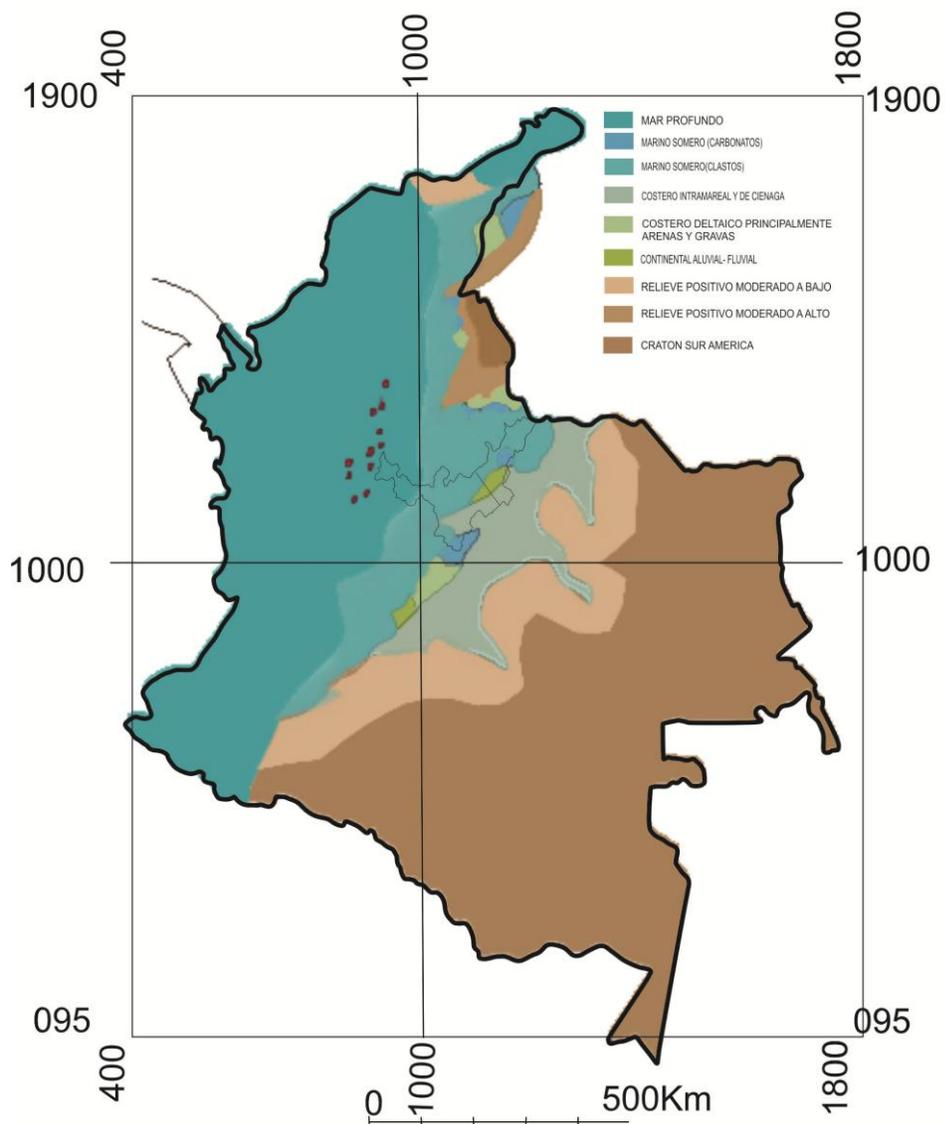


Ilustración 9. Devónico Inferior comienza una lenta subsidencia o hundimiento del área, lo que permite una nueva transgresión de las aguas oceánicas, que forman un lago interior de poca profundidad y circulación restringida, el cual presenta las condiciones para la sedimentación y acumulación de los materiales que actualmente se datan como del Devónico (Grupo Farallones, de acuerdo con lo expuesto por Rodríguez y Ulloa 1979), y llega hasta el Carbonífero-Pérmico (tiempo de la depositación de la Formación Cuche). Fuente: mapa paleogeográfico, Paleozoico Superior: (A, 1989) Ilustración: adaptado por el autor.

El evento distensivo que dio lugar a una serie de graben que fueron rellenados por las rocas de la serie Paleozoico superior, las cuales corresponden a una invasión marina en el devónico medio, el cual fue interrumpido por un levantamiento orogénico



Ilustración 10. A partir de la separación Laurasia y Gondwana, se hunden los bordes de la placa y se generan fallas de Graben en los bordes de Gondwana. Localmente el Graben la falla del Piedemonte Llanero. Representación de un ambiente marino en la localidad de floresta. Tomado de: <https://csociales.files.wordpress.com/2012/09/rasamareal.jpg>.

5.1.2.1 Devónico medio:

presenta un ambiente claramente marino luego de una extensa ingresión del mar este evento se puede observar gracias a que se aprecian fósiles de trilobites y algunas actinarias también conocidas como anémonas de mar, la formación que representa este ambiente se le dio el nombre de FLORESTA por ALVARADO B. y SARMIENTO R. (1944). ya que esta consta casi exclusivamente de arcillolitas amarillentas, a veces arenosas, con niveles de abundante fauna marina fósil, representada principalmente por Briozoos; Gasterópodos, Braquiópodos,

Crinoideos y Trilobites. Su mejor exposición se localiza en el municipio de Floresta (Boyacá).

El límite inferior de la Formación Floresta se coloca en el contacto discordante con el basamento cristalino. El límite superior es concordante y está localizado donde se inicia la secuencia de limolitas color crema de la formación Cuche.

Correlación.- La formación Floresta puede correlacionarse con la parte inferior del Grupo Farallones en el Piedemonte Llanero con una composición litológica de limolitas, arcillolitas y conglomerados.

5.1.2.2 Carbonífero - Pérmico:

Se representa con un ambiente de poca profundidad con episodios de transición por la presencia de calizas con escasos fósiles de edad carbonífero, este episodio se le denominó con el nombre de FORMACIÓN CUCHE por BOTERO RESTREPO G. (1950), aunque se hace difícil dar una edad precisa ya que la base de la formación es de difícil identificación debido a que el límite inferior es gradual. El límite superior no existe, ya que fue erosionada la parte alta de la formación antes de la sedimentación del Jurásico. En varios sitios los estratos del Cretáceo inferior apoyan directamente en discordancia sobre la formación Cuche.

Considerando que la formación se halla ya plegada antes de la trasgresión cretácea y que los depósitos de la molasa Jurásica, depositada antes que los estratos del Cretáceo, es un típico sedimento post-orogénico, la formación Cuche no alcanzaría el Permiano al encuadrar el plegamiento en la fase final de la orogenia de los Apalaches Reyes (1984).

Se aprecian dos conjuntos de depositación, el inferior compuesto por arcillolitas y limolitas de color amarillento, bien estratificadas, sobre la que reposan unos bancos de arenisca masiva con estratificación cruzada y arcillolitas rojo vino tinto, que determinan una morfología suave del terreno. El conjunto superior consta de areniscas compactas pardas, bien estratificadas, con interbancos de arcillolita roja.

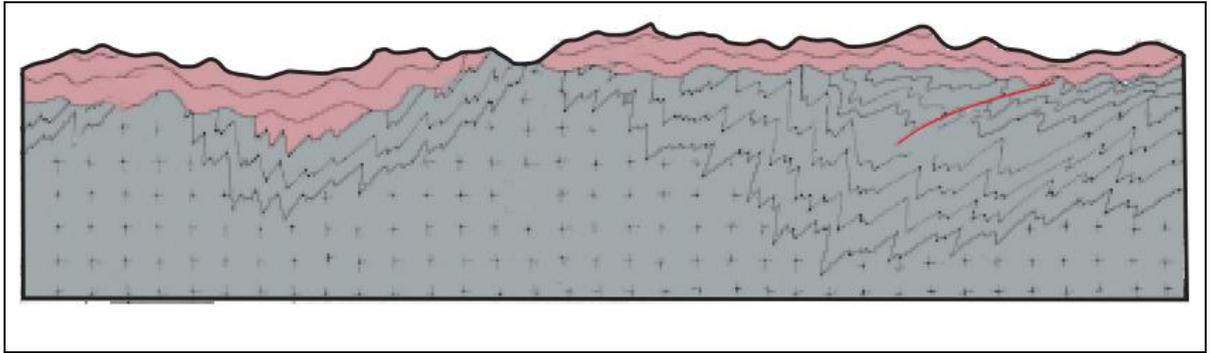


Ilustración 11. Sobre la superficie de erosión del basamento cambro ordovícico se deposita una serie sedimentaria, que es deformada y levantada a finales del Paleozoico. (Paleo-Andes). Propuesto por Reyes (1984). Ilustración adaptado por el autor.

