

Caracterización geológica, geomorfológica y de Unidades Geológicas Superficiales de la parte media y baja de la Cuenca de Aguablanca, Municipio de Bochalema, Norte de Santander a escala 1:25.000

Ashly Valentina Saenz Parrado^{a b}

^a Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, Colombia. E-mail: ashly.saenz@unipamplona.edu.co

^b Departamento de Física y Geología, Universidad de Pamplona, Colombia.

Resumen

Al Suroriente del departamento de Norte de Santander en la vereda Aguablanca, en el municipio de Bochalema aflora rocas del Cretácico inferior que corresponden a la Cuenca del Catatumbo en un contacto discordante junto con rocas del Precámbrico tales como el Neis de Bucaramanga.

Para la modalidad de practica investigativa se escogió la parte media y baja de la cuenca que corresponde a 8.23 Km² a una escala 1:25.000 con un volumen de muestras de 20 muestras en total.

La realización de este proyecto consto de varias etapas en donde se realizó un estudio de fotointerpretación para detallar aspectos como la geomorfología existente, los patrones de drenaje y las unidades geológicas superficiales que posteriormente fueron ubicadas durante el trabajo de campo, rectificadas y puestas en discusión.

Palabras clave: Geomorfología, Unidades Geológicas Superficiales, Bochalema

Abstract

To the southeast of the department of Norte de Santander in the Aguablanca village, in the municipality of Bochalema, rocks from the Lower Cretaceous surface that correspond to the Catatumbo Basin in a discordant contact together with Precambrian rocks such as the Neis de Bucaramanga.

For the investigative practice modality, the middle and lower part of the basin was chosen, which corresponds to 8.23 km² at a scale of 1: 25,000 with a sample volume of 20 samples in total.

The realization of this project consisted of several stages where a photointerpretation study was carried out to detail aspects such as the existing geomorphology, drainage patterns and surface geological units that were later located during field work, rectified and put into discussion.

Keywords: Geomorphology, Surface Geological Units, Bochalema

INTRODUCCION

En este documento se muestra la caracterización Geológica, Geomorfológica y delimitación de Unidades Geológicas superficiales encontradas en la parte media y baja de la Cuenca de Aguablanca en el municipio de Bochalema en Norte de Santander.

La investigación se desarrolla bajo el convenio interadministrativo CV05 de 2021 entre la Universidad de Pamplona y CORPONOR que busca realizar los estudios básicos para mapas de gestión del riesgo en varios municipios del Departamento.

El área de estudio abarca una extensión de 8.23 Km² en donde se realizaron 10 días de campo para obtención final de 3 mapas que corresponden a las temáticas anteriormente mencionadas a escala 1:25.000 en donde se tomaron las muestras de roca *in situ* más representativas de cada formación.

Los estudios realizados en esta área en específico son muy pocos y se remiten a estudios forestales dentro de la cuenca o geológicos que mencionan las Formaciones Tibú – Mercedes, Aguardiente y Neis de Bucaramanga de manera regional o específica en otros municipios.

Un estudio detallado de la geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales permitiría identificar junto con otro conjunto de herramientas las posibles zonas susceptibles a eventos de movimientos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

Es por esto que estos resultados buscan aportar al conocimiento geocientífico y la literatura para ser la base para creación de nuevos mapas para la gestión del riesgo que puedan servir a la comunidad.

1. GENERALIDADES

1.1 Localización

El área de estudio se encuentra localizada al Nororiente Colombiano, al suroccidente del Departamento de Norte de Santander, en el municipio de Bochalema, Vereda de Aguablanca y se encuentra conformada por 8.23 Km², el área de estudio tuvo un volumen de 23 puntos de estudio y control dentro de la cuenca y 7 puntos de control fuera de la cuenca por la dificultad del acceso a la zona. El lugar en donde se desarrolla los estudios se encuentra ubicado en la

plancha topográfica 98IVC_AC de 2014 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.

1.2 Vías de acceso

El acceso al área se da gracias a senderos turísticos y caminos creados por la comunidad de la vereda para acceder a las diferentes fincas de la misma (en verde), carreteras correspondientes a la cabecera municipal (en gris y blanco) y una vía que se encuentra hacia la parte norte y que rodea la cuenca (en naranja).

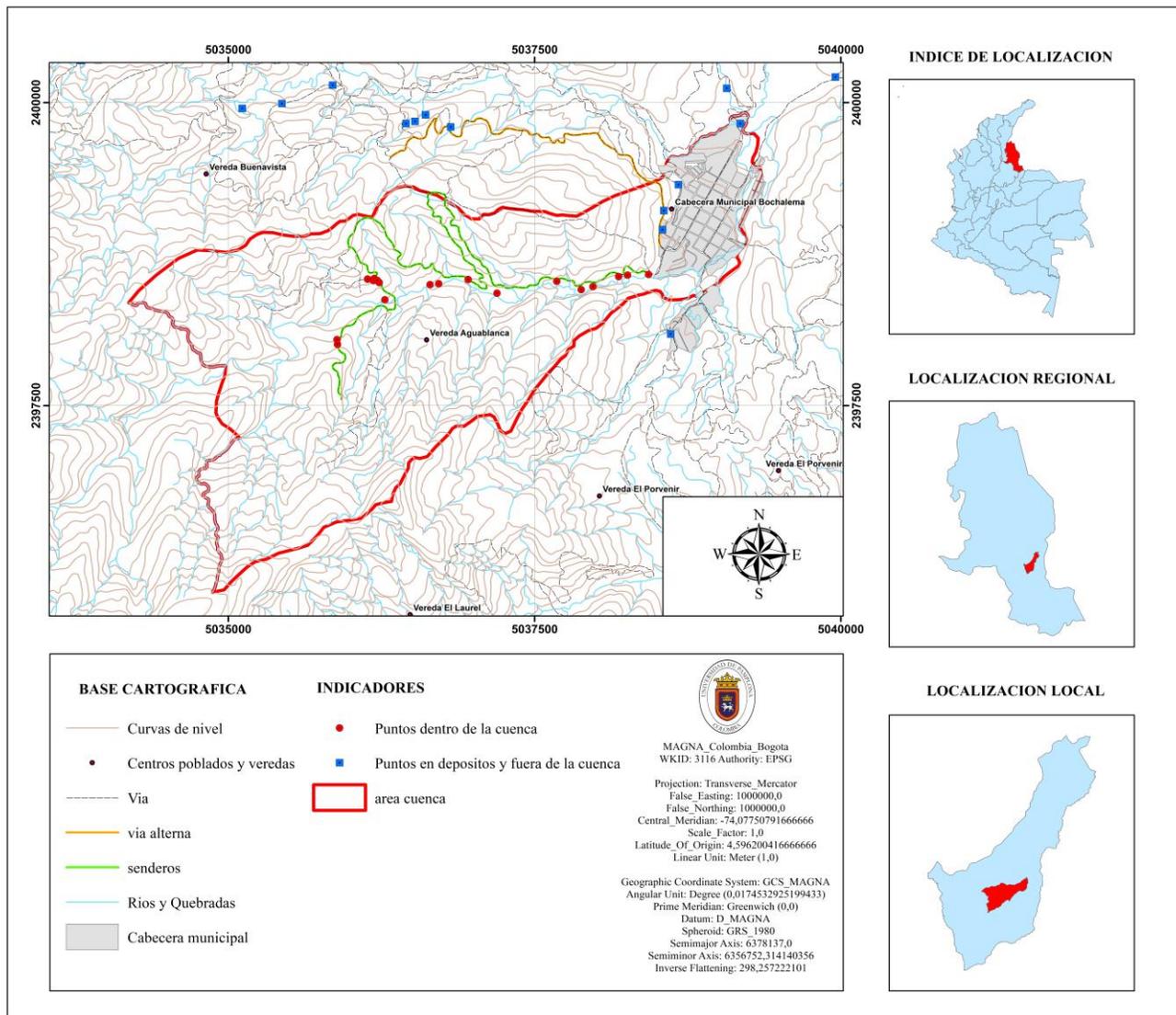


Figura 1. Localización del área de trabajo y puntos de control

1.3 Alcances y limitaciones

Con este estudio se busca realizar un aporte a la geología colombiana, tales como la geología, la geomorfología y las unidades geológicas superficiales existentes en el área, especialmente para sentar las bases para futuros estudios sobre la gestión del riesgo en la zona

Las vías de acceso registradas por el IGAC en las planchas topográficas se encuentran desactualizadas debido a los diferentes procesos de remoción en masa que han borrado algunos caminos y la creación de otros por los locales.

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

En 1950 el IGAC realiza la delimitación del cuadrángulo G-13, así pues, desde 1950 y hasta 1960 se realizaron las primeras líneas de vuelo que atravesaban lo que hoy es el municipio de Bochalema [1]. En 1955, Placido Rivera según el decreto extraordinario N. 2514 del 22 de octubre de 1952 crea los primeros dos croquis de ubicación en el municipio de Bochalema a escala 1:5.000 por solicitud del contrato de exploración y explotación de moscovita ante el Ministerio de minas y petróleos [2].

En 1980 el IGAC vuelve a realizar líneas de vuelo sobre el cuadrángulo G-13 y delimita las principales carreteras sobre el municipio, además de perfeccionar la distribución de poblaciones y los ríos principales. No es sino hasta a partir de las líneas de vuelo de 1991 que el IGAC comienza a implementar topografía en el cuadrángulo G-13 cubriendo así la mitad del mapa [1]. Durante este mismo año comienza la realización del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de Bochalema a escala 1:20.000 y 1:5.000; como planos del componente urbano son tomados en cuenta la base de la cabecera municipal, morfologías urbanas, sectorización, clasificación vial, de servicios públicos y patrimonio cultural [3]. También desde 1991 y hasta 1997 se establece en el EOT como Tomo V “Planos de formulación”, que corresponden a la clasificación de suelos tanto rural como municipal y modelamiento de organización territorial propuesto para componente urbano, suburbano y rural. En conjunto a lo anterior, desde 1993 el EOT comienza a registrar los componentes rurales, a escala 1:25.000, en este se registran el tamaño de predios, accesibilidad vial, la infraestructura de servicios públicos, el balance hídrico, ecosistemas estratégicos, zonificación ambiental y territorial entre otros.

En 1996 el municipio ya cuenta con una topografía básica y en 1999 es realizado un análisis para la ubicación de los croquis creados por el señor Placido Rivera de 1955 que ayudarían a delimitar el municipio de Bochalema.

