

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO
SORORIA EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO DEPARTAMENTO DEL
CESAR

KAROLINA VANESSA RUEDA ROSADO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLOGICA
VALLEDUPAR
2017

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO
SORORIA EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO DEPARTAMENTO DEL
CESAR

KAROLINA VANESSA RUEDA ROSADO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero geólogo

Director del trabajo
ING. JAIRO CONDE GOMEZ
Asesor Temático

ING. ALVARO ESCOBAR DEL TORO
Coordinador de practicas

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLOGICA
VALLEDUPAR
2017

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Valledupar, 2017

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecerle a Dios por acompañarme siempre en todos los momentos de mi vida y por regalarme la sabiduría y entendimiento en el desarrollo del proyecto.

Agradezco a la gobernación del Cesar y a la secretaria de minas por permitirme realizar mis prácticas profesionales, en especial al ingeniero geólogo Álvaro Escobar quien fue mi guía dentro de la entidad para el desarrollo de este proyecto, así mismo agradezco al profesor Jhon Jairo Conde quien fue mi tutor en esta investigación por su valiosa guía y asesoramiento en la misma.

A la universidad por abrirme las puertas para formarme como una profesional integra y permitirme utilizar el laboratorio para el desarrollo del proyecto.

Al señor Antonio García quien fue mi guía en el desarrollo de los análisis de laboratorio.

A mi familia por apoyarme en todos los momentos vividos y motivarme siempre a nunca rendirme, en especial a mi mama quien fue mi principal pilar, apoyo para poder llevar donde estoy.

A mis amigos que siempre estuvieron ahí y nunca me dejaron sola, motivándome siempre a salir adelante, aguantando mis pataletas.

A Dios por acompañarme siempre
en todos los momentos de mi vida.
A mí familia, por su apoyo fundamental
en todo el desarrollo de mi carrera en
especial en el desarrollo de este proyecto.

Contenido

INTRODUCCION.....	11
1. PRESENTACION DE LA EMPRESA.....	12
1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA.....	12
1.2. ASPECTOS ESTRATEGICOS.....	13
1.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	14
1.4. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS	15
2. INFORME DE PRÁCTICA.....	16
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA.....	16
2.2. INFORME DE GESTIÓN	17
3. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	18
3.1. TITULO: ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO SORORIA EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO DEPARTAMENTO DEL CESAR.	18
3.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.3. JUSTIFICACIÓN	20
3.4. OBJETIVOS.....	21
3.5. MARCO DE REFERENCIA.....	22
3.6. GENERALIDADES	25
3.7. GEOLOGIA	29
3.8. METODOLOGÍA	44
3.9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	50
3.10. RESULTADOS	51
3.10.1. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DEL MATERIAL DE ARRASTRE	51
3.10.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL DE ARRASTRE.....	67
3.10.3. CALCULO DEL MATERIAL DE ARRASTRE.....	70
3.10.4. MINERIA DE MATERIAL DE ARRASTRE EN EL RIO SORORIA.....	75
4. LOGROS ALCANZADOS	77
5. IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.	77
6. LIMITACIONES	78
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80

BIBLIOGRAFÍA..... 81
ANEXOS 84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la secretaria de minas. Fuente: Base de datos secretaria de minas, Gobernación del Cesar.	14
Figura 2. Localización del río Sororia. Fuente: Google earth.....	25
Figura 3. Comportamiento de la temperatura mensual de la estación Socomba. Adaptada de “Estudio de amenazas hidrológicas para prevenir el riesgo por inundación en el diseño de las viviendas de reconstrucción en sitio de los damnificados de la ola invernal 2010 - 2011 en el municipio la jagua de ibirico en el departamento del cesar”.p.17 CONFACESAR 2014.....	26
Figura 4. Comportamiento de las precipitaciones mensuales de la estación La jagua. Adaptada de “Estudio de amenazas hidrológicas para prevenir el riesgo por inundación en el diseño de las viviendas de reconstrucción en sitio de los damnificados de la ola invernal 2010 - 2011 en el municipio la jagua de ibirico en el departamento del cesar”. p.18 CONFACESAR 2014.....	27
Figura 5. Terrazas aluviales en el río Sororia. Fuente: Autor.....	42
Figura 6. Depósitos aluviales en el Río Sororia. Fuente Autor	43
Figura 7. Diagrama metodológico del proyecto. Fuente: Autor	45
Figura 8. Capa superficial de sedimentos del río Sororia. Fuente: Autor.....	46
Figura 9. Muestreo de la capa subsuperficial del río Sororia. Fuente: Autor.....	47
Figura 10. Polígono para determinar los factores topográficos del río Sororia. Fuente: Google earth	48
Figura 11. Modelo de elevación del río Sororia. Fuente google earth.....	49
Figura 12. Muestra 1. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	51
Figura 13. Muestra 2. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	53
Figura 14. Muestra 3. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	55
Figura 15. Muestra 4. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	57
Figura 16. Muestra 5. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	59
Figura 17. Muestra 6. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	61
Figura 18. Muestra 7. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor	63
figura 19. Zona de planicie aluvial. Fuente: Autor.....	65
figura 20. Zona de terrazas aluviales. Fuente Autor.....	66
Figura 21. Depósitos aluviales en el río Sororia. Fuente: Autor	67
Figura 22. Arenisca Arcosa lítica. Fuente: Autor.....	68
Figura 23.Toba traquita. Fuente: Autor.....	69
Figura 24. Minería en el río Sororia. Fuente: Autor.	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de actividades. Fuente: autor.....	32
Tabla 1.1. Análisis granulométrico muestra 1. Fuente: Autor.....	52
Tabla 2.1. Análisis granulométrico muestra 2. Fuente: Autor.....	54
Tabla 3.1. Análisis granulométrico muestra 3. Fuente: Autor.....	56
Tabla 4.1. Análisis granulométrico muestra 4. Fuente: Autor.....	58
Tabla 5.1. Análisis granulométrico muestra 5. Fuente: Autor.....	60
Tabla 6.1. Análisis granulométrico muestra 6. Fuente: Autor.....	62
Tabla 7.1. Análisis granulométrico muestra 7. Fuente: Autor.....	64
Tabla 8.1. Determinación de K. Fuente: SCS.....	71
Tabla 9.1. Determinación del factor c. Fuente: SCS.....	72
Tabla 10.1. Determinación de factor P. Fuente: SCS.....	73

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A 1. Tabla de Clasificación de suelos según AASHTO.	84
ANEXO B. 2. Tabla de clasificación de suelo según USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelo).....	85
ANEXO C.1.Extraccion de material de arrastre en el rio Sororia. Fuente: Titulo minero 0234-20. ANM.....	86

INTRODUCCION

En un planeta modelado por el agua, los ríos sólo albergan una fracción pequeña del total de agua, menor que la de cualquier otro compartimiento hidrológico. La importancia de los afluentes de agua radica en conectar las cuencas terrestres con la atmósfera y el mar, transportando sales, sedimentos y organismos. Por lo que los ríos no sólo son cruciales para entender el ciclo hidrológico, sino que desde una perspectiva geológica intervienen en el ciclo de formación de rocas, la orogenia y la denudación de los continentes (ELOSEGI & SABATER, 2009)

El material de arrastre en los ríos hace parte fundamental de su dinámica fluvial, en consecuencia, resulta viable llevar a cabo una actividad extractiva del material en las diferentes cuencas hidrológicas. Por lo cual se hace necesario realizar diversos estudios a los ríos que permitan conocer las características propias de estas fuentes de agua tales como la topografía asociada, su capacidad de recuperación y la disponibilidad de materiales de arrastre, así mismo el estado actual de las explotaciones que se encuentran a lo largo de sus cauces y los impactos generados en su dinámica fluvial.

Uno de estos estudios es el sedimentológico donde se realiza la caracterización de los suelos y sedimentos, o en caso de los ríos se estudia la carga de fondo; teniendo en cuenta algunos parámetros entre los que resaltan la erosión del suelo, precipitaciones anuales y mensuales, el área de la fuente hídrica y la densidad de los sedimentos, este último determinado mediante análisis granulométricos.

1. PRESENTACION DE LA EMPRESA

1.1. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Mediante Decreto 000004 del 18 de enero de 1994, por medio del cual "...se cambia el nombre y se determina la estructura administrativa de la Secretaría de Fomento Agropecuario Industrial y Minero del Departamento del Cesar y se establecen sus dependencias..." fijó este Decreto la estructura de la División de Minas y Medio Ambiente para cumplir con la legislación minera, la delegación del Ministerio de Minas y Energía.

El proceso de la Delegación se inició exactamente en el año de 1994, mediante Resolución 8 0741 del 21 de abril, expedida por el Ministerio de Minas y Energía. Posteriormente para el año 2001, el Ministerio de Minas y Energía, continuó con la Delegación de Funciones otorgada mediante la Resolución N°181191 del 24 de septiembre de 2001, posterior a esto realizó el Convenio Interadministrativo No. OJ22 de 2001, dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 14 de la Ley 489 de 1998.

En el año 2005 debido al buen desempeño que venía ejerciendo la Gobernación del Cesar con relación a la delegación, el Ministerio de Minas y Energía otorgó la delegación plena, es decir amplió el trámite de otorgamiento y caducidad de contratos de concesión, otorgamiento y cancelación de autorizaciones temporales, recaudo y disposición del canon superficiario entre otras, la delegación fue modificada por la Resolución 18 0926 del 25 de Julio de 2005, delegó en la Gobernación del Cesar el trámite de algunas funciones mineras por el término de dos (2) años la cual fue prorrogada a través de las Resoluciones 18 1437 de 2003, por un (1) año; 181528 del 23 de noviembre de 2004, hasta el 31 de diciembre de 2006; 181845 del 22 de diciembre de 2006, por el término de seis (6) meses; 180919 de 21 de junio de 2007, hasta el 30 de junio de 2008; 180704 del 14 de mayo de 2008, hasta el 31 de diciembre de 2008, 182331 de 15 de diciembre de 2008, hasta el 31 de diciembre de 2010; 182436 del 14 de diciembre de 2010, hasta el 30 de junio de 2011; Resolución 180746 del 12 de mayo de 2011, hasta el 31 de diciembre de 2011.

1.2. ASPECTOS ESTRATEGICOS

MISIÓN

“La Secretaria de Minas de la Gobernación del Cesar, fue creada para adelantar la gestión institucional que permita el desarrollo sostenible del sector minero del departamento del Cesar, de tal manera que permita un crecimiento económico, social y ambiental de las comunidades, liderando y articulando con todas las instituciones y empresas las acciones necesarias que deriven en un crecimiento armónico y sustentable.”

VISIÓN

“En el 2030 la ejecución de los proyectos será cuantificada, tendrá un aprovechamiento apropiado y desarrollo sostenible con bienestar social para las comunidades mineras.”

PÓLITICA

“Garantizar la realización de acciones técnicas y jurídicas requeridas en el desarrollo de los procesos relacionados con la actividad minera.”

1.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

ESQUEMA OPERATIVO

- Unidad de vigilancia, control y seguimiento: Abogados, Ingeniero, Geólogos, Técnicos.
- Unidad de Administrativa y de Fomento: Ingenieros, Geólogos, Especialista en Proyectos.
- Unidad de Control a la Ilegalidad Minera: Abogados, Ingeniero, Geólogos, Técnicos.

Dentro de la Estructura organizacional del Departamento estamos como una secretaria misional, con la siguiente estructura.

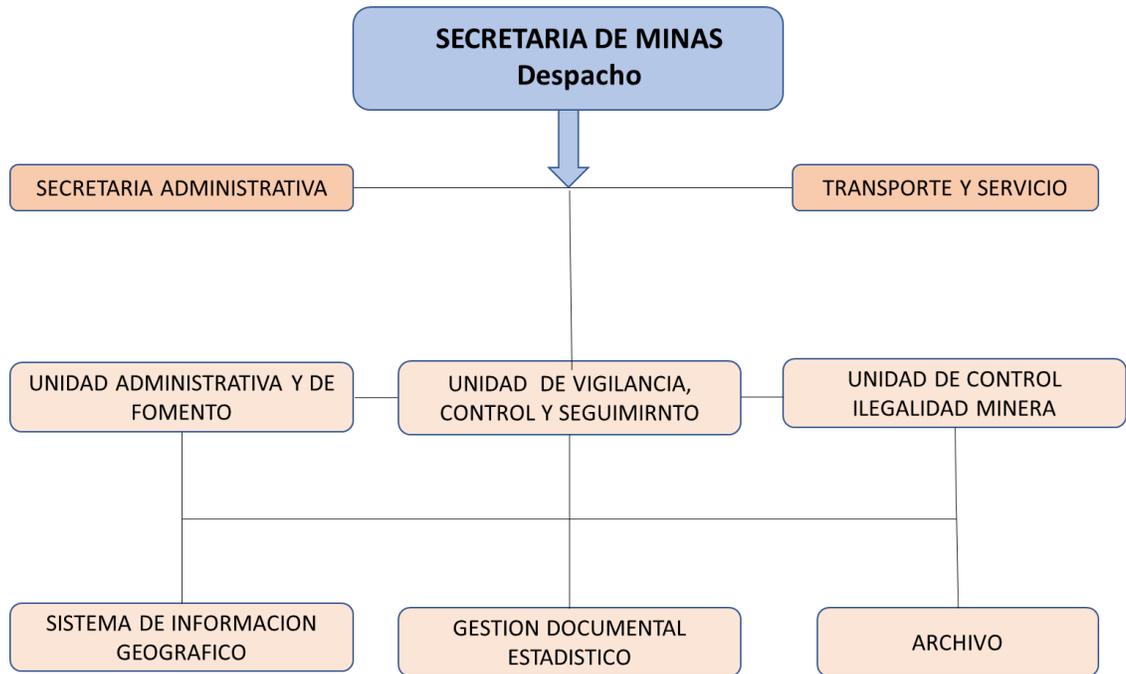


Figura 1. Organigrama de la secretaria de minas. Fuente: Base de datos secretaria de minas, Gobernación del Cesar.