5.1.3 Serie Molásica – Mesozoica 145.5 MA:

Se desencadenó un fuerte vulcanismo continental, durante el Jurásico se depositaron gruesos espesores de rocas sedimentarias de origen continental, con capas rojas de conglomerados, posiblemente de ambientes desérticos con amplias extensiones, en este periodo se observa buena actividad intrusiva y extrusiva.

5.1.3.1 Triásico- Jurásico:

Se describe un ambiente depósito fluvial se puede interpretar un ámbito de acumulación de origen continental representado por la superposición de corrientes especialmente trenzadas, con sus respectivos planos de inundación, por sus cambios rápidos de espesor. Se le denominó FORMACIÓN GIRÓN por HETTNER A. en 1892 a la serie de estratos rojos que afloran al suroeste de Bucaramanga, en los alrededores de la población de Girón. Se distingue por presentar conglomerados, con intercalaciones de areniscas conglomeráticas a grano medio, arcillolitas de capas delgadas, los conglomerados están compuestos principalmente por cantos rodados provenientes de las areniscas de la formación Cuche, fácilmente identificados por su color y textura, Las areniscas presentan

estratificación cruzada y como los conglomerados, son generalmente de color rojo-violeta o rojo-amarillo; también las hay grises o pardas debido seguramente a la abundancia de restos vegetales que contienen, tal como se puede observar en los afloramientos al este del sinclinorio de Soapaga.

La formación Girón yace discordante sobre el basamento cristalino o sobre los estratos del Paleozoico Superior. El límite superior se localiza al contacto con la base de la serie cretácica, originada en un mar que, como anota CEDIEL F. (1969) "trasgrede, cubriendo con su conglomerado basal toda la región y ocasionando localmente discordancias angulares muy suaves con la formación Girón". Hay buenas exposiciones del contacto Girón-Cretáceo en las cabeceras de las ensenadas de Nobsa, Chameza, Qda. Tunavita (Belencito), Qda. Malsitio y al suroeste de Nobsa en la autopista central.

Los estratos rojos de la formación Girón tienen gran extensión en la cordillera oriental, desde esta región hasta el flanco suroriental de la Sierra de Santa Marta, el sur de la Guajira y la Serranía del Perijá.

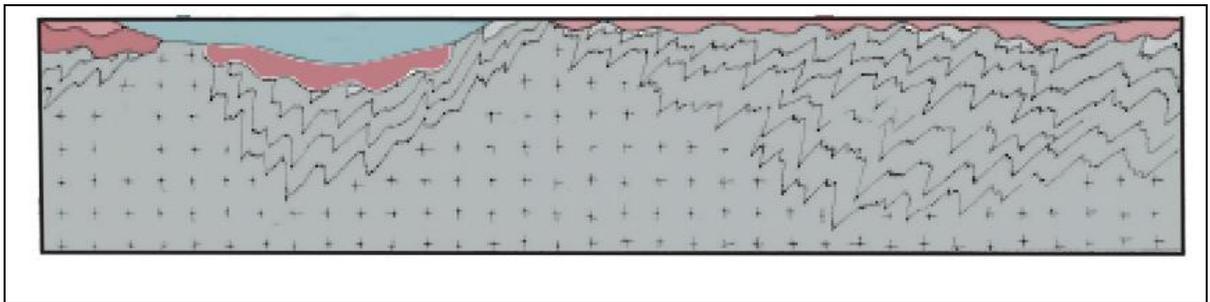


Ilustración 12 Los Paleo-Andes son arrasados a principios del Mesozoico y en las cuencas internas se ha depositado la molasa Jurásica. Reyes (1984). Ilustración: adaptado por el autor.

5.1.4 Serie Cretácica 65 MA:

Cretácico 140 MA

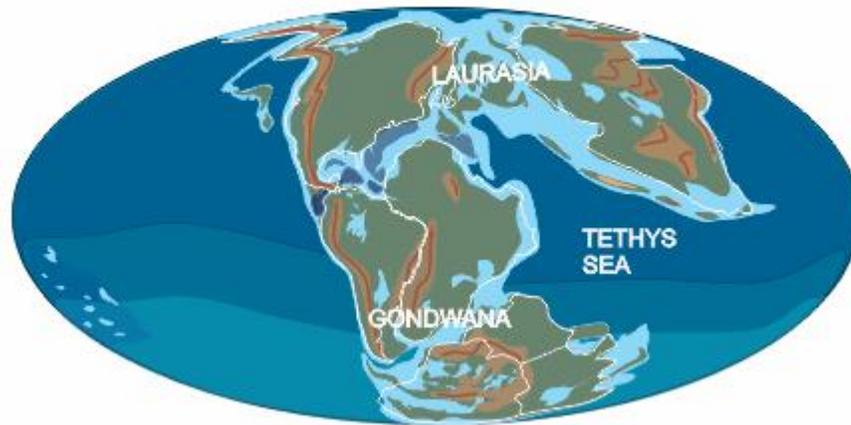


Ilustración 13 Durante el cretácico se originó la formación del océano Atlántico. Intensas erupciones de basalto provocan la subida en 300 metros del nivel de los océanos inundando los continentes. <http://www.terra.es/personal5/museumfossi/pagina7.htm>. Fuente: Scotese; Ilustración: adaptado por el autor.

En el cretácico se demarca nuevamente una transgresión marina, una cuenca de buen espesor de sedimentos marinos provenientes de los Macizos del Paleozoico y de la región del escudo Guayanés, el Cretácico presenta riqueza en fósiles, las amonitas encontradas en Villa de Leyva, la riqueza en materia orgánica que viene en sedimentos litificados que hoy se encuentran en cuencas petroleras.

La ingresión marina del cretácico inferior cuadro la apertura de una potente serie sedimentaria, que sigue en un desarrollado periodo de erosión del territorio. El cretáceo inferior y medio esta demarcado de un ambiente marino. El cretáceo superior predomino el ambiente marino, exceptuando su parte superior que presenta depósitos de ambientes sedimentarios de transición. En periodo geológico entre el cretácico y el terciario no se observa ninguna discordancia, presentan una depositacion gradual por lo que es difícil dar una identificación del límite exacto, sin embargo los depósitos de terciario son preferiblemente continentales. Reyes (1984)