Desde 1996 y hasta la actualidad no se conoce de más líneas de vuelo realizadas en el cuadrángulo. En 1997, el profesor del Departamento de química de la Universidad Francisco de Paula Santander, Luis Nuvan Hurtado realiza una caracterización química y mineralógica de las micas halladas en el municipio de Bochalema y Toledo, en él se caracterizan las micas de la variedad moscovita que se encuentran en los municipios con el propósito de iniciar la búsqueda de material para mejorar la calidad y productividad de la industria nortesantandereana de las cerámicas y relaciona a ambos municipios al tener micas con componentes fisicoquímicos muy similares asociando estas rocas al núcleo del macizo de Santander conformado por rocas metamórficas intruidas por batolitos, plutones y stocks, entre estas resalta el granito de Durania [3]

En el año 2000 se realizan 4 estudios, estos corresponden a U01 Base cabecera municipal escala 1:2.000 y 1:500; U04 Geológico y U05 Geomorfológico a escala 1:25.000, 1:2.000 y 1:500 y U06 sobre Riesgos y Amenazas Geológicas a escala 1:2.000 y 1:500 [5]. En 2001 es publicado el Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Santander a escala 1:300.000 por el Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS con el fin de estandarizar las formaciones geológicas que acoge los bloques Floresta, Cucutilla, Ocaña y Pamplona, sistemas de fallas principales y amenazas por erosión, deslizamientos, inundaciones, sismicidad entre otras en el departamento [4]. En 2003, la alcaldía municipal de Bochalema publica el Esquema de Ordenamiento Territorial que acoge los estudios anteriormente mencionados [5].

En 2010 el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS realiza la Geología de la plancha 98 – Durania que acoge al municipio de Bochalema y publica el mapa geológico [6]. Para el año 2011 es publicada la memoria explicativa del mapa geológico 98 – Durania Como Geología de las planchas 98 – Durania y 99 – Villa del Rosario, en donde el municipio de Bochalema es mencionado por la manifestación de micas en rocas pegmatíticas [7].

En 2013 el Servicio Geológico Colombiano Publica los lineamientos para la elaboración de mapas de amenaza por movimientos en masa a escala municipal y rural como entidad rectora a nivel nacional para la evaluación de amenazas de origen geológica [10]. Para este mismo año según la alcaldía municipal de Bochalema, el municipio de actualizo su Estrategia Municipal de Respuesta de Emergencia para la Gestión del Riesgo y Desastres, desde entonces no ha tenido actualizaciones [14]. Así pues, en 2015 es publicado por el SGC en convenio 021 de 2013 con la Universidad de Caldas el Mapa Geomorfológico Aplicado a

Movimientos en Masa, Plancha 098 Arboledas escala 1:100.000 que acoge al municipio de Bochalema, así como la memoria explicativa del mismo [18].

2. METODOLOGÍA

La metodología que se implementará estará dada por el método científico convencional que corresponde a la realización del planteamiento del problema, el estudio de trabajos previos, la recolección de información de campo, el análisis y procesamiento de los datos obtenidos, el planteamiento final de la tesis y su exposición.

Para el desarrollo del proyecto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Consulta, estudio y análisis de la bibliografía y cartografía base existen en la zona.
- Análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales del área de estudio: por medio de fotogeología, realizándose una interpretación preliminar para determinar las Unidades Geológicas Superficiales a través del uso de estereoscopios y herramientas digitales capaces de simular un estereoscopio se delimitaron: Suelos residuales, Suelos transportados, Rocas blandas, Rocas duras y Rocas intermedias.
- Trabajo de campo: se identificaron las características litológicas (composición, tamaño de grano, textura, compactación, etc.), estado estructural y grado de meteorización, entre otros aspectos, con el fin de reconocer, verificar, ajustar y complementar la información obtenida en la etapa de fotointerpretación.
- Descripción y caracterización de las unidades geológicas superficiales: se tienen en cuenta cinco parámetros fundamentales: litología (composición y textura), dureza o resistencia, condición de las discontinuidades, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características se obtienen mediante la descripción de perfiles de afloramientos.
- Evaluación y procesamiento de la información de campo, elaboración de mapas preliminares de geología general, geomorfología y unidades geológicas superficiales.
- Digitalización de mapas.

2.1 Clasificaciones litológicas

Las muestras de roca obtenidas en campo serán codificadas y posteriormente analizadas para determinar su litología, así pues, dado el análisis de los antecedentes que indican en el área 3 tipos de litologías correspondientes a rocas sedimentarias silisiclasticas, químicas (carbonatadas)

y rocas metamórficas, se utilizan las siguientes metodologías de clasificación de rocas.

Cada roca se analizará en campo con ayuda de lupas 40x y 30x.

2.1.1 Rocas sedimentarias silisiclasticas

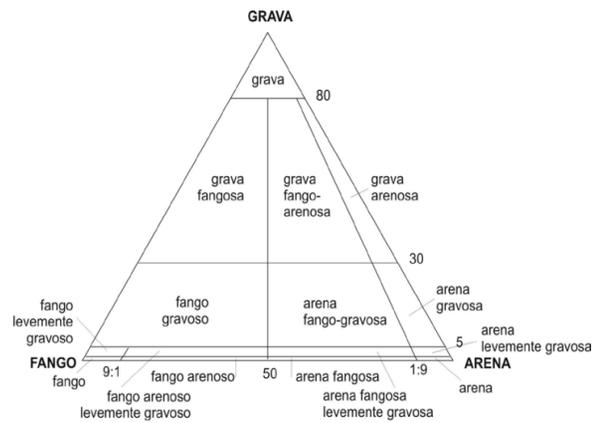


Figura 2. Clasificación de sedimentos con participación de la fracción pseftica, Folk [19]

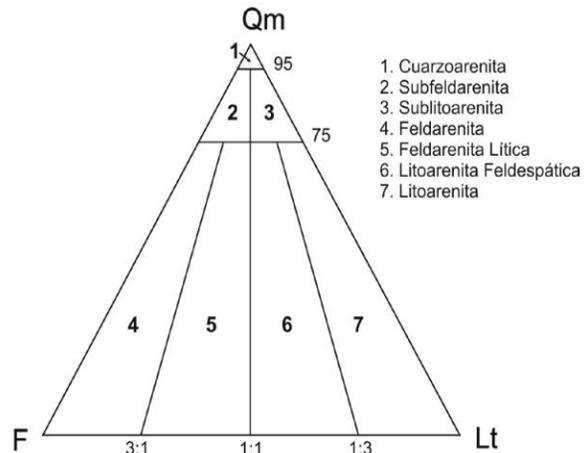


Figura 3. Diagrama de clasificación ternario para rocas sedimentarias silisiclasticas, Folk [19]

2.1.2 Rocas sedimentarias Químicas (carbonatadas)

Textura deposicional reconocible					Textura deposicional reconocible
Componentes originales no enlazados durante la deposición			Los componentes originales se encuentran juntos durante la deposición		
Contiene lodo (arcilla y limo fino de carbonato)		Sin lodo soportada por granos			
Soportada por lodo			Soportada por granos		
Granos: <10%	Granos: >10%				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Carbonato cristalino

Figura 4. Clasificación de rocas carbonatadas de Dunham [19]

Tanto las rocas sedimentarias silisiclasticas como las rocas sedimentarias químicas son clasificadas de acuerdo a los porcentajes (%) obtenidos en su observación y análisis en muestra de mano.

2.1.3 Rocas metamórficas

Para la clasificación de rocas metamórficas en campo se utiliza la siguiente tabla que ayuda a definir y clasificar en muestra de mano las rocas metamórficas

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeadada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco foliada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerato		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Corneana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita		Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Figura 4. Clasificación de las rocas metamórficas comunes [21]

2.1.4 Codificación de las muestras

A cada muestra recolectada en campo se le asignara una secuencia de letras y números de la siguiente manera:

Tabla 1. Siglas implementadas en la codificación de muestras

Tipo	Siglas
Trabajo de Grado	TG
Ashly (Autora)	A
Aguablanca (Área de estudio)	A
Muestra	M
Numero de estación	#

2.2 Jerarquización Geomorfológica

Para la jerarquización geomorfológica se utilizó la metodología del International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (I.T.C, por sus siglas en inglés), encontrada en su documento El sistema I.T.C para levantamientos geomorfológicos, elaborada por Verstappen y Van Zuidam y adoptada por Carvajal [8]. Esto relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, en donde el nivel más regional busca representar el origen de las geofomas y los ambientes morfogenéticos asociados, mientras que el nivel más detallado muestra las expresiones morfológicas, los procesos morfodinámicos y la influencia de la litología además de los ambientes morfogenéticos.

Teniendo en cuenta la jerarquización propuesta por el SGC [8] y considerando que la escala del presente estudio es 1:25.000, se asignó como elemento fundamental la Subunidad Geomorfológica (escala 1:10.000 a 1:25.000), definida por contrastes morfométricos y morfológicos que relacionan el tipo de material y la disposición estructural de los mismos. Se encuentran asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos.

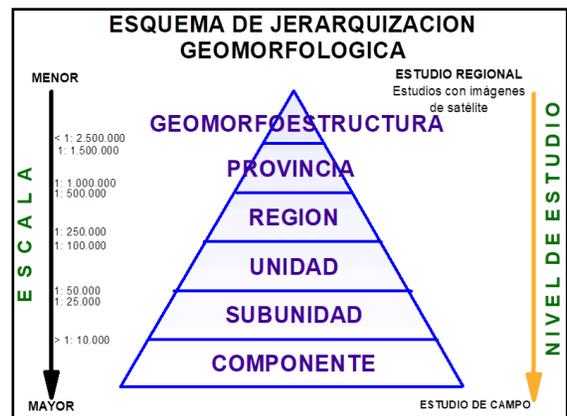


Figura 5. Esquema de jerarquización geomorfológica. Fuente: SGC [8].

Según Carvajal, los requisitos mínimos para la definición de símbolos en la cartografía de subunidades geomorfológicas, es que para la notación se propone usar

abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primer carácter se utiliza para identificar el ambiente morfogenético principal ej: (Denudativo: **D**, Volcánico: **V**, Estructural: **S**, Fluvial y deltaico: **F**, Kárstico: **K**, Marino y costero: **M**, Glacial: **G**, Eólico: **E**, Antropogénico: **A**). Se utilizan en el segundo, tercero y cuarto carácter letras adicionales que especifican las iniciales del nombre de la geofoma típica de cada ambiente morfogenético ej: Escarpe de erosión mayor junto con el ambiente denudacional sería (Deem). Sin embargo, aunque la jerarquización de las unidades geomorfológicas será definida por la metodología de Carvajal, la nomenclatura de las mismas estará dada por la *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenazas por movimientos en masa 1:100.000* del SGC [9] de su Anexo A.

2.2.1 Morfogénesis

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno (Tabla 1).

2.2.2 Morfología

“Está relacionado con los aspectos de la geometría e incluye fundamentalmente los gradientes topográficos y las formas relativas” [8].