1.4. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Actualmente la secretaría de minas se encuentra realizando las siguientes actividades:

- Competencia de seguimiento a la mediana y gran minería entre los diferentes niveles de gobierno.
- Compensación por pasivos ambientales.
- Participación de las empresas Cesarences en la cadena productiva del carbón.
- Propuesta a los empresarios mineros sobre la construcción del parque industrial.
- Alianzas público-privadas para un mayor impacto de la inversión social.
- Plan estratégico prospectivo de Desarrollo del corredor minero y férreo (urbanismo, productividad y competitividad)
- Responsabilidad Social Empresarial

Así mismo, se encarga de formular, ejecutar y realizar interventorías a proyectos de exploración geológica, fomento minero, planeación, adecuación, y tecnificación de explotaciones mineras, estudio de amenaza y riesgo geológico, hidrogeológico, ambientales y proyectos de investigación y transferencia de tecnología alrededor del sector minero y afines. Conscientes de las potencialidades que tiene el país para alcanzar un desarrollo minero significativo, los gobiernos Nacional, Departamental y Municipal, asumieron la tarea de evaluar las condiciones actuales en las que se encuentran los centros mineros e identificar los proyectos que deben implementarse para que ellos puedan mejorar su productividad y competitividad, y por tanto incrementar su participación en los mercados nacionales e internacionales Gobernación del Cesar (2015).

2. INFORME DE PRÁCTICA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA EN LA QUE SE REALIZÓ LA PRÁCTICA

Las prácticas empresariales son realizadas en La Secretaria de Minas de la Gobernación del Cesar, se encuentra a cargo de la secretaria de minas Carmen Galvis , fue creada para adelantar la gestión institucional que permita el desarrollo sostenible del sector minero del departamento del Cesar, de tal manera que permita un crecimiento económico, social y ambiental de las comunidades, liderando y articulando con todas las instituciones y empresas las acciones necesarias que deriven en un crecimiento armónico y sustentable.

Durante el desarrollo de las practicas, hice parte del equipo de ingenieros de campo, inicialmente se llevó a cabo la realización de las visitas a campo en los ríos Sororia, Tucuy y Maracas ubicados en los municipios de Becerril y La jagua de ibirico departamento del cesar, con el fin de observar el estado en que se encontraban los ríos, delimitar el área donde se da la extracción de material de arrastre, y analizar los métodos que utilizan la para la extracción del material.

Posterior al proceso anterior se realiza el proceso control y seguimiento, donde se realizó un estudio sedimentológico para establecer si existe una sobreexplotación de material de arrastre en los ríos. Para buscar mejoras en cuanto a la explotación y el manejo del recurso entre otros detalles.

2.2. INFORME DE GESTIÓN

En la secretaría de minas las funciones que me fueron delegadas iban de la mano y eran de apoyo a las que realizaba el ingeniero geólogo de dicha dependencia.

Las funciones que desempeñé en el desarrollo de las practicas fue apoyar en la sectorial en el análisis de información geográfica, visitar las zonas de influencia de proyectos de extracción de material en los ríos, recopilar información para la estructura de los proyectos de fomento y promoción minera, entre otras.

Fui asignada para la realización de un estudio sedimentológico en los ríos Sororia, Maracas, Tucuy ubicados al noreste del departamento del Cesar. Me correspondió realizar el estudio sedimentológico al rio Sororia en el municipio de La jagua de ibirico en el departamento del Cesar. El cual consistió en determinar el área del rio, mediante el levantamiento topográfico, realizar la toma de muestras del material de arrastre para luego realizarle los análisis granulométricos y petrográficos; determinar el método de explotación del material, revisar los expedientes mineros para observar que cantidad de material de arrastre es extraído mensual y anualmente del rio Sororia, y finalmente establecer si hay o no sobreexplotación.

Cada proceso se llevó acabo en un periodo de aproximadamente dos meses, contando con una fase de campo y otra de oficina que consistía en llevar a cabo la realización de los informes donde se notificara todo lo encontrado durante las visitas, mi función consistió en realizar la parte geológica del informe con apoyo del ingeniero geólogo de la secretaria de minas.

Hasta el momento los resultados arrojados por este proceso se encuentran en consenso con la secretaria de minas, se identificó que el rio Sororia no existe una sobreexplotación de material de arrastre, por lo tanto, se están buscando cuales son los factores que están afectando al rio.

3. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1. TITULO: ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL MATERIAL DE ARRASTRE DEL RIO SORORIA EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO DEPARTAMENTO DEL CESAR.

3.2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN

Durante los últimos años en Colombia se ha venido presentando una gran demanda en la extracción de material para la construcción entre los cuales se encuentran las calizas, el mármol, el recebo, y materiales de arrastre (grava y arena); esto es debido en gran parte al desarrollo de grandes infraestructuras y proyectos viales de cuarta generación en el país. La agencia nacional de minería determino que, de los 7.951 títulos mineros presentes en el país, 42,2% corresponden a materiales de construcción, 15,5% a carbón, 11,5% a metales preciosos, 1,7% esmeraldas, 0,1% hierro, sal y 28,9% como caliza, arcilla, yeso, roca fosfórica, bauxita, bentonita, cromo, cromita, manganeso y mármol. (Ecos del Combeima, 2015).

La extracción del material de arrastre se ha venido realizando en los diversos afluentes hídricos que se encuentran en el país, trayendo consigo una serie de problemas ambientales de gran impacto que pone en riesgo el consumo de agua de las poblaciones y la vida de las especies que se benefician de estos afluentes hídricos. Los departamentos de Antioquia, Magdalena, Atlántico, Cauca, La guajira han sido afectados en gran parte por la extracción de los materiales de arrastre, debido a la disminución del cauce de los ríos, cambio del curso fluvial; lo que ha generado el desabastecimiento de agua a gran parte de la comunidad, y con ello desecación de las ciénagas, muerte de peces, erosión de los suelos y el desplazamiento de la fauna terrestre y avifaunística. (Nájera, Solano, et, al 2011)

Mediante un estudio realizado por Rodríguez (2016) sobre el estado de los ríos en el departamento del cesar, se determina que la mayoría de los afluentes han disminuido su cauce como consecuencia de la extracción indiscriminada de material de arrastre, al igual que otros factores ambientales, lo cual ha generado una gran sequía en el departamento.

En el municipio de la Jagua de Ibirico – Cesar, la comunidad se ha visto afectada por los problemas que ha generado la sequía, han tenido grandes pérdidas en el sector agrícola, debido que sus afluentes hídricos están siendo afectados por las diversas actividades mineras que se ejecutan en el municipio; el rio Sororia es uno de los ríos que abastece parte del municipio, en él se realiza la explotación del material de arrastre en grandes sectores por empresas mineras y otras, encargadas de obras civiles.

En base en lo anterior la gobernación del Cesar junto con el departamento de la secretaria de minas decidió realizar el presente estudio para determinar la cantidad de material que se deposita en el rio en tiempo de invierno y que cantidad pueda ser extraído sin generar la sobreexplotación de estas fuentes hídricas con el fin de establecer si existe o no afectación a la comunidad y de esta manera realizar medidas de control de los impactos.

FORMULACIÓN

¿Qué cantidad de sedimentos (carga de fondo) en un intervalo de tiempo se encuentran en el rio Sororia y en que grado afecta la actividad minera (extracción de materiales de arrastre) la capacidad de carga de material de fondo del rio?

3.3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con Hernández (2003) el municipio de la Jagua de Ibirico debido a su posición geográfica, cuenta con grandes recursos mineros como carbón, petróleo, oro, baritina, hierro, materiales de construcción entre los que se encuentran caliza, mármol, arcilla y materiales de arrastre; los cuales son utilizados para la construcción de edificaciones y mantenimiento de vías. Los depósitos de material de arrastre en la Jagua de Ibirico se encuentran ubicados en la quebrada La mula en los depósitos cercanos a Rincón Hondo, en el arroyo San Antonio, río Sororia y río Tucuy, que son extraídos en lecho del río.

En la presente investigación se realizará una caracterización sedimentológica del material de arrastre presente en el río Sororia para determinar las características físicas, morfológicas, la procedencia, y la cantidad del material (metros cúbicos) presente en el área y de esta manera establecer si el afluente hídrico está siendo sobreexplotado o no.

La importancia de este trabajo radica en conocer las condiciones actuales del río Sororia a nivel municipal y los impactos que genera la extracción de material de arrastre en el sector; respecto a la comunidad, se busca resaltar la afectación en las zonas de influencia tanto a nivel social como ambiental y económico. Promoviendo así que las poblaciones junto a las autoridades competentes adquieran una visión amplia de las actividades mineras desarrolladas en el río y consecuentemente, servir como posible herramienta de control y planificación o, ser utilizado como base para futuras investigaciones.

Con la ejecución de este estudio, a nivel personal permite el desarrollo de habilidades investigativas y propositivas desde una perspectiva socioambiental; aportando nuevos conocimientos a la comunidad científica, lo que promueve la dinámica de investigación en el ambiente universitario, acompañando el proceso de formación integral para la toma de conciencia en pro de la comunidad.

3.4. OBJETIVOS

3.4.1. GENERAL

Determinar la cantidad en (metros cúbicos) del material de arrastre que el río Sororia transporta en el sector de la Jagua de Ibirico.

3.4.2. ESPECIFICOS

- ✓ Caracterizar textural y composicionalmente el material de arrastre que tiene el río Sororia en el sector de la Jagua de Ibirico.
- ✓ Establecer el área fuente del material de arrastre.

- ✓ Con base en los datos obtenidos determinar la influencia de la minería de material de arrastre en el río Sororia en el municipio de la Jagua de Ibirico.

3.5. MARCO DE REFERENCIA

3.5.1. ANTECEDENTES

En Colombia se han venido realizando varios estudios sobre la carga de fondo que se encuentran en los ríos del territorio nacional uno de ellos es “cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas; en el área de concesión lh0159-17, quebrada maibá - la merced – caldas”, realizado por Beltrán & Correa (2015), con la finalidad de determinar la calidad y cantidad del material de arrastre en los municipios de la Merced y Supia en el departamento de Caldas; para lo cual se realizó un reconocimiento general de la zona de estudio, la identificación de rocas aflorantes, toma de datos estructurales, recolección de muestras, análisis químico, físico, petrográficos, en donde se evaluaron las características principales del material de arrastre, por medio de esto se puede establecer que se generan 52158,87 m³ de material de arrastre (arena) al año.

En el departamento del Cesar se han venido realizando diferentes estudios al material de arrastre que se encuentra en las diversas fuentes hídricas que recorren los municipios del departamento.

Rudas, Rojas et, al; (2014) realizaron el “Estudio hidrosedimentológico de la cuenca hidrográfica del río San Alberto departamento del Cesar”. Con el objetivo de crear cambios de perspectivas enfocados al desarrollo sustentable de los recursos hídricos en el departamento del Cesar, ya que el río San Alberto es objeto de explotación de sedimentos de fondo en diferentes sectores hace más de 20 años, lo cual ha incidido en la producción de sedimentos y cambios en el régimen hidrológico del río. Para la realización del estudio se determinaron datos climatológicos obtenidos de “IDEAM”, se hizo el levantamiento topográfico de la cuenca, identificación de estructuras geomorfológicas, las litológica, el caudal en campo; análisis del material de arrastre y del agua en el laboratorio, mediante estos estudios se pudo determinar que las fuentes hídricas están siendo afectadas por la quema, tala de árboles y adicción de aguas residuales además de la extracción del material de arrastre.

Otras investigaciones relacionadas es la “Caracterización del material de arrastre del río Cesar como agregado en la construcción de obras civiles en el municipio de Valledupar departamento del Cesar” elaborada por Apshana, Huffington & Mora (2013). Con la finalidad de determinar las características físicas del material de arrastre en donde se hicieron ensayos granulométricos a los agregados finos,

sanidad de las soluciones del sulfato de sodio y el contenido de materia orgánica; ensayos de difracción de rayos X para conocer las características geológicas y mineralógicas del material de arrastre. Con esto se pudo concluir que parte del material de arrastre (arena) no cumple con las condiciones para ser utilizado como agregado en concreto y mortero para mampostería.

En año 2001 en Colombia se expidió la ley 685 “Código de Minas y se dictan otras disposiciones”, este es el marco normativo de la actividad minera en el país. fomenta la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; regula todas las operaciones que se realizan en la extracción de los recursos desde la fase de exploración hasta la fase de cierre y abandono.

3.5.2. MARCO CONCEPTUAL

Análisis granulométrico: Es la determinación de las cantidades relativas de partículas en un material granular que se encuentran dentro de rangos definidos de diámetro, mediante su separación sobre tamices de distintos tamaños de abertura (Braja Das 2001).

Caracterización: Según el Manual de redacción académica e investigativa, es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos (cuantitativo) con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; a partir de ellos, describir de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado o sistematizarlos de forma crítica (Sánchez, 2011).

Explotación: De acuerdo con el Código de Minas (Artículo 95 de la Ley 685 de 2001) “es el conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacientes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura. El acopio y el beneficio pueden realizarse dentro o fuera de dicha área”.

Impacto ambiental: En el (Artículo 1 del Decreto 2041 de 2014) se define como Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

Material de construcción: Cuando se habla de material de construcción se hace referencia a todos los “materiales pétreos que son explotados en las 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”. Código de Minas (Artículo 11 de la Ley 685 de 2001).

Plan de manejo ambiental: “Es el conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad” (Artículo 1 del Decreto 2041 de 2014).

Sedimentología: “se puede definir como el estudio del transporte y deposición de sedimentos (Leeder, 1999) y trata de estudiar la composición, estructuras internas y procesos hidrodinámicos de formación de sedimentos”. (Arche, 2010)

3.6. GENERALIDADES

3.6.1. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada al noreste del municipio de La jagua de ibirico departamento del Cesar. Entre las coordenadas 9°30'59.27" latitud norte, 73°18'20.74" longitud oeste y 9°34'49.93" latitud norte, 73°19'36.93" longitud oeste.