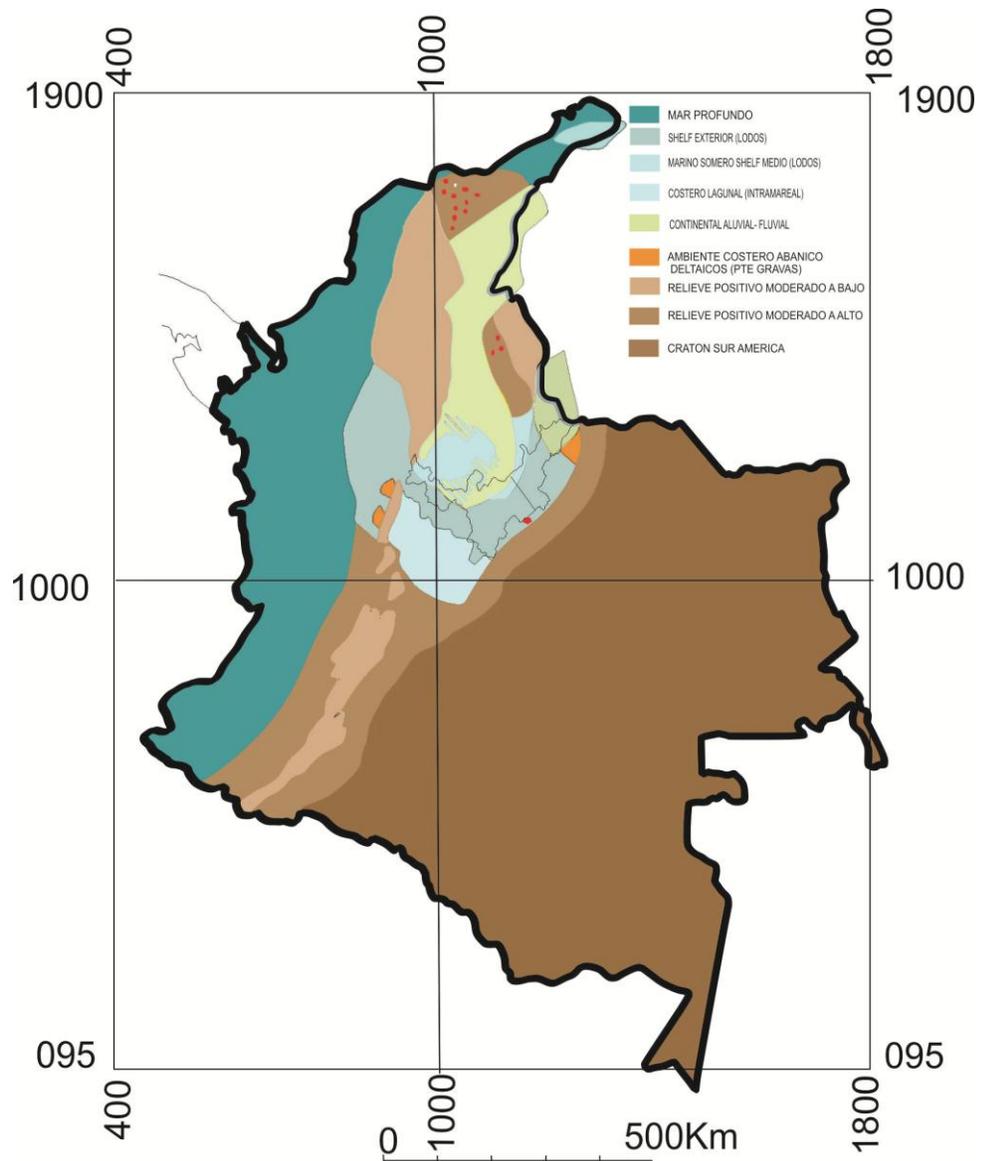


Ilustración 14 El mar Cretácico cubre así una superficie irregular formada principalmente por las rocas sedimentarias plegadas del Paleozoico Superior, depositando sedimentos detríticos, primero finos (Lutitas de Macanal) y luego gruesos (areniscas de Las Juntas), en un mar poco profundo que tenía la forma de un golfo estrecho, alargado en sentido Norte - Sur, que se extendía entre las zonas emergidas de Arauca y Casanare al Este y el Macizo de Santander al Oeste, en dirección a la región del Táchira en Venezuela. Los aportes detríticos para este pequeño mar interior provenían del Norte y del Este, en donde afloraban rocas metamórficas y eruptivas del Escudo de la Guayana y rocas sedimentarias precámbricas, paleozoicas y jura-triásicas. . Fuente: mapa Paleogeográfico; Berreiasiano-Valangmiano: (A, 1989). Ilustración: adaptado por el autor.



Ilustración 15. Llega el cretácico con una transgresión marina, inundando hacia el sur el continente, surge vida marina, grandes reptiles acuáticos son los reyes del cretácico, Ilustración: adaptado por el autor.

5.1.4.1 Berreiasiano 145.5 MA – Valangimiano 136.0 MA:

Se describe como un ambiente marino de aguas someras en una cuenca cerrada, con base a fósiles de amonitas colectados en el río Batá. Su sedimentos están constituidos, principalmente, por una sucesión de capas de lutitas negras, piritosas, ligeramente calcáreas, con nódulos alargados, generalmente arenosos y orientados en forma paralela a la estratificación, con intercalaciones de arenitas finas de cuarzo, grises oscuras, cemento silíceo, en capas medias a gruesas.

Ulloa & Rodríguez (1979a) le designaron el nombre de FORMACIÓN LUTITAS DE MACANAL a la secuencia que aflora en el río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda.

5.1.4.2 Hauteriviano 131.0 MA – Barremiano 124.6 MA – Aptiano 107.5 MA – Albiano medio 91,75 MA:

Hacia el Piedemonte Llanero se presentó un ambiente marino superficial principalmente con aporte de sedimentos de arenas seguido por un aporte de sedimentos de grano fino (Shales) con circulación restringida, hacia la parte de la cuenca de Sogamoso – Paz del Rio este periodo de tiempo geológico se presenta un ambiente de transgresión marina sobre una superficie de erosión, por el grado de inmadurez de los sedimentos arenosos, debió presentarse una subsidencia más rápida que la sedimentación. Reyes (1984).

En el pie demonte llanero Ulloa & Rodríguez (1979), para representar la secuencia estratigráfica compuesta por llanero el ambiente es continental deltaica. Como El término Formación Areniscas de Las Juntas. La formación está constituida por cuarzo arenitas grises claras, de grano fino, estratificadas en capas gruesas a muy gruesas, con delgadas intercalaciones de lodolitas negras micáceas. Esta formación se data para el Hauteriviano, Bürgl (1960). Para designar una sucesión de sedimentos de grano fino de capas compuestas por esquistos piritosos, caliza cristalina, arenisca calosa y areniscas cuarcíticas se le dio el término Fόμεque fue propuesto originalmente por Hubach (1931). Quien considero a la formación de edad Hauteriviano, debido a la presencia de *Olcostephanus* en la base de la formación. Aunque al parecer va hasta el Albiano medio.

Hacia la cuenca de Sogamoso – Paz del Rio; el ambiente de transgresión marina se le dio el nombre FORMACIÓN TIBASOSA por Renzoni (1981).

Presentando tres miembros definidos por Reyes en su libro de Estratigrafía de Boyacá publicado 1984, el miembro inferior presenta conglomerados en la base, alternancia de areniscas friables con limonita morada, azulada y verdosa, finalmente la arenisca parda, compacta, bien estratificada. Miembro intermedio lo denomino FORMACIÓN BELENCITO por la presencia de banco de caliza arenosa con alternancia de arcillolitas fisibles y areniscas calcáreas. Un miembro superior

con arcillolitas fisibles verdosas en su base, intercalaciones de capas delgadas y nódulos de caliza arenosa, en la parte superior presenta arenisca gris, de grano fino, micácea, con interbancos de arcillolita gris. Indican una edad probable de Hauteriviano y mediados o finales del Albiano, respectivamente. Esta formación se correlaciona cronológicamente con las FORMACIONES ARENISCA DE LAS JUNTAS Y FÓMEQUE.

5.1.4.3 Albiano 97.0 MA- Cenomaniano medio 92.0? MA:

Indica un ambiente costero con abundante aporte arenoso proveniente probablemente del escudo y culminando con un ambiente marino somero, corresponde una sedimentación de arenisca cuarcítica, blanca, duras, con estratificación cruzada, finalizando con depósitos de arenisca gris, con intercalaciones de arcillolita gris, a veces carbonosa. RENZONI G. (1981) denominó a esta facie con el nombre de Formación Une tal como fueron descrita por HUBACH (1931). Que se deriva por la población de Une al oriente de Bogotá por la fauna fósil recolectada en la localidad de Une.

Se resaltan en la topografía formando zonas escarpadas características. En el flanco noroccidental del valle de Sogamoso la formación está invertida y truncada por la *Falla* de Soapaga.

