



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL
ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

1

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y CARACTERIZACIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA
DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER**

SHIRLEY KATHERINNE VILLAMIZAR REYES

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y GEOLOGÍA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
VILLA DEL ROSARIO**

2023

Shirley Katherinne Villamizar Reyes





ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL
ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

2

**CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y CARACTERIZACIÓN DE
MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA
DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER**

SHIRLEY KATHERINNE VILLAMIZAR REYES

**Trabajo de grado, modalidad práctica empresarial
Presentado como requisito para optar al título de
Geólogo**

Director Académico

Msc. Ilich Sebastián Villamizar Solano

Director Empresarial

Ing. Samari Angelina Reyes Cáceres

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y GEOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

VILLA DEL ROSARIO

2023

Shirley Katherinne Villamizar Reyes





Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida que más que un logro es un sueño alcanzado.

Agradezco a mi Papá y a mi Mamá que me han brindado ese apoyo incondicional y su amor para poder culminar todos mis objetivos personales y académicos.

A mi amado esposo Jesús David porque siempre me ha impulsado a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades, por ser siempre mi mayor alcahueta y por ayudarme a hacerme cada vez más fuerte.

Le agradezco profundamente a mi tutor académico Ilich Sebastián por su dedicación y paciencia, sin duda alguna sus palabras y correcciones siempre fueron precisas, gracias por ser un guía y por todos los consejos, los llevare grabados en mi memoria para mi futuro profesional.

A la empresa PRECONCRETOS S.A mis más sinceros agradecimientos por permitirme realizar mis prácticas empresariales para poder culminar con mi etapa universitaria y dar paso a la etapa profesional, porque aportaron a mi cada una de sus enseñanzas e hicieron de esta etapa una muy bonita experiencia.

Agradezco a la Universidad de Pamplona y al programa de Geología, quiero extender mi gratitud a todos los profesores y profesoras que compartieron su sabiduría y experiencia, brindándome las bases necesarias para abordar este proyecto de manera eficiente. Por enseñarnos a amar esta profesión.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL
ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

4

Dedicatoria

*“Con mucho amor a mi abuela Josefina (†),
mi mami, mi papi, mi esposo y mis Hermanos”*

Shirley Katherinne Villamizar Reyes





Contenido

Resumen.....	9
1. INTRODUCCION	10
2. Objetivos.....	11
2.1 General:.....	11
2.2 Específicos:	11
3. Generalidades.....	12
3.1. Localización.....	12
3.2. Hidrografía	13
3.3. Climatología.....	13
3.4. Vegetación	13
4. Metodología	14
4.1. Fase 1. Recopilación bibliográfica	14
4.2. Fase 2. Salida de campo de reconocimiento.....	15
4.3. Fase 3. Salida de campo de recolección de muestras.....	15
4.4. Fase 4. Estudio de Granulometrías	15
4.5. Fase 5. Análisis e interpretación de la cartografía.....	16
4.6. Fase 6. Resultados de granulometría y cartografía	16
4.7. Fase 7. Informe final.....	16
5. Marco Teórico.....	17





5.1 Geología local	18
5.2 Geología estructural.....	20
5.3 Geomorfología.....	21
5.4 Material de arrastre	22
5.5 Ensayos de laboratorio	23
5.5.1 Granulometrías	23
5. Resultados	27
6.1 Formación Grupo Guayabo	28
6.2 Depósitos cuaternarios de Terraza aluvial	33
6.3 Depósitos Recientes de Llanura Aluvial.....	34
6.4. Muestreos, cadena de custodia y laboratorios	36
6. Conclusiones.....	41
7. Recomendaciones.....	43
8. Bibliografía.....	44
9. Anexos	48
10. Apéndices	49





Índice de figuras

Figura 1. Mapa de localización y red hídrica del área de estudio. Fuente: Autor.	12
Figura 2. Diagrama representativo de la metodología a llevar a cabo en cada una de las fases. Fuente: Autor.....	14
Figura 3. Columna estratigráfica Regional de la Cuenca del Catatumbo. Fuente: Barrero y otros (2007).....	18
Figura 4. Depósito en forma vertical de material de arrastre. (Min Minas, 2013)	23
Figura 5. Mapa de estaciones. Fuente: Autor.	27
Figura 6. Mapa geológico del área de estudio. Fuente: Autor.....	28
Figura 7. Corte Geológico del área de estudio. Fuente: Autor.	29
Figura 8. Columna estratigráfica. Nota: se enfoca en formaciones más colindantes a la mina Fuente: Autor.	30
Figura 9. A) Muestra de arenita cuarzosa tomada de la estación E04-PC-SKVR. B) Muestra de sublitorenita tomada de la estación E10-PE-SKVR. Las dos muestras son capas intercaladas de la formación grupo Guayabo. Fuente: Autor.....	31
Figura 10. Afloramiento de la Formación Grupo Guayabo. Fuente: Autor.....	32
Figura 11. Muestra tomada en la estación E10-PE-SKVR de shale con presencia de micas que corresponde a la formación grupo Guayabo. Fuente: Autor.	32
Figura 12. Afloramiento localizado en inmediaciones al río Táchira donde se pueden observar los depósitos inconsolidados cuaternarios de terraza aluvial, donde se observan los tamaños grava. Fuente: Autor.....	33
Figura 13. Localización sector norte del título minero GGJA-01, donde se realizaron los muestreos para realizar el laboratorio de granulometrías, se identifica la dirección de flujo del río Táchira (la fotografía de la izquierda fue tomada con ángulo amplio de 0,5x). Fuente: Autor....	34



Figura 14. Sedimentos de los Depósitos Recientes de Llanura Aluvial sobre el lecho del río Táchira, donde se observan tamaños de grava y presencia de arenas y limos. A) Tamaños grava con matriz se sedimentos finos; B-C-D tamaños de grava superiores a 30 cm los cuales no son aptos para pasar los tamices convencionales ya que el tamaño superior fue 50,8mm. Fuente: Autor.....35

Figura 15. Procedimiento que se llevó a cabo para realizar las granulometrías. A) Haciendo uso de la retroexcavadora se realiza un apique de profundidad promedio de 1.2m. B-C-D) se toman las medidas del apique para verificar que sea de 30m x 30m. Fuente: Autor....37

Figura 16. Proceso de cadena de custodia, donde se empaca la muestra, se preserva hasta ser llevada al laboratorio, rotulo donde se identifica, fecha, litología, coordenadas, posible ensayo y quien realiza el muestreo; proceso el cual se llevó a cabo para el total de las muestras. Fuente: Autor.....38

Figura 17. Proceso que se realizó en el laboratorio. A) se pesa cada una de las muestras; B) se identifican los tamices a usar teniendo presenta dar cumplimiento a la norma a implementar. Fuente: Autor.....38

Figura 18. A) proceso de secado en el horno; B) se realiza el proceso automatizado de tamizaje para los tamices de menor tamaños para obtener mejor perdida de muestra. Fuente: Autor.....39

Figura 19. Durante el proceso de tamizaje entre los tamices N100 y N200 en las muestras se lograron observa la presencia de gasterópodos. Fuente: Autor.....39

Figura 20. Resultado promedio del laboratorio realizado. Fuente: Autor.....40





Resumen

El presente trabajo, modalidad de práctica empresarial, ha sido llevado a cabo con el respaldo de la empresa PRECONCRETOS S.A., quien lleva a cabo la actividad de extracción de materiales de arrastre (gravas y arena) por más de 60 años en el Municipio de Cúcuta, Norte de Santander. En la actualidad, no cuenta con una cartografía geológica actualizada que les permita caracterizar el recurso a extraer.

La finalidad de este trabajo es llevar a cabo la cartografía geológica para determinar la ubicación espacio temporal de las rocas y sedimento a escala 1:5000 en un área de 5 km², donde se sitúa la mina El Escobal, seguido de revisiones bibliográficas, realización de estaciones en campo y cotejo de los datos obtenidos, se consiguió identificar la presencia de la Formación Grupo Guayabo y los depósitos Cuaternarios de llanura aluvial antigua, de terrazas aluvial y aluviales los que son de mayor interés en la zona.

El mapa geológico, el corte geológico y la columna estratigráfica muestran las características litológicas y estructurales; las cuales se proporcionan en este documento, lo que nos permite ver una posible contribución del conocimiento geo-científico, de las siguientes exploraciones y explotaciones del material de arrastre de la empresa y el bienestar de este conocimiento a la comunidad.



1. INTRODUCCION

Según la Agencia Nacional de Minería (2022), los materiales de construcción predominan con cerca de más de 3000 títulos mineros vigentes lo que corresponde al 47% de la minería en Colombia. Por esto es de conocimiento identificar y caracterizar las unidades litoestratigráficas que afloraran en la región, son de gran importancia tanto para la empresa como para la comunidad en general. En Norte de Santander la empresa PRECONCRETOS S.A realiza labores de minería a cielo abierto de materiales de construcción (gravas y arena) sobre el río Táchira, en la ciudad de Cúcuta, en la mina llamada El Escobal. Pero en la actualidad no cuenta con la cartografía geológica detallada que le permita conocer las unidades que afloran.