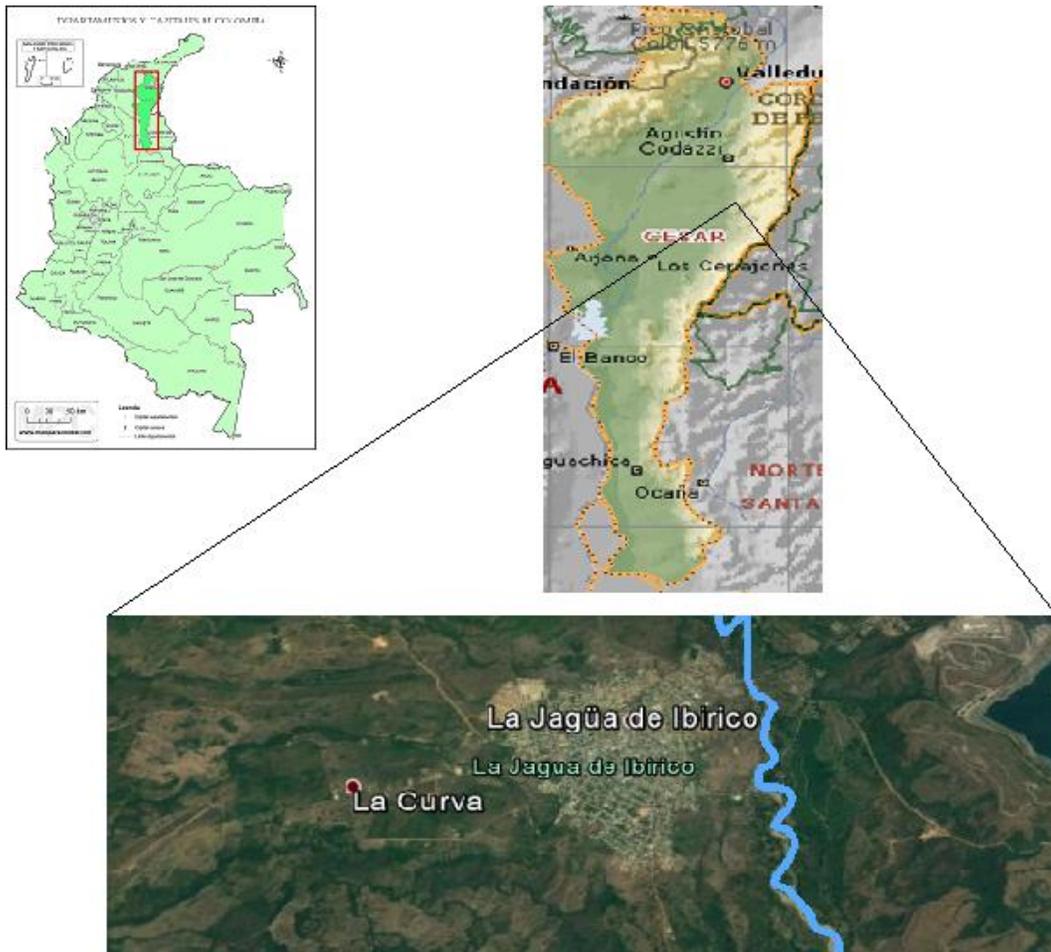


Figura 2. Localización del río Sororia. Fuente: Google earth.

3.6.2. CLIMATOLOGÍA

Para establecer el comportamiento general de los fenómenos climáticos en el municipio de La Jagua de Ibirico se tomó como referencia la información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, de estaciones localizadas dentro y próximas al área de estudio. Se utilizaron las estaciones climatológicas La Jagua y Socomba en se tomaron datos de precipitación, temperatura, brillo solar, evaporación etc.

3.6.2.1. Temperatura

La temperatura promedio mensual en la zona de estudio oscila entre los 28°C y 32°C.

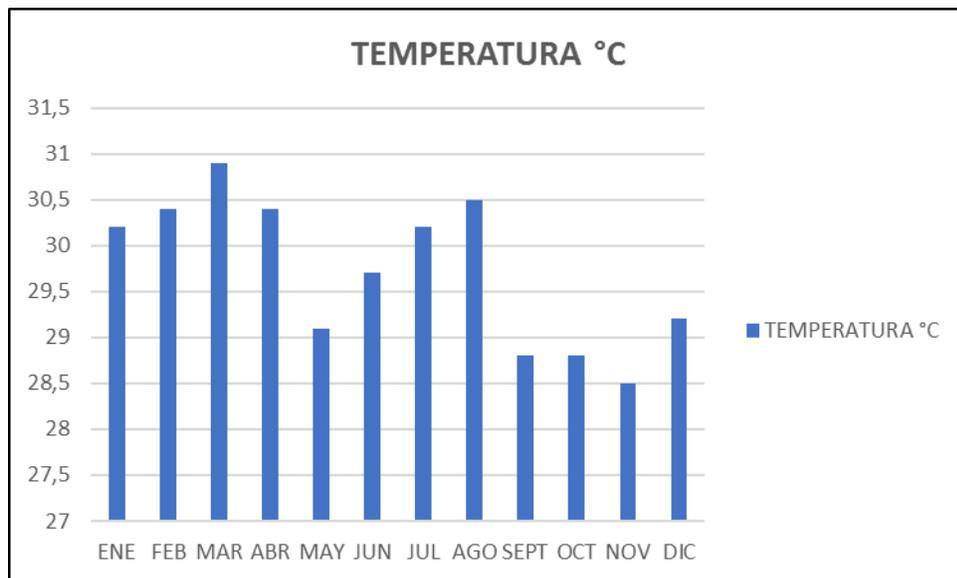


Figura 3. Comportamiento de la temperatura mensual de la estación Socomba. Adaptada de “Estudio de amenazas hidrológicas para prevenir el riesgo por inundación en el diseño de las viviendas de reconstrucción en sitio de los damnificados de la ola invernal 2010 - 2011 en el municipio la jagua de ibirico en el departamento del cesar”.p.17 CONFACESAR 2014.

3.6.2.2. Precipitación

En el municipio de La jagua de ibirico se presentan precipitaciones promedio anual de 1956 mm.

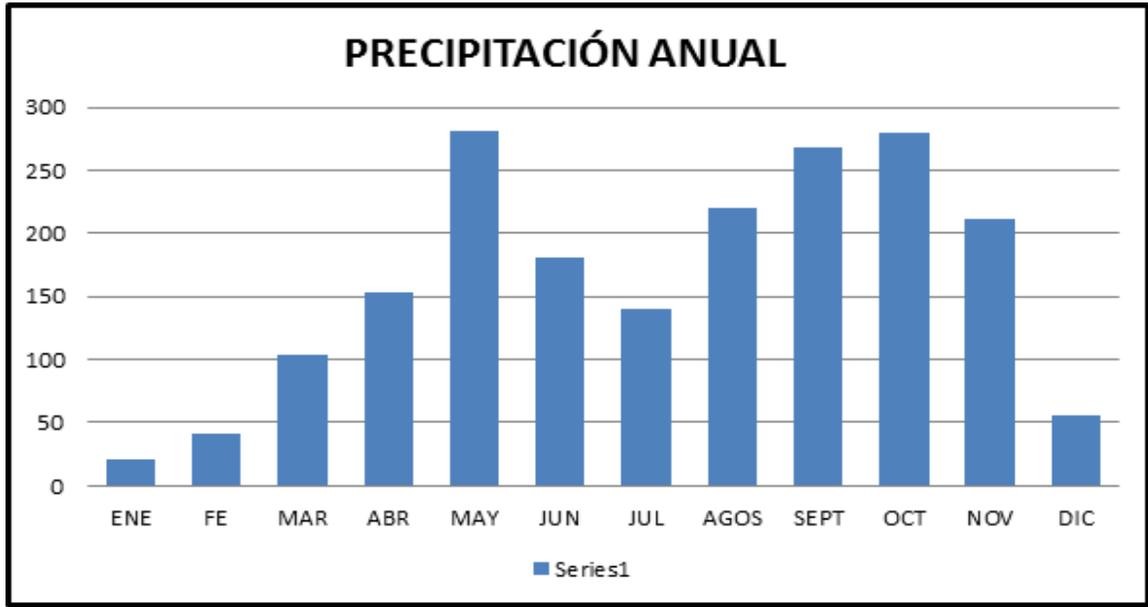


Figura 4. Comportamiento de las precipitaciones mensuales de la estación La jagua. Adaptada de “Estudio de amenazas hidrológicas para prevenir el riesgo por inundación en el diseño de las viviendas de reconstrucción en sitio de los damnificados de la ola invernal 2010 - 2011 en el municipio la jagua de ibirico en el departamento del cesar”. p.18 CONFACESAR 2014.

La temporada de lluvia en el municipio de La jagua de ibirico empezó en el primer semestre del año en el mes de abril y termina en el mes de junio, y en el segundo semestre inicia en septiembre y termina en noviembre. Se puede establecer que los meses con mayores precipitaciones son mayo y octubre con un promedio de 280mm.

3.6.3. Vegetación

Este estudio se realizó desde el SIG-COPROCESAR en donde se identificó la cobertura vegetal que se presenta en el río Sororia en el municipio de La Jagua de Ibirico y como está distribuida.

Bosque Húmedo Tropical: en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. Se encuentra en estribaciones de la serranía del Perijá. Representa un ecosistema de alta calidad por la diversidad de especies, la alta precipitación y su función protectora. La intervención del bosque se ha concentrado en la explotación selectiva de especies maderables tales como cedro, cedro macho, laurel y anime.

Bosque Muy Húmedo Premontano: Se trata de bosques o subhigrofiticos de los pisos bioclimáticos cálido en transición a templado y templado en transición a frío, con una amplia distribución en los pisos basimontano del piedemonte cordillerano y subandino. Este orobioma equivale a las zonas de vida bosque húmedo y muy húmedo de los pisos premontano y montano bajo la clasificación de zonas de vida de Holdridge.

Se ubican dos tipos de bosques:

Bosque intervenido (Bi): Presenta unas condiciones bioclimáticas de templada a fría y provincia de humedad semihúmeda a semiárida. Las especies dominantes son el guamo, arboloco, cámbulo, y lacre en las zonas por debajo de 2.000 msnm y otras especies como siete cueros, encenillo, arrayán, y tablero en alturas por encima de los 2.000 msnm.

Rastrojo medio a bajo: predomina en las partes más bajas de la formación subandina, normalmente entre los 1.000 y 1.500 msnm, en áreas ya deforestadas dedicadas a actividades agrícolas y/o ganaderas y posteriormente abandonadas. La vegetación está representada por las especies guamos, árbol loco, cámbulo, cedro, sauco de monte, yarumo blanco, cordoncillo, caña brava.

3.7. GEOLOGIA

En el presente informe se utilizó la nomenclatura implementada por Arias y Morales (1999) en el trabajo de la Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Cesar, para la región de la Sierra Nevada de Santa Marta, región Norte de la Cordillera Oriental y la región de la Serranía del Perijá. Esta fue escogida por ser considerada una de las más recientes y simples para designar las unidades cronoestratigráficas a nivel regional y local.

3.7.1. GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio se encuentra ubicada al noreste de Colombia, en el centro del departamento del Cesar, el cual se caracteriza por presentar tres regiones con características geológicas distintas, establecidas por Arias y Morales (1999) en la memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento del Cesar. En el área sur del departamento se encuentra La región norte de la Cordillera Oriental, región estudiada a profundidad por Ward en 1973, conocida por el afloramiento de rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, siendo estas últimas las de predominancia a nivel de cubrimiento del área, con la presencia de cuerpos tanto intrusivos como volcánicos destacándose la Tonalita (Tt), Granito (Jg), Cuarzomonzonita (Jc) y Riolitas (Jr); seguidas por las rocas metamórficas como Neis de Bucaramanga (P€b), Ortoneis (P€o), Unidad Metasedimentaria de La Virgen (PZmv); y por último, siguiendo el orden de abundancia en cuanto a cobertura de la zona, se ubican las rocas sedimentarias que conforman principalmente la parte plana del departamento con presencia de la Formación Floresta (Df), Formación Bocas (Jb), Formación La Quinta (Jq), Unidad Conglomerática de Arenal (Jsa), Formación Tablazo (K1t), Formación Simití (K 1s), Formación La Luna (K2l), Formación Umir (K2u), Grupo Real (N1r), Formación Algodonal (N1a), entre otras. Otra de las regiones con particularidades geológicas es la región de la Sierra Nevada de Santa Marta ubicada al nororiente del departamento; esta se encuentra dentro de uno de los tres terrenos en que se divide este relieve montañoso, teniendo en cuenta la apreciación de Tschanz et al. (1974), que las divide como provincias geotectónicas en los terrenos Santa Marta, Sevilla y Sierra Nevada, siendo este último el que se encuentra afectando al departamento del Cesar. El Terreno Sierra Nevada se ubica al sur del macizo, este es el terreno más grande y antiguo y se diferencia de los otros dos por la presencia de un basamento Precámbrico (MacDonald y Hurley, 1969; Tschanz et al., 1974; Restrepo-Peace et al., 1997; Ordóñez et al., 2002; Cordani et al., 2005). Identificando las rocas de este terreno que afectan a la zona del Cesar teniendo en cuenta el estudio de Arias y Morales (1999), se localizan las rocas metamórficas representadas por la Granulita de Los Mangos y Neis de Los Muchachitos (P€m); las rocas ígneas como Pórfidos keratofídicos verdes (Tp), Espilitas y otras rocas volcánicas o hipoabisales (Ts), Granitoides de la Sierra Nevada de Santa Marta

(Jgr), Batolito de Atanques (Ja), Volcánico ignimbrítico (Jvi), Plutón de Nueva Lucha (Jnl), Volcánico riolítico (JKvr), Pórfidos cretácicos (Kp), Lacolito de Atanques (Egla), finalmente se ubican las rocas sedimentarias entre las que se encuentran Secuencia de la Cuchilla Carbonal (Dc), Formaciones Corual y Los Indios (Tpc), Formación Guatapurí (Tg), Grupo Cogollo (K1c), Formación Zambrano (N2z). Todas estas formaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en el departamento del Cesar fueron estudiadas recientemente por Colmenares et al. INGEOMINAS (2007). Y, por último, bordeando el departamento por el oriente, se encuentra La región de la Serranía de Perijá (donde se localiza el área de estudio de 25 km²), fue estudiada previamente por autores como Millier(1960), Luigi Radelli et al, (1963), Julivert (1968), Forero, A, (1972), y descrita por Govea, C.; & Dueñas, E., (1975); constituida por rocas metamórficas, principalmente las Metasedimentitas de Manaure (PZm), rocas ígneas tales como Espilitas y otras rocas volcánicas (Ts) y las rocas de origen sedimentario que cubren la mayor parte del área, representadas por la Grupo Cachirí (PZc), Formación La Quinta (Jq), Formación Río Negro (K1r), Grupo Cogollo (K1c), Formación La Luna (K2l), Formación Molino (K2m), Formación Barco (E1b), Formación Los Cuervos (E2c), Formación Cuesta (N1c), Formación Zambrano (N2z). A continuación, se describirán cada una de las formaciones de esta última región, con el fin de definir el marco geológico regional de este sector de la Serranía del Perijá. Esta descripción se hace tomando como base los estudios de Arias y Morales (1999) de la memoria explicativa del mapa geológico del Cesar y la Cartografía Geológica de la cuenca Cesar-Ranchería (2005)

Rocas Metamórficas

Este tipo de rocas se encuentran representando una pequeña proporción de esta región en cuanto a cubrimiento del área y se caracterizan por presentar un bajo grado de metamorfismo.