Tabla 1. Tipo de ambiente morfogenético. Fuente: SGC [8]

MORFOGÉNESIS
Morfoestructural
Volcánico
Denudacional
Fluvial – Deltaico –Lagunar
Marino – Costero
Glaciar
Eólico
Kárstico
Antropogénico / Biológico

2.2.3 Morfometría

“Trata de aspectos cuantitativos en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente. También se incluye la comparación según la relación geométrica entre las diferentes posiciones espaciales” SGC, [8]. Los componentes del terreno para su descripción son:

Inclinación de la ladera: Es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La inclinación de la ladera está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de movimientos en masa.

Tabla 2. Rangos de inclinación de la ladera. Fuente: El autor.

INCLINACIÓN (porcentaje)	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y COMPORTAMIENTO
0-12%	Subhorizontal	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM).
12-50%	Moderada	Moderadamente Blanda a moderadamente resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
50-75%	Muy inclinada y escarpada	Moderadamente Resistente y Moderada susceptibilidad a MM.
> 75%	Muy inclinada y Escarpada.	Muy Resistente y Alta susceptibilidad a MM.

Forma de la ladera: Refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y la presencia o control de estructuras geológicas. También condiciona los tipos de movimientos en masa que pueden desarrollarse en una ladera (Tabla 3). Es común relacionar movimientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas y movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente o movimientos complejos a pendientes irregulares.

Patrón de drenaje: Es la distribución de todos los canales de drenajes superficiales en un área que esté ocupada o no por aguas permanentes (Fig 6). El patrón de drenaje está controlado por la inclinación del terreno, tipo y estructura geológica de la roca subyacente, densidad de vegetación y las condiciones climáticas.

Forma de crestas y valles: Las divergencias entre las formas características que presenta el relieve se considera como un parámetro de agrupamiento establecido en la apariencia superficial de la geofoma. Crestas agudas de cimas bien definidas con laderas de pendientes abruptas,

contrastan con cimas anchas de laderas de pendiente inclinada; conjuntamente la presencia de valles con una forma definida y crestas alineadas que describen una orientación típica, sugieren un tipo de control estructural o de competencia de los materiales que recubren la geoforma (Tabla 4)

Tabla 3. Rangos de forma de la ladera. Fuente: SGC [8].

CLASE	CARACTERÍSTICAS MATERIAL	MOVIMIENTOS EN MASA ASOCIADOS
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente.	Movimiento Traslacional.
Cóncava	Material blando y disposición estructural no diferenciado.	Deslizamiento Rotacional.
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal.	Predomina Meteorización y Erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales.
Irregular, o escalonada	Materiales con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
Compleja	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida.	Deslizamientos Complejos

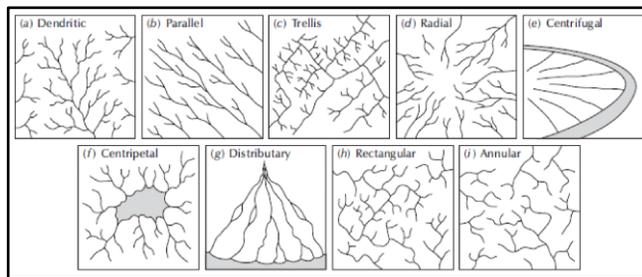


Figura 6. Patrón de drenaje controlado por estructura o pendiente. [8]

Tabla 4. Forma de cresta y valles. Fuente: SGC [8].

FORMA DE CRESTA	FORMA DE VALLE
Aguda	Artesa
Redondeada	Forma de V
Convexa amplia	Forma de U
Convexa plana	
Plana	
Plana disectada	

2.2.4 Morfodinámica

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos (principalmente denudativos), tanto antiguos como recientes que han modelado y continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual de las geoformas o unidades de terreno.

“La caracterización morfodinámica permite identificar y definir la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que han ocurrido en un área determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos de estabilidad de un terreno” SGC, [8]. Como procesos erosivos se pueden identificar: Erosión Laminar, Surcos (< 50 cm de Prof.), Barrancos (50 – 150 cm de Prof.) y Cárcavas (> 150 cm de Prof.). Por otro lado, los movimientos en masa se clasifican en: Caídas de roca, volcamiento, deslizamiento de roca o suelo, propagación lateral, flujo y reptación, SGC, [8].

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 GEOLOGÍA

En este apartado se dará a conocer de manera general la descripción de las unidades geológicas presentes a la parte media y baja de la Cuenca de Agua Blanca de Bochalema, en función de la litología, Unidades Geológicas Superficiales, geomorfología y geocronología.

3.1.1 Geología general

La configuración geológica actual de la Cuenca de Agua Blanca se formó a partir de la Orogenia Andina, donde se dio el choque entre la placa de Nazca contra la placa Sudamericana produciendo el levantamiento de la

Cordillera Oriental, que posteriormente por procesos exógenos como la meteorización y erosión fueron modelando el relieve que hoy día se observa en el extremo norte del Macizo de Santander. Cooper et al; Cediél et al, [7].

En el área se encuentra el dominio de rocas blandas correspondientes a las rocas sedimentarias de la Formación

Aguardiente (K1a) y Formación Tibú – Mercedes (K1tm) dispuestas en un tren estructural de N – S y con buzamientos hacia el SE, estas se encuentran en contacto discordante con rocas duras correspondientes a la Formación Neis de Bucaramanga (PEb)

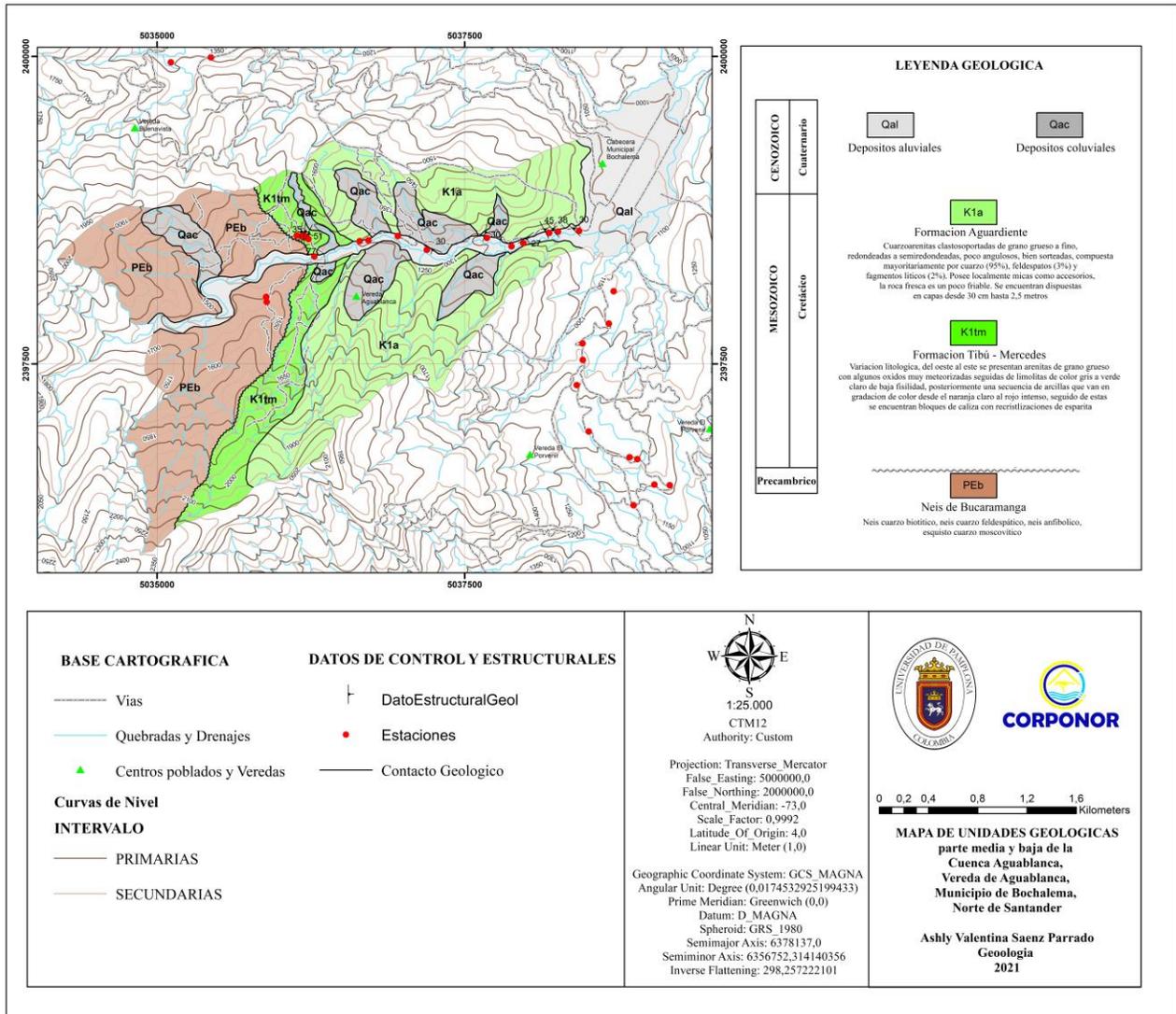


Figura 7. Mapa de Unidades Geológicas de la Cuenda de Aguablanca

Neis de Bucaramanga (PEb)

El nombre original es propuesto por *Goldsmith, et al* y usado por *Ward, et al* [7] para definir “una secuencia de rocas metasedimentarias de alto grado en facies anfibolita y presión baja, con retro-metamorfismo conformado por paragneis pelítico, semipelítico, así como esquistos y cantidades subordinadas de gneis calcáreos, mármoles, gneis horbléndicos y anfibolitas”.

La unidad se caracteriza por presentar una gran variedad litológica, se encuentra conformada por esquistos, neises y anfibolitas. Geomorfológicamente, esta formación se caracteriza por la creación de montañas altas y con pendientes abruptas. Esta formación se encuentra en contacto discordante con la Formación Tibú – Mercedes (K1tm) y en la parte media de la cuenca.



Figura 8. Comienzo del cambio litológico de la formación Tibú – Mercedes y el Neis de Bucaramanga



Figura 9. Roca tipo Gneis obtenida en campo (TGAAM18)

Las rocas obtenidas en campo desde el límite Tibú – Mercedes / Neis de Bucaramanga hacia la parte media – alta de la cuenca, corresponden a gneises cuarzo – feldespáticos con intrusiones de venas de cuarzo, gneises micáceos y gneises anfibólicos

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto

Figura 10. Clasificación de la roca



Figura 11. Afloramiento de Gneis, presenta bandeamiento, direccionamiento de minerales claros y oscuros

Formación Tibú – Mercedes (K1tm)

Esta formación presenta variedad de discusiones en cuanto a su inicio y final, sin embargo, al realizar la clasificación litológica adecuada se observa que el depósito de Tibú – Mercedes de base a techo se encuentra en dirección W – E; así pues, *Notestein et al.* [7] define a Tibú con una base areniscas guijosas de grano grueso compuestas por cuarzo y en menor cantidad feldespato y hacia el tope predominio de calizas densas, interestratificadas con shale y areniscas de grano fino; el contacto transicional con la suprayacente Formación Mercedes estaría marcado por la aparición de shales. Por otra parte, *Jaimes y Franco* [21] realizan una diferenciación más detallada de Tibú y Mercedes definiendo 3 miembros para Tibú.