Por tal motivo, se plantea a realizar una cartografía geológica para determinar la ubicación espacio temporal de las rocas y sedimento a escala 1:5000 en un área de 5 km², donde se encuentra ubicada la mina, donde se exponga la presencia lito-estratigráfica que muestre las características estructurales y litológicas presentes en la zona de estudio, para realizar un aporte en el conocimiento geológico de la zona en las siguientes explotaciones y estudios científicos que se puedan realizar y de esta forma que este enfoque que se realizase de la cartografía geológica le permita a la empresa observa la importancia de conocer en detalle la geología del lugar para poder mejorar la explotación que allí se realiza.

Cabe mencionar que la influencia de esta investigación mejorará tanto la explotación de la empresa como la comunidad que se encuentra alrededor de la mina, lo que permitirá un mejor entendimiento de la zona en la que se encuentran, para realizar trabajos futuros de impactos ambientales y mejora de métodos de explotación.



2. Objetivos

2.1 General:

Determinar la ubicación espacio temporal de las rocas y sedimento a escala 1:5000 del área de 5 km² de la mina El Escobal, ubicado en el municipio de Cúcuta, norte de Santander.

2.2 Específicos:

- Identificar el material de arrastre litoestratigráfico a una escala de 1:5000 en la zona de la mina El Escobal de la empresa PRECONCRETOS.
- Describir la composición y textura de las rocas y sedimentos presentes en las unidades litoestratigráficas de la zona de estudio.
- Determinar la distribución estructural de las formaciones geológicas presentes en la zona de estudio para la realización de la cartografía de la mina El Escobal.

3. Generalidades

En esta sección, se observa la localización, hidrografía, clima y vegetación del área de interés.

3.1. Localización

El área de estudio se encuentra dentro del título minero GGJA-01 que pertenece a la empresa PRECONCRETOS S.A ubicado en el km5 vía Bocono en el municipio de Cúcuta, localizado sentido de orientación SE donde se encuentra ubicada la planta de beneficio, en el departamento de Norte de Santander.

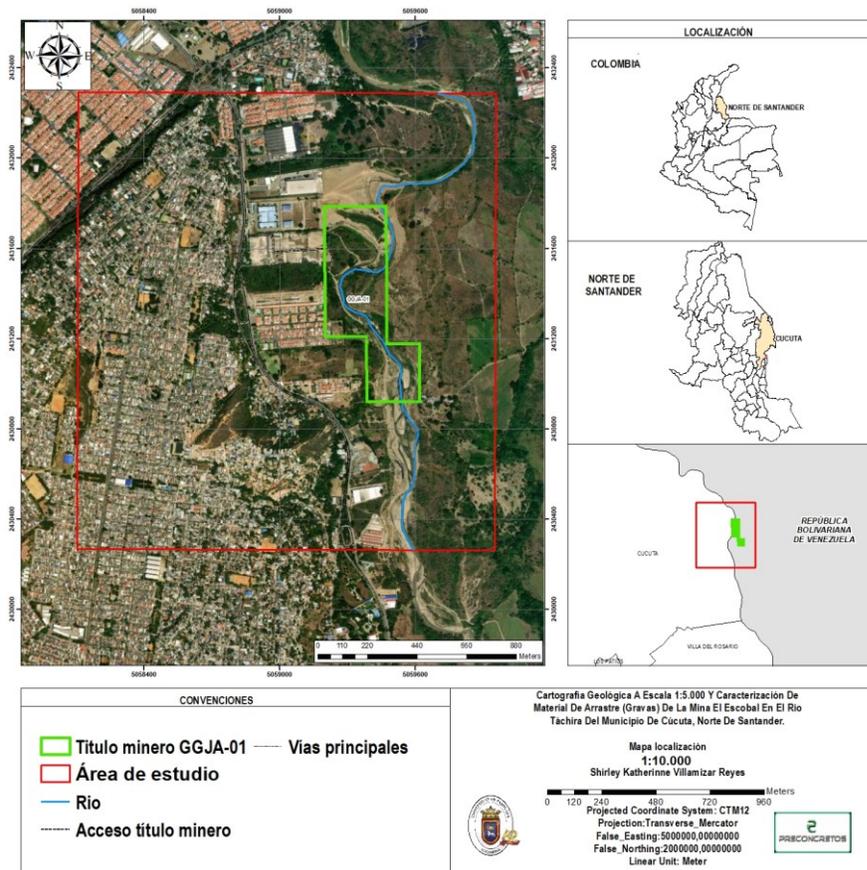


Figura 1. Mapa de localización y red hídrica del área de estudio. Fuente: Autor.



3.2. Hidrografía

El río Táchira se ubicada en territorio venezolano y colombiano. Nace en el Páramo del Tama a la altura de 3.400 m.s.n.m y desemboca en el río Pamplonita aguas abajo del puente internacional General Santander.

3.3. Climatología

El clima en el área de estudio este clasificado como tropical. La temperatura promedio es de 22°C a 33°C, precipitaciones promedio 1203 mm donde la temporada de lluvias septiembre, octubre, noviembre y parte de diciembre. (Collow, y otros, 2017).

3.4. Vegetación

El municipio de Cúcuta se caracteriza por bosque seco tropical, así como el alto porcentaje de erosión 30.2%, cobertura de bosque denso un porcentaje del 22%, bosque abierto un porcentaje de 17.8% y asentamientos humanos y suelos desnudos un 15.2%. (Suárez F, Bonilla S, Martínez E, R. Galindo-T, & L.R. Sánchez, 2004)

4. Metodología

Para poder realizar este proyecto ubicación espacio temporal de las rocas y sedimentos a escala 1:5000 del área de 5km² de la mina “El Escobal” del municipio de Cúcuta, Norte de Santander de la empresa PRECONCRETOS S.A, se propuso establecer 7 fases, para la realización de las actividades, tanto en la zona de estudio como en el trabajo de oficina, las fases quedaron de la siguiente forma:

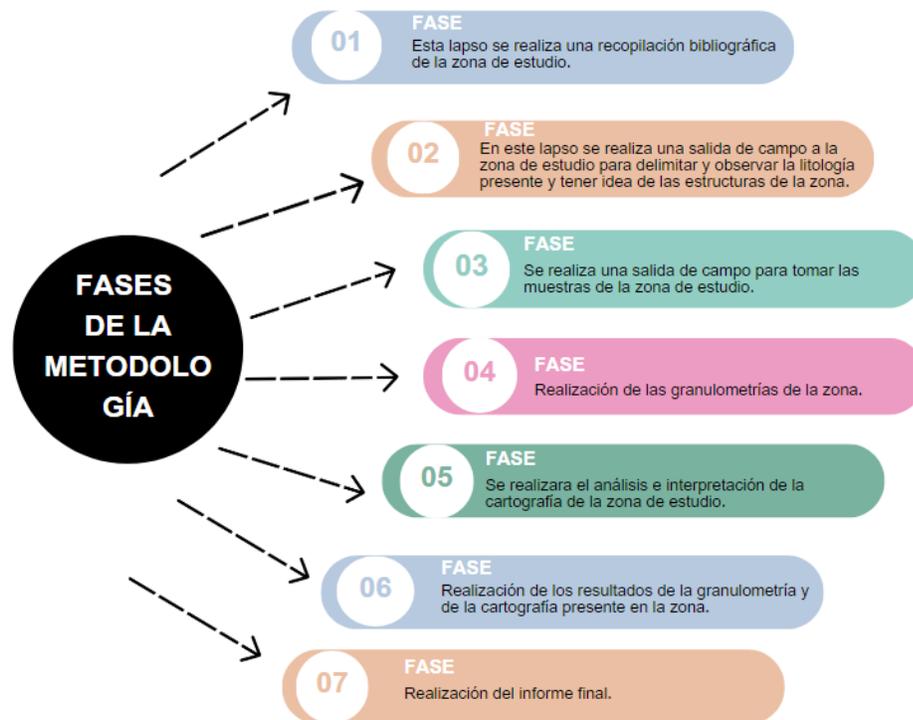


Figura 2. Diagrama representativo de la metodología a llevar a cabo en cada una de las fases. Fuente:

Autor

4.1. Fase 1. Recopilación bibliográfica

Se realizó una búsqueda y revisión de la información que se presenta en la zona de estudio, aquí se analizaron los artículos, los trabajos de grados y algunas tesis de la zona de estudio. Además de ello se llevó a cabo la verificación del mapa geológico de la zona y como



fue ejecutado y por consiguiente si existe alguna investigación en la zona actual de estudio. Las fuentes principales para hacer las consultas fueron, la agencia Nacional de Minería, El servicio Geológico Colombiano, El instituto Agustín Codazzi, y las semanas técnicas que se han ejecutado, con ello se provee el Marco Conceptual (teórico) del Proyecto que ayude determinar la litología y geología de la zona de estudio.

4.2. Fase 2. Salida de campo de reconocimiento

Se realizó una salida de campo a la zona de estudio para tener la idea de la delimitación de la cartografía. De esta manera al delimitar el estudio se utilizó la elevación digital (DEM) de la aplicación Earth Engine Apps (Carrascal Minorta, 2022) el cual me permite obtener DEM's corregidos, estos modelos de Elevación digital me permitieron generar las curvas de nivel mediante el Software ArcGIS 10.3 y midieron las generalidades de la zona y hacer correlación con los anteriores mapas realizados en la mina. Se utilizaron las herramientas digitales como: Google Earth, ArcGIS 10.3, Google Engine Apps para el estudio satelital del área de interés.