Metasedimentitas de Manaure (PZm): Forero (1972) es el que describe inicialmente esta de edad Cambro-Ordovícico, que se localiza al oriente de Manaure. Son rocas con muy bajo grado de metamorfismo; el mismo autor divide la sucesión, en tres segmentos de base a techo de la siguiente manera: filitas, finamente estratificadas, con alternancia de capas gris oscuro a negro; también es frecuente el óxido de hierro que da un color rojo a la sucesión que es cortada por venillas de cuarzo secundario. Continúan cuarcitas blancas, duras, en bancos gruesos, localmente con óxidos de hierro e intercaladas con filitas. Termina con un conjunto de metaarcosas de grano grueso, conglomeráticas hacia el techo de la sección; están interestratificadas con filitas en capas no superan los 50 cm de espesor.

Rocas Ígneas

En esta región de la Serranía del Perijá afloran específicamente rocas ígneas volcánicas que se localizan en el flanco occidental de este sistema montañoso. Es de resaltar que estas rocas formadas en superficie son de edad triásico – jurásica.

Espilitas y otras rocas volcánicas (Ts): Estas rocas descritas por Tschanz (1969) de edad Triásico Superior o Jurásico Inferior se encuentran principalmente en la parte occidental, al sureste del municipio de San Diego. Litológicamente se hallan espilitas, basaltos y granófiros melanocráticos que Radelli (1962) previamente los clasifica como andesitas basálticas y sus equivalentes hipoabisales.

Rocas Sedimentarias.

Las rocas de origen sedimentario se encuentran cubriendo la mayor parte del área de la Serranía del Perijá; a nivel regional se tienen las siguientes:

Grupo Cachirí (PZc): Liddle (1943) es el primero en describir esta unidad de edad Devónico Inferior - Pérmico medio según (Forero, 1972) que aflora al oriente de Manaure y está compuesto por un conglomerado basal. Según Forero (1972), este conglomerado puede tener 5 m de espesor; sobre él se encuentra una sucesión de areniscas ferruginosas y subgrauvacas bien calibradas de grano medio, las cuales contienen unas pocas capas de lutitas grises; a continuación, se encuentran areniscas verdes, micáceas, de grano fino que muestran manchas de oxidación rojas y que están cubiertas por lutitas arenosas calcáreas, de color gris oscuro y de grano muy fino. La parte superior de la unidad lo constituye una caliza negra, compacta, fosilífera, en bancos delgados intercalados con arcillolitas calcáreas.

Formación La Quinta (Jq): Kündig (1938) fue el primero en describir esta unidad de rocas rojas con edad entre el Pérmico y el Cretácico Inferior. Aflora cerca al Municipio de Manaure, al oriente de La Jagua de Ibirico, con predominio, en su mayoría, de rocas sedimentarias. Esta unidad está conformada por una sucesión de limolitas rojas silíceas, ocasionalmente arenosas, macizas, estratificación plano paralela, generalmente desde láminas delgadas hasta capas muy gruesas. Presentan laminación interna plana paralela a ligeramente ondulada, algunas veces de arena fina, con venas de calcita y manifestaciones de malaquita. Están intercaladas con estratos medianos a gruesos de areniscas blancas, pardas y rojizas de grano fino a grueso, y niveles conglomeráticos que tienen cantos de cuarzo lechoso, con estratificación inclinada y cruzada y capas que se acuñan. En ocasiones, esta unidad es atravesada por ignimbritas oscuras con fragmentos

volcánicos de 2 a 20 cm; hacia el techo se encuentran localmente intercalaciones de tobas líticas que meteorizan a colores blanco o blanco amarillento.

Formación Río Negro (K1r): Hedberg (1931) describe inicialmente a esta unidad de edad Barremiano - Aptiano inferior, según Govea & Dueñas (1975), que aflora al oriente de Manaure en el páramo Sabana Rubia, al suroriente de Codazzi por el río Sicarare, al sur del río Fernambuco, entre Codazzi y Casacará; en la hacienda Carrizal, arroyo Arena, al oriente de Casacará; al nororiente de Becerril; en los cerros Cabellera, América, La Pista y Puente Tierra, al oriente de Codazzi; en la frontera con Venezuela, al oriente de Poponte, en el río La Mula, al oriente de Rincón Hondo; al suroriente de Curumaní,. Describiendo litológicamente, esta es una formación detrítica, de composición especialmente arcósica. La arenisca es totalmente cuarzosa, muy deleznable por ser poco cementada, los granos son subangulares; localmente presenta tono rojizo por la presencia de óxido de hierro; las capas son delgadas y en algunas se observa estratificación cruzada. Los conglomerados con cuarzos angulares a subredondeados, en una matriz de arena gruesa, dispuestas en capas delgadas; en algunos casos se encuentran, en un mismo banco, láminas de arenisca gruesa y de conglomerados.

Grupo Cogollo (K1c): Miller (1960) utilizó este nombre para definir un grupo de la Serranía de Perijá y el valle del río Cesar, y divide a este grupo en Cogollo Inferior que consta de calizas, calizas arenosas y areniscas calcáreas y tendría una edad Barremiano – Aptiano, y Cogollo Superior con calizas menos macizas y de estratificación más fina, de edad Aptiano - Cenomaniano que presenta una importante facies areno arcillosa descrita en varias localidades de la Serranía de Perijá, por esta razón, en los informes de Govea & Dueñas (1975) y García (1990) subdividen el Cogollo Superior en dos formaciones denominadas: Lagunitas, a la base, y Aguas Blancas, hacia techo. Afloramientos: aflora en la vía entre La Paz y Manaure, al norte de El Rincón, al oriente de Codazzi, al nororiente de Casacará hasta La Victoria de San Isidro, al nororiente de La Jagua de Ibirico y cubre la Serranía de Perijá hasta la frontera con Venezuela, y en el suroriente de Curumaní. García (1990) menciona su presencia en el Anticlinal de Becerril y al noroccidente de este municipio.

Formación La Luna (K2l): Inicialmente Garner (1926) describe esta sucesión de lutita calcárea, negra, fosilífera, con concreciones de calizas negras de edad Turoniano inferior, posiblemente hasta Santoniano, según Ward et al. (1973), que se encuentra aflorando al noroccidente y suroriente del Municipio de Becerril, en Puerto Lajas en la vía de Codazzi a Cuatro Vientos y al oriente de Casacará. en el Departamento del Cesar, la Formación La Luna consta de una sucesión alternante de lutitas negras carbonosas, limolitas, arcillolitas, calizas negras, bituminosas, que al partirlas expelen olor a petróleo, capas delgadas de chert y arenisca calcárea. Predomina la sucesión calcárea hacia el techo en estratos delgados a medianos,

clasificados como calizas de grano medio a fino. Tiene numerosas concreciones en forma de disco, ovaladas y elipsoidales desde pocos centímetros hasta 120 cm o más de diámetro; en las concreciones más pequeñas generalmente se encuentra abundante pirita, son ovaladas y localmente contienen fragmentos y restos de amonitas.

Formación Molino (K2m): Definida por geólogos de compañías petroleras, teniendo en cuenta la apreciación de Gandolfi (1955, en Tschanz et al., 1969) el cual también le asigna una edad Campaniano – Maastrichtian, esta unidad aflora en los alrededores de El Molino en el departamento de la Guajira. Se compone de una sucesión monótona de lutitas gris azulosas y grises oliva a negras, calcáreas, con abundantes microfósiles; presenta delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino, glauconíticas, limolitas y calizas grises a negras, en capas delgadas.

Formación Barco (E1b): Unidad definida por Notestein y de edad Paleoceno – Eoceno, según análisis realizados por Mejía & Mateus (1978), aflora en el área de estudio al norte de La Jagua de Ibirico en la zona de explotación de carbón, y forma colinas aisladas al norte del río Tucuy y al oriente del Corregimiento La Palmita. Descripción litológica: areniscas amarillentas de grano fino, deleznales, ligeramente arcillosas y micáceas; el grano en su mayoría es subangular; se componen de cuarzo y, en proporción muy baja, feldespato y mica; se presentan en láminas delgadas paralelas y en forma de cuñas, localmente con estratificación cruzada. La arenisca se encuentra en bancos gruesos, hasta de 2 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arcillolita amarillenta.

Formación Los Cuervos (E2c): Notestein describe inicialmente a esta unidad de edad Paleoceno medio al Eoceno inferior, según van der Hammen (1957). En el Departamento del Cesar aflora únicamente al nororiente del Municipio de La Jagua de Ibirico. Caracterizada litológicamente por estar constituida por una secuencia de arcillolitas negras, grises, verdosas y amarillentas, con delgadas intercalaciones de arenisca gris verdosa o amarillenta, de grano medio, micáceas, con matriz arcillosa, y mantos de carbón que son objeto de explotación intensa

Formación Cuesta (N1c): García (1990) describe inicialmente a esta formación y utiliza este nombre para describir los sedimentos semiconsolidados del Neógeno, posiblemente Plioceno que conforman el tope del Sinclinal de La Loma, que afloran en la vía entre La Jagua de Ibirico y La Loma. Se caracteriza por presentar areniscas de color gris claro a blanco, semiconsolidadas, cuarzosas, de grano medio a grueso, con estratificación cruzada, intercaladas con conglomerados de matriz arenosa con cantos alargados similares a los denominados “Huevos de Paloma” de cuarzo ahumado de 3 cm de diámetro; areniscas con costras ferruginosas y arcillolitas

limosas de colores morado, gris y rojizo. La estratificación es en capas delgadas y, ocasionalmente, media.

Formación Zambrano (N2z): El nombre fue seleccionado por Weiske (1938) para referirse a una secuencia con edad pliocena aflorante en los carretables Arjona - Astrea - Las Conchitas, Astrea - La Sierra y Arjona - Mandinguilla - Chimichagua. Compuesta por sedimentos muy poco consolidados conforman una secuencia de arcillolitas gris verdosas, amarillentas y rojizas, arenosas localmente, intercaladas con delgadas capas de areniscas gris amarillentas, de grano fino, poco cementadas, granos subredondeados y finamente estratificadas. La arenisca se compone principalmente de cuarzo y minerales oscuros; localmente presenta óxidos de hierro que la hace más compacta. Hacia el techo de la unidad se encuentran estratos de arcillolitas calcáreas de tono amarillento, localmente arenosas, ocasionalmente se encuentran bancos delgados de caliza muy fosilífera, con abundantes conchas de bivalvos. Estos sedimentos se disponen en capas casi horizontales con inclinaciones muy suaves.

Cuaternario

Los depósitos cuaternarios descritos a continuación se encuentran conformando las zonas planas del Departamento del Cesar.

Terrazas (Qt): En la parte norte de Valledupar, hay presencia de terrazas generadas por la acción de los ríos Badillo, Seco, Guatapurí y Candela, se perciben hasta tres niveles. Están compuestas principalmente por cantos y bloques angulares a subredondeados de hasta de 3 m de diámetro, compuestos en su mayor parte por rocas ígneas plutónicas con una matriz arenosa. En el caso del río Guatapurí, se evidencia la presencia de fragmentos de rocas volcánicas y limolitas rojizas que provienen de la Formación Guatapurí. Estos depósitos en general no superan los 25 m de espesor. En la cadena montañosa de la Serranía de Perijá se observan terrazas al suroriente de El Desastre, oriente de Casacará y en la Jagua de Ibirico, la de mayor extensión. En la parte norte de la Cordillera Oriental también se observan niveles pequeños de terrazas, tanto en el piedemonte como a lo largo de algunas corrientes como en la quebrada Honda en el Municipio de Pailitas, y en el abanico del río Aguachica. La composición de estas es variable.

Abanicos aluviales (Qcal): El abanico de la ciudad de Valledupar que lleva su mismo nombre, es la geoforma de este tipo más destacada con una extensión de unos 10 km² aprox. La ciudad se encuentra sobre este abanico constituido por depósitos del río Guatapurí principalmente. Está formado por cantos y bloques angulares a subredondeados hasta de 3 m de diámetro, compuestos en su mayor parte por fragmentos de rocas intrusivas de grano medio a grueso, color rosado, embebidos en una matriz arenosa. En el abanico del río Guatapurí se nota una mayor presencia

de cantos de rocas volcánicas y limolitas rojizas, debido a que en la parte media de este río aflora la Formación Guatapurí constituida por este material. También se tiene el abanico de Manaure que está localizado al occidente de San José de Oriente y que hace parte de la Serranía del Perijá. Está conformado por gravas, cantos y bloques angulares y subredondeados de areniscas, limolitas rojas, algunos de roca volcánica y calizas, con diámetros que no superan 1 m, en una matriz limo arenosa poco compacta; se encuentra disecado por corrientes en su mayoría intermitentes en sentido oriente occidente. Su espesor varía entre 25 m y 70 m. También se tiene, el abanico de La Jagua de Ibirico está constituido por cantos y bloques de hasta de 3 m de diámetro, de areniscas, limolitas rojas y algunas calizas en su parte frontal. Su espesor puede alcanzar 100 m. Estos abanicos son los más extensos y alcanzan hasta 5 km de longitud en la dimensión mayor. Otros dos abanicos aluviales son: el de Codazzi, sobre el cual está construida la cabecera municipal, ubicado en la cuenca del río Magiriaimo, y el de Casacará constituido por el río del mismo nombre, retrabajado y dividido en dos partes, uno al norte y otro al sur.