La formación Une origina escarpes. Característicos y serranías altas. La correlación con esas areniscas y con el Miembro de Aguardiente de la formación Uribante en Norte de Santander es más bien litoestratigráfica y no exactamente cronoestratigráfica.

5.1.4.4 Cenomaniano superior 90.4 MA – Turoniano 88.5 MA- Coniaciano inferior 87.5? MA:

Para este periodo de tiempo geológico se presentó un ambiente de sedimentación típicamente de un mar interior por fauna fósil de cefalópodos ETAYO – SERNA (1968). “Probablemente por subsidencia continua aunque sin grandes variaciones respecto a la profundidad del mar” Caicedo (2005, p.31). En el sector cuenca

Sogamoso – Paz del Rio se le denomino GRUPO CHURUVITA Y CONEJO, en la parte del pie demonte llanero toma el nombre de FORMACION CHIPAQUE. Estas denominaciones fueron dadas por Renzoni (1967) y Etayo (1968b).

Constituida por lodolitas negras, con intercalaciones esporádicas de calizas y algunos niveles de carbón, principalmente hacia la parte inferior y media; en la parte superior se presentan areniscas de cuarzo, de color gris claro a gris oscuro y esporádicos y delgados niveles de carbón.

5.1.4.5 Santoniano 83.0 MA – Campaniano 74.0 MA:

Se presentó como un primer episodio un Ambiente de sedimentación marino siliciclastico somero (no litoral). Luego se produjo de plataforma, con poca influencia clástica grueso granular. y por ultimo pudo haber sido el de aguas marinas poco profundas en zonas de plataforma, Fabre (op. cit.).

Renzoni (1962, 1968), coloca este evento de ambientes elevándolo como GRUPO GUADALUPE en tres FORMACIONES denominadas ARENISCA DURA, PLAENERS, LOS PINOS. La primera presenta una litología cuarzosa arenitas de grano fino, en capas que varían entre muy delgadas a muy gruesas, lenticulares a plano-paralelas; intercaladas ocurren limolitas de cuarzo, de estratificación delgada a muy delgada y lodolitas negras laminación es fundamentalmente ondulosa no paralela, a veces discontinua, afectada por bioturbación.

Plaeners litológicamente está compuesta por lilitas y chert, con delgadas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas laminadas, comúnmente silíceas. La estratificación es casi invariablemente paralela, en capas delgadas y rara vez media y normalmente presenta abundantes cantidades de foraminíferos del género *Siphogenerinoides*.

Los pinos Compuesto por arenitas de cuarzo de grano fino a medio, en estratos medios a gruesos, estratificación plano paralela a plano inclinada, con delgadas intercalaciones de arcillolitas fósiles de color negro. En el sector oriental de la

Laguna de Tota este conjunto se puede interpretar como una lengüeta de la Arenisca de Labor del área de la Sabana de Bogotá.

5.1.4.6 Maastrichtiano 65 MA:

Depósitos de facies “parállica”, en lagunas y pantanos de gran extensión adyacentes a la línea de costa. Areniscas glauconíticas presentes en la parte media del miembro superior indican invasiones marinas temporales. La alternancia de mantos de carbón con areniscas y arcillolitas significa constantes oscilaciones verticales de la zona costera. se asigna esta facie por VAN DER HAMMEN T. (1955) con base en el análisis palinológico de los mantos de carbón. El límite Cretáceo-Terciario.

Por presentar conjunto de bancos de carbón fue denominada FORMACION GUADUAS por ALVARADO B. y SARMIENTO R. (1944), por semejanza con la formación equivalente definida por HETTNER A. (1.892) en la región de Guaduas Cundinamarca. Arcillolitas laminadas a no laminadas, de color gris claro a abigarradas, con intercalación de cuarzoarenitas grises, de grano fino a medio y algunas capas de carbón. Restos de hojas y fragmentos pequeños de material vegetal carbonizados, son comunes a lo largo de la secuencia.

Para las tres edades anteriores se correlacionan con el GRUPO PALMICHAL dado por Rodríguez y Ulloa (1979) en el sector del Pie de monte llanero, presentado un ambiente marino de aguas someras con influencia deltaica. Presentado una litología areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, a veces friables, con intercalaciones de lutitas y limolitas grises claras a oscuras, en capas muy delgadas; hacia el tope se presentan niveles de conglomerados finos, con cantos subredondeados, con estratificación cruzada. En la parte media se presentan lentes de caliza. Este Grupo se extiende hasta el Paleoceno Inferior. Ulloa et al, (1988).

5.1.5 Terciario 1.64 Ma:

Paleoceno 60 MA



Ilustración 16. Panorama mundial del Paleoceno 60 MA: En cuanto a los movimientos globales, el continente Nor-Atlántico subsiste unido por la zona septentrional con Norteamérica; por el este, Europa y Asia se separan por un amplio brazo de mar. En el antiguo continente de Gondwana, Madagascar se separa de África, la India aparece aún relacionada por un rosario de islas y Sudamérica se separa, formando un continente aparte de Norteamérica. <http://www.terra.es/personal5/museumfossi/pagina7.htm> . Fuente: Scotesse; Ilustración: adaptado por el autor.

En el terciario los mares se retiran de la mayor parte del territorio colombiano, subsiste una franja con gruesa sedimentación marina al occidente de la cordillera central, el resto del país es continente, con extensas zonas pantanosas en donde a fines del cretácico hubo mares poco profundos, rodeados por montañas. En extensas ciénagas y zonas deltaicas.

En el comienzo del plegamiento se formaron serranías de estructura anticlinal y valles sinclinales intermedios, aun no existía el río Magdalena tal como hoy se conoce, hubo presiones orogénicas en el Eoceno inferior, la orogenia Pre-Andina, plegando aún más las estructuras y levantándolas por encima del nivel de erosión y motivando el desplazamiento de bloques de las rocas más rígidas de la cordillera central, nacen las fallas de la Salina, Soapaga, Bucaramanga-Santa Marta, Oca y el tren de fallas de borde de la cordillera oriental entre ellas la de Guaicaramo, en

la cuenca de Chicamocha se formaron los depósitos estratigráficos de hierro oolítico, en terciario medio se emplazaron grandes masas dioríticas que se encuentran instruidos en Paipa e Iza. LOBO GUERRERO (1987).