La Formación Tibú – Mercedes presenta de base a techo cuarzoarenitas de grano grueso a medio, bien sorteadas, redondeadas a semiredondeadas, altamente friables, formando suelos arenosos sueltos, de colores blanco y gris, las rocas presentan oxidación y variedad de fragmentos líticos, arenitas conglomeráticas, de grano grueso a muy grueso, mal sorteadas, altamente friables con intercalaciones de limolitas verdes claro poco fisibles, dispuestas en capas delgadas a muy delgadas y arcillolitas que presentan una gradación de color de amarillo a rojo en dirección W – E en donde se han realizado caminos por la comunidad de la vereda para acceder a las fincas, por lo tanto, estas arcillas presentan durante las precipitaciones constantes alto contenido de agua y forma un obstáculo para el tránsito. (obsérvese el orden de las Figuras, que muestran el cambio litológico de las rocas).



Figura 12. Intercalación de capas de arenita con limolitas grises



Figura 13. Muestra de roca TGAAM14

La clasificación de la Formación Tibú – mercedes de acuerdo a las rocas encontradas anteriormente descritas se dará en cada triángulo, secuencia de arenitas (rojo y rosa), secuencia de limolitas (verde) y secuencia de arcillolitas (azul).

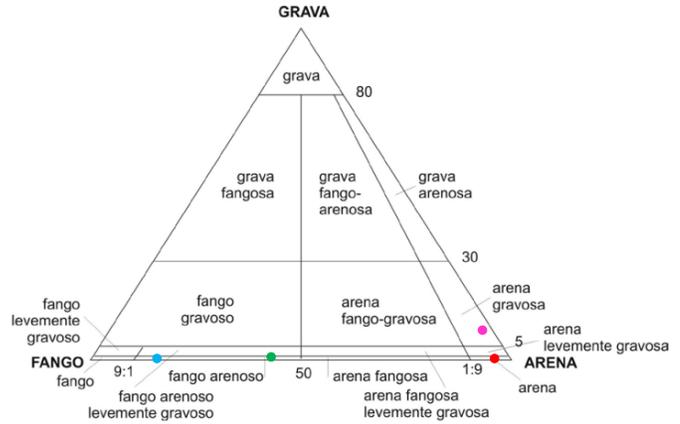


Figura 14. Clasificación textural de las rocas siliciclasticas de la formación Tibú - Mercedes

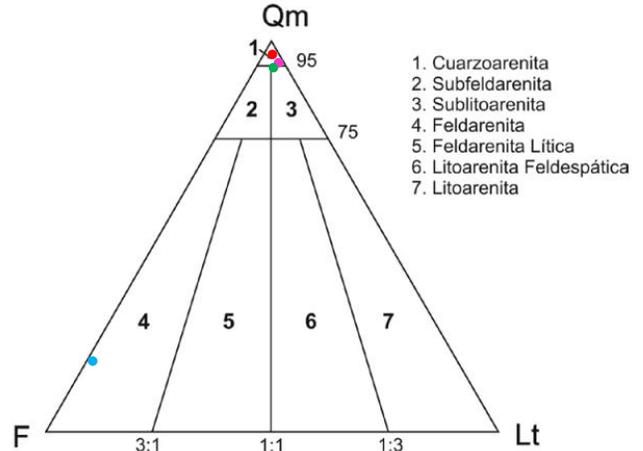


Figura 15. Clasificación composicional de las rocas siliciclasticas de la Formación Tibú - Mercedes



Figura 16. Paquete de limolitas grises y verde claro con oxidaciones



Figura 17. Intrusión de vetas de cuarzo



Figura 18. Arcillolitas rojas.

La diferenciación entre estas dos formaciones no es clara, la presencia de calizas hacia el techo que correspondería a Mercedes se da mediante el registro de cantos y bloques rodados directamente de la parte alta de la montaña. Las calizas encontradas corresponden a las variedades Mudstone, Wackstone y Packstone, todas con una matriz de micrita y la recrystalización de sus fósiles en esparita



Figura 19. Canto rodado de caliza.



Figura 20. Caliza tipo Wackstone con cristalización de fósiles en esparita.

Textura deposicional reconocible				Textura deposicional reconocible	
Componentes originales no enlazados durante la deposición		Los componentes originales se encuentran juntos durante la deposición			
Contiene lodo (arcilla y limo fino de carbonato)		Sin lodo soportada por granos		Subdivididos por clasificaciones relacionadas con la textura física o diagénesis	
Soportada por lodo	Soportada por granos				
Granos: <10%	Granos: >10%				
Mudstone	Wackstone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Carbonato cristalino

Figura 21. Rango de clasificación de las calizas encontradas correspondientes a la Formación Tibú – Mercedes

Formación Aguardiente (K1a)

Notestein et al. consideraron la Formación Aguardiente como el miembro superior de la Formación Uribante en el área de la Concesión Barco, posteriormente *Sutton*, la eleva al rango de Formación Aguardiente [7].

Se encuentra conformada por Cuarzoarenitas clastosuportadas de grano grueso a fino, redondeadas a semiredondeadas, poco angulosos, bien sorteadas, medianamente friables, de cemento silíceo y contactos completos, compuestas mayoritariamente por cuarzo (95%), feldspatos (3%) y fragmentos líticos (2%). Posee localmente micas como accesorios. Se encuentran dispuestas en capas desde 30 cm hasta 2,5 metros. Estructuralmente las capas siguen un tren N – S y sus buzamientos varían de entre 40° a 35° hacia el SE, geomorfológicamente forma espolones facetados y facetas triangulares.



Figura 22. Formación Aguardiente



Figura 23. Granulometría de la Formación Aguardiente

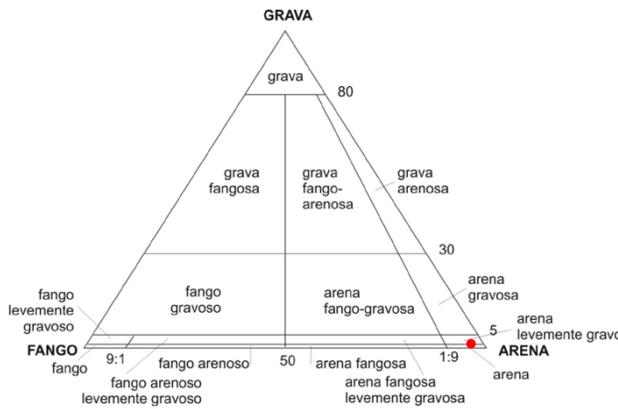


Figura 24. Clasificación textural de las rocas de la Formación Aguardiente

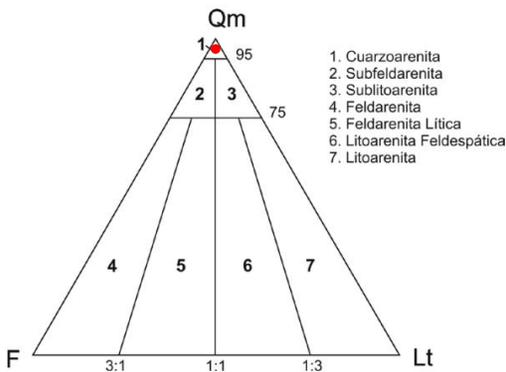


Figura 25. Clasificación composicional de las rocas de la formación Aguardiente

Depósitos Aluviales (Qal)

Corresponden a los repositos más recientes dejados por procesos erosivos presentes en la zona atribuidos a la

Quebrada de Agua Blanca Estos pueden presentarse de tamaño variado, así como de composición variada.

La litología encontrada en los depósitos de la Quebrada Agua Blanca corresponde a rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga, rocas ígneas posiblemente procedentes de las rocas del Granito de Durania que se ubicarían hacia la zona NW de la parte alta de la cuenca y sedimentarias correspondientes a la Formación Tibú – Mercedes y Aguardiente.

En algunos depósitos aluviales es posible observar paleocanales dado el direccionamiento que presentan los bloques



Figura 26. Deposito aluvial con registro de paleocanales



Figura 27. Deposito aluvial reciente

5.2 UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES

Las Unidades Geológicas Superficiales encontradas en la cuenca de Agua Blanca corresponden a una serie de rocas duras, intermedias, blandas y de suelos residuales producto de la erosión y disgregación de las rocas presentes en las formaciones. Además, se identifican suelos transportados de origen fluvial, por gravedad y por acción humana; este tipo de caracterización permite la ubicación de las unidades que son más propensas a generar riesgo para la comunidad.

Roca Dura

Rocas de resistencia alta a muy alta, bien cementadas, estratificación gruesa (estratos entre 100 y más de 300 centímetros). Son rocas poco fracturadas a masivas (espaciamiento entre 200 y 250 centímetros), con un índice

de fracturamiento bajo ($JV < 3 \text{ fr/m}^3$) y un índice de resistencia geológico bueno a muy bueno. SGC, [9]

Roca Dura de la Formación Aguardiente (RdK1a)

Estas rocas se encuentran dispuestas de base a techo desde el W hasta el E presentando un cambio granulométrico agradacion hacia el techo.