Morrenas (Qm): Estas geoformas se localizan en la zona norte del departamento en las partes más altas de la Sierra Nevada de Santa Marta donde se han producido glaciaciones. Las descripciones se han tomado directamente de los trabajos de Tschanz et al. (1969), y Gansser (1955). Según los autores, se han formado morrenas a partir de tres estadios de una glaciación principal. La glaciación más antigua, denominada Aduriameina, está representada por pequeños remanentes de morrena en un valle de dirección oriente occidente, a una elevación de 2.800 m, situado entre San Sebastián y Aduriameina, y por la morfología glacial de los valles con elevaciones superiores a 3.000 m. El Estadio Mamancanaca caracteriza la región de los picos interiores; alcanza los 4.000 H msnm, tiene morrenas laterales bien conformadas, pero las terminales presentan un desarrollo precario. Los bloques del tamaño de una casa al final de la morrena Mamancanaca son seguramente reliquias de las morrenas terminales. En la glaciación subreciente hasta reciente, las morrenas muestran casi en todas partes relaciones con las glaciaciones presentes o con regiones donde éstas se retiraron hace muy poco tiempo. A este estadio siguió la regresión definitiva que continúa hoy; los glaciares en las montañas colombianas se encuentran en un estado de regresión muy rápido. En general, los glaciares terminan entre 4.800 y 5.000 m de altura sobre el nivel del mar.

Depósitos de pendiente (coluviones) (Qp): El coluvión más importante se encuentra en la Serranía de Perijá entre la Inspección de Policía de Media Luna y El Desastre; tiene una pendiente de unos 8° hacia el occidente y su parte más amplia, 3 km. En todo el departamento se observan estos depósitos en escalas diferentes y variadas formas.

Llanuras aluviales (Qlla): En el norte del departamento, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá, el río Cesar es el principal aportante junto con los afluentes que vienen de estos dos accidentes topográficos. Al occidente de la Sierra Nevada, el río Ariguaní y los afluentes del suroccidente de la Sierra han generado un depósito limo arcilloso de gran potencia en la denominada Fosa de Ariguaní. En el sector norte de la Cordillera Oriental, estos depósitos están asociados a la cuenca del río Magdalena con sus afluentes provenientes de las zonas altas y que disecan a los abanicos aluviales. Su composición se deriva de la meteorización de rocas intrusivas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias, con una granulometría más fina que en el norte. En cercanías de la cordillera predominan las arenas, mientras que al occidente, los limos y arcillas están en mayor proporción. En el área entre Valledupar y Bosconia, en el piedemonte de la Sierra Nevada, el depósito aluvial es de muy poco espesor, cubre las rocas ígneas de la parte sur, y deja pequeños cerros aislados; el espesor aumenta hacia el sur hasta alcanzar más de 100 m, en cercanías del río Cesar; el aluvión está compuesto por gravas, arenas y arcillas provenientes de la meteorización de las rocas ígneas y volcánicas de la Sierra Nevada que por su contenido de materiales máficos dan al aluvión un color gris a gris oscuro. En el área de El Paso - La Loma - La Jagua de Ibirico, la llanura aluvial es de poco espesor; según Prodeco S. A. (1991) varía entre 5 y 25 m de profundidad; la delimitación de éstos depósitos no es muy clara, debido a que no presenta buen contraste con las rocas más antiguas, por tratarse de una planicie arrasada

Aluviones recientes (Qal): En esta unidad se incluye el amplio aluvión al sur de la quebrada Torcoroma que se extiende hasta el río San Alberto, límite con el Departamento de Santander. En la Sierra Nevada de Santa Marta, los constituyentes son bloques, gravas, cantos, arenas, limos y, en ocasiones, arcillas. Proviene de rocas metamórficas, ígneas (intrusivas y volcánicas) y, en menor proporción, sedimentarias (limolitas y calizas). Sus componentes son subredondeados a redondeados y a veces angulares, cuando no han sido transportados por grandes distancias y que son más bien aportes súbitos de deslizamientos locales. En la Serranía de Perijá, los constituyentes provienen de rocas sedimentarias: conglomerados, areniscas, limolitas, arcillolitas y calizas; otros de rocas con muy bajo grado de metamorfismo (metasedimentarias) y en contadas ocasiones rocas volcánicas tipo andesita, brechas y aglomerados. Predominan los componentes de la Formación La Quinta, principalmente limolitas rojas, areniscas, conglomerados y rocas volcanoclásticas (tobáceas) en menor proporción. En el sector norte de la Cordillera Oriental predominan los constituyentes volcanoclásticos, metamórficos de alto y bajo grado y, en menor proporción, sedimentarios.

Depósitos fluviolacustres (Qfl): Los depósitos de este tipo se localizan en la parte baja desde el noroeste de Chiriguana, donde comienzan las ciénagas, hasta el sur del departamento, en áreas donde tiene influencia la llanura de inundación del río Magdalena y la parte baja del río Lebrija, al oeste del Municipio de San Alberto. Su composición es principalmente de material limo arcilloso, en algunos casos arenoso con intercalaciones de arcillas poco compactas.

3.7.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

El departamento del Cesar, ubicado al norte de Colombia, cuenta con gran sistema montañoso como son la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Estas, se extienden en la parte noroccidental y oriental del departamento influyendo en la tectónica de la región. Estructuralmente Arias A., Morales C. (1999) afirman que está formado por dos sistemas de falla, unas en dirección N-S y W-SE y el otro en dirección NE – SW, cada uno de estos sistemas se encuentran en la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá.

Arias A., Morales C. (1999) describe la serranía del Perijá como un orógeno formado por el levantamiento de dos fallas inversas de cabalgamiento. Se ubica en el departamento del Cesar y la Guajira en Colombia hasta Venezuela; limitada estructuralmente, al norte con la Falla Oca presentando un movimiento de E-W y considerada una falla de rumbo dextral, al occidente por la falla Cerrejón en Colombia catalogada como una falla inversa de cabalgamiento con dirección NE, y con ella se ubican las fallas Riecito, Capuchino, Manaure y Media Luna. El trazo de esta falla se extiende por la parte media del valle del Cesar con dirección NNE – SSO; y al oriente con la falla El tigre en Venezuela denominada una falla inversa de cabalgamiento³.

En la zona del departamento del Cesar, la Serranía del Perijá presenta una serie de estructuras entre las cuales se identifican pliegues y fallas asociadas a los sistemas de fallas que se encuentran en el departamento el cual han sido identificados por medio de estudios petrolíferos realizados por la ANH (2009).

Pliegues

Al occidente del municipio de Manaure se identifican un anticlinal y sinclinal formado por rocas de la formación la Quinta y del grupo Cogollo; al oriente hay un sinclinal y anticlinal formado por roca calizas del grupo Cogollo.

Al occidente de la Jagua de Ibirico, se ubica el anticlinal de Becerril, una estructura que se formó en el subsuelo constituido por rocas cretácicas según García, (1990). La evidencia en superficie es un cambio de dirección en las disposiciones de las rocas de la Formación La Luna que afloran en la región de La Estancia. El Anticlinal de Becerril se prolonga hacia el norte cerca al municipio de Becerril.

Sinclinal de la Jagua

Hernández, M (2003); menciona que el sinclinal está formado por arcillolitas, areniscas y mantos de carbón pertenecientes a la formación cuervo, la estructura tiene dirección NE – SW, es un sinclinal abierto y sus flancos presenta un buzamiento entre 10° y 35°.

Anticlinal de la Jagua

Se encuentra afectando las rocas pertenecientes a la formación Cuervo, tiene una dirección de N25°E, y las capas buzan en el flanco oriental entre 35°-45°; en el flanco occidental entre 15°y 35°. Este se ubica al este del municipio de la Jagua de Ibirico. Hernández, M (2003).

Sinclinal de la Loma

Presenta rocas de la formación cuesta tales como areniscas, conglomerados con una variación en la inclinación de los flancos entre 13° y 18°. Este pliegue tiene dirección NESW, según la ANH (2006), se prolonga hacia el oriente del municipio la loma y forma el anticlinal de Tucuy en esta área se encuentra importantes reservas carboníferas.

Sinclinal Nueva Granada

Está constituido por los miembros medios y superior de la formación Cuervos, presenta una dirección N37°E, y las capas del flanco oriental buzan entre 20°-30° y las capas del flanco occidental buzan entre 30°- 60°, Hernández, M (2003).

Anticlinal Arenas Blancas

Hernández, M (2003); afirma que el anticlinal se encuentra afectando rocas cenozoicas que se encuentran al sur del municipio de las Jagua de Ibirico forman un cerro aislado en dirección NE.

Sinclinal El Brillante

Este ha sido identificado en el subsuelo por medio de estudios de pozos petrolíferos realizados por García, (1990.), presenta una extensión de 48 km, se encuentra ubicado entre los municipios de Bosconia y Chiriguana y tiene una dirección noroeste.

Sinclinal de Arjona

Gonzales, (2002), ubica al oeste del departamento al sur del municipio de Arjona esta estructura con dirección N – NW, y buzamiento de 16° hacia el este presenta una extensión de 20 km.

Sinclinal y Anticlinal de Astrea

Estas estructuras descritas por Gonzales, (2002), Se encuentran ubicadas en el municipio de Astrea y Chiriguana, tienen una extensión de 25km; el flanco occidental del anticlinal buza 10° hacia al oeste, y el flanco oriental buza 15°-17° hacia el este; mientras que el sinclinal presenta una dirección N – NW y un buzamiento hacia el SW.

Fallas

Sistema de falla N -S y W-SE

A este sistema se asocian la Falla Santa Marta – Bucaramanga. Gonzales, (2002), describe un movimiento inverso en la parte de la Sierra Nevada de Santa Marta y; sinestral, hacia el sur, parte perteneciente a Bucaramanga. En el departamento del Cesar, su traza se extiende desde el rio San Alberto hasta el corregimiento de Las Vegas.

También, se asocian a este sistema, las Fallas Chimichagua y Caracolcito estas son consideradas fallas de cabalgamiento con vergencia hacia el N.

Falla Garupal

Esta falla se determinó mediante un registro de pozos petrolíferos realizados por Ángel y Huguet, (1995), determinando que su traza va sobre el rio Garupal.

Falla Caracolí

Arias A., Morales C. (1999), afirman que la falla se extiende por el municipio de Tamalameque, pone en contacto rocas metasedimentarias con unidades de rocas volcanoclasticas jurásicas, esta falla se encuentra cubierta por el cuaternario en la zona.

Sistema de falla NE – SW

Se encuentra la Falla Arenas Blancas ubicada en la zona central del departamento del Cesar y su traza va desde el oriente de las Jagua de Ibirico hasta el norte, en la frontera con Venezuela; según Page (1986) “la falla Arenas Blancas es la Falla Perijá descrita por Arango (1980)”. Esta se asocia con las fallas San José de oriente, Media luna, Sicarare y Tucuy.

Falla Cesarito

A partir de las observaciones realizadas por Hernandez (2003), se determina como inferida, en los afloramientos localizados a ambos lados del Río Garupal al N de Los Venados. La traza cartografiada se extiende desde el sur de Bosconia en dirección NE hasta unos 5 Km al SW de Fonseca – Guajira conectando los alineamientos de prolongados tramos de los ríos Cesarito, Barroso, Cesar y Ranchería.

Falla San Diego

Hernandez (2003) describe esta falla, cubierta por sedimentos cuaternarios presenta una dirección NW, Aunque se puede inferir la continuación de su traza por el borde del rio Cesar en dirección SE, del Río Cesar.

3.7.3. GEOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se caracteriza por presentar depósitos cuaternarios, los cuales incluye depósitos de llanura aluvial, terrazas aluviales y aluviones recientes.

3.7.3.1. Terrazas aluviales

Las terrazas son producidas por acumulación de material aluvial y posterior profundización de las corrientes de agua.

Estos depósitos en el rio Sororia, se observan tres niveles de base a techo está compuesto por:

Una capa conglomeratica: constituido por clastos que van desde bloques y cantos hasta gránulos y gravas de composición diversa (riolitas, basaltos, tobas, arenisca) de 70 cm aproximadamente.

Una capa areno limoso: constituido por partículas tamaño arena media a fina de color marrón oscuro a rojizo, con un espesor de 50 cm de ancho.

Una capa gravo arenoso: Esta capa está compuesta por una matriz tamaño arena gruesa a media, con clastos de tamaño que oscilan entre los 2 cm a 7 cm de diámetros de diversas composiciones petrográficas, con un espesor de 40cm de ancho.



Figura 5. Terrazas aluviales en el rio Sororia. Fuente: Autor

3.7.3.2. Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales ocupan una la mayor parte de la zona central del río Sororia, dentro de la llanura de inundación se forman terrazas aluviales a partir del socavamiento lateral producida por las corrientes de agua.

Estos corresponden a todos los sedimentos depositados por el río Sororia en las áreas de inundación y su cauce, están formados por arena fina de color grisáceo, basaltos, tobas, areniscas, clastos de tamaños de 2cm a 12 cm de diámetro, forma redondeada, subredondeados a angulares.

En otros sectores está conformado por material areno limoso arcilloso de color marrón claro a gris claro, constituido por arena fina, dentro de una matriz limo arcillosa.



Figura 6. Depósitos aluviales en el Río Sororia. Fuente Autor

3.8. METODOLOGÍA

TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque metodológico de esta investigación es mixto, ya que su desarrollo es tanto cualitativo como cuantitativo debido a que se desea responder a los objetivos y planteamiento del problema de la investigación.

Según Gómez (2009) este modelo representa el más alto grado de integración o combinación entre los enfoques cualitativo y cuantitativo. Ambos se entremezclan o combinan en todo el proceso de investigación, o al menos, en la mayoría de sus etapas. Requiere de un buen manejo de los dos enfoques y una mentalidad flexible. Agrega complejidad al diseño de estudio; pero contempla todas las ventajas de cada uno de los enfoques. La investigación oscila entre los esquemas de pensamiento inductivo y deductivo, por lo que el investigador debe tener un enorme dinamismo en el proceso. Lleva a un punto de vinculación de lo cualitativo y lo cuantitativo, por lo cual la información obtenida se presenta en un informe único, que va combinando los resultados cualitativos con los cuantitativos.

En la actualidad se han venido realizando diversos estudios sedimentológicos de la carga de fondo de las fuentes hídricas colombianas. Una de ellas fue la cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas; en el área de concesión lh0159-17, quebrada maibá - la merced – caldas”, en el cual estudios geológicos, estructurales y un procedimiento o metodología de trabajo que busca un objetivo en común con la presente investigación, el cual está enfocado en determinar la cantidad del material de arrastre en determinada zona. Debido a esto, el trabajo mencionado anteriormente se toma como base para la realización de esta metodología.