4.3. Fase 3. Salida de campo de recolección de muestras

Para realizar esta salida de campo se plantea como objetivo tomar muestras en el lecho del río Táchira de la zona de estudio y la búsqueda de los contactos de las formaciones presente, para esto se tomaran datos estructurales en afloramientos presentes, teniendo en cuenta las características estratigráficas presentes, utilizando un GPS, una Brújula, un bastón de Jacob, una cinta métrica de 50 metros, que ayudaran en la recopilación de los datos, llevados a la cartera de campo que para la recolección de la información de la zona de estudio.

4.4. Fase 4. Estudio de Granulometrías

Esta parte del estudio permitió realizar una mejor caracterización para la mina El Escobal de los diferentes materiales de arrastre (gravas) que se presentan en el río Táchira, para ello se realizó un tamizado haciendo uso de los implementos del laboratorio de



Granulometrías que permitieron identificar porcentaje de grava presente y las arenas de la zona, tamaños de las gravas y arenas y finalmente la caracterización según la curva granulométrica y los porcentajes obtenidos de la muestra tomada.

4.5. Fase 5. Análisis e interpretación de la cartografía

Se realizó el análisis de la información que se recolectó en las fases anteriores, se inició con la descripción macro de las muestras, se realizó la curva granulométrica que permite establecer los diferentes materiales de arrastre presentes en la zona de estudio. Utilizando el software de descarga de los puntos tomados con el GPS, Google Earth y ArcGIS 10.3 se procesó la información obtenida para poder ejecutar el procesamiento digital de los datos obtenidos en las anteriores fases.

4.6. Fase 6. Resultados de granulometría y cartografía

Se llevó a cabo un pre- informe de los resultados de la curva granulométrica y del mapa en ArcGIS 10.3, efectuado a escala 1:5000. Con el objetivo de obtener el total del informe de la práctica empresarial, se ha logrado obtener prácticamente el contenido completo del informe.

4.7. Fase 7. Informe final

Se llevó a cabo las últimas interpretaciones y correcciones de las granulometrías y del mapa que lleva la cartografía geológica presente de la zona de estudio. Asimismo, se llevó a cabo la revisión del informe final de entrega, el cual se basará en la estructuración completa en las normas APA vigentes para presentar este informe, teniendo en cuenta la elaboración de las conclusiones y recomendaciones del informe final.



5. Marco Teórico

El municipio de Cúcuta se localiza en la vertiente Oriental de la cordillera Oriental y en el extremo suroeste de la Cuenca de Maracaibo, limitando al Oeste con el Macizo de Santander y al Sur con la prolongación de la Cordillera de Mérida. Geológicamente, el área se localiza en la Falla de Aguascalientes.

El sector de estudio está situado en la zona este del departamento Norte de Santander, dentro de la Cuenca del río Táchira, perteneciente a la gran cuenca del río Catatumbo. El acceso se encuentra en el sector hacia el sur de Cúcuta y más específicamente en el kilómetro 5 de la vía a Bocono (anillo vial oriental) antigua vía que conduce al municipio de Villa del Rosario.

El área de estudio está limitado al occidente por rocas terciarias y cuaternarias de origen sedimentario (Figura 3). Estratigráficamente conformados depósitos sedimentarios como limolitas, areniscas, arcillolitas, terrazas y aluviones cuaternarios (Oviedo, 2015).

La litología presente en la zona es de gran interés económico para la industria de la construcción ya que se basan en la extracción del lecho del río como el Táchira, Pamplonita y Zulia para el suministro de arena y material de arrastre (INGEOMINAS, 1999).

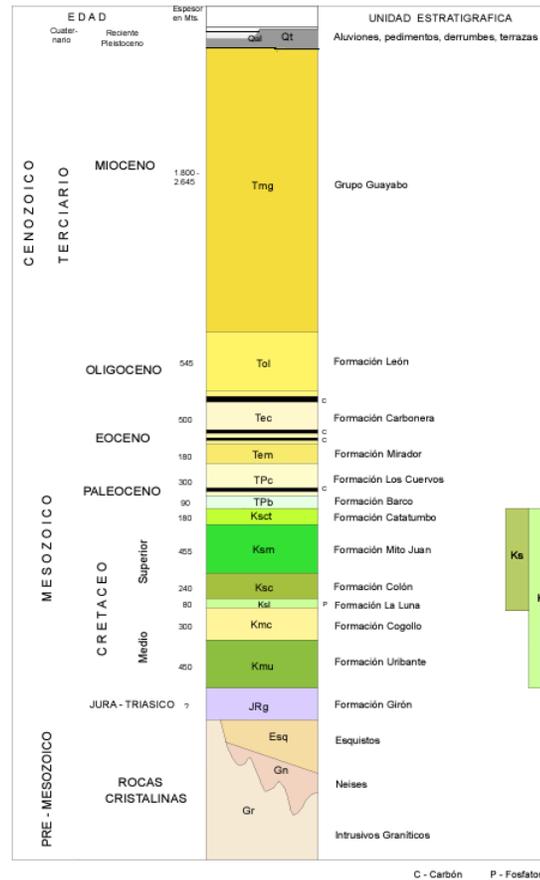


Figura 3. Columna estratigráfica Regional de la Cuenca del Catatumbo. Fuente: Barrero y otros (2007).

5.1 Geología local

El área de estudio se localiza las formaciones aflorantes en el sector, corresponden a rocas de edad Terciario y Cuaternario como:

Grupo Guayabo (N1N2g)

La edad del Grupo Guayabo según (Notestein y otros, 1944) es Mioceno medio. El grupo Guayabo conformado por arcillolitas, con intercalaciones de areniscas de grano grueso que se gran a conglomerados, no se observan discordancias angulares. Según Gonzales y otros (1980)



señala que la variabilidad lateral de esta unidad, es difícil de separar cada una de las formaciones que lo componen.

El grupo Guayabo comprende aproximadamente el 30% del área total de la geología de la plancha 88-Cucuta (departamento de Norte de Santander). El ambiente de sedimentación es (González y *otro*, 1980).

El grupo Guayabo tiene una relación estratigráfica infrayacente con la Formación León, su contacto es concordante transicional según Notestein y *otros* (1944), donde se observan los salientes que dan paso a los sedimentos arenosos y delimitan la base del Grupo Guayabo.

Depósitos Cuaternarios (Qt)

Los depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente distribuidos dentro del municipio, descansando discordantemente sobre las diferentes formaciones presentes y cubren la gran mayoría del área expuesta.

Estos depósitos cuaternarios en su mayoría tienen origen estructural, denudacional y Fluvio-lacustre (Diederix y *otros*, 2009), a partir de su origen se cartografiaron y clasificaron de la siguiente manera:

Depósitos de Terrazas aluviales (Q2tal)

Estos depósitos se conforman a nivel de drenajes se concentran en valles, ríos; los espesores oscilan entre 5 y 15 metros; los tamaños son variados entre tamaños de grano, desde lodo, arena y grava; los depósitos de grava, guijarros a guijos, su calibración es mala, los clastos son sub-redondeados con baja esfericidad; conformados por cuarzo arenitas de grano fino a grueso conglomeráticas de granos subangulares a sub-redondeados; algunos paquetes de arenitas cuarzosas con presencia de moscovita, cuarzo hialino, bien cementadas. (Oviedo, 2015).



Depósitos de Llanura Aluvial Antigua (Q1a)

Estos depósitos están definidos por un nivel plano, se extiende en dirección Este hacia el río Táchira, Según Oviedo (2015) planicie erosiva; con dinámica fluvial extensa de llanura, deposito principalmente de capas de grava, que cubren la superficie inicial, guijos y cantos sub-redondeados a redondeados; características por la presencia de gabros, cuarzo arenitas y arenas líticas.

Depósitos Recientes de Llanura Aluvial (Q2a)

Estos depósitos se forman a partir de corrientes principales, como quebradas y ríos, están constituidos por cantos redondeados de alta esfericidad que varían en tamaño de centímetros a metros embebidos dentro de una matriz areno- arcillosa. En el municipio se presenta una gran área constituida por este tipo de depósito no consolidado, hacia el sur, con un área de aproximadamente 15802 Km². El área urbana se encuentra ubicada en un depósito de este tipo (Oviedo, 2015).

5.2 Geología estructural

Según Diederix y otro (2009) la zona de estudio geológicamente se encuentra localizada en el sistema de fallas Aguascalientes al conjunto de fallas que pasa al sur de casco urbano de Ureña en Venezuela y atraviesa el Río Táchira entra a Colombia cerca del sector de Bocono). Las fallas que hacen parte de este sistema de fallas son: Falla Aguascalientes, Cúcuta, El Lomito, El Pórtico (continuando con la Falla de Aguascalientes sentido SW), Panamá y San Pedro.

Esta falla la define un escape moderado en dimensiones hacia la parte SE del Cero San Luis, lo que hace que está formada por rasgos morfológicos sencillos de identificar. Hacia el pie de este escape se encuentran la actividad cuaternaria de la falla, donde se observa la presencia



de sedimentos como grava con deformación y desplazamiento que evidencia movimiento transcurrente de tipo dextral los cuales son principales características de la falla (Diederix y otros, 2009).

La geología de toda la zona se caracteriza por presentar sedimentos aluviales aportados por el río Táchira, la cartografía geológica del área de interés.