Rocas sedimentarias, clastosoportadas de grano grueso a medio, redondeadas a semiredondeadas, poco angulosos, compuesta mayoritariamente por cuarzo (95%), feldespatos (3%) y fragmentos líticos (2%). Posee localmente micas como accesorios, la roca fresca es un poco friable. Se encuentran dispuestas en capas desde 30 cm hasta 2,5 metros con entre 3 y 4 familias de diaclasas

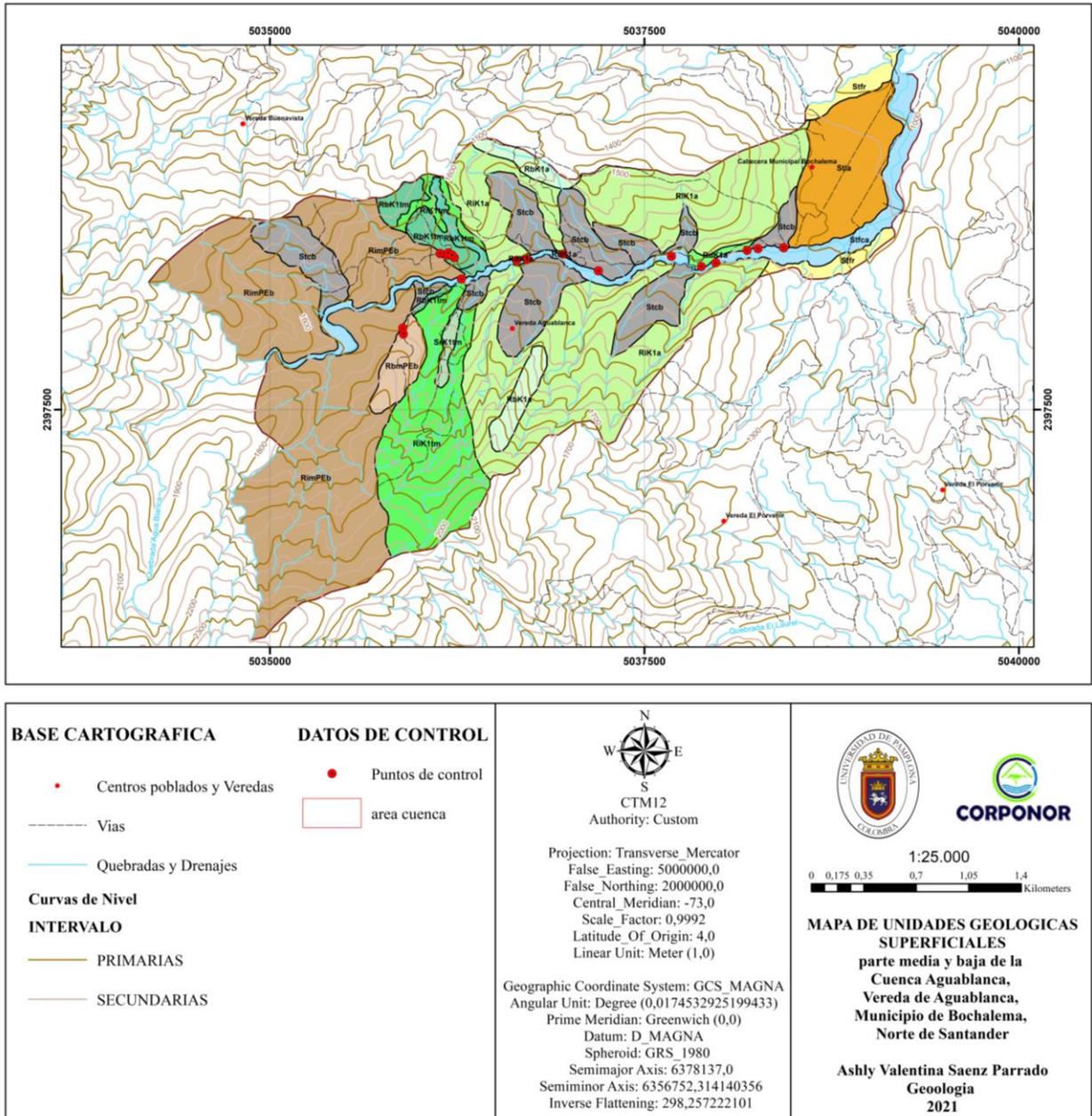


Figura 28. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales de la Cuenca de Aguablanca

Tabla 5. Unidades Geológicas Superficiales

ORIGEN		CLASES DE UGS	UGS	Simbolo	Descripcion Litologica
TRANSPORTADO	ANTROPICO	Materiales heterogéneos producto de la actividad del hombre, asociados a procesos de minería, construcción y disposición de basuras.	Suelo de Rellenos Antropicos	Stla	Acumulación de desechos domésticos sólidos, orgánicos e inorgánicos, así como escombros de construcción dispuestas sobre laderas, canteras, zonas planas y márgenes de ríos y quebradas
	GRAVEDAD	Depósitos de materiales sueltos a medianamente compactos, de composición y tamaño heterogéneo, producto de movimientos en masa activos e inactivos. Se incluye material depositado por gravedad en los cambios de pendiente fuerte, donde se acumulan fragmentos de roca que caen desde la parte alta y media de los taludes.	Suelo Transportado Coluvial de Bloques	Stcb	Depósitos de bloques, cantos, y gravas, de composición cuarzoarenita, calizas y de rocas metamórficas tipo esquistos angulosos, poco redondeados en matriz arenosa arcillosa, de color café claro a café oscuro. Estos localizados en los drenajes que alimentan la Quebrada Aguablanca
	FLUVIAL	Sedimentos que han sido transportados y depositados por los arroyos y quebradas conformando los cauces activos, abandonados y llanuras de inundación. Están compuestos por bloques, cantos, grava, arena y finos en condición suelta. En la parte baja de los ríos principales, predomina la granulometría fina correspondiente a arcillas, lodolitas, material arenoso y materia orgánica.	Suelo de Cause Activo	Stfca	Se componen de bloques, cantos, gravas y arenas silíceas de grano muy grueso a fino, localmente granos tamaño limo o lodo, de color gris a café claro o blanco, algunas gravas presentan oxidación. Los depósitos en general presentan compactación baja
			Suelo Reciente de Origen Fluvial	Stfr	Depósitos con variación granulométrica desde gravas hasta muy finos, constituidos localmente por cantos, sobre este a lo largo de la cuenca ya se encuentra el límite O del suelo orgánico. En general son de consistencia blanda.
SUELO	SUELO RESIDUAL	Suelo generado in situ por procesos de meteorización a partir de las rocas existentes (areniscas, limolitas, lilitas y arcillolitas). En general presentan consistencia desde baja a muy firme.	Suelo Residual de la Formación Tibu - Mercedes	SrK1tm	Suelo compuesto por rocas siliciclásticas, mayoritariamente arcillosas y limosas, rojas a blancas y verdes claro, localmente arenitas de grano grueso a medio y conglomerados blancos y grises claros. Sobre estos suelos se han creado senderos hacia las fincas
ROCAS	ROCA BLANDA	Unidades de Roca Blanda (Rb) Comprenden rocas de naturaleza blanda a muy blanda, poco cementadas, frágiles, con fracturamiento alto a muy alto (JV: 30 fr/m ³), un índice geológico de resistencia pobre a muy pobre (GSI: 0-30%), y en general son altamente meteorizadas. Incluyen arcillolitas, lodolitas, limolitas, lutitas, areniscas friables y macizos rocosos afectados por alto tectonismo	Roca Blanda de la Formación Aguardiente	RbK1a	Cuarzoarenitas de grano medio a fino, color blanco, bastante limpias, muy friables, de granos bien seleccionados, redondeados, nada angulosos, genera suelos arenosos, bastante sueltos.
			Roca Blanda de la Formación Tibu - Mercedes	RbK1tm	Rocas blandas arcillosas y limosas de colores rojizos y grises, altamente meteorizadas y con pérdida local de la estratificación
			Roca Blanda Metamórfica de la Formación Neis de Bucaramanga	RbmPEb	Esquistos con presencia de disgregación de minerales formando selos micáceos y acilozos con fragmentos angulosos de roca. Estas rocas presentan fracturamiento y oxidación, generan suelos blandos y ricos para cultivos
	ROCA INTERMEDIA	Rocas de dureza media a blanda, con estratificación delgada a media (estratos de 10-30 cm). En general son rocas fracturadas a moderadamente fracturadas (espaciamiento 20-60 cm), con un índice de fracturamiento moderado (JV= 4-30 fr/m ³), un índice geológico de resistencia regular a bueno (GSI=30-60%) y un grado de meteorización moderado (grados III y IV).	Roca Intermedia de la Formación Aguardiente	RiK1a	Cuarzoarenitas de color blanco con algunas manchas de óxidos, grano medio a grueso, moderadamente cementadas, un poco friables, resistentes, dispuestas en capas de entre 30 cm a 1 metro aproximadamente
			Roca Intermedia de la Formación Tibu - Mercedes	RiK1tm	Variación litológica, del oeste al este se presentan arenitas de grano grueso con algunos óxidos muy meteorizadas seguidas de limolitas de color gris a verde claro de baja fiabilidad, posteriormente una secuencia de arcillas que van en gradación de color desde el naranja claro al rojo intenso, seguido de estas se encuentran bloques de caliza con recristalizaciones de esparita, rodados y angulosos que corresponden a las cimas de los parteaguas de la cuenca
			Roca Intermedia Metamórfica de la Formación Neis de Bucaramanga	RimPEb	Esquistos poco consolidados, presentan fracturamiento, la parte superior de los estratos o medianamente expuesta presenta disgregación de los minerales, generación suelos locales de longitudes mínimas y de composición micáceos, las rocas presentan oxidación de la mayoría de los minerales y conservan la estructura esquistosa característica
	ROCA DURA	Rocas de resistencia alta a muy alta, bien cementadas, estratificación gruesa (estratos entre 100 y más de 300 centímetros). Son rocas poco fracturadas a masivas (espaciamiento entre 200 y 250 centímetros), con un índice de fracturamiento bajo (JV < 3 fr/m ³) y un índice de resistencia geológico bueno a muy bueno	Roca Dura de la Formación Aguardiente	RdK1a	Rocas sedimentarias, clastosoportadas de grano grueso a medio, redondeadas a semiredondeadas, poco angulosas, compuesta mayoritariamente por cuarzo (95%), feldspatos (3%) y fragmentos líticos (2%). Posee localmente micas como accesorios, la roca fresca es un poco friable. Se encuentran dispuestas en capas desde 30 cm hasta 2,5 metros.

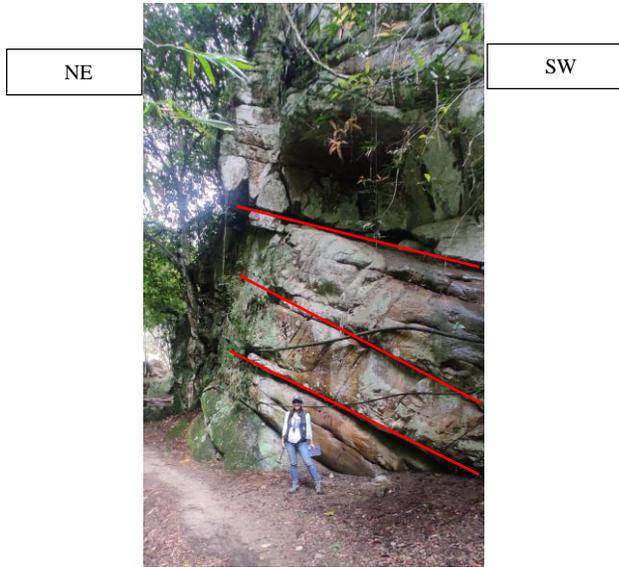


Figura 29. Roca dura de la Formación Aguardiente (RdK1a).

NOTA: En cuanto a la definición de rocas duras, blanda o intermedias se diferencian algunos aspectos que se explican en la siguiente tabla.

