

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA – GEOMORFOLÓGICA
MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE LA
CUENCA DEL RÍO SANTA BARBARA, MUNICIPIO
ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO
BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
ROJAS B., RANNER R.,
PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, MAYO 2023

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA**



ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado “**INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA – GEOMORFOLÓGICA MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE LA CUENCA DEL RIO SANTA BARBARA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR**”, presentado por el bachiller; **Rojas B., Ranner R.**, C.I: **V 19.941.894**, como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO**, ha sido **APROBADO** por el jurado integrado por los profesores de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente.

NOMBRE	FIRMA
Prof. Abud Jorge (Asesor)	
(Jurado)	
(Jurado)	
Profesora Rosario Rivadulla Jefa del Departamento de Geología	Profesor Francisco Monteverde Director de Escuela

Ciudad Bolívar, Mayo, 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañarme y por el apoyo moral, que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mis hijos por ser la inspiración para lograr este éxito.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Rojas Ranner

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Denis Blanco y Ramón Rojas, por ser los principales promotores y patrocinadores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco profundamente a nuestros docentes de la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Oriente, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, a Daniel Tovar, Alba Hernández y a mi tutor Jorge Abud, quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente este proyecto.

Rojas Ranner

RESUMEN

La cuenca del río Santa Bárbara se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (m) E 435.225, E 437.750 y N 894.000, N 898.075, al noroeste de Ciudad Bolívar, políticamente se ubica en el Municipio Heres (actual Angostura del Orinoco) del Estado Bolívar. El objetivo de la investigación es Interpretar geológica – geomorfológica mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara. El tipo de investigación se enmarca dentro de los aspectos descriptivos, analítico, documental y de campo. La cuenca del río Santa Bárbara posee un sistema de drenaje dendrítico, posee una divisoria de cuenca que abarca un área aproximada de 615 ha y limita con la divisoria de cuenca del río Buena vista. De acuerdo a este principio, es necesario sugerir algunos usos y prácticas conservacionistas, tomando como base las características de cada una de las unidades geológicamente estudiadas. Unidad SB1: la cárcava ubicada en esta área podría generar nuevas ramificaciones desde el contacto entre la mesa y el reborde. Se aplicó un modelo Tin 3D mediante el software ArcGis es compatible con el método de triangulación de Delauna (Delaunay Boris, 1934). Este modelo permite observar las elevaciones presentes y la identificación de geomorfología del área de estudio como: terrazas elevaciones de 118,22 m, planicie de 93,311 m-68,402 m, vegas en el cauce de río. Con pendientes generales de 0-2%, con un perfil plano a ligeramente inclinado. De acuerdo a la evaluación de la degradación de los suelos mediante el método FAO, y utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo da como resultado un espesor de aproximadamente 47,27 cm/año, un valor un tanto elevado. Unidad M1: Los rebordes de mesa de este tipo deben ser destinados a la protección integral del ambiente. A causa de que se trata de terrenos inclinados, la ocupación humana en esta unidad es muy localizada. Unidad V1: Las vegas son relieves o unidades ambientales que deben ser destinadas también a la conservación integral del ambiente. El cauce del río Santa Bárbara, tras la intensa intervención de sus cabeceras, fue afectado negativamente tras causar un ensanchamiento anormal aguas abajo; pero si se trata de controlar el exceso de escorrentía que se produce, paulatinamente, la vegetación de bosque de galería ira recuperando el espacio perdido a orillas del