5.3 Geomorfología

Según el Servicio Geológico Colombiano (2015) en la zona de estudio se reconocen unidades geomorfológicas de ambiente fluvial y están representadas por Cauce aluvial (Fca), Plano o llanura de inundación (Fpi) y Terraza de acumulación (Fta)

La unidad de ambiente Fluvial Cauce Aluvial (Fca.), son canales de forma irregular, que son excavados por erosión de las corrientes, cuando las corrientes fluyen semi planas (llanura aluvial), los cauces son meándricos divagante, como producto del cambio de dirección de flujo (SGC, 2015).

La unidad de ambiente Fluvial plano o llanura de inundación (Fpi), son de superficies morfológicas planas, o de baja ondulación, eventualmente inundable, que está localidad bordeando los cuales fluviales. Los depósitos están constituidos por sedimentos finos que se originaron en los eventos de inundación fluvial. Se encuentra ampliamente asociada a los Depósitos Recientes de Llanura Aluvial

(SGC, 2015).

La unidad de ambiente Fluvial, terraza de acumulación (Fta), son superficies elongadas, suavemente onduladas, que se modelan por los sedimentos aluviales, cuyo origen está directamente relacionado con los procesos de acumulación aluvial, dentro de la llanura de



inundaciones. Estos depósitos en su mayoría están constituidos por gravas, arenas, limos y arcillas (SGC, 2015).

5.4 Material de arrastre

Se considera como material de arrastre a los materiales pétreos desintegrados en tamaños según los tamaños de bloques, cantos, gravas y arenas, que yacen en el cauce del río y a orillas de las corrientes de agua, como vegas de inundación y otros depósitos aluviales; resultado de procesos de selección natural que sufre el material al ser transportado por la corriente de agua. (Rodríguez, 1987).

Las arenas y gravas que se Encuentra en la sub-cuenca del río Táchira corresponden a depósitos sedimentarios recientes de tipo fluvial, están ubicado en el Municipio de Cúcuta sobre el cual se localizan depósitos de gravas, cantos, arenas y arcillas (Rodríguez, 1987).

Según el Código de Minas (Ley 685 de 2001) Art. 11. Es considerado como materiales de construcción, los materiales de arrastre como arenas, gravas, bloques en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales. “Materiales de construcción. Para todos los efectos legales se consideran materiales de construcción, los productos pétreos explotados en minas y canteras usados, generalmente, en la industria de la construcción como agregados en la fabricación de piezas de concreto, morteros, pavimentos, obras de tierra y otros productos similares. También, para los mismos efectos, son materiales de construcción, los materiales de arrastre tales como arenas, gravas y las piedras yacentes en el cauce y orillas de las corrientes de agua, vegas de inundación y otros terrenos aluviales. Los materiales antes mencionados, se denominan materiales de construcción, aunque, una vez explotados, no se destinen a esta industria. El otorgamiento, vigencia y ejercicio del derecho a explorar y explotar los materiales de construcción de qué trata este artículo, se regulan íntegramente por este Código y son de la competencia exclusiva de la autoridad minera”.

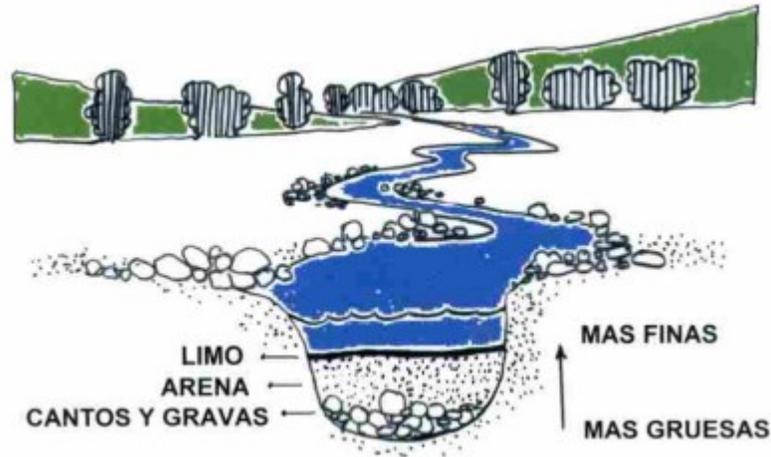


Figura 4. Depósito en forma vertical de material de arrastre. (Min Minas, 2013)

5.5 Ensayos de laboratorio

5.5.1 Granulometrías

Según (Badillo & Rodríguez, 2005) “El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelos dada. Obviamente para obtener un resultado significativo la muestra debe ser estadísticamente representativa de la masa de suelo. Como no es físicamente posible determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo la práctica solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño. Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la anterior y se relaciona esta cantidad retenida con el total de la muestra pasada a través de los tamices.” Es evidente que el material retenido de esta forma en cualquier tamiz consiste de partículas de muchos tamaños todos los cuales son menores al tamaño de la malla a través de la cual todo el material pasó, pero mayores que el tamaño de la malla del tamiz en el cual el suelo fue retenido.



Los tamices a utilizar según la Norma Técnica Colombiana NTC 174 (Sexta edición) deben ser ubicados de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución de tamices según la Norma Técnica Colombiana NTC 174 (Sexta actualización). (Fuente: NTC 174, 2018).

Tamiz (NTC 32)	Porcentaje que pasa (%)
9,5 mm (3/8 de pulgada)	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 mm (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
600 μ m (No. 30)	25-60
300 μ m (No. 50)	5-30
150 μ m (No. 100)	0-10
75 μ m (No. 200)	0-3A. B
<p>Para muestras que no están sometidas a abrasión, el límite para el porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) es máximo el 5%.</p> <p>Para agregados finos, si el material más fino que el tamiz 75 μm (No. 200) consiste de polvo, esencialmente libre de arcilla o esquistos, este límite debe ser 5% máximo.</p>	



Curva de distribución granulométrica

Según (Bowles, 1981) Los resultados del análisis mecánico (análisis por tamizado e hidrométrico) se presentan generalmente en gráficas semilogarítmicas como curvas de distribución granulométrica (o de tamaño de grano). Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética.

Grafía de la curva

Según (Badillo & Rodríguez, 2005) La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo; un suelo constituido por partículas de un solo tamaño estar representado por una línea vertical (pues la mayor parte de sus partículas de quedarán en un tamiz), si posee una curva muy tendida indica gran variedad de tamaños (suelo bien graduado). A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener diámetros característicos tales como D10, D30, D60, etc. El D se refiere al tamaño de grano, o diámetro aparente de la partícula de suelo y el subíndice (10, 30,60) denota el porcentaje de material más fino. Por ejemplo, D10 significa que el 10% de los granos son menores al tamaño indicado por el corte sobre la curva y proyectado al eje X. una indicación de la variación del tamaño de los granos presentes en la muestra se obtiene mediante el coeficiente de uniformidad (Cu) definido como:

$$Cu = \frac{D60}{D10} \dots (1)$$

Un valor grande de este parámetro (Cu) indica que los diámetros D60 y D10 difieren un tamaño apreciable. El suelo podría consistir de una mezcla de partículas gruesas y finas con pocas partículas intermedias, es decir podría tener una granulometría con vacíos. Para evitar una granulometría con vacíos se obtiene el Coeficiente de Curvatura (Cc). (Badillo & Rodríguez, 2005).



El coeficiente de concavidad (C_c) o de curvatura es una medida de la forma de la curva entre el D_{60} y el D_{10} , y se define de la siguiente forma:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}} \dots (2)$$

Valores de (C_c) muy diferentes de 1 indican que faltan una serie de diámetros entre los tamaños correspondientes al D_{10} y al D_{60} . Por lo tanto, para que un suelo sea definido como bien graduado, debe tener un buen (C_u) lo suficientemente alto y un (C_c) entre 1 y 3. (Badillo & Rodríguez, 2005).

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de Cartografía Geológica A Escala 1:5.000 Y Caracterización De Material De Arrastre (Gravas) De La Mina El Escobal En El Rio Táchira Del Municipio De Cúcuta, Norte De Santander. En esta zona se realizaron 43 estaciones (Figura 5), que permitieron observar y determinar la presencia de las unidades geológicas del terciario y cuaternario, localizadas cronoestratigráficamente de la más antigua a la más joven, como lo son el Grupo Guayabo, los depósitos Cuaternarios de Llanura Aluvial Antigua y los depósitos cuaternarios de Terraza aluvial, que se describen a continuación.