Tabla 6. Diferenciación de clasificación de las rocas para unidades geológicas y unidades geológicas superficiales

En Unidades Geología	En Unidades geológicas superficiales
Roca fresca	Roca dura
Roca meteorizada	Roca Intermedia Roca Blanda

Roca Intermedia

Rocas de dureza media a blanda, con estratificación delgada a media (estratos de 10-30 cm). En general son rocas fracturadas a moderadamente fracturadas (espaciamiento 20-60 cm), con un índice de fracturamiento moderado ($JV = 4-30 \text{ fr/m}^3$), un índice geológico de resistencia regular a bueno ($GSI = 30-60\%$) y un grado de meteorización moderado (grados III y IV). SGC, [9]

Roca Intermedia Metamórfica de la Formación Neis de Bucaramanga (RimPEb)

Estas rocas corresponden a la parte más distal de la parte media de cuenca cartografiada en este trabajo. Consta de esquistos poco consolidados que presentan fracturamiento, la parte superior de los estratos medianamente expuesta, presenta disgregación de los minerales, generación de suelos locales de longitudes mínimas y de composición micáceos, las rocas presentan oxidación de la mayoría de los minerales y algunas conservan la estructura gnéissica característica

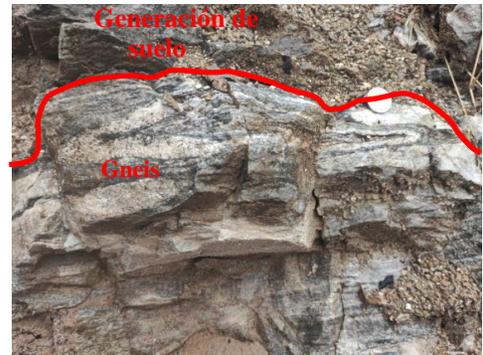


Figura 30. Roca intermedia de la Formación Neis e Bucaramanga (RimPEb)

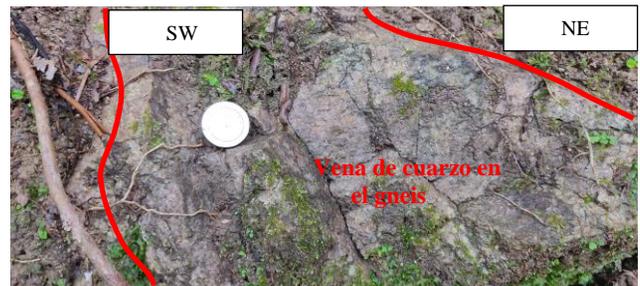


Figura 31. Intrusión de vena de cuarzo en la Roca intermedia del neis de Bucaramanga

Gran parte del Neis se encuentra intruido por venas de cuarzo de 10 a 30 cm aproximadamente

Roca Intermedia de la Formación Tibú – Mercedes (RiK1tm)

Variación litológica, del oeste al este se presentan arenitas de grano grueso con algunos óxidos muy meteorizadas seguidas de limolitas de color gris a verde claro de baja fisilidad, posteriormente una secuencia de arcillas que van en gradación de color desde el naranja claro al rojo intenso, seguido de estas se encuentran bloques de caliza con recristalizaciones de esparita, rodados y angulosos que corresponden a las cimas de los parteaguas de la cuenca.



Figura 32. Roca intermedia de la Formación Tibú – Mercedes (RiK1tm)

Las rocas intermedias de la formación Tibú – Mercedes como se muestra en la imagen ilustran la erosión constante a la que son sometidas las rocas y permite ver la continuidad de los estratos que suprayacen la capa de arenitas (verde)

Roca Intermedia Arenosa de la Formación Aguardiente (RiaK1a)

Cuarzoarenitas de color blanco con algunas manchas de óxidos, grano medio a grueso, moderadamente cementadas, un poco friables, resistentes, dispuestas en capas de entre 30 cm a 1 metro aproximadamente.



Figura 33. Rocas Intermedias de la Formación Aguardiente (RiK1a) con presencia de vegetación

Roca Blanda

Unidades de Roca Blanda (Rb) Comprende rocas de naturaleza blanda a muy blanda, poco cementadas, frágiles, con fracturamiento alto a muy alto (JV: 30 fr/m³), un índice geológico de resistencia pobre a muy pobre (GSI: 0-30%), y en general son altamente meteorizadas. Incluyen arcillolitas, lodolitas, limolitas, lutitas, areniscas friables y macizos rocosos afectados por alto tectonismo. SGC [9]

Roca Blanda Metamórfica de la Formación Neis de Bucaramanga (RbmPEb)

Se encuentran esquistos con presencia de disgregación de minerales formando suelos micáceos y arcillosos con fragmentos angulosos de roca. Estas rocas presentan fracturamiento y oxidación, generan suelos blandos y ricos para cultivos.

Es importante resaltar que en esta etapa las rocas metamórficas presentan una alta erosión producto de las constantes precipitaciones que presenta la cuenca, es muy común encontrar cantos rodados de cristales de cuarzo lechoso sobre este tipo rocas



Figura 34. Roca blanda de la Formación Neis de Bucaramanga

Roca Blanda de la Formación Tibú – Mercedes (RbK1tm)

Se caracterizan rocas blandas arcillosas y limosas de colores rojizos y grises, altamente meteorizadas y con pérdida local de la estratificación.



Figura 35. Roca blanda de la Formación Tibú – Mercedes (RbK1tm) correspondiente a limolitas grises blandas

Se muestra en la imagen rocas blandas y suelo residual generado de la formación Tibú – Mercedes que corresponde a limolitas grises. Este tipo de rocas tiende a formar suelos arcillosos muy blandos susceptible a desprendimiento, las rocas en este nivel de erosión presentan pérdida de la estratificación.

Roca Blanda Arenosa de la Formación Aguardiente (RbK1a)

Cuarzoarenitas de grano medio a fino, color blanco, bastante limpias, muy friables, de granos bien seleccionados, redondeados, nada angulosos, genera en mayor medida los depósitos aluviales de la cuenca baja



Figura 35. Roca blanda de la Formación Aguardiente presenta oxidación

Las rocas blandas de la Formación aguardiente muestran oxidación y aumento de la friabilidad a medida que la erosión en ellas es más evidente, esta formación tiene a presentarse junto con abundante vegetación a las cuales se les atribuye en gran medida el fracturamiento de los estratos que permite que el proceso de alteración sea más rápido

Suelos

Suelo residual

Suelo generado in situ por procesos de meteorización a partir de las rocas in situ (areniscas, limolitas, liditas y arcillolitas). En general presentan consistencia desde baja a muy firme y alcanzan el grado VI del perfil de meteorización de Dearman y Deere y Patton. SGC, [9]

Suelo Residual de la Formación Tibú – Mercedes (SrK1tm)

Suelo compuesto por rocas silisiclasticas, mayoritariamente arcillosas y limosas, rojas a blancas y verdes claro, localmente arenitas de grano grueso a medio y conglomerados blancos y grises claros. Este tipo de suelos se presenta sobre los 1400 m.s.n.m aproximadamente y dadas las constantes precipitaciones sobre la cuenca presenta alta humedad. Sobre estos suelos se han creado senderos hacia las fincas



Figura 36. Suelos residuales de la Formación Tibú – Mercedes (SrK1tm) correspondiente a suelos arenosos y arcillosos



Figura 37. Suelos residuales de la Formación Tibú – Mercedes (SrK1tm) correspondiente a suelos arenosos y arcillosos

Material transportado

Fluvial

Sedimentos que han sido transportados y depositados por los arroyos y quebradas conformando los cauces activos, abandonados y llanuras de inundación. Están compuestos por bloques, cantos, grava, arena y finos en condición suelta. En la parte baja de los ríos principales, predomina la granulometría fina correspondiente a arcillas, lodolitas, material arenoso y materia orgánica.

Suelo Reciente de Origen Fluvial

Depósitos con variación granulométrica desde gravas hasta muy finos, constituidos localmente por cantos, sobre este a lo largo de la cuenca ya se encuentra el límite O del suelo orgánico. En general son de consistencia blanda.

Suelo de Cause Activo

Se componen de bloques, cantos, gravas y arenas silíceas de grano muy grueso a fino, localmente granos tamaño limo o lodo, de color gris a café claro o blanco, algunas gravas presentan oxidación. Los depósitos en general presentan compactación baja.



Figura 38. Suelo de cause activo y suelo reciente de origen fluvial



Figura 40. Movimiento de remoción en masa reciente al margen izquierdo de la quebrada Aguablanca

Gravedad

Depósitos de materiales sueltos a medianamente compactos, de composición y tamaño heterogéneo, producto de movimientos en masa activos e inactivos. Se incluye material depositado por gravedad en los cambios de pendiente fuerte, donde se acumulan fragmentos de roca que caen desde la parte alta y media de los taludes

Suelo Transportado Coluvial de Bloques

Depósitos de bloques, cantos, y gravas, de composición cuarzoarenita, calizas y de rocas metamórficas tipo esquisto angulosos, poco redondeados en matriz areno arcillosa, de color café claro a café. Estos localizados en los drenajes que alimentan la Quebrada Aguablanca.



Figura 39. Suelo transportado coluvial de granulometría variada desde cantos hasta finos sobre un puente de cemento hecho por la comunidad.

5.1 GEOMORFOLOGIA

La geomorfología del área de la cuenca media y baja de la cuenca de Aguablanca se encuentra caracterizada por un fuerte componente estructural dado el tren estructural N – S que presenta la zona, sin embargo, también podemos encontrar geomorfología de carácter denudacional, que corresponde a las geoformas que generan las rocas erodadas, fluvial, que corresponde a las geoformas que se generan por el depósito de sedimento por acción de algún cauce o río, estructural, que corresponde a las geoformas producto de procesos tectónicos intensos que permiten el plegamiento y fallamiento de las rocas y antrópicas que corresponden a las geoformas creadas por el hombre

Fluvial

Cauce aluvial (Fca) Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Cuando las corrientes fluyen en zonas semiplanas a planas (llanura aluvial), los cauces son de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo.

Terrazas de acumulación (Fta): Planos elongados de morfología plana a suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma pareada a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro antiguas llanuras de inundación, por donde fluye una corriente. La formación de estas terrazas incluye fases de acumulación, incisión y

erosión vertical. Se constituyen de gravas arenas, limos y arcillas.



Figura 42. Causa aluvial y terrazas de acumulación que han sido gradualmente modeladas para senderismo

5.1.1 Estructural

Geoformas originadas por la influencia que tiene la actividad tectónica sobre las rocas, generando expresiones escarpadas propias de fallamiento y plegamiento.

Ladera estructural (Sle): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas, la inclinación promedio en la cuenca es de entre 30° y 45°.

Ladera contrapendiente (Slcp): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a muy escarpadas.



Figura 43. Imagen que ilustra las laderas estructurales

Dentro de las laderas estructurales y de contrapendiente se identificaron laderas del mismo carácter, pero con componente denudativo, es decir, laderas con mayor producción de suelos y más propensas a procesos de

remoción en masa, así pues, por fotogeología mediante el uso de estereoscopios se pudo determinar que la mayoría de estas laderas con componente denudativo estaban asociadas a la Formación Tibú – Mercedes que se encuentra compuesta por las rocas más blandas y erodadas de la zona.