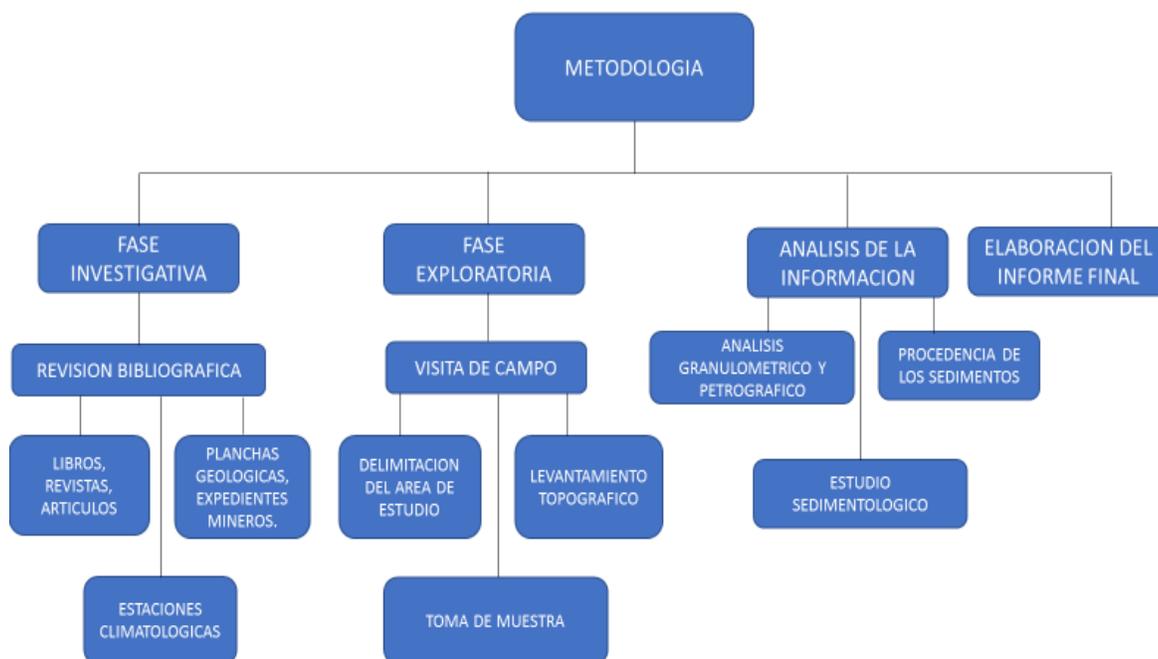


Figura 7. Diagrama metodológico del proyecto. Fuente: Autor

Fase investigativa: Inicialmente se recolecta información bibliográfica de la zona mediante artículos, revistas, libros, mapas y planchas geológicas y para conocer las características biofísicas y socioeconómicas del Municipio de la Jagua de Ibirico. Así mismo se hace la revisión de las estaciones climatológicas más cercanas al municipio; expedientes, consignados en la Agencia Nacional Minera, correspondientes a los títulos que extrae el material de arrastre del río Sororia; al igual que los estudios ambientales realizados por Corpocesar en los diferentes municipios del departamento.

Fase exploratoria: Esta etapa consistió en el trabajo de campo; se realizó un reconocimiento general del área de estudio, para confirmar la información investigada en la fase anterior, e identificar los principales impactos ambientales en el río Sororia. Simultáneamente, se delimita el área de estudio, tomando un tramo de 4 kilómetros con el fin de facilitar la toma de muestra, se identifican unidades geológicas y geofomas; posteriormente se realiza el levantamiento topográfico (batimetría del río), toma de muestra del material de arrastre para luego ser analizadas en campo.

Muestreo

Este proyecto se realizó entre los meses de febrero – Julio el cual se caracterizó por presentar altas precipitaciones (invierno) en todo el departamento del Cesar principalmente en el municipio de La Jagua de Ibirico. Para la toma de muestras de sedimentos en el lecho del río se tuvo en cuenta la técnica de muestreo empleada por García & Martín (2001) en el estudio “Caracterización granulométrica del lecho móvil de un río de gravas efímero: Aplicación a un tramo de la riera de Les Arenas”.

- Se debe escoger un tramo del lecho del río.
- El número de muestras depende de que tan detallado se quiera el estudio. Lo recomendable es tomar cuatro muestras en cada sección delimitada, debe escogerse donde el material sea representativo del depositado en el cauce, dos en las márgenes y dos cerca del centro.

Luego se procede hacer un:

Muestreo superficial

Consiste en la extracción de la primera capa de sedimento del lecho del río y se deposita en una manta o lona.



Figura 8. Capa superficial de sedimentos del río Sororia. Fuente: Autor.

Muestreo subsuperficial

Este consiste en la realización de apiques de 30cm – 50cm, el material extraído es depositado de una manta o bolsas para posteriormente ser analizado en el laboratorio de suelos.



Figura 9. Muestreo de la capa subsuperficial del río Sororia. Fuente: Autor.

Para la toma de muestra en el río Sororia se delimito un área de 4,40 km de longitud aproximadamente, en donde se recolectaron siete (7) muestras de material, con un peso de cinco (5) kilogramos, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de suelos, de la Fundación universitaria del Área Andina en la ciudad de Valledupar-Cesar.

Levantamiento topográfico

Para calcular el área, el perímetro, la pendiente y la longitud máxima del río Sororia se realizó un levantamiento topográfico mediante interpretación fotográficas que se encuentran en el SIG, y google earth, la cual fue analizada en AUTOCAD CIVIL 2016.

Área: 220,9 m² – 0,22 km²

Perímetro: 9445m – 9,45 km²

Longitud máxima: 4,41 km

Pendiente media: 1,7%



Figura 10. Polígono para determinar los factores topográficos del río Sororia. Fuente: Google earth



Figura 11. Modelo de elevación del río Sororia. Fuente google earth.

Análisis de la información: Se procede a realizar la caracterización y descripción de las muestras tomadas en campo a partir de análisis granulométricos y petrográficos, se describe la procedencia de los materiales, luego se realiza el estudio sedimentológico del río, y el análisis de como se ve afectado el afluente hídrico por la actividad minera de material de arrastre.

Análisis granulométrico

En la realización del análisis granulométrico se tuvo en cuenta la norma I.N.V. E – 123 – 07 creadas por el INVIAS (Instituto nacional de vías). La “norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 µm (No.200)”.

Para la caracterización de los sedimentos se basó en el sistema de clasificación de suelos AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (ver anexo A1) y el USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelo)(ver anexo B2) , resultados de clasificación de material que permitirán estimar las características de los sedimentos que aporta tanto los afluentes hídricos al río como el lecho de las corrientes en estudio.

Análisis sedimentológico

Para la realización del análisis sedimentológico es necesario utilizar datos de precipitación media mensual y media anual, información obtenida IDEAM, determinar el área, pendiente, longitud máxima, factor topográfico del río, establecer el factor de erosión en el cual se empleó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS); para estimar el factor de erosividad (R). Rojas et, al (2014).

Los valores de R, al igual que las demás variables consideradas en la EUPS, se analizaron con apoyo de trabajo de campo, fotografías aéreas y software avanzados.

Mediante este análisis se determina la cantidad de material de arrastre que se encuentra en el río Sororia en tiempo de invierno expresada en metros cúbicos por año (m³/año).

Elaboración del informe: Se organiza la informa la información de acuerdo con los parámetros establecidos para su correcta presentación.

3.9. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	FEBRERO				MARZO				ABRIL			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
REVISION BLIOGRAFICA												
VISITA PRELIMINAR DE CAMPO												
REALIZACIÓN DEL ANTEPROYECTO												
TOMA DE MUESTRA DE SEDIMENTOS EN RIO SORORIA												
ACTIVIDADES	MAYO				JUNIO				JULIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ENVIO DEL INFORME AL TUTOR												
ANALISIS GRANULOMETRICO												
ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO												
ANALISIS DE PROCEDENCIA												
ELABORACION DEL INFORME FINAL												

Tabla 1. Cronograma de actividades. Fuente: Autor

3.10. RESULTADOS

3.10.1. CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DEL MATERIAL DE ARRASTRE

MUESTRA 1



Figura 12. Muestra 1. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

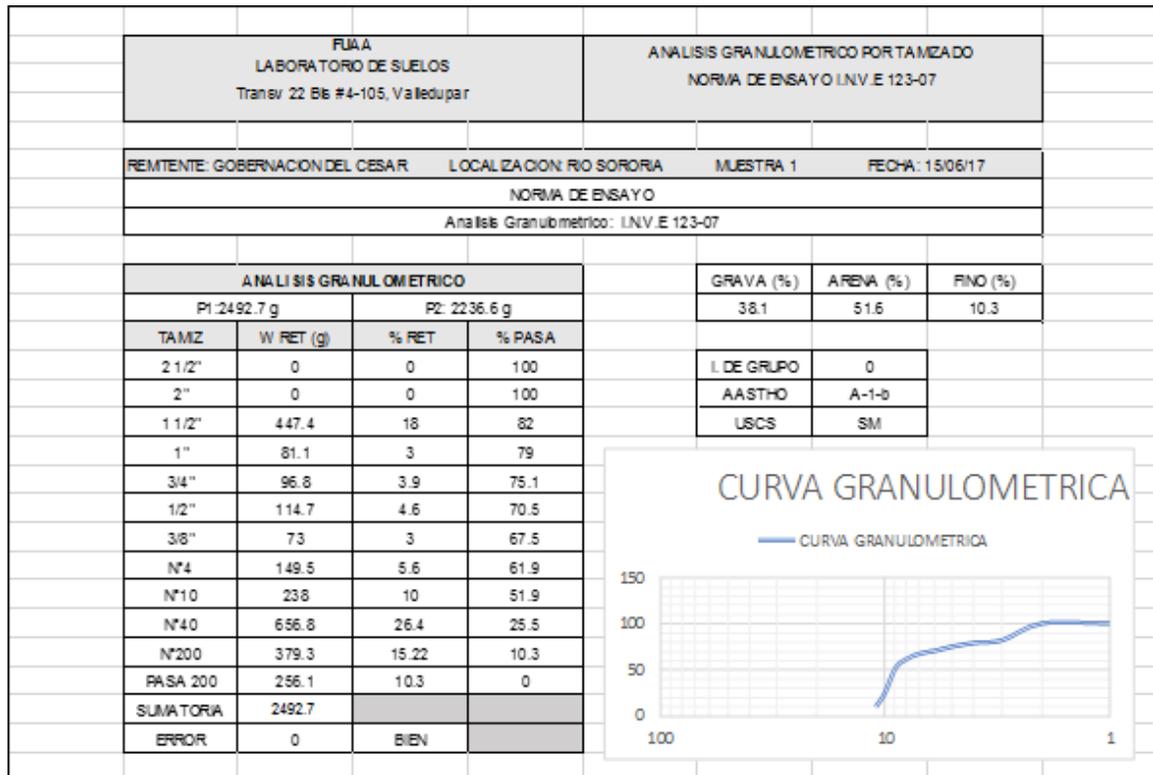


Tabla 1.1. Análisis granulométrico muestra 1. Fuente: Autor.

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

A. ASTHO: La muestra se encuentra constituida por fragmentos de piedra grava y arena (A-1-b).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM).

MUESTRA 2

MUESTRA 2		
Peso húmedo: 2270.4 g	Humedad natural: 1.12	Peso seco: 2027.1
		

Figura 13. Muestra 2. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FUAA LABORATORIO DE SUELOS Transv. 22 Bte #4-105, Valledupar				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORTAMIZADO NORMA DE ENSAYO LNV.E 123-07		
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORA		MUESTRA 2		FECHA: 15/06/17
NORMA DE ENSAYO						
Análisis Granulométrico: LNV.E 123-07						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				GRAVA (%)	ARENA (%)	FINO (%)
P1: 2270,4		P2: 1756,5		37,6	49,5	13,3
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA			
2 1/2"	0	0	100			
2"	462,8	22,8	77,2			
1 1/2"	0	0	77,2			
1"	22,1	1,1	76,1			
3/4"	35,4	1,74	74,3			
1/2"	125,6	6,1	68,2			
3/8"	31,8	1,6	67			
Nº4	89,2	4,4	62			
Nº10	173,3	8,54	54,3			
Nº40	486,3	24	30,3			
Nº200	36,0	17	13,3			
PASA 200	270,6	13,3	0			
SUMATORIA	2270,4					
ERROR	0	BIEN				

I. DE GRUPO	0
AASTHO	A-1-b
USCS	SM

CURVA GRANULOMETRICA

— CURVA GRANULOMETRICA

El gráfico muestra una curva granulométrica en un sistema de ejes logarítmicos. El eje horizontal (tamaño de malla) tiene marcas en 100, 10 y 1 mm. El eje vertical (porcentaje de pasaje) tiene marcas en 0, 50, 100 y 150. La curva comienza en 0% para tamaños superiores a 2.5 mm, sube a 100% a 0,075 mm.

Tabla 2.1. Análisis granulométrico muestra 2. Fuente: Autor.

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de piedra grava y arena (A-1-b).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM).

MUESTRA 3

MUESTRA 3		
Peso húmedo: 3090.6 g	Humedad natural: 1.09	Peso seco: 2835,4g
		

Figura 14. Muestra 3. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FUAA LABORATORIO DE SUELOS Transv 22 Bis #4-105, Valledupar		ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NORMA DE ENSAYO I.N.V.E 123-07	
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORIA	MUESTRA 3
FECHA: 15/06/17			
NORMA DE ENSAYO			
Análisis Granulométrico: I.N.V.E 123-07			
ANALISIS GRANULOMETRICO			
P1: 3090,6 g		P2: 2835,4 g	
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA
2 1/2"	0	0	100
2"	0	0	100
1 1/2"	390,9	13,8	86,2
1"	313,1	11,04	75,16
3/4"	130,4	4,6	70,56
1/2"	230,8	8,14	62,42
3/8"	95,4	3,36	59,06
Nº4	224,9	7,93	51,13
Nº10	254,4	9	42,13
Nº40	343,6	12,11	30,02
Nº200	409,9	14,4	15,6
PASA 200	442	15,6	0
SUMATORIA	2835,4		
ERROR	0	BIEN	
		GRAVA (%)	ARENA (%)
		48,87	35,51
		FINO (%)	15,51
		I. DE GRUPO	0
		AASTHO	A-1-b
		USCS	SM

CURVA GRANULOMETRICA

— CURVA GRANULOMETRICA

Tabla 3.1. Análisis granulométrico muestra 3. Fuente: Autor.