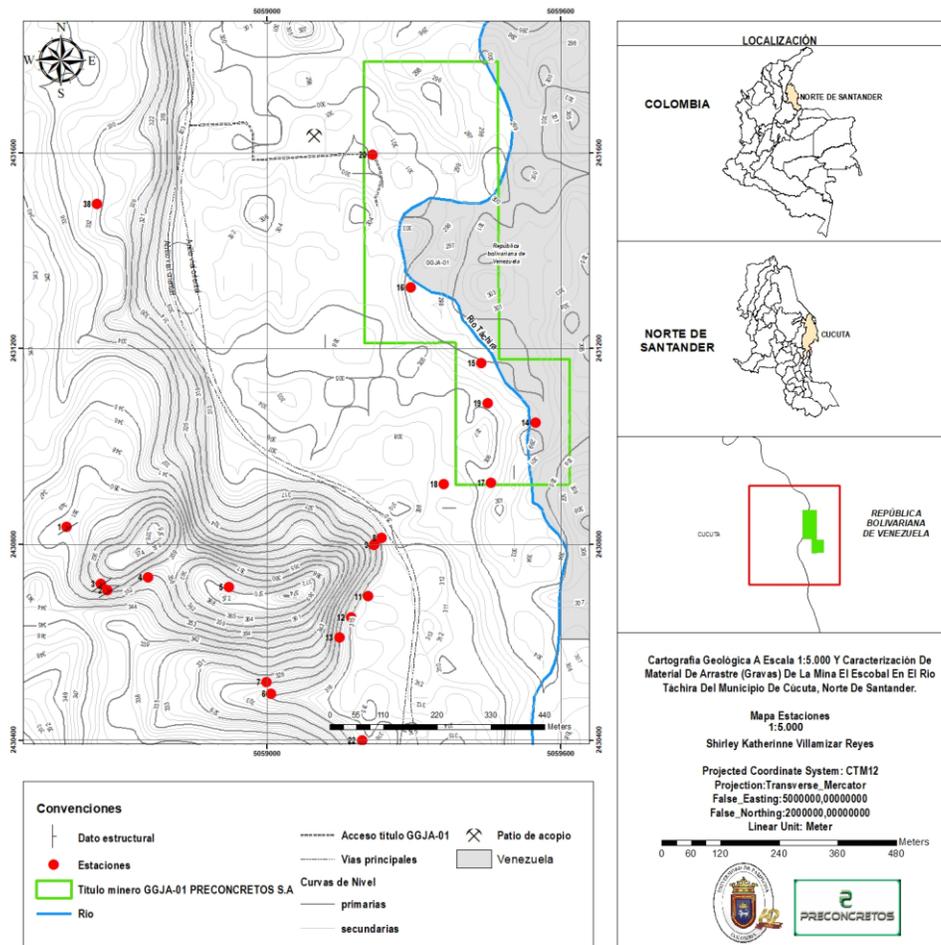


Figura 5. Mapa de estaciones. Fuente: Autor.

6.1 Formación Grupo Guayabo

Unidad cronoestratigráfica de mayor antigüedad en el área de estudio, esta formación se presenta hacia el sur-oeste sobre la comuna 4 y parte de la comuna 3 del municipio de Cúcuta, estratigráficamente se encuentra sobre puesta sobre los depósitos cuaternarios de llanura aluvial, se observan los contactos que son difusos y de gran meteorización, se observa surcos y cárcavas entre ellos, esto se evidencia por el cambio de litología y las pendientes.

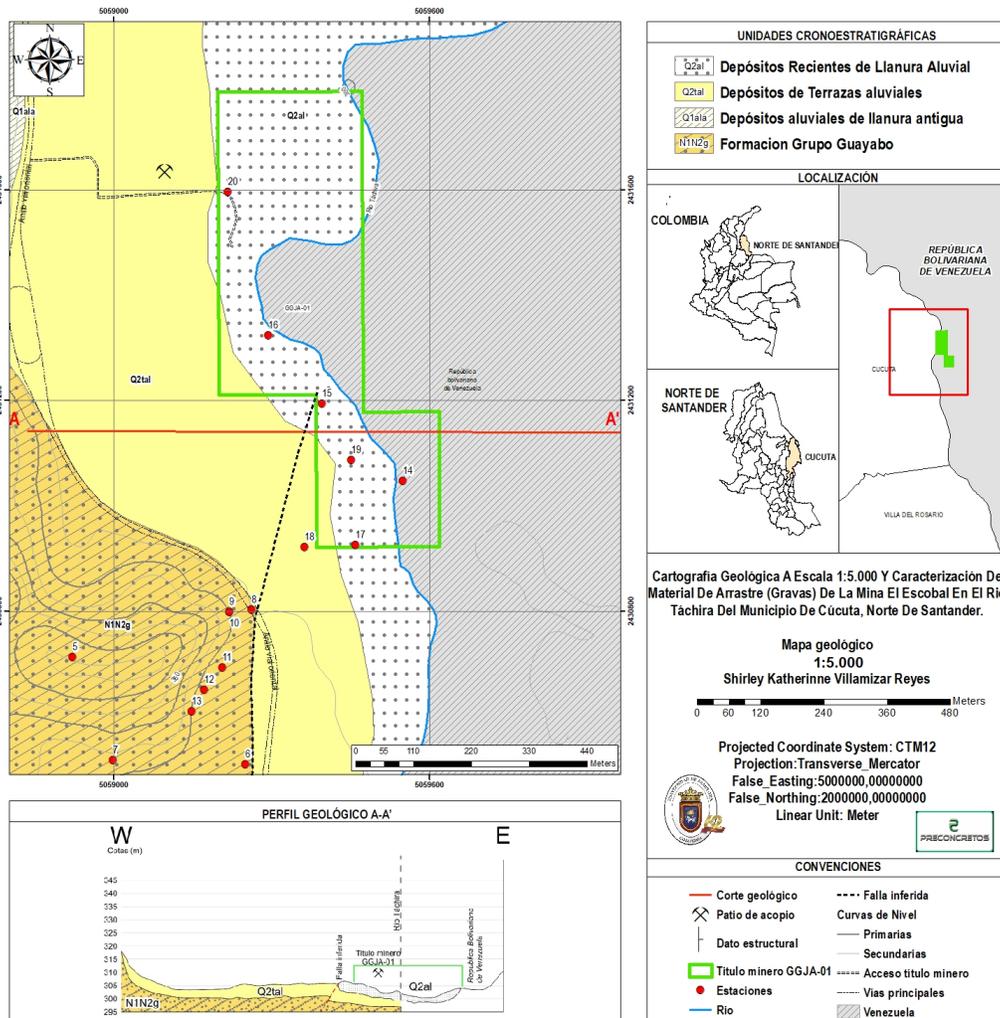


Figura 6. Mapa geológico del área de estudio. Fuente: Autor.

En el área de estudio, las estaciones E3-PE-SKVR localizada en las coordenadas 1'365.441N-1'177.546 y E01-PE-SKVR localizada en las coordenadas 1'365.557N-1'177.476E, fue posible determinar capas de arenitas friables intercaladas con shales y arcillolitas, con rumbo sureste con un ángulo de buzamiento de 65° hacia el Noreste, el espesor de las capas es medio a grueso, la geometría es tabular, contactos netos y difusos con las arcillas, sin estratificación interna en las cuarzo arenitas, se puso observar la alta meteorización por acción del viento y agua.

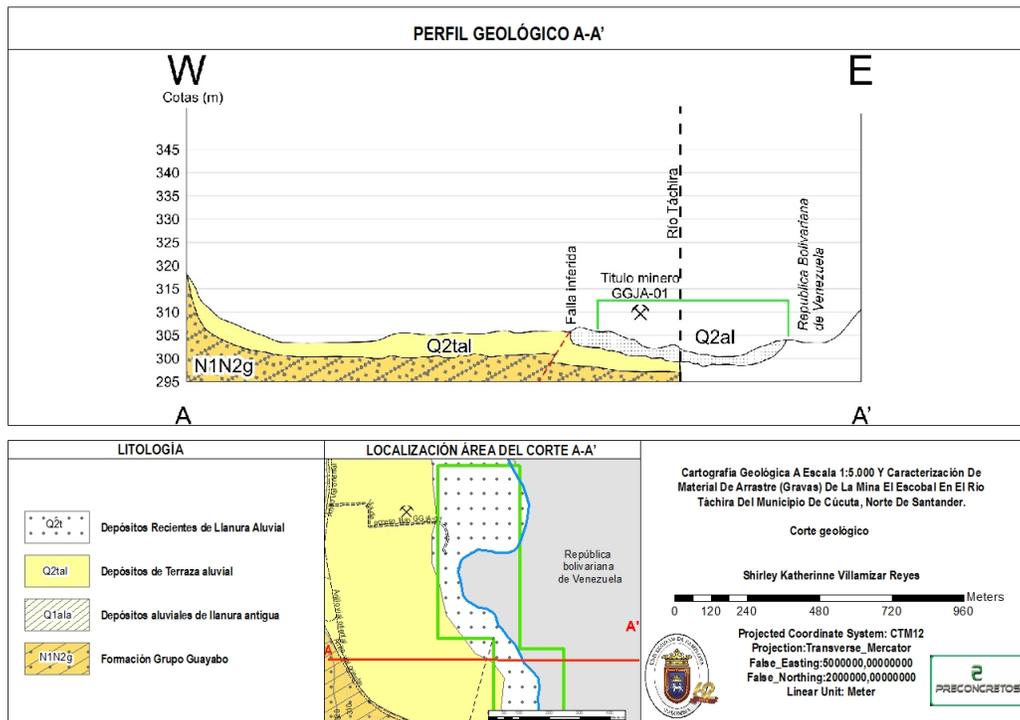


Figura 7. Corte Geológico del área de estudio. Fuente: Autor.

En las muestras tomadas en campo de la formación Grupo Guayabo se determinó la presencia de shales friables, donde predominaban los tamaños de grano limo (60%) y arcillas (40%), bien seleccionados y bien empaquetados; los granos son bien redondeados, con

esfericidad alta, matriz de moderadamente seleccionadas, arenitas cuarzosas de grano fino, grano-creciente, algunas con presencia de óxidos de hierro lo que hacía que la muestras se fractura en lajas con minerales accesorios como micas (5%).