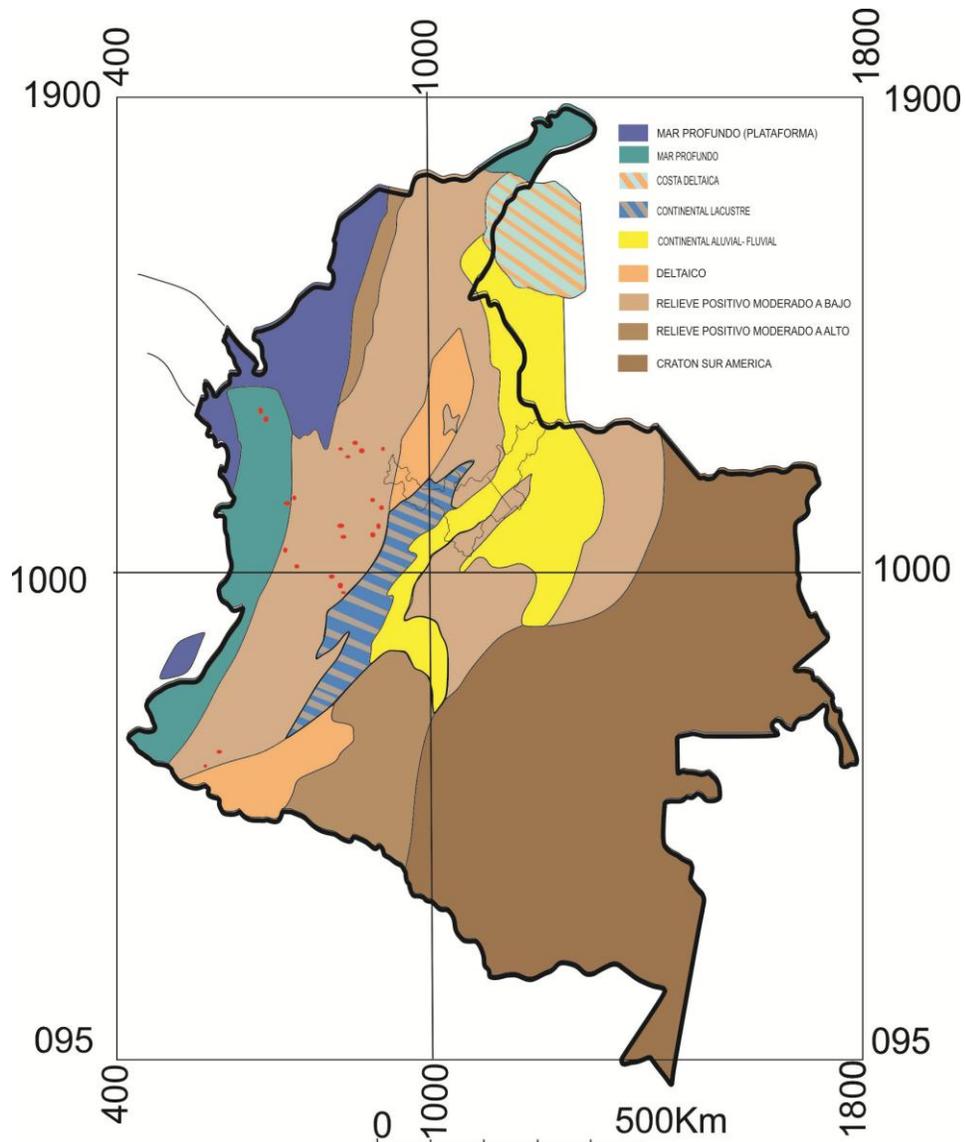


Ilustración 17. Mapa Paleogeográfico; Maastrichtiano-Paleoceno Superior: finales del Cretácico comienzan a manifestarse los primeros movimientos tectónicos de la orogenia Andina, y en el curso de varias fases tectónicas cenozoicas se produce un solevamiento fuerte (Burgl, 1967). Estos movimientos de la cuenca de finales del Cretácico y comienzos del Paleógeno producen una superficie irregular, en donde las áreas menos elevadas reciben aportes de tipo pantanoso o deltáico e incluso algunas zonas inician ya una sedimentación de tipo fluvial, Esta época es caracterizada por la depositación de una alternancia de arenas, conglomerados y lodos, entre los cuales ya existen varias capas de carbón. Fuente: mapa Paleogeográfico; Maastrichtiano-Paleoceno Superior: Ilustración: adaptado por el autor.

Antes del Plioceno no hubo conexión por tierra entre sur y Norte América. Con el nacimiento de Istmo de Panamá la fauna de Sur América y Norte América pudo migrar de un lado para el otro, enriqueciéndose Colombia de fauna y flora. La orogenia andina es el periodo más fuerte en el plegamiento de las rocas.



Ilustración 18 Representación del paleógeno (Formación Arcillolitas de Socha), Cuando se alcanza el Terciario los mares se retiran se dan ambientes de llanuras de inundación zonas pantanosas rodeadas de pequeñas montañas. Ilustración: adaptado por el autor.

5.1.5.1 Paleoceno 56.6 MA:

Se originó probablemente en facies de estuario, con episodios lagunares en la parte inferior. Contiene polen fósil del Paleoceno, Según VAN DER HAMMEN T. (1.955). Se presenta como límite Cretáceo-Terciario. En la parte superior su origen es predominantemente continental, formada en lagunas litorales presenta fauna fósil de fragmentos de algas, en la parte media inferior y media superior de los sedimentos, pueden indicar tratarse depósitos de aguas salobres durante rápidas invasiones marinas.

ALVARADO B. y SARMIENTO R (1944) Denominaron a la secuencia sedimentaria inferior como La FORMACIÓN SOCHA INFERIOR toma su nombre de la población de Sochaviejo. Una secuencia de arcillolitas rojas y abigarradas, alternadas con banquitos de arenisca, secuencia que es asimilable más a la facies del Terciario continental. Presenta una litología de una gruesa secuencia de areniscas cuarzosa, de grano variable, que yacen sobre un conjunto de arcillolitas alternantes con areniscas en estratos delgados.

La parte superior del Paleoceno está constituido esencialmente de arcillolitas con algunas intercalaciones características de areniscas. Hay tres niveles importantes de arenisca de gran continuidad regional. Esta secuencia fue denominada como FORMACIÓN SOCHA SUPERIOR, por ALVARADO B. y SARMIENTO R. (1944).ya que aflora al sur del pueblo Sochaviejo y que se desarrolla por encima de las Areniscas de Socha.

En la sección del Piedemonte Llanero se presenta un ambiente entre pantanoso a lagunar marino, con una litología de arcillas grises y verdosas, con intercalaciones de cuarzoarenitas blanco amarillentas, de grano medio a grueso en capas, Presenta una morfología ondulada con pendientes suaves. . HUBACH (1941); en Van Der Hammen, (1960) le definieron a la secuencia sedimentaria como FORMACIÓN ARCILLAS DEL LIMBO, aflora como una faja muy delgada en la parte baja del filo de Guaicáramo, en el extremo oriental del departamento.

5.1.5.2 Eoceno 35.4 – Oligoceno - 23.3:

Presenta un ambiente continental posiblemente deltaico, de gran variabilidad lateral según VAN DER HAMMEN (1957) para el Eoceno inferior a medio en el área del Catatumbo.

ALVARADO Y SARMIENTO (1994) denominaron a la secuencia sedimentaria como FORMACIÓN PICACHO, presenta un a litología en la base de arenisca blanca, de grano fino a grueso, con niveles conglomeráticos masivas,

estratificación cruzada. En la sección superior de la formación se muestra areniscas masivas con estratificación cruzada, arcillolitas verdosa a gris, arenisca parda de grano grueso culminando con arcillolita habana dura.

Durante Eoceno Superior-Oligoceno Inferior y la parte superior alcanza el Oligoceno Medio en la cuenca de Sogamoso – Paz del Río la facies varían de paludal a lagunar, con episodios de inundación salobre como lo evidencia la existencia de yeso en la parte media del conjunto inferior. El banco de oolita ferrifera muestra superficies con "mud cracks"(grietas de desecación) y fragmentos sideritizados de vegetales (ramitas, semillas, etc.) diseminados, lo que indica un ambiente paludal con desecaciones locales periódicas y escaso aporte detrítico de la cuenca. En el estudio del polen de algunas zonas (VAN DER HAMMEN (1957) permite fijar una edad bien establecida. Fue denominada como FORMACIÓN CONCENTRACIÓN por ALVARADO B. y SARMIENTO R. (1944) a la sección que aflora en los alrededores del caserío de Concentración, sobre la carretera Belén- Paz de Río

En el eoceno superior hacia el Piedemonte Llanero Ocorre en un ambiente deltaico, con algunas influencias lagunares marinas. Areniscas conglomeráticas, arcillolitas, areniscas y lutitas. Conglomerados con cantos redondeados de cuarzo con matriz arenosa, que en algunas partes cambian a areniscas de grano fino, interestratificadas con arcillolitas, lutitas y cuarzoarenitas de grano fino a medio, a veces conglomeráticas, con estratificación cruzada y huellas de ichnofósiles. Hacia la parte media, presenta un estrato lenticular de hierro oolítico. HUBACH (1941); EN VAN DER HAMMEN, (1960) denominaron a esta secuencia estratigráfica como FORMACIÓN ARENISCAS DEL LIMBO, fue establecida cerca al caserío El Limbo, 2 Km al noroeste de El Morro y sobre el Río Cravo Sur (Rodríguez y Ulloa, 1976).

Para el oligoceno en este mismo sector se presentó un ambiente marino lagunar con influencias deltaicas. Está compuesta por arcillolitas grises y cuarzoarenitas de grano medio a grueso, RODRÍGUEZ Y ULLOA, (1979) le dan el nombre de FORMACIÓN SAN FERNANDO.