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de piedra grava y arena (A-1-b).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM).

MUESTRA 4

MUESTRA 4		
Peso húmedo: 2859,5g	Humedad natural: 1.05	Peso seco: 2723,3g
		

Figura 15. Muestra 4. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FLIA LABORATORIO DE SUELOS Transv 22 Bb #4-105, Valledupar				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NORMA DE ENSAYO IN.V.E 123-07		
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORIA		MUESTRA 4		FECHA: 15/06/17
NORMA DE ENSAYO						
Analisis Granulométrico: IN.V.E 123-07						
ANALISIS GRANULOMETRICO				GRAVA (%)	ARENA (%)	FINO (%)
P1: 2723.3 g		P2: 2529 g		49.2	43.4	7.1
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA	I. DE GRUPO		0
2 1/2"	0	0	100	AASTHO		A-1-b
2"	0	0	100	USCS		SW-SM
1 1/2"	73.4	2.6	97.4			
1"	53.5	2	95.4			
3/4"	299.6	1.1	84.4			
1/2"	322.8	11.9	72.5			
3/8"	214.2	7.9	64.6			
Nº4	376.2	13.8	50.8			
Nº10	157.7	5.8	45			
Nº40	666.3	24.5	20.5			
Nº200	365.3	13.41	7.1			
PASA 200	194.3	7.1	0			
SUMATORIA	2723.3					
ERROR	0	BIEN				

CURVA GRANULOMETRICA

— CURVA GRANULOMETRICA

Tabla 4.1. Análisis granulométrico muestra 4. Fuente: Autor.

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de piedra grava y arena (A-1-b).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM) o arenas bien gradadas con grava con pocos finos o sin ellos (SW). (SW-SM).

MUESTRA 5

MUESTRA 5		
Peso húmedo: 3507,5 g	Humedad natural: 1.11	Peso seco: 3159,9g
		

Figura 16. Muestra 5. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FUAA LABORATORIO DE SUELOS Transv 22 Bte #4-105, Valledupar				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NORMA DE ENSAYO L.N.V.E 123-07		
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORIA		MUESTRA 5	FECHA: 15/06/17	
NORMA DE ENSAYO						
Análisis Granulométrico: L.N.V.E 123-07						
ANALISIS GRANULOMETRICO						
P1: 3159.9 g			P2: 2767.3 g			
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINO (%)
2 1/2"	0	0	100	49.2	43.4	7.1
2"	217.6	5	95			
1 1/2"	89.2	2	93			
1"	35.3	1	92			
3/4"	142.3	4	88			
1/2"	212.3	6	82			
3/8"	188.7	5.9	77			
Nº4	398	12	65			
Nº10	436.9	13	52			
Nº40	1236.7	38	14			
Nº200	70.6	2	12			
PASA 200	392.6	12	0			
SUMATORIA	3159.9					
ERROR	0	BIEN				

I. DE GRUPO	0
AASTHO	A-1-b
USCS	SM

CURVA GRANULOMETRICA

— CURVA GRANULOMETRICA

Tabla 5.1. Análisis granulométrico muestra 5. Fuente: Autor

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de piedra grava y arena (A-1-b).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM).

MUESTRA 6

MUESTRA 6		
Peso húmedo: 2595,7 g	Humedad natural: 1.10	Peso seco: 2359,7g
		

Figura 17. Muestra 6. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FUAA LABORATORIO DE SUELOS Transv 22 Bis #4-105, Valledupar				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NORMA DE ENSAYO I.N.V.E 123-07			
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORIA		MUESTRA 6		FECHA: 15/06/17	
NORMA DE ENSAYO							
Análisis Granulométrico: I.N.V.E 123-07							
ANALISIS GRANULOMETRICO							
P1: 2595,7g				P2: 1622,4g			
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINO (%)	
2 1/2"	0	0	100	3,89	64,88	33,25	
2"	0	0	100	I. DE GRUPO		0,375	
1 1/2"	0	0	100	AASTHO		A-2-7	
1"	0	0	100	USCS		SM	
3/4"	0	0	100				
1/2"	17,7	0,75	99,25				
3/8"	12,9	0,54	98,71				
Nº4	61,5	2,6	96,11				
Nº10	313,4	13,28	82,83				
Nº40	992,5	39,1	43,73				
Nº200	294,4	12,5	31,25				
PASA 200	737,4	31,25	0				
SUMATORIA	2595,7						
ERROR	0	BIEN					

Tabla 6.1. Análisis granulométrico muestra 6. Fuente: Autor

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de arena con limo arcilla (A-2-7).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM).

MUESTRA 7

MUESTRA 7		
Peso húmedo: 3214,3g	Humedad natural: 1.12	Peso seco: 2869,9g
		

Figura 18. Muestra 7. Analizada en laboratorio. Fuente: Autor

FUAA LABORATORIO DE SUELOS Transv 22 Bis #4-105, Valledupar				ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NORMA DE ENSAYO I.N.V.E 123-07		
REMITENTE: GOBERNACION DEL CESAR		LOCALIZACION: RIO SORORIA		MUESTRA 7	FECHA: 15/06/17	
NORMA DE ENSAYO						
Análisis Granulométrico: I.N.V.E 123-07						
ANALISIS GRANULOMETRICO						
P1: 2870g			P2: 1365,3g			
TAMIZ	W RET (G)	% RET	% PASA	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINO (%)
2 1/2"	0	0	100	36,6	53	9,7
2"	0	0	100			
1 1/2"	0	0	100			
1"	22,8	0,75	99,3			
3/4"	15,2	0,52	98,8			
1/2"	44,3	1,54	97,3			
3/8"	35	1	96,3			
N°4	178,4	6	90,3			
N°10	366,3	12	78,3			
N°40	904,2	31	47,3			
N°200	299,1	10,4	36,6			
PASA 200	1054,7	36,6	0			
SUMATORIA	2870					
ERROR	0	BIEN				

I. DE GRUPO	5
AASTHO	A-2-7
USCS	SW-SM

Tabla 7.1. Análisis granulométrico muestra 7. Fuente: Autor

De acuerdo con la clasificación de los suelos:

AASTHO: La muestra estudiada está constituida por fragmentos de arena con limo arcilla (A-2-7).

USCS: La muestra es clasificada como arenas limosas, mezclas de arena y de limo mal graduado (SM) o arenas bien graduadas con grava con pocos finos o sin ellos (SW). (SW-SM).

Características sedimentológicas del material de arrastre del río Sororia de acuerdo con análisis granulométrico:

Grava: Presentan un tamaño de 2cm a 5cm de diámetro aproximadamente, subredondeada, mal empaquetada, cemento silíceo, armazón 95% guijo, forma subangular, tamaño de 16 mm y matriz de 5% granulo, de tamaño 4mm.

Arena: Presentan un tamaño de a 0,125 mm, bien empaquetada, cemento silíceo, redondeada, armazón 50% arena media, y matriz 50% arena fina.

Finos: Presentan un tamaño de grano de 0,0625 mm a 0,0333 mm, bien empaqueta, muy redondeada, armazón 90% limo y matriz 10% arcilla.

UBICACIÓN ESTRATIGRÁFICA FACIAL EN EL AMBIENTE FLUVIAL

Zona de planicie aluvial

Son las áreas por donde circulan las corrientes permanentes de agua. Las geoformas pueden presentar una pequeña variación a la escala cartografiada, debido a la divagación de las corrientes, dependiendo de las variaciones climáticas. estos depósitos se caracterizan por presentar materiales sueltos (finos) dejados por una corriente natural de agua.

En el área de estudio se encuentran cauces activos de 5m aproximadamente de ancho.



figura 19. Zona de planicie aluvial. Fuente: Autor.

Zona de Terrazas

Nivel de terrazas

Se caracterizan por presentar una morfología ligeramente inclinada limitada por un talud o escarpe adyacente a los cursos actuales del río Sororia. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales o fluvio torrenciales, dejando diferentes niveles con alturas menores a los 2 metros. Se encuentran materiales como arenas y gravas.



figura 20. Zona de terrazas aluviales. Fuente Autor.

Zona de Colinas

Esta zona se caracteriza por presentar pendientes abruptas con alturas de 800 a 1800 m.s.n.m, se manifiestan laderas irregulares con cimas redondeadas, con relieve escarpado, se encuentran asociadas a las formaciones río Negro, La quinta, La luna, La quinta, y al Grupo Cogollo.

3.10.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL DE ARRASTRE

El área de estudio gran parte de ella se encuentra constituida por depósitos aluviales el cual están formado por bloques de 10cm – 25cm, cantos subredondeados y redondeados de 2cm - 6cm, de color gris verdoso, rojizos, arena de grano grueso, medio, fino con presencia de moscovita de color marrón rojizo, violáceo; se encuentran tobas andesitas, basaltos, areniscas, tobas arenitas pertenecientes a las formaciones Rio Negro, La luna, La quinta, Grupo Cogollo, formación cuesta, las cuales hacen parte de la serranía del Perijá. Los principales afluentes son el rio Calenturitas, el rio Tucuy, se caracterizan por ser cuencas torrenciales debido a las altas pendientes superficiales de sus cauces y vertientes, así como la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión.



Figura 21. Depósitos aluviales en el rio Sororia. Fuente: Autor

Analizando petrográficamente algunos de los fragmentos de rocas más grandes que se encuentran en el río Sororia se determinaron las siguientes rocas:

Arenisca arcosa lítica.

Es una roca sedimentaria, subredondeada, de color gris oscuro, presenta minerales de moscovita en gran cantidad, poco meteorizada, con granos de arena media (70%) con un tamaño de 0,250 mm y con matriz de arena fina (30%) de tamaño 0,125 mm, se encuentra bien empaquetada, cemento silíceo. La muestra analizada se clasifica texturalmente como una arenisca compuesta por 65% de cuarzo, 20% de feldespato y 15% fragmentos líticos, lo que permite clasificarla mineralógicamente como arcosa lítica. Esta unidad litológica hace parte de la formación Río Negro.

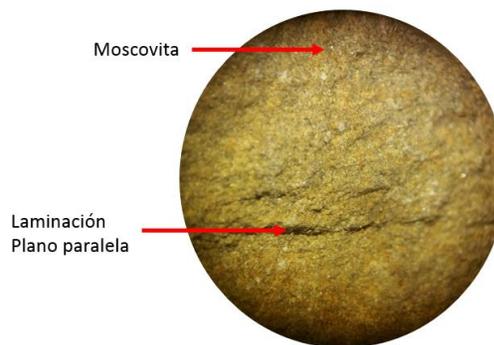


Figura 22. Arenisca Arcosa lítica. Fuente: Autor

Toba Traquita

La roca de origen volcánico-sedimentario, de color grisáceo, los minerales se pueden apreciar claramente, presenta vacuolas producto de la desgasificación las cuales fueron rellenas por sílice. En cuanto a la composición de los piroclastos, se calcula que presenta Fragmentos Líticos 30% de alrededor de 3 mm de diámetro, Cristales 70%, representados por cuarzo, feldespato, plagioclasas. De acuerdo con esto, se realiza la clasificación composicional de rocas extrusivas de streckisen. Asignándole incide de color 45%, cuarzo un 8%, feldespato 40%, y plagioclasas 7 %, al realizar el recalcule se tiene que el porcentaje de cuarzo en la roca es de 18%, feldespato 88%, y plagioclasas un 15%, clasificándola como traquita. Además de estos minerales principales la muestra presenta moscovita. Una vez realizado los cálculos se obtiene la nomenclatura de la roca, nombrándola como toba traquita. Esta unidad litológica hace parte de la formación La Quinta.



Figura 23. Toba traquita. Fuente: Autor.

3.10.3. CALCULO DEL MATERIAL DE ARRASTRE

Erosión

La erosión de suelos es un problema ambiental muy serio que afecta a gran parte del territorio en el departamento del Cesar en diferentes grados de severidad. Es importante destacar el papel clave que juega la cobertura vegetal en disminuir o acrecentar el proceso erosivo. “El factor de erodabilidad del suelo, K, es un factor que toma en cuenta el tipo de suelo. Para su determinación se consideró la metodología de la FAO (1980) que utiliza unidades de suelos de acuerdo a su clasificación y considera tres tipos de textura superficial del suelo”. Rojas et, al (2014)

Se aplicará la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS), para el río Sororia.

Por consiguiente:

$$A = 224,2 * R * K * LS * C * P$$

Donde:

A: erosión superficial media anual o producción bruta específica de sedimentos [(T/ha) /año],

Siendo T: toneladas métricas;

R: factor de erosividad de lluvia-escorrentía

K: factor de Erosionabilidad del suelo

LS: factor topográfico de longitud y pendiente del terreno

C: factor de cobertura vegetal

P: factor de prácticas conservacionistas para control de erosión y 224,2 es un coeficiente de conversión de unidades.

R: Es la Erosividad puede ser calculada utilizando la expresión de Lombardi Neto Moldenhauer (1980):

$$R = 6.866 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{0.85}$$

Donde:

R= Índice medio de erosividad anual

p=Precipitación media mensual 162, 65 mm/mes

P=Precipitación media anual 1,969 mm

$$R = 62.45$$

K: Es la erodabilidad y representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, etc.

El SCS (Soil Conservation Service) clasifica a los suelos de la siguiente manera:

Tipo de suelo	Rango de variación de K
A	0.16 - 0.23
B	0.13 - 0.38
C	0.13 - 0.18
D	0.07 - 0.12

Tabla 8.1. Determinación de K. Fuente: SCS

Se calcula un valor ponderado donde K= 0,25

Ls: es el Factor topográfico se obtiene por medio de la expresión desarrollada por Bertoni (1959):

$$L_s = 0.00984 * L^{0.63} * S^{1.18}$$

L: Longitud del río = 9000m

S: Pendiente: 1,7%

$$L_s = 5,76$$

C: Contempla la reducción de la erosión superficial debido al efecto de la cobertura vegetal. Este valor es adimensional.