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

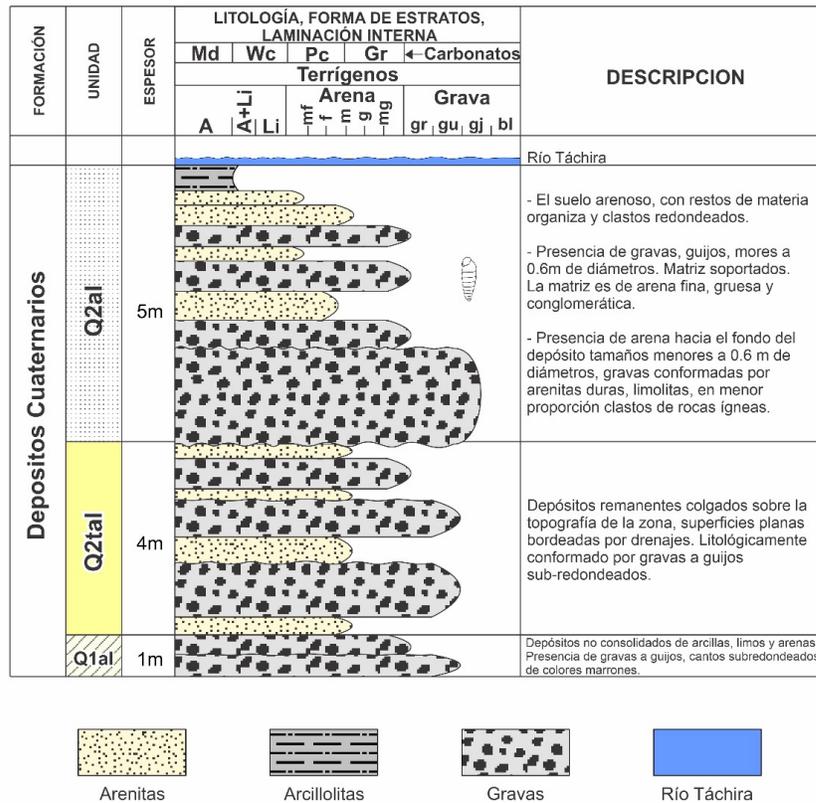


Figura 8. Columna estratigráfica. Nota: se enfoca en formaciones más colindantes a la mina Fuente: Autor.



Figura 9. A) Muestra de arenita cuarzosa tomada de la estación E04-PC-SKVR. B) Muestra de sublitolarenita tomada de la estación E10-PE-SKVR. Las dos muestras son capas intercaladas de la formación grupo Guayabo.

Fuente: Autor.

Las muestras de shales, tomadas en la estación E10-PE-SKVR (Figura 11) presenta color gris claro, con tamaños de arcilla (72%) y limos (28%), bien seleccionados, bastante friable, porosidad alta, los granos son sub-redondeados a redondeados con alta esfericidad, matriz bien seleccionada menor de 10%; composicionalmente los granos de arcilla y limo son de cuarzo, presenta minerales accesorios como micas (6%) y óxidos de hierro los que generan la oxidación en la muestra. Esta litología se observa en la columna estratigráfica, durante el trabajo de campo se determinó que su espesor según los afloramientos encontrados fue de 4 metros. Se logran identificar afloramientos en el perímetro cercano, pero, por fuera del polígono del título minero. Se buscó corroborar la presencia de esta formación para determinar la ubicación, espacio temporal de los sedimentos y rocas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El afloramiento localizado en la formación Grupo Guayabo (Figura 10), donde se observan las intercalaciones de arenitas cuarzosas con los shales y arcillas, se observan procesos de erosión por acción del agua que se deben al escurrimiento concentrado

formando canales paralelos. Cabe destacar que el afloramiento se ubica donde antiguamente funcionaba como minería de arcilla de manera artesanal.

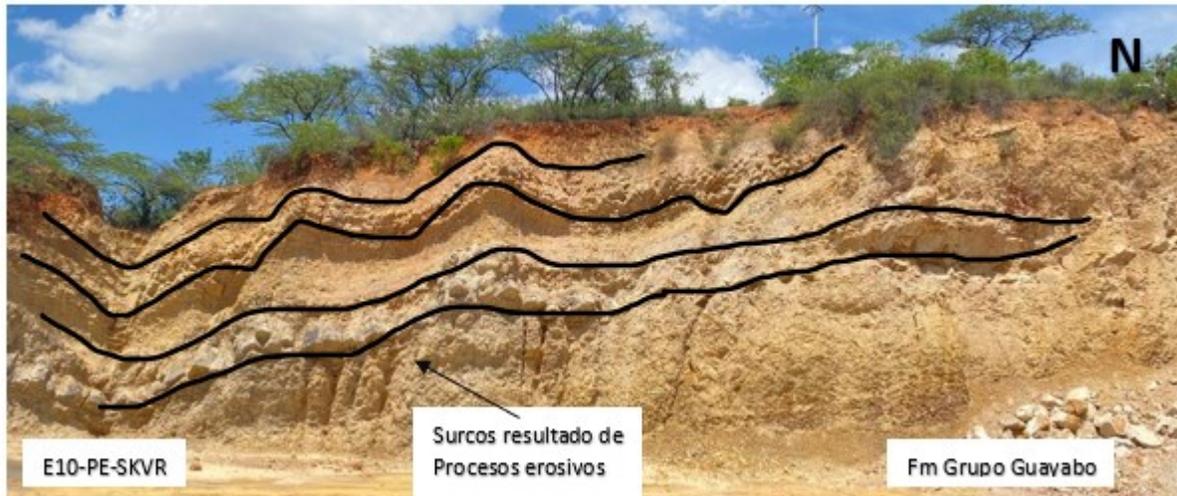


Figura 10. Afloramiento de la Formación Grupo Guayabo. Fuente: Autor.

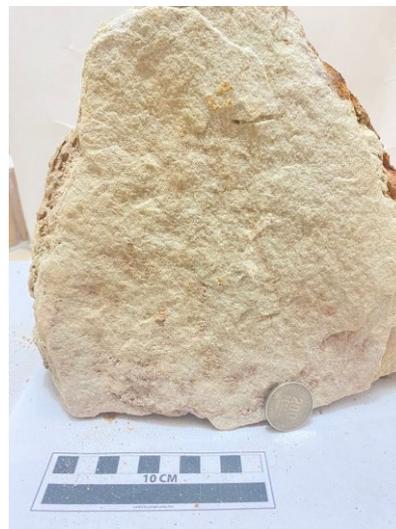


Figura 11. Muestra tomada en la estación E10-PE-SKVR de shale con presencia de micas que corresponde a la formación grupo Guayabo. Fuente: Autor.

6.2 Depósitos cuaternarios de Terraza aluvial

La siguiente unidad del área de estudio para la cartografía, se define como depósitos de Terraza aluvial, se presentan hacia la zona Sureste y Noroeste; se concentran en los valles de menores rios locales como es el caso del rio Táchira; el depósitos principalmente conformado por de capas de grava, diferentes niveles de grava expuestos, gravas (50%), guijos (20%) medios a gruesos con cantos subredondeados a redondeados, se componen en su gran mayoría por cuarzo arenitas, gabros, arenitas líticas; sedimentos clastosportados de una matriz bien calibradas; resultado de la dinámica fluvio, el nivel de base loca es bien definido por el rio Táchira.

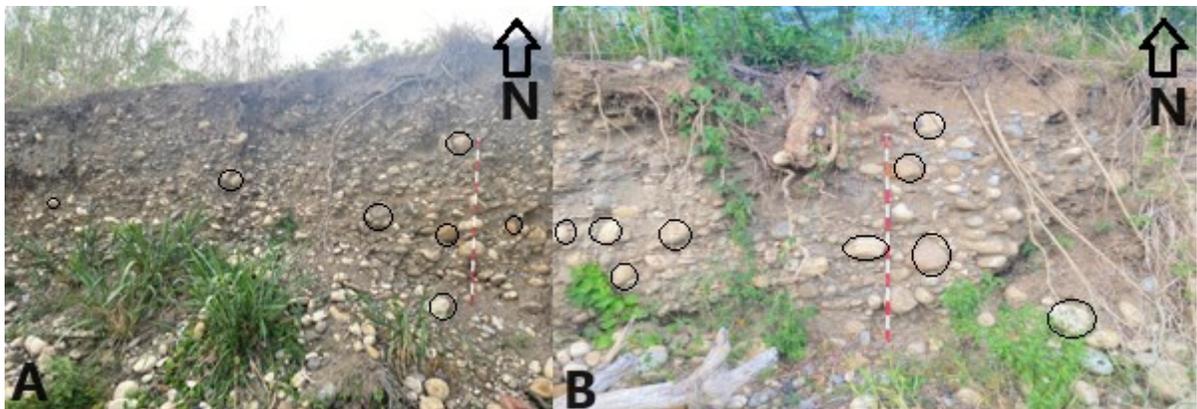


Figura 12. Afloramiento localizado en inmediaciones al rio Táchira donde se pueden observar los depósitos inconsolidados cuaternarios de terraza aluvial, donde se observan los tamaños grava. Fuente: Autor.

Como se puede observar son depósitos conformada litológicamente por gravas y sedimentos limo arenosos muy meteorizados, presentan grava de tamaños de guijos a cantos con forma si redondeada a redondeada, se observa leve imbricación, de color grisáceo, con moderado grado de meteorización y se conservan algunos remanentes ladera abajo.