Las formaciones Areniscas de Socha, Arcillas de Socha y Picacho principalmente, contienen fragmentos de rocas sedimentarias y metamórficas que demuestran el levantamiento del Macizo de Santander desde el Paleoceno. Esta nueva fuente de material detrítico comienza a ser activa desde este momento, y las areniscas que se forman con posterioridad, muestran que los materiales provienen tanto del Escudo como del Macizo. , RODRÍGUEZ Y ULLOA, (1979)

5.1.6 Cuaternario (se presenta hasta la actualidad):

El plegamiento andino, que comenzó en el Mioceno, culminó con la elevación de la Cordillera Oriental hasta la actual altura, por la gran cantidad de material proveniente de la constante erosión que se fue acumulando en las depresiones de las zonas bajas.

Tratándose de cuencas sedimentarias intermontanas, los depósitos cuaternarios presentan suma irregularidad y su historia geológica es compleja y difícil de descifrar. Tales depósitos consisten en rellenos aluviales, sedimentos lacustres y fluviales, terrenos glaciales y materiales coluviales, en muchos casos entrelazados unos con otros para formar depósitos mixtos. REYES (1984)

5.1.6.1 Aluvial antiguo – Qpv:

Depósitos formados por conglomerados aluviales de gran espesor son observables en varios sitios de la región. Al occidente de Sogamoso (Cerro La Cruz), es uno de los ejemplos de conglomerado que presenta diferenciación en sus dimensiones.

Los depósitos aluviales de este tipo son probablemente los terrenos más antiguos posteriores al levantamiento andino de la región y su edad se coloca con toda probabilidad en el Pleistoceno Inferior (Villafranquiano). El hecho de estar constituidos de material proveniente de areniscas cretáceas indica que los conglomerados se acumularon al quedar expuesta una extensa área de las formaciones cretáceas, fenómeno debido tal vez a un "destape" tectónico.

Los depósitos aluviales debieron rellenar gran parte de las paleo-cuencas, por lo que es posible que actualmente cubran el fondo de los grandes valles

En el área estudiada se diferenciaron los siguientes tipos de depósitos cuaternarios:

5.1.6.2 Glaciares (Qm):

Depósitos glaciares constan de una serie de morrenas, formadas por bloques angulares, de arenitas y conglomerados, en una matriz areno arcillosa, sin ninguna selección.

5.1.6.3 Coluviales (Qc):

Con el término coluviales se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

5.1.6.4 Aluviales (Qal):

Depósitos aluviales se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas, en una matriz areno arcillosa. Presentan una morfología plana.

Parte superior alcanza el Oligoceno Medio. En cuanto al origen, la facies varía de paludal a lagunar, con episodios de inundación salobre como lo evidencia la existencia de yeso en la parte media del conjunto inferior. El banco de oolita

ferrifera muestra superficies con "mud cracks" y fragmentos sideritizados de vegetales (ramitas, semillas, etc.) diseminados, lo que indica un ambiente paludal con desecaciones locales periódicas y escaso aporte detrítico de la cuenca

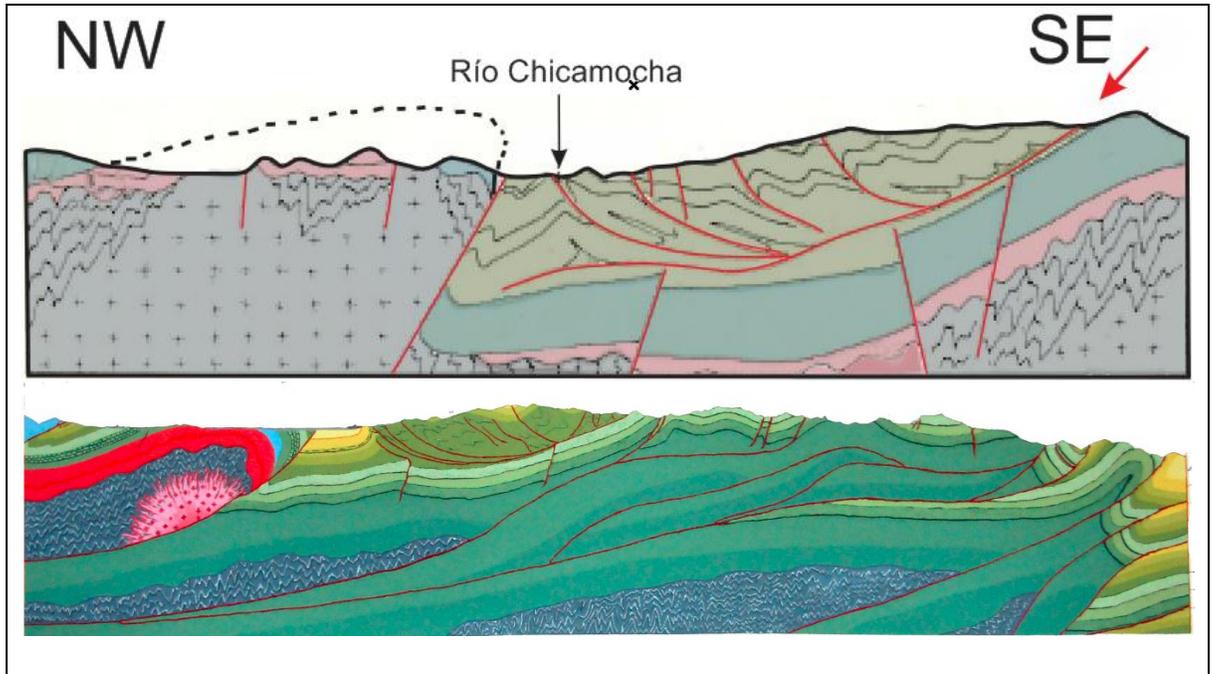


Ilustración 19. Actual plegamiento: Situación morfoestructura actual, a raíz de la de la formación y del levantamiento de los depósitos Mesozoicos y Cenozoicos, durante y después de la orogenia andina. Reyes (1984-2017). Ilustración: adaptado por el autor.

6 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona de la sección del perfil se ubicó en una tectónica expansiva que originó una inversión tectónica o un “mega horst” (grande elevación de terreno entre dos fallas inversas), cuyas fallas laterales y discontinuidades estratigráficas denotan un sistema estructural de bloques en forma de escamas o “tajadas”, unas gruesas y otras delgadas, montadas o cabalgando la una sobre la otra.

El sector Duitama – Sogamoso: corresponde a una escama delgada en el límite noroccidental del perfil, constituida por las fallas de cabalgamiento de Boyacá y de Soapaga. Está conformado por zonas bien diferentes tanto geológica como morfológicamente: constituido por el Macizo de Floresta, el Páramo Pan de Azúcar y por los altiplanos de Duitama y Sogamoso. Donde el basamento constituido por rocas Igneo-Metamórficas es oculto por la cobertura sedimentaria compuesta por rocas del paleozoico superior, Cretácico Superior y del Paleógeno, actualmente se presenta una depositación de materiales cuaternarios. Reyes (1984)

Estructuralmente, el Macizo de Floresta es un anticlinal amplio, delimitado en sus flancos por dos fallas inversas importantes: la de Boyacá al occidente y la de Soapaga al oriente, ambas de orientación Suroccidente - Nororiente. El eje de esta estructura delimita simétricamente un anticlinal y un sinclinal antiguos cuyo núcleo está formado por rocas cristalinas Pre-Devónicas y sedimentarias Devónicas, así como fallas, localmente pliegues más estrechos, de edades Paleozoicas y Mesozoicas. . Reyes (1984). Las rocas metamórficas fundamentalmente están constituidas por neis cordierítico, gris oscuro, filitas y esquistos micáceos: El intrusivo es un granito rosado escaso en mica.