Faceta triangular (Sft): Plano vertical a subvertical abrupto, recto con una geometría en planta triangular a trapezoidal (base amplia y techo angosto). Su origen se relaciona al truncamiento y desplazamiento de relieves estructurales o de interfluvios, por procesos de fallamiento y posterior erosión diferencial.

Espolón facetado (Sefc): Saliente que en conjunto conforma sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia.

Este tipo de geoformas se encuentra asociado a procesos compresivos gracias al ramal de fallas que logra extenderse desde la parte E del municipio de Bochalema por la Falla del Rio Pamplonita.

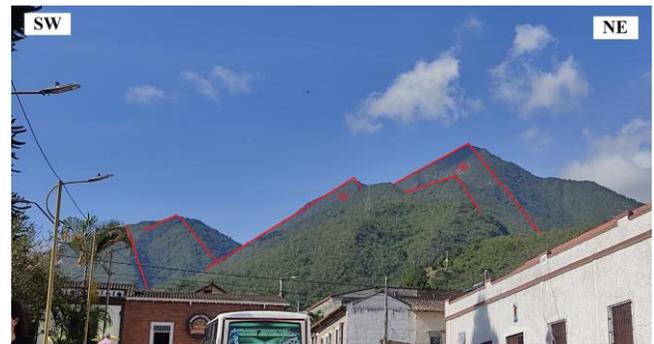


Figura 44. Imagen que ilustra las facetas triangulares vistas desde Bochalema



Figura 45. Imagen que ilustra un espolón facetado

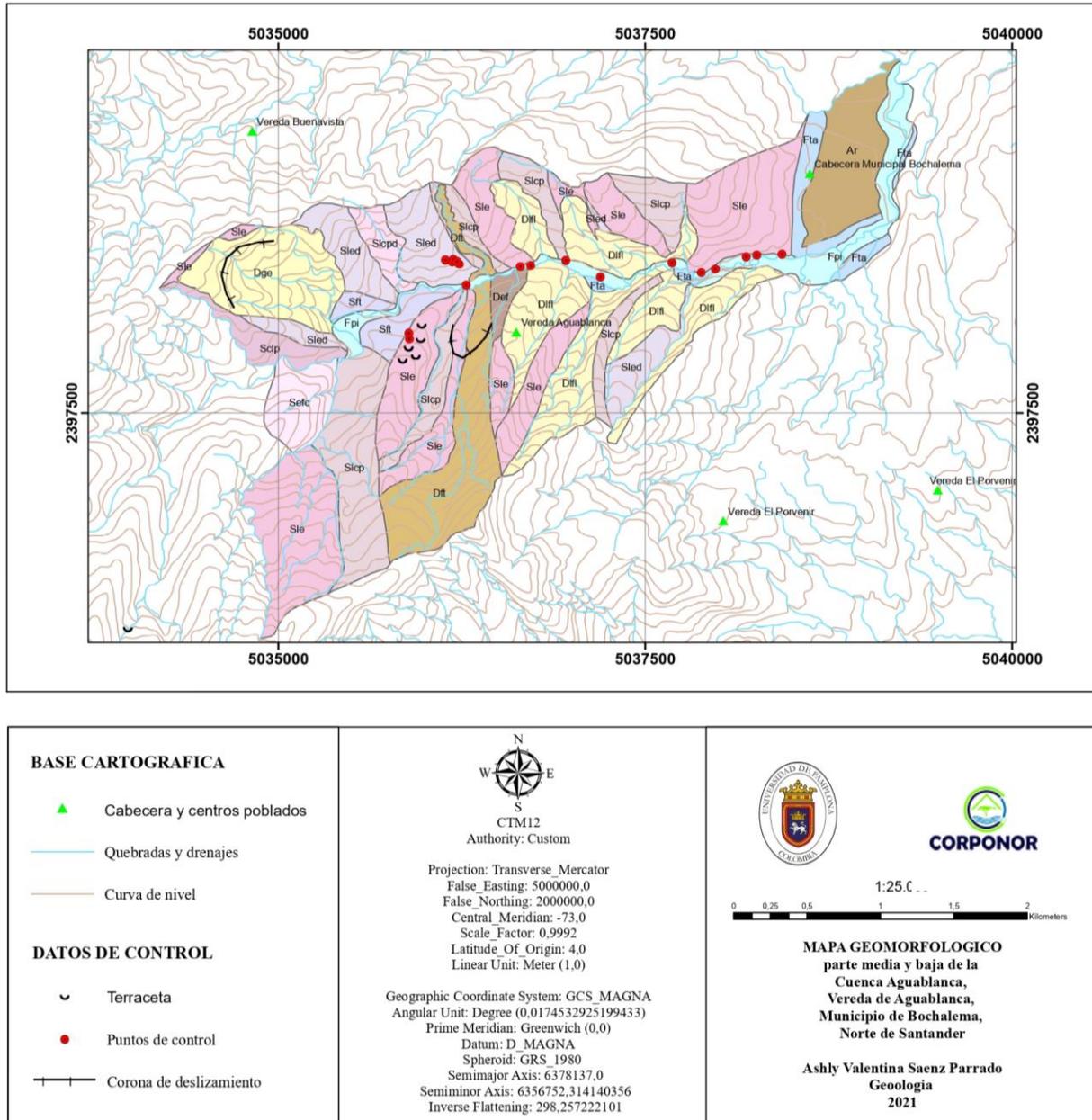


Imagen 46. Mapa geomorfológico de la parte media y baja de la Cuenca Aguablanca

Tabla 7. Unidades geomorfológicas en el área.

ORIGEN	CARACTERISTICAS	SIMBOLO	DESCRIPCION
ANTROPICO	Geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos, con el objetivo de realizar construcción de vivienda o adecuar el terreno para piscinas, parqueaderos, etc.	Ar	Planos y campos de rellenos antropicos (Ar): Planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno.
FLUVIAL	Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvia como la acumulación de sedimentos.	Fta	Terrazas de acumulación (Fta): Planos elongados de morfología plana suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma pareada a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro antiguas llanuras de inundación, por donde fluye una corriente.
		Fpi	Plano o llanura de inundación (Fpi): Unidad geomorfológica de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces aluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza.
DENUDATIVO	Geoformas relacionadas con procesos denudacionales que se presentan en zonas de clima tropical; caracterizadas por erosión, depositación y movimientos en masa, cuyo resultado son morfologías denudadas de expresión redondeada a relativamente suave y depósitos de diferente tipo.	Def	Escarpe faceteado (Def): Superficie triangular o trapezoidal, de base amplia y tope angosto, con ladera de morfología alomada, cóncava de longitud corta a moderadamente larga y pendientes escarpadas a muy escarpadas.
		Dge	Glacis de erosión (Dge): Superficie de erosión larga a muy larga, cóncava y suavemente inclinada, esculpida en unidades rocosas de piedemonte por procesos de escorrentía superficial en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Se caracteriza por el desarrollo de fuerte carcavamiento y tierras malas.
		Difi	Cono o lóbulo de flujo de lodo y tierra (Difi): Estructura en forma de lóbulo o flujo alomado, localmente aterrazado, con longitud corta a muy larga, altamente disectados, que se presentan siguiendo las hondonadas y drenajes fluviales. Localmente presenta diques marginales que limitan el cauce. Su origen es relacionado al transporte de materiales producto de la saturación del suelo.
ESTRUCTURAL	Geoformas originadas por la influencia que tiene la actividad tectónica sobre las rocas, generando expresiones escarpadas, propias de fallamiento y plegamiento, que se combinan con los procesos denudacionales tanto antiguos como actuales.	Sled	Ladera estructural denudada (Sled): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentar alto grado de erosión y procesos por remoción en masa
		Slcpd	Ladera contrapendiente denudada (Slcpd): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentar alto grado de erosión y procesos por remoción en masa
		Sle	Ladera estructural (Sle): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno.
		Slcp	Ladera contrapendiente (Slcp): Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno.
		Sft	Faceta triangular (Sft): Plano vertical a subvertical abrupto, recto con una geometría en planta triangular a trapezoidal (base amplia y techo angosto).
		Sefc	Espolón faceteado (Sefc): Saliente que en conjunto conforma sierras colinadas con pendiente inclinada a abrupta. Su origen se relaciona al fallamiento que genera truncamiento a manera de facetas triangulares y a procesos de erosión diferencial en unidades de distinta resistencia.

Las siguientes unidades fueron rectificadas mediante la interpretación fotogeológica ya que no fue posible llegar a algunas zonas marcadas por problemas de accesibilidad o por falta de visibilidad por la vegetación.



Imagen 43. Uso del estereoscopio en la interpretación geomorfológica

- **Escarpe faceteado (Def):** Superficie triangular o trapezoidal, de base amplia y tope angosto, con ladera de morfología alomada, cóncava de longitud corta a moderadamente larga y pendientes escarpadas a muy escarpadas. Su origen es relacionado a procesos de erosión, incisión y movimientos en masa en laderas relictas que aparecen en torno a relieve estructurales constituidos por materiales fracturados.
- **Glacis de erosión (Dge):** Superficie de erosión larga a muy larga, cóncava y suavemente inclinada, Cause aluvial Terrazas esculpida en unidades rocosas de piedemonte por procesos de escorrentía superficial en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Se caracteriza por el desarrollo de fuerte carcavamiento y tierras malas

Dado el ángulo de inclinación de la cuenca, el poco espacio entre laderas y la carga de agua de la Quebrada Aguablanca, los glacis de erosión no terminan en glacis de acumulación ya que este material es lavado constantemente.

La geomorfología de la cuenca vista a grandes rasgos corresponde a laderas estructurales y de contrapendiente perteneciente a espolones faceteados que presentan dentro del mismo escarpes faceteados y glacis de erosión, entre la división de estas grandes estructuras se encuentran las geoformas fluviales que corresponden al cauce del suelo activo como los planos de inundación y las terrazas aluviales y finalmente el depósito de la acción fluvial termina hacia la parte baja en la cabecera municipal en donde se encuentran los depósitos antrópicos creados por la acción humana como los planos y rellenos en el suelo para construcción.

CONCLUSIONES

La bibliografía sobre las unidades geológicas que afloran en la zona es reducida y fue necesario de la consulta y el análisis de trabajos que describe o definen estas unidades en otros municipios de la Cuenca del Catatumbo.

La columna estratigráfica de la parte media y baja de la cuenca de Aguablanca de base a techo, de W a E corresponde a la Formación Neis de Bucaramanga con una gradación metamórfica desde Gneises anfibólicos hasta cuarzo – feldespático y micáceos, sobre esta formación y en contacto discordante se encuentra la formación Tibú – Mercedes, en donde se expone Tibú con una secuencia de cuarzoarenitas de grano grueso, limolitas y arcillolitas, lamentablemente el límite de calizas es difuso para la diferenciación del techo de esta y de Mercedes; Sobre la Formación Tibú – Mercedes suprayace de manera concordante la Formación Aguablanca que expone una secuencia de cuarzoarenitas limpias bien sorteadas; finalmente se encuentran los depósitos cuaternarios hacia el casco urbano de Bochalema producto de procesos exógenos .