6.3 Depósitos Recientes de Llanura Aluvial

En el área de estudio los depósitos recientes de llanura aluvial están asociados al cauce del Río Táchira, incluyen depósitos de acreción lateral y vertical, barras de los meandros, diques naturales y llanuras de inundación; coalescentes con los flujos de escombros y coluviones que son rebajados de manera lateral, que los conforman los escarpes erosivos; son depósitos transitorios. clastos de alta esfericidad por el proceso de imbricación; matriz arenosa de grano medio a grueso. composición en su mayoría de rocas ígneas (15%), metamórficas (55%) y sedimentarias (30%); suprayacen con los depósitos grava lodosa, lodos arenosos.



Figura 13. Localización sector norte del título minero GGJA-01, donde se realizaron los muestreos para realizar el laboratorio de granulometrías, se identifica la dirección de flujo del río Táchira (la fotografía de la izquierda fue tomada con ángulo amplio de 0,5x). Fuente: Autor.

Fotografía (Figura 14) tomada sobre el río Táchira, se observa la imbricación de los clastos, la composición del depósito es homogénea.

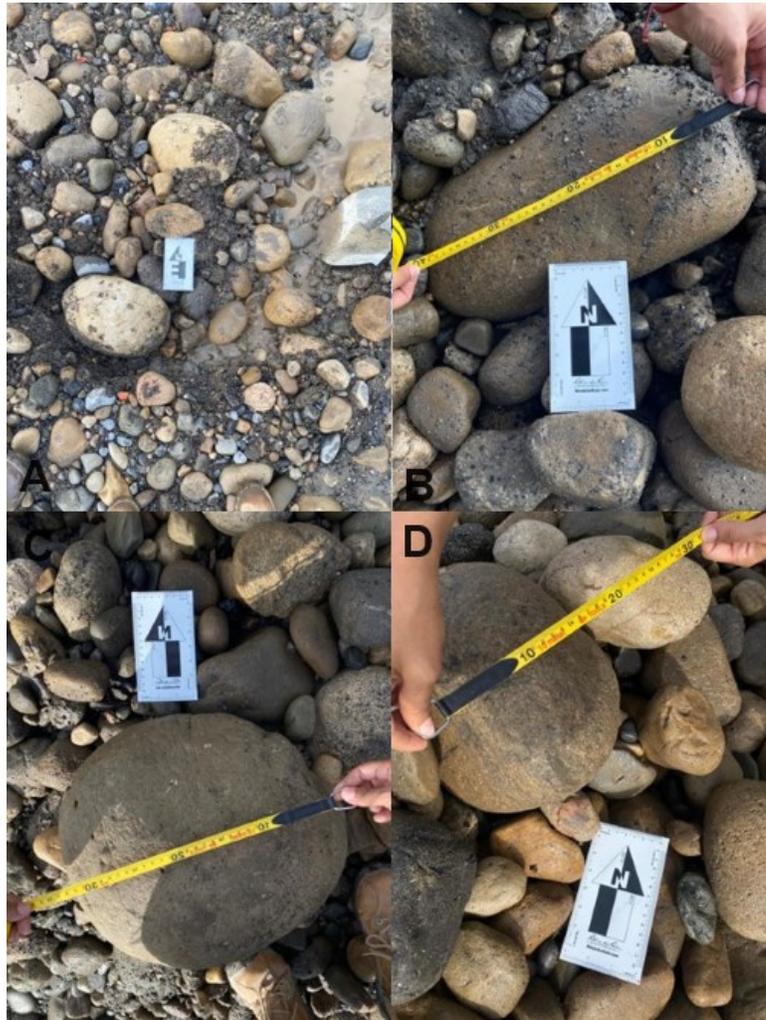


Figura 14. Sedimentos de los Depósitos Recientes de Llanura Aluvial sobre el lecho del río Táchira, donde se observan tamaños de grava y presencia de arenas y limos. A) Tamaños grava con matriz se sedimentos finos; B-C-D tamaños de grava superiores a 30 cm los cuales no son aptos para pasar los tamices convencionales ya que el tamaño superior fue 50,8mm. Fuente: Autor.

Depósitos aluviales



6.4. Muestreos, cadena de custodia y laboratorios

Se realizó la toma de las muestras sobre el lecho del río Táchira para la realización de los laboratorios. Se tomaron tres zonas de mayor interés para la empresa donde el río realiza sus recargas teniendo en cuenta el método de explotación que llevan los profesionales, se identificaron las zonas mediante el uso del GPS, se usaron bolsas para muestras de 9 a 10kg. Aproximadamente y se realizó la cadena de custodia por quien realiza la práctica empresarial, es llevada al laboratorio y posteriormente sometida a cada uno de los tamices; posterior análisis macroscópico y caracterización. Para el muestreo se realizan apoques de 30 metros por 30 metros con profundidades aproximadamente de 1.2 metros, de la cual se extrae la grava y posterior se descargan en forma de cono para posterior apartar los sobre tamaños superiores a 2" que corresponden a 50.8mm.



Figura 15. Procedimiento que se llevó a cabo para realizar las granulometrías. A) Haciendo uso de la retroexcavadora se realiza un apique de profundidad promedio de 1.2m. B-C-D) se toman las medidas del apique para verificar que sea de 30m x 30m. Fuente: Autor.



Figura 16. Proceso de cadena de custodia, donde se empaqueta la muestra, se preserva hasta ser llevada al laboratorio, rotulo donde se identifica, fecha, litología, coordenadas, posible ensayo y quien realiza el muestreo; proceso el cual se llevó a cabo para el total de las muestras. Fuente: Autor.

Para finalmente realizar un total de 6 muestras que corresponde aproximadamente a 9 a 10kg por muestra. Son llevadas al laboratorio para realizar el proceso de granulometrías.

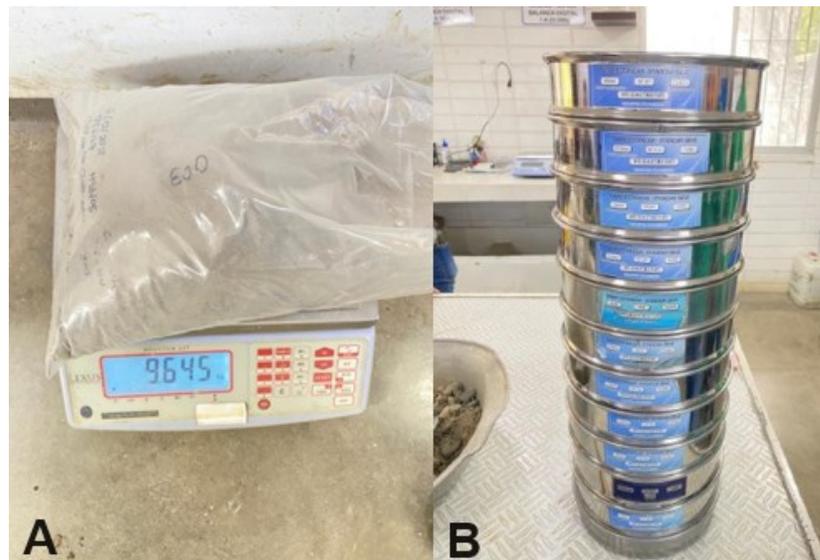


Figura 17. Proceso que se realizó en el laboratorio. A) se pesa cada una de las muestras; B) se identifican los tamices a usar teniendo presente dar cumplimiento a la norma a implementar. Fuente: Autor.

Se lleva a cabo el proceso de secado en el horno, posterior al proceso de tamizado automatizado con los tamices inferiores a 8" que corresponde a 2.38mm para que se logre un mejor tamizaje y puedan ser diferenciados los tamaños de grava, arena y finos.



Figura 18. A) proceso de secado en el horno; B) se realiza el proceso automatizado de tamizaje para los tamices de menor tamaños para obtener mejor pérdida de muestra. Fuente: Autor.

Durante el proceso se logra observar la presencia de gasterópodos retenidos sobre el tamiz 100 y 200, lo que sería un indicador de ambiente fluvial de aguas continentales.



Figura 19. Durante el proceso de tamizaje entre los tamices N100 y N200 en las muestras se lograron observar la presencia de gasterópodos. Fuente: Autor.



Para finalmente obtener como resultados el análisis granulométrico de las cuales se realizó un promedio de los resultados obtenidos relaciona como se observa en la Figura 20; las nueve granulometrías muestra según categorías de tamices de material grueso ya que su tamaño superior es 50.8mm; a continuación se muestran los resultados granulométricos para determinar si el tamaños resultante por la empresa PRECONCRETOS S.A es el requerido para su labores mineras de extracción de material de arrastre (gravas y arenas); en la definición se realizó un promedio del porcentaje retenido y se clasificaron los sedimentos de la siguiente manera tamices 2", 1 1/2", 3/4", 3/8", N4 corresponden a grava; los tamices N8, N16, N30 corresponden a arena; los tamices N50, N100, N200 corresponden a finos como lo son los lodos y los limos.