Tanto la Falla de Boyacá como la de Soapaga han presentado reactivaciones que agarran en las rocas del basamento de la cordillera, muy por debajo de la cobertura sedimentaria. Estas fallas tienen vergencia hacia el Sureste; la de

Boyacá pone en contacto rocas de edad Jurásica con rocas de edad Cretácica y la de Soapaga pone en contacto rocas de edad Cretácica al Sur y basamento Pre-Devónico al Norte, con rocas que presentan edades del Paleógeno, muy deformadas, al oriente. Etayo et al (2007)

En el sector oriental se encuentra limitado por la Falla de Soapaga al occidente y las fallas de Santa María y Chivor al Suroriente y Guaicáramo al nororiente. Representa lo que se ha denominado como el tren de fallas de la cordillera oriental y es la zona más ampliamente tectonizada del departamento. La cobertura sedimentaria la constituyen rocas del Cretácico, del Paleógeno y del Neógeno y se encuentran fuertemente plegadas y fracturadas, por fallas normales e inversas de bajo ángulo y poco salto, Esta intensa deformación de la cobertura sedimentaria resulta del empuje y las continuas reactivaciones de la falla de Soapaga, junto con el amplio papel tectónico que han jugado en la zona los sistemas de fallas del borde oriental de la cordillera oriental, tales como la falla de Guaicáramo, fallas de cabalgamiento con vergencia en una sola dirección. El modelo más sencillo para explicar este tipo de estructura es el esquema clásico de Antepaís. La Falla de Soapaga pone en contacto, como se dijo anteriormente, rocas sedimentarias replegadas del Cretácico, encima de rocas del Paleógeno e incluso del Neógeno. Formando una estructura dúplex por colapso de la rampa. Este tipo de estructura implica grandes acortamientos de la corteza terrestre. Reyes (2012) PRIMER SIMPOSIO INTERNACIONAL MINERO-AMBIENTAL.

7 RESULTADOS ESPERADOS

La ilustración científica desarrollada como parte visual de la ciencia, facilite su entendimiento y difusión. Aunque la ciencia tiene que ser exacta, Una ilustración científica puede tener más poder que una fotografía. Puede destacar y detallar la parte más importante de una imagen, logra representar elementos desapercibidos por el ojo humano o incluso inexistente en la actualidad (reconstrucciones). Por eso en la ilustración científica a veces hay que tomar decisiones complicadas. Se plasma un proceso complejo para una audiencia totalmente ajena a la ciencia, de manera que despierte interés y que las personas que observen el trabajo aprendan de él.

Generar un punto de discusión de tipo técnico científico en torno al modelo en profundidad de la geología estructural del departamento de Boyacá en la zona de estudio.

Las discusiones y preguntas que se darán en este punto permitirán al área industrial y minera tomar sus propias conclusiones y la gente del común conocer la forma en que se interpreta la geología a partir de modelos teóricos en proyecciones técnicas.

Personas invidentes podrán tocar los modelos geológicos propuestos y mediante acompañamiento de un guía logran por primera vez en el país comprender de forma básica como es un modelo geológico.

8 PRODUCTOS ENTREGABLES

Ilustración científica modelo geológico de la sección Pan de azúcar – pie de monte llanero.

Ilustración científica de dos Bloque diagramas asociados.

Montaje a cargo del equipo de trabajo del museo universitario de Ingeniería Geológica UPTC.

Informe de la recopilación histórica geológica de la sección Páramo Pan de Azúcar – Piedemonte Llanero.

9 IMPACTOS ESPERADOS A PARTIR DEL USO DE LOS RESULTADOS

Dar a luz la propuesta del modelo geológico DE LA ILUSTRACION CIENTIFICA Y PROPUESTA DEL MODELO GEOLOGICO DE LA SECCION PAN DE AZÚCAR - PIEDEMONTES LLANEROS, (DEPARTAMENTO DE BOYACA del Geólogo Italo Reyes Chittaro).

En el museo será un punto de discusión de tipo técnico científico en torno al modelo en profundidad de la geología estructural del departamento de Boyacá en la zona de estudio.

El público visitante del museo conocerá un modelo gráfico que será ampliado en explicaciones por parte de infografía sencilla y un guía dedicado a ello. Las discusiones y preguntas que se darán en este punto permitirán al área industrial y minera tomar sus propias conclusiones y a la gente del común conocer la forma en que se interpreta la geología a partir de modelos teóricos en proyecciones técnicas.

Como punto de interés museográfico personas invidentes podrán tocar los modelos geológicos propuestos y mediante acompañamiento de un guía lograrán por primera vez en el país comprender de forma básica como es un modelo geológico.

10 CONCLUSIONES

A partir del perfil geológico desarrollado se propone su implementación como un punto estratégico de discusión técnica, académica y científica, en el Museo Universitario de Ingeniería Geológica de la UPTC seccional Sogamoso. Se busca contribuir al conocimiento de la geología de la zona usándolo como herramienta de clase para los estudiantes y para servir de referente a los estudios desarrollados por parte de la Escuela que de alguna manera incluyen información relacionada con la geología estructural, ambientes de depósito, estratigrafía y comportamiento superficial de la corteza en el sitio planteado.

El altiplano boyacense se ubica geológicamente entre dos fallas importantes, la de Boyacá por el occidente y la de Guaicaramo por el oriente. Existen evidencias estructurales como la existencia de una plataforma tectónica limitada por la Falla de Boyacá (región de mesas y cuevas de Santander), y el sistema de escamas con vergencia hacia los Llanos Orientales indicando que dichas grandes fallas hacen parte del sistema imbricado oriental de la Cordillera Oriental, junto con las otras fallas inversas que culminan con el gran cabalgamiento frontal de la Falla de Guaicaramo. El corte geológico se trata por consiguiente del clásico modelo estructural “cadena-antepaís” característico de varias de las cordilleras presentes en el planeta, donde ocurre un fuerte acortamiento de la corteza terrestre.

Este modelo permite identificar los diferentes eventos de la historia geológica de la sección descrita, de acuerdo a las diferentes series definidas por parte del científico de apoyo Geólogo Italo Reyes Chittaro. En el cual se muestra el desarrollo de un sistema imbricado por propagación de fallas como también avance de un sistema de dúplex por colapso de la rampa que se observa claramente en la sección del corte.

Las faces estructurales fundamentales determinadas permiten registrar que la distribución tectónica presente del sector estudiado de la cordillera Oriental fue procedente por inversión de estructuras compresivas y distensivas, probablemente, levantamiento análogo y enterramiento. Esto se puede evidenciar por que ha sufrido varias transgresiones y regresiones marinas producidas por sucesivos levantamientos orogénicos y hundimientos de grandes bloques de corteza continental, de lo cual existe un registro fósil y litológico que permite su datación.

En el perfil se presentan cuatro escamas que tienen características estructurales diferentes, la de Duitama presenta amplias estructuras, mostrando el basamento antiguo de la cordillera (Macizo de Floresta y el metamórfico) junto con rocas sedimentarias del Jurásico y rocas Cretáceo inferior, la escama de Sogamoso Paz del río presenta la cobertera sedimentaria del Cretácico- Terciario sumamente plegada. La escama de Labrazagrande presenta una secuencia sedimentaria Cretácica sobre el metamórfico, esta gran estructura sufre un acortamiento debido a las fallas de cabalgamiento, por último se observa una zona de apilamiento o Dúplex que evidencian el resultado del acortamiento, los estratos sedimentarios se repiten en secuencias, poniendo en contacto rocas del Plioceno con rocas del Cretácico inferior

En el ajuste de la última etapa de relajación se presentan deslizamientos gravitacionales sobre una rampa inclinada o superficie de despegue, esta estructura es la base que sirve como resbaladero para que se plieguen rocas de tipo plásticas formando anticlinales y fallas inversas sobre rocas competentes de la formación Une. En el perfil, en el sector Cuchilla Las Lisas se muestra este tipo de estructura en forma esquemática para el observador y es de tipo ilustrativo por lo tanto no se presenta a escala real.

En el bloque diagrama de Gameza se puede observar en forma generalizada como la estructura sedimentaria ha sufrido deformaciones de las rocas, se manifiestan con las fallas inversas de Gameza, Mongua y Mongui, sus plegamientos formando anticlinales de arrastre.