COBERTURA VEGETAL	C
Bosque no intervenido	0.001
Bosque intervenido	0.34
Tierras Erosionadas con escasa vegetación	0.8
Suelo desnudo	1.0
Cultivos extensivos en hileras, ejemplo maíz	0.5
Yuca y batata 1er año	0.2-0.8
Palmera, café, cacao	0.1-0.3
Pastos	0.07
Hortalizas	0.3

Tabla 9.1. Determinación del factor c. Fuente: SCS

De acuerdo con la vegetación que se presenta en el área estudiada se determinó el factor C= 0,07.

P: Es la proporción de pérdida de suelo para un área con una práctica de mantenimiento, como curvas de nivel, terrazas, fajas, con respecto a aquella con surcos rectos labrados con alta o baja pendiente.

TÉCNICA	FACTOR Pc
Curvas de nivel (pendientes entre 5% y 20%)	0.1 - 0.7
Bandas antierosivas de 2 a 4 m (pendientes entre 5% y 25%)	0.3
Protección con paja	0.01
Terrazas de 80 cm. combinadas con curvas de nivel (pendientes entre 5% y 15%)	0.10
Curvas de nivel (pendientes entre 5% y 20%)	0.1 - 0.7

Tabla 10.1. Determinación de factor P. Fuente: SCS

P en este caso es igual a 0,1

Por lo tanto:

$$A = 224,2 * 62,45 * 0,25 * 5,76 * 0,07 * 0,1$$

$$A = 141130 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

SY= Cantidad material de arrastre acumulados en un rio, en toneladas por año.

$$SY = SDR * A$$

Donde:

SDR: Es la relación de erogación de sedimentos. Para calcularlo se utilizó la fórmula de Bañón (1975)

$$SDR = 0.47 F^{-0.125}$$

F: Es el área en km²

$$SDR = 0,5697$$

Por ultimo

$$SY = 0,5697 * 141130 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

$$SY = 80401 \text{ ((ton/ha) /año)}.$$

$$SY = [(80401) * (1000^2) * (0,22)] / 10000 = 1,768.822 \text{ ton/año}$$

Calculo de la cantidad de sedimentos en M3

Para finalizar se calcula el volumen con la densidad de los sedimentos determinada en los análisis de laboratorio; $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$ o $1,5 \text{ ton/m}^3$; y SY.

$$V = (1,768.822 \text{ ton/año}) / (1,5 \text{ ton/m}^3)$$

$$V = 1,1792.811 \text{ m}^3/\text{año}.$$

En el rio Sororia se depositan $1,1792.811 \text{ m}^3/\text{año}$ de material de arrastre. En temporada de invierno.

3.10.4. MINERIA DE MATERIAL DE ARRASTRE EN EL RIO SORORIA

Mediante la revisión de los expedientes mineros en la agencia nacional de minería en el departamento del cesar, se encontró el titulo minero 0234 – 20 perteneciente a la empresa ASORPRESERJAI, quien se encuentra explotando material de arrastre En el rio Sororia en el municipio de la Jagua de ibirico.

De acuerdo con lo anterior, se encontró que la empresa ASORPRESERJAI, la tiene delimitada un área de una hectárea y 5032 m2, en el rio, el material es extraído por medio el sistema de explotación a cielo abierto por banqueo de 0,6 – 0,8 m mediante medios manuales con pala y azadón, el cargue se realiza de forma manual con palas directamente a las volquetas. Semanalmente se extrae un volumen de 5m3 de sedimentos, se tiene una producción mensual alrededor de 80m3 a 100m3. Al momento de realizar la visita en la zona estudiada se observó que hay una retroestracadora y no se encuentra activa, al igual que se da la extracción de material de forma ilegal.



Figura 24. Minería en el rio Sororia. Fuente: Autor.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El río Sororia, es uno de los principales afluentes hídricos del municipio de La Jagua de Ibirico; este ha sido intervenido para la extracción de material de arrastre por algunas empresas mineras desde el año 2004 hasta la actualidad.

Actualmente en río Sororia se extraen de 80m³ a 100 m³ mensual de material de arrastre, en un área de 5000 m² aproximadamente por la empresa ASORPRESERJAI.

De acuerdo con el análisis sedimentológico, en donde se calculó la cantidad de material de arrastre que se deposita en el río en periodo de invierno se pudo determinar que el río Sororia no está siendo sobreexplotado, debido a que el material que se extrae por año es inferior a los depósitos anuales del río. Con lo cual se puede determinar que la extracción del material de arrastre en el río Sororia ha ocasionado un pequeño cambio en la morfología y caudal de este. Pero no es el principal factor de los daños ambientales que se han presentado en el sector.

Esto no quiere decir que la minería de material de arrastre no afecte al río, la extracción de este material ha afectado el cambio en la morfología del río, ha ido disminuyendo su cauce, lo que ha producido que se presente problemas de sequía en el municipio, y migración de muchos animales.

4. LOGROS ALCANZADOS

OBJETIVOS	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Realizar las visitas de campo.										
Realización ensayos de laboratorio para clasificación de los sedimentos.										
Realizar el estudio sedimentológico										

Tabla 13. Logros alcanzados en la gobernación del Cesar. Fuente: Autor.

5. IMPACTOS PERCIBIDOS POR EL ESTUDIANTE.

Durante la realización de las prácticas y del proyecto adquirí un gran conocimiento en cuanto a cómo se le debe realizar un estudio a un río, cuáles son los parámetros que se deben tener en cuenta, al igual pude entender como la pequeña minería puede causarle daños significativos a la comunidad.

Cuando se tiene la oportunidad de trabajar en campo e interactuar con personas que te transmitan conocimiento es algo muy significativo, se siente muy satisfactorio afianzar los conocimientos ya adquiridos. Mi motivación en la realización de este proyecto fue poder aportar un granito de arena para resolver los problemas que ambientales que se presentan en el municipio de la jagua de iberico.

6. LIMITACIONES

Durante el desarrollo de las practicas la mayor limitación fue que se nos hizo difícil llegar a la zona de estudio para realizar la batimetría del rio, ya que no se contaba con las herramientas necesarias para hacerla, por la temporada invernal no se pudo acceder a la zona hacer la toma de muestra lo que el proyecto tuvo un retraso de un mes aproximadamente.

CONCLUSIONES

La realización de un estudio sedimentológico se hace con el fin de determinar los tipos y la cantidad de material de carga de fondo de un río. Es necesario establecer el tiempo en que se realizara el estudio.

Con la realización de análisis granulométrico se determinó que la mayor parte de los sedimentos que se encuentran en el río Sororia son gravas y arenas de grano medio a fino, con poca presencia de material fino.

El estudio sedimentológico arrojó que en río Sororia el volumen de los sedimentos en un área de 0.22 km² es de 1179,21m³/año; la extracción de material de arrastre en el río por la empresa minera es de 80m³ a 100m³ mensual, lo que equivale a 1000m³/año, por consiguiente, en el río no hay sobreexplotación de material de arrastre.

Los materiales de arrastre que se encuentran en el río, son provenientes de las formaciones que se encuentran en la serranía del Perijá como la formación La quinta, Río negro, entre otras y los afluentes hídricos como el río calenturitas y el río Tucuy.

La minería de material de arrastre en el río Sororia no tiene gran influencia en los factores ambientales que se presentan en la zona, es importante investigar otros factores que se encuentren afectando a la zona; Sin embargo, esta influye en el cambio morfológico y cauce del río, lo cual afecta a las especies que se encuentran a su alrededor y a la comunidad.

RECOMENDACIONES

Es necesario analizar que otros factores aparte de la minería del material de arrastre están afectando al río.

Es necesario realizar un estudio sedimentológico en verano e invierno para tener un estudio más detallado, y de esta manera profundizar y entender el comportamiento de este.

Determinar la batimetría del río, mediante un levantamiento topográfico en la cuenca por medio estaciones topográfica, con el fin de obtener datos más precisos en el área, el perímetro y el volumen total de agua que se encuentra en el río de acuerdo con su morfología.

El estudio sedimentológico debe de hacerse en toda la cuenca, desde donde nace hasta donde desemboca, antes, durante y después de la explotación de material de arrastre para obtener datos más exactos sobre la cantidad y calidad del material que se encuentra en el río.

Es necesario estudiar otras extracciones de minerales se generan en río Sororia y como estas actividades afectan al afluente hídrico.

En el río Sororia solo se encontró un solo título minero que se encarga de la extracción del material de arrastre, pero se genera extracción ilegal de este material, por lo tanto es recomendable analizar que cantidad de material de arrastre es extraído ilegalmente para obtener datos mas exactos sobre la cantidad de material de arrastre es extraído por la actividad minera.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS A, et al., (1999). Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar memoria explicativa. Santa Fe de Bogotá.
- ANH (2009). Cartografía Geológica Cuenca Cesar-Ranchería”. Ministerio de minas y Energía.
- APSHANA, HUFFINGTON & MORA. Caracterización del material de arrastre del río Cesar como agregado en la construcción de obras civiles en el municipio de Valledupar departamento del Cesar. 2013.
- ARCHE, A. Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España, 2010.
- BELTRÁN & CORREA. Cartografía geológica, caracterización y cálculo de reservas; en el área de concesión lh0159-17, quebrada Maibá - La Merced – Caldas. 2015.
- BRAJA DAS. 2001. principios de ingeniería de cimentaciones cuarta edición publicado en inglés por PWS Publishing © 1999 ISBN 0-534-95403-0.
- COMFACESAR. Estudio de amenazas hidrológicas para prevenir el riesgo por inundación en el diseño de las viviendas de reconstrucción en sitio de los damnificados de la ola invernal 2010 - 2011 en el municipio la Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar. 2014.
- CORPOCESAR. Atlas Ambiental del Departamento del Cesar. 1996
- DECRETO 2041 DE 2014 (Octubre 15). “por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales”.
- ECOS DEL COMBEIMA (Agosto 12). Explotación de materiales de arrastre tienen en jaque a los ríos del Tolima2015. . Recuperado de <http://ecosdelcombeima.com/regionales/nota-63850-explotacion-de-materiales-de-arrastre-tienen-jaque-a-los-rios-del-tolima%E2%80%8F>.
- EL PILÓN (Mayo 11). Toman medidas para controlar extracción de material del río Cesar. 2015. Recuperado de <http://elpilon.com.co/toman-medidas-para-controlar-extraccion-de-material-del-rio-cesar/>

EL TIEMPO (Abril 27). Tras Navelena, futuro ambiental del Magdalena es incierto. 2017. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/sedimentacion-en-el-rio-magdalena-82068>

ELOSEGI A, & SABATER S. Conceptos y Técnicas en Ecología fluvial. Primera edición. Fundación BBVA. Bilbao, 2009.

GARCÍA, C. 1990. Proyecto Cesar - Ranchería, informe final, Tomo IV Integración, Tomo V Prospectos. Empresa Colombiana de Petróleos. Ecopetrol. Referencia 101. Bogotá.

GARCÍA & MARTIN. Caracterización granulométrica del lecho móvil de un río de gravas efímero: Aplicación a un tramo de la riera de Les Arenes. 2001.

GÓMEZ, M. Introducción a la metodología de la investigación científica. Editorial Bruja, 2009.

GONZALEZ. 2002. Geología de las planchas 40 de Bosconia y 47 Chiriguana. "Memoria explicativa".

GOYENOLA, G. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. Versión 1.0. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA. 2007.

HERNÁNDEZ. 2003. Geología de la plancha 48 La jagua de ibirico. "Memoria explicativa".

INVIAS. Norma I.N.V. E-123-07. Análisis granulométrico de suelos por tamizado. 2001.

LEY 685 DE 2001 (agosto 15). "Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones".

NAJERA, SOLANO, et, al. Impactos ambientales de la minería en Colombia. 2011.

RODRÍGUEZ, C. A. (Enero 14). Los ríos del Cesar se encuentran en cuidados intensivos. El espectador. 2016. Recuperado de <http://blogs.elspectador.com/actualidad/el-rio/los-rios-del-cesar-se-encuentran-en-cuidados-intensivos>.

RUDAS, ROJAS et, al. Estudio hidrosedimentológico de la cuenta hidrográfica del río San Alberto departamento del Cesar. 2014.

SÁNCHEZ, A. Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos. Medellín: Católica del Norte Fundación Universitaria, 2011.

ANEXOS

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
 Si el LP \geq 30, la clasificación es A-7-6
 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

ANEXO A 1. Tabla de Clasificación de suelos según AASHTO.

IDENTIFICACION EN EL CAMPO		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS LIMOSAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW		
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
		FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO	LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7 ; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7		
		FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA			
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 40	ARENAS CON FINOS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 6 ; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW		
		PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
		FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS	LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O I_p MENOR QUE 4 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON I_p ENTRE 4 Y 7 ; CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O I_p MAYOR QUE 7		
		FINOS PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL MAS ABAJO)	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS			
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	UTILICÉSE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC CASOS LIMITES QUE REQUIEREN EL EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES: MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%		
		NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA		ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA		CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
		LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA		OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD
		LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA		MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS
	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS	
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA	
		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLORES, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	
		GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO					

ANEXO B. 2. Tabla de clasificación de suelo según USCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelo)



El área tiene una extensión de 1 Hectárea y 5093 m²

Se trazó una poligonal la cual verificó que el área se encuentra dentro de los límites expuestos en la solicitud de legalización.

Los puntos de la poligonal son los siguientes:

1.	X = 1.550.345	Y = 1.082.828
2.	X = 1.550.389	Y = 1.082.838
3.	X = 1.550.245	Y = 1.082.835

2. SISTEMA DE EXPLOTACIÓN

El sistema de explotación es a cielo abierto, frente de explotación activo en el momento de la visita, el método de explotación empleado es por banqueo de 0.6-0.8 mts en el cauce del río.

2.1 Descapote

No se realiza descapote, puesto que el material se encuentra en el cauce del río.

2.2 Arranque de Material

El arranque se realiza de forma manual con palas y azadón.

2.3 Cargue y transporte

El cargue se realiza de manera manual con palas directamente a las volquetas de 5 m³, las cuales transportan el mineral para comercializarlo en el municipio de La Jagua de Ibirico.

2.4 Producción

Sacando de 4 a 5 volquetas semanales de 5 m³ se tiene una producción mensual alrededor de 80 a 100 m³.

El precio de venta por volqueta de 5 m³ es de \$ 60000 y costos por cargue y transporte ascienden a \$ 45000.