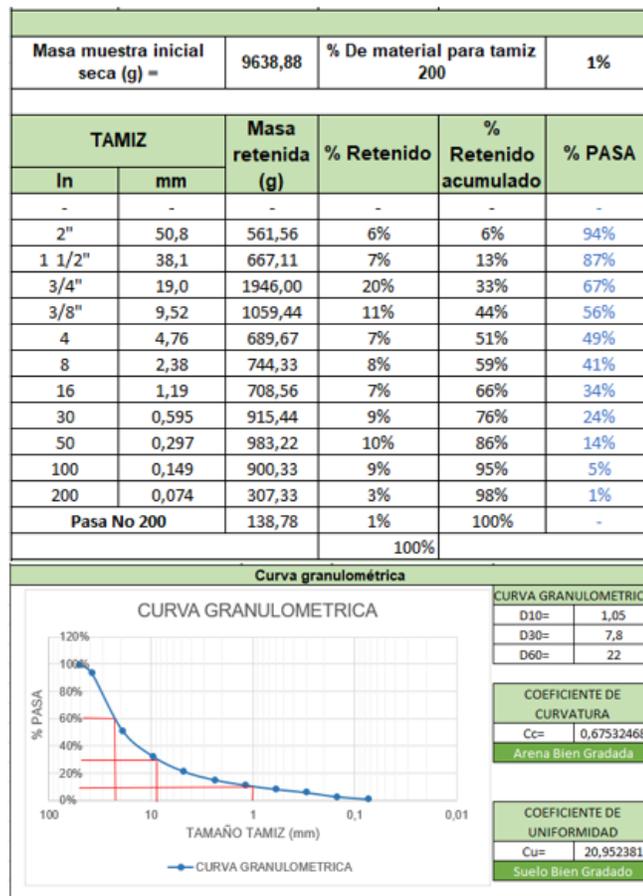


Figura 20. Resultado promedio del laboratorio realizado. Fuente: Autor.





6. Conclusiones

- La ubicación cronoestratigráfica de la formación Grupo Guayabo es en el área de estudio es la unidad más antigua, aflorando en menor proporción hacia el sureste, infrayacente con contactos difusos con los depósitos cuaternarios de Terrazas aluvial, la cual aflora en mayor proporción con los Depósitos Recientes de Llanura Aluvial y sus contactos son erosivos y difusos, que afloran hacia la parte noreste y sureste como las unidades más jóvenes.
- La litología de las unidades cronoestratigráficas que afloran en el área de estudio corresponden de base a techo por las intercalaciones de empaquetamientos tabulares de arenitas cuarzosas con lodolitas grises claras y arcillolitas amarillas de la formación Grupo Guayabo; terrazas aluviales de depósitos de grava y arena correspondiente a los depósitos cuaternarios de Terraza aluviales que limitan con las laderas del río Táchira y finalmente los depósitos cuaternarios aluviales que corresponden a los sedimentos grava y arena; dentro de ellos rocas ígneas como granitos; sedimentarias como brechas de tamaños guijarros y cuarzo arenitas de grano fino; metamórficas como esquistos y cuarcitas.
- Los resultados en las granulometrías de los laboratorios realizadas mediante el uso y especificación de la Norma Técnica Colombiana NTC 174 (Sexta actualización) sobre la cual se propuso realizar dichos laboratorios para interés comercial de la empresa PRECONCRETOS S.A se obtuvo el promedio entre los nueve realizadas a las cuales el 49.55% corresponde a Grava, el 24.57% corresponde a arena y el 25.88% corresponde a finos como lo son los limos y los lodos.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente en los laboratorios granulometría y según las necesidades de la empresa; cabe destacar que



cumplen con las necesidades de material de arrastre (grava y arena) ya que la presencia en el depósito cuaternario aluvial es se sumó interés comercial y contar los estudios que ratifiquen la presencia de los minerales a extraer les aclara el panorama para los profesionales encargados del proceso minero.

- Es de resaltar que dentro de la cartografía realizada el área de estudio se encuentra localizado en el sector de la comuna 03 y la comuna 04 que son llamados comúnmente como el barrio sector Ballester y La Libertad, los cuales para realizar dicha cartografía fue bastante complejo debido a que ya se encuentran muy alterados los afloramientos por la acción del hombre y efectos del clima; la información sobre la geomorfología de la zona es compleja de obtener.

- Se analiza la presencia del sistema de fallas con una extensión de 16km la cual es controlada; se encuentra una sección del curso del río Pamplonita sobre los depósitos sedimentarios. esta falla se extiende hacia la República Bolivariana de Venezuela sobre el puente internacional Francisco de Paula Santander ubicado entre Ureña y Cúcuta sobre el río Táchira, su límite está enmarcado por el escarpe de la comuna 03 y comuna 04, finalmente su rumbo es dirección WSW.



7. Recomendaciones

- Se recomienda la presencia de un profesional en geología, con el propósito de realizar más trabajos de exploración y determinación de zonas de posible explotación y método de explotación y demás recursos que se puedan extraer en dicho sector.
- Se le recomienda a la empresa realizar el cálculo de reservas para conocer el futuro inmediato y a medio plazo del recurso que existe en el área de estudio.
- Se le recomienda a la empresa realizar sensibilización del recurso y las repercusiones a la comunidad vecina con el fin de que ellos estén al tanto de los procesos y no se piensa que la empresa solo explota y no realiza ningún bienestar con la comunidad.



8. Bibliografía

American Society for Testing and Materials [ASTM] (1992). ASTM D75 Standard Method of Test for Sampling of Aggregates.

Carvajal Perico, J. H. (2012). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano [SGC].

Carrascal Minorta, C. (December de 2022). MAPPING AND SPATIAL DATA ANALYSIS SERVICES COMPANY. Obtenido de <https://omargarmendia009.users.earthengine.app/view/demsapp>.

Collow, ABM, SP Mahanama, MG Bosilovich, RD Koster y Siegfried D. Schubert, 2017: Una evaluación de las teleconexiones en los Estados Unidos en un conjunto de simulaciones AMIP con la configuración MERRA-2 del modelo atmosférico GEOS. NASA/TM-2017-104606, vol. 47, 68 págs., <https://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/docs/Collow963.pdf> .

Congreso de Colombia, Ley 685 del 2001, Código de Minas, Artículo 11, Pág. 3.

DIEDERIX, H., TORRES, E., HERNANDEZ, C., BOHÓRQUEZ, O., 2009. Evolución Tectónica y Morfodinámica durante el cuaternario en la zona de Cúcuta y alrededores, Norte de Santander. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, Informe Técnico Proyecto GEO09-09, 104 Pág.

Delgado Díaz, Mariana (2014). Análisis de la gestión político-ambiental de las cuencas hidrográficas internacionales. Estudio de caso: cuenca hidrográfica internacional del río Táchira, frontera Colombo-venezolana. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana.

ICONTEC 2019, NTC 174, Especificaciones de los agregados para concreto, 2018.



INGEOMINAS, 1999. Inventario Minero Nacional - Departamento del Norte de Santander. Instituto de Investigación e información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear, Bogotá, Informe Técnico, 86 Pág.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC] (2013). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 27001. Técnicas de seguridad. Sistemas de gestión de la seguridad de la información (SGSI). Requisitos.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM] (2007). Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua. IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2012). Norma INVIAS E-201 13 Muestreo de agregados para construcción de carreteras.

Kondolf, G. M., Smeltzer, M. & Kimball, L. (2001). Freshwater Gravel Mining and Dredging Issues. Washington Department of Fish and Wildlife, Washington Department of Ecology, Washington Department of Transportation.

Maidment, D. (ed.) (1994). Handbook of Hydrology. McGraw-Hill.

Ministerio de Minas y Energía (2015). Resolución 40599 de 2015. Glosario Técnico Minero. Diario Oficial 49.524.

Naciones Unidas (7 de mayo de 2019). La explotación insostenible de arena destruye ríos y mares. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611>

PALACIO, T., 1980. Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua en la zona de Cúcuta. Ingeominas, Bogotá, Informe Técnico 1821, 80 Pág.



PONCE, A., PALACIO T., 1980. Mapa Geológico a escala 1:25.000 88–III-B, 88-II-D, y 99-IB. Estudio Hidrogeológico para el abastecimiento de agua en la zona de Cúcuta, Ingeominas, Bogotá.

Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 088-Cucuta*. Manizales: Universidad de Caldas.

Simón, A. (2013). Taller de Aseguramiento y Control de la Calidad en la Exploración Geológica. AMEC International Ingeniería y Construcción Ltda.

Suárez F., Bonilla S., Martínez E., R. Galindo-T. & L.R. Sánchez. 2004. Aporte al Manejo de los Bosques Secos del Área Metropolitana de Cúcuta. Departamento Norte de Santander. Colombia. 2004. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales UAESPNN, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental –CORPONOR- y Universidad de Pamplona.

Steinberger, J. K., Krausmann, F. & Eisenmenger, N. (2010). Global patterns of materials use: A socioeconomic and geophysical analysis. *Ecological Economics*, 69(5), 1148-1158.

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] & Universidad Nacional de Colombia (2000). Atlas Hidrológico de Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] & Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [UPTC]. (2015). Instrumento Técnico Ambiental Material de Arrastre. UPME-UPTC.

Vélez Otálvaro, M. & Smith Quintero, R. (1994). Hidrología de Antioquia. Secretaría de Obras Públicas de Antioquia.



ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL
Avanzamos... ¡Es nuestro objetivo!



CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA A ESCALA 1:5.000 Y
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE ARRASTRE (GRAVAS) DE LA MINA EL
ESCOBAL EN EL RÍO TÁCHIRA DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA, NORTE DE
SANTANDER

47

Wilches, S. (2001). Estudio de las propiedades de invariancia de las precipitaciones máximas puntuales en el departamento de Antioquia. [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.