El bloque diagrama volcán Paipa – Iza se demuestra que la cordillera oriental en el sector central no solo ha sufrido acortamiento de las secuencias sedimentarias presentes sino que ha tenido un evento de inyección magmática a través de fracturas del basamento activadas en el levantamiento final de la cordillera.

El ilustrador debe tener pleno conocimiento de la información que va a plasmar por tanto debe informarse del contexto y retroalimentarse de la información existente, para poder entender lo que desea contribuir en cuanto a conocimiento el científico.

La importancia de generar un punto de discusión en el museo universitario UPTC de la seccional Sogamoso, basado en los estudios realizados por parte del Geólogo Italo Reyes Chittaro, como producto de más de 50 años en un trabajo de análisis de las estructuras geológicas de la región. Permitirá dar una idea generalizada del comportamiento de dichas estructuras en el subsuelo.

11 RECOMENDACIONES

Este modelo geológico ha sido adaptado por parte del doctor Italo Reyes Chittaro como un acortamiento y levantamiento de la cordillera de modelo cadena Antepaís, es algo muy general y solo busca dar una idea como las rocas en la sección del corte Paramo Pan de Azúcar – Piedemonte Llanero han sufrido su propia historia geológica, comenzando con las rocas metamórficas del Cambro – Ordovícico y con procesos de esfuerzos de distensión y compresión que han dado origen a los plegamientos y fallamientos de las rocas del Paleozoico, Cretácico y Terciario, continuando este proceso en el cuaternario, por lo tanto se deben hacer estudios puntuales si se desea realizar algún tipo de investigación geológica, como serían: perforaciones, estudios geológicos más detallados, estudios geofísicos entre otros que den los resultados deseados y más puntuales.

Para representar en forma ilustrativa y dar una idea de los últimos movimientos en el acortamiento de la cordillera se resaltó el deslizamiento tectónico de tipo plástico sobre rocas más rígidas de la formación que se observan en el perfil con textura de arenisca moldeada en yeso, se esperó hacer una representación en forma explicativa y su espesor se resaltó para mostrar cómo rocas plásticas se pliegan formando anticlinales y fallas inversas, este tipo de acortamiento también se describe el bloque diagrama de Gameza.

El enlace que se debe tener el ilustrador con el científico debe ser un acompañamiento bilateral y retroalimentado para generar una información verídica dentro de los parámetros científicos. A manera que sea lo más fiel a la realidad.

El guía del museo debe tener un conocimiento sobre la evolución geológica y el desarrollo de la ilustración científica del perfil de la sección del corte Paramo Pan de Azúcar – Piedemonte Llanero, para poder explicar y resolver dudas de los visitantes, debe leer este documento donde se explica porque y como se llevó a cabo el proceso de ilustración y evolución geológica de la sección.

12 BIBLIOGRAFÍA

BAYONA, G., CORTÉS, et al. (2010) Estratigrafía, procedencia, subsidencia y exhumación de las unidades paleógenas en el Sinclinal de Usme, sur de la zona axial de la Cordillera Oriental. *Geología Colombiana*, Vol. 35 (2010).

CEDIEL. F., ETAYO, F., CÁCERES. C., (1989). República de Colombia, (1989). MAPA paleogeográfico; del paleozoico superior.1

CEDIEL. F., ETAYO, F., CÁCERES. C., (1989). República de Colombia, (1989). Mapa Paleogeográfico; Berreiasiano-Valangmiano: 1

CEDIEL. F., ETAYO, F., CÁCERES. C., (1989). República de Colombia, (1989). Mapa Paleogeográfico; Maastrichtiano-Paleoceno Superior: 1

DE PAOR, D.G., 1988, Balanced Section in Thrust Belts – Part 1: Construction: AAPG Bulletin, 72 (1): 73-90, Tulsa, Ok.

ETAYO, F., et al., (2007). “Consultoría Para La Elaboración De Tres (3) Secciones Estructurales Admisibles En El Sector Comprendido Entre Suesca Y Sogamoso, Cuenca De La Cordillera Oriental,” 1–448.

LOBO GUERRERO, A., (1985). La Geología de Colombia Revista “AVANTE, Ingenieros Militares; Ejército de Colombia; N°09-Agosto, 1985; Bogotá D.E.” 1-8.

MANOSALVA SÁNCHEZ, S., MARIÑO MARTÍNEZ, J. E., REYES, Í., VALENTINO, M. T., MARTÍNEZ, M. L., ALBARRACÍN GAVIDIA, O. A., PULIDO, Y. (2010). “Proyecto: Cartografía Geológica y Prospección Geoquímica del Macizo de Floresta”.

MONTOYA, D., NUMPAQUE, A., MARTIN, C., & ALCARCEL, F. (2008). “Geología de la Plancha 193” esc. 1:100.000.

MOYANO, I. (2015). Modelamiento de Estructuras Geotérmicas Ocultas a partir de la Interpretación de Anomalías Magneto telúricas de Resistividad en la Región de Paipa, Boyacá - Colombia, 95.

RENZONI, G., ROSAS, H., ETAYO, F. *et al.*, 1998. Geología de la Plancha 191-Tunja. Ingeominas, mapa geológico (1967), esc. 1:100.000. Bogotá.

REYES, I., (2001). VIII Congreso Colombiano de Geología, realizado en agosto de 2001 en la ciudad de Manizales, con el título de NEOTECTÓNICA DEL CORREDOR INDUSTRIAL DE BOYACÁ.

REYES, I., (1984). Geología de la región de Duitama – Sogamoso – Paz de Río. (Departamento de Boyacá). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja – Boyacá: 108.

RODRÍGUEZ, A. J., SOLANO SILVA, O.,(2000). Memoria explicativa mapa geológico del departamento de Boyacá. Boletín de Geología (Boyacá), 20(35), 53–63.

ROYERO, M. J., & CLAVIJO, J. (2001). Memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Santander, escala 1:400.000. Ingeominas, 256.

ROYO Y GÓMEZ, J. (1941). Sección Geológica de la Cordillera Oriental al Sur de Bogotá.pdf.

SANZ, A. L. (1993). Informe sobre la Cuenca Petrolífera de la Sabana de Bogotá, Colombia.

SILVESTRE, L. A. L. (1991). Mapa geológico del departamento de Santander. Boletín de Geología (Bucaramanga), 20(35), 53–63.

ULLOA, C; RODRÍGUEZ, M; RENZONI, G., ROSAS, (1976). Geología De Las Plancha 171 Duitama, 191 Tunja, 211 Tauramena Y 230 Monterrey Cuadrángulos J – 12 Y K – 13 Escala. Boletín Geológico, 24, numero (1976), 1-55.

ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E. y ESCOVAR, R., 1998. Geología de la Plancha 192 Laguna de Tota, República de Colombia - Departamento de Boyacá, Ingeominas, esc. 1:100.000. Bogotá.

ULLOA, C., RODRÍGUEZ, E., y RODRÍGUEZ, G., 2003. Geología de la plancha 172 Paz de Río. Memoria Explicativa, Ingeominas (2001), 109 p., 1 mapa, esc. 1:100.000. Bogotá.

VELANDIA, F., (2005). Interpretación de transcurrencias de las fallas Soapaga y Boyacá a partir de imágenes LANDSAT TM. Boletín Geológico de La Universidad Industrial de Santander, 27(44), 81–94.

ANH. (1901). Area Cordillera, 1–111. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>

COOPER, M. A, ADDISON, F. T., ALVARES, R., HAYWARD, A B., HOWE, S., PULHAM, A J., & TABORDA, A. (1995). Basin development and tectonic history of the Llanos basin, Colombia. *Petroleum Basins of South America. AAPG. Memoir No. 62, 10(10), 659–666.* <https://doi.org/10.1306/7834D9F4-1721-11D7-8645000102C1865D>.

<http://www.terra.es/personal5/museumfossi/pagina7.htm> .

<https://csociales.files.wordpress.com/2012/09/rasamareal.jpg>.