El depósito de las formaciones sedimentarias que hacen parte de la Cuenca del Catatumbo corresponde a procesos de transgresiones marinas, en algunas arenitas de la formación Aguardiente se encuentran trazas de glauconita.

Las unidades geológicas superficiales reconocidas en el área corresponden al estudio detallado de los tipos de suelo y cambios de las rocas in situ por procesos exógenos. Desde la parte media hasta la parte baja de la cuenca se definen unidades como rocas duras, intermedias, blandas y suelos residuales, para el caso Formación Aguardiente se encuentran rocas duras, que corresponden a la secuencia de rocas encontradas al inicio de la parte baja de la cuenca y que se dispone en estratos de entre 30 cm y 2 m aproximadamente, este tipo de rocas resulta resistente ante los procesos exógenos debido a su composición mineralógica mayoritariamente de cuarzo. Las zonas delimitadas como rocas intermedias corresponden a rocas que poseen un mayor diaclasamiento y que abarcan gran parte de la cuenca, presentan una mayor vegetación, lo que ayuda a que junto con el diaclasamiento y las precipitaciones las rocas sean mas propensas a erodar de forma más rápida, debido a la acción de las quebradas afluentes a la quebrada principal de Aguablanca, la Formación Aguardiente presenta suelos transportados de bloques coluviales. La definición de las rocas blandas se da por la observación en campo desde las partes altas accesibles y con ayuda de la estereoscopia de imágenes de vuelos en los cuales se evidencio zonas de baja vegetación

y/o desprendimiento de rocas, este tipo de rocas tienden a formarse hacia los parteaguas.

Para el caso especial de la Formación Tibú – Mercedes se tiene la presencia de rocas intermedias, blandas y de suelos residuales, esto debido a la composición y variación litológica que presenta la formación, además, su ubicación hacia el inicio de la parte media de la cuenca resulta favorable para la disgregación de las rocas debido a la alta precipitación que se comienza a presentar en esta zona. Ya que Tibú – Mercedes posee una variación litológica de conglomerados, arenitas, shales y calizas, las zonas generadoras de rocas blandas y suelos residuales corresponden a estas secuencias de shales y calizas que composicionalmente por acción del agua, viento y gravedad tienden a erodarse de forma más fácil y rápida.

En rocas metamórficas se tiene en cuenta la condición In situ de la roca y el protolito de la misma, dicha información permite definir por medio de estándares geotécnicos si la roca es dura, intermedia o blanda. Por otra parte, para el Gneis de Bucaramanga es necesario de la observación de las familias de diaclasas encontrados en los afloramientos, la influencia de la vegetación en la zona y la disgregación o cambio de los minerales en la roca.

La definición y nomenclatura de unidades geomorfológicas es realizada mediante el estudio detallado de diversos documentos tales como las propuestas de unidades geomorfológicas por el SGC, así como la metodología de Carvajal que permiten la creación de un diccionario generalizado para la guía del proyecto.

Mediante el uso de diversos programas se espacializa la geología, geomorfología y unidades geológicas superficiales encontradas en el área, dicha espacialización utiliza la nueva proyección geográfica realizada por el IGAC (CTM12) y programas que permiten la estereoscopia a través de la superposición de imágenes aéreas.

El análisis fotogeológico se implementó para determinar las unidades superficiales más recientes y más propensas a movimientos que puedan afectar a la población así como para zonas de difícil acceso.

Las unidades geomorfológicas corresponden en su gran mayoría a secuencias de laderas estructurales y de contrapendiente caracterizadas en lo que a una escala municipal sería un espolón faceteado, la disposición de los estratos es producto del tectonismo de la zona atribuido al ramal de fallas que se genera en el municipio de Bochalema gracias a la Falla del Río Pamplonita, por ende se define la zona como una cuenca con un gran componente estructural y también se le atribuye un gran componente denudacional por los fuertes procesos denudativos que presenta la cuenca

debido a las altas precipitaciones entre otros procesos que han permitido modelar el terreno.

La información obtenida de esta investigación busca aportar al conocimiento geocientífico y la literatura para ser la base para creación de nuevos mapas en materia de gestión del riesgo que puedan servir a la comunidad de la Cuenca de Aguablanca y la cabecera municipal del municipio de Bochalema.

Reconocimientos y agradecimientos

A la Universidad de Pamplona, por se mi alma mater. A CORPONOR, por realizar este convenio que permitio la investigación. Al profesor Ilich Villamizar por guiarme durante mis estudios los últimos años y durante mi investigación e este trabajo. A todos los profesores que aportaron un granito de arena y ofrecieron su conocimiento

A mis padres, Edward Castaño y Angelica Parrado, a mi hermana Fernanda Castaño, porque, aunque no sabían que era la geología al principio, se esforzaron por entenderla, entenderme, apoyarme, escucharme y animarme, a mi abuelita, Blanca, porque nadie ha orado tanto por mí en parciales y finales como ella y mi madre.

A María José Garay, por acompañarme en campo y en oficina, por ser amiga y compañera en recorrer “valentinolandia”. A Jean Carlos Rodríguez, porque tuve el mejor apoyo, consejero y confidente cuando lo necesité.

A todos mis compañeros y futuros colegas, porque de ellos aprendí no solo ciencia, también cultura.

En memoria de Caramelo, que duerme bajo unas isoras.

Gracias totales.

Referencias

- [1] IGAC. (1950 – 1996). Líneas De Vuelo Aerofotografías Blanco y Negro, cuadrángulo G-13.
- [2] Placido Rivera., 1955. Croquis de unos terrenos ubicados en el Municipio de Bochalema – Departamento de Norte de Santander Para la solicitud de contrato de Exploración y Explotación de Moscovita ante el Ministerio de Minas y Petróleos.
- [3] Hurtado Luis., 1997. Caracterización de química y mineralogía de las minas de los municipios de Bochalema y Toledo (Norte de Santander), U. F. P. S. Cúcuta.
- [4] Gutiérrez, J., Clavijo, J. 2001. Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Santander a escala 1:300.000, INGEOMINAS.
- [5] Alcaldía municipal de Bochalema. 2003. Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), Bochalema
- [6] Servicio Geológico Colombiano SGC. 2010. Geología de las Planchas 98 – Durania y 99 – Villa del Rosario, Norte de Santander escala 1:100.000, Bogotá.
- [7] Fúquen, J., Ceballos, L., Marín, E., Patiño A., Pedraza, A. 2010 - 2011. memoria explicativa de las planchas geológicas 98 – Durania Como Geología de las planchas 98 – Durania y 99 – Villa del Rosario, Bogotá.
- [8] Carvajal, J., Instituto colombiano de geología y minería INGEOMINAS. PROPUESTA DE ESTANDARIZACION DE LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLOGICA EN COLOMBIA, Bogotá 2011.
- [9] SGC. PROPUESTA METODOLÓGICA SISTEMÁTICA PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS ANALÍTICOS APLICADOS A LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000. Bogotá 2012
- [10] Servicio Geológico Colombiano SGC., 2013. Lineamientos para la elaboración de mapas de amenaza por movimientos en masa a escala municipal y rural, Bogotá.
- [11] SGC. Subdirección de Amenazas geológicas, Zonificación por movimientos en masa, ESTANDARIZACION DE GEOFORMAS DE AMBIENTE FLUVIAL Y LAGUNAR, Bogotá, mayo 2013
- [12] SGC. Subdirección de Amenazas geológicas, Zonificación por movimientos en masa, ESTANDARIZACION DE GEOFORMAS DE AMBIENTE ESTRUCTURAL, Bogotá, mayo 2013
- [13] SGC. Subdirección de Amenazas geológicas, Zonificación por movimientos en masa, PROPUESTA DE GLOSARIO AMBIENTE DENUDACIONAL, Bogotá, mayo 2013
- [14] Alcaldía municipal de Bochalema., 2013. Estrategia Municipal de Respuesta de Emergencia para la Gestión del Riesgo y Desastres, Bochalema.
- [15] Botello, Fabian., 2014. Aportes al conocimiento del Granito de Durania, Silúrico Temprano Macizo de Santander, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- [16] Amanda P Laverde., Rivera María Esther., 2015. Bochalema – Sistema de Alerta Temprana, Universidad de Pamplona, Pamplona.
- [17] Paredes Villamizar Edgar., 2016. Lineamientos para elaboración el plan de manejo ambiental para la microcuenca la Chiracoca, en el municipio de Bochalema, Universidad Santo Tomas, Cúcuta.
- [18] Servicio Geológico Colombiano SGC., U. de Caldas. (2013 - 2015). Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa, Plancha 098 Arboledas escala 1:100.000, Manizales.
- [19] Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 2015. Sedimentología, Trabajos prácticos – 2015. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/guia_tp.pdf
- [20] Servicio Geológico Colombiano SGC., 2017. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000. Bogotá D. C., Colombia
- [21] Franco E, Jaimes K. CARACTERIZACIÓN DE FACIES, LITOESTRATIGRAFÍA Y AMBIENTES DE DEPOSITACIÓN QUE DIFERENCIAN LA SECUENCIA SEDIMENTARIA AFLORANTE EN LA VÍA QUE CONDUCE A LAS VEREDAS TAMPANQUEBA Y CÚNUBA DEL MUNICIPIO DE PAMPLINA, NORTE DE SANTANDER - COLOMBIA, Tesis de Pregrado, Departamento de Física y Geología, Programa de Geología, Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia, 2017.
- [22] Universidad Francisco de Paula Santander U.F.P.S., 2017 - 2018. Informe preliminar ambiental de la Gestión de Riesgo y Desastres en los 39 municipios sujetos de control, de la Contraloría General del Departamento Norte de Santander. Plataforma SIA Observa, Cúcuta.

- [23] Barahona V. José Alejandro., 2018. Prototipo de vivienda social progresiva, flexible y sostenibilidad para habitantes de la zona rural en Bochalema, Norte de Santander, Universidad la Gran Colombia, Bogotá.
- [24] Departamento Nacional de Planeación (DPN)., 2018. Índice Municipal de Riesgo de Desastres ajustados por Capacidades, Bogotá.
- [25] Cabrejo S. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REVISIÓN DE LOS COMPONENTES GEOLÓGICOS Y DE GESTION DE RIESGO DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (DECRETO 1077 DE 2015): CASO DE ESTUDIO, MUNICIPIO DE RAGONVALIA, NORTE DE SANTANDER. Tesis de pregrado, Departamento de Física y Geología, Programa de Geología, Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia, 2020.
- [26] SGC. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000, ANEXO A. GLOSARIO DE UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

Libros

- [27] Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D. Ciencias de la tierra. Madrid: Academic PEARSON EDUCACIÓN S. A., 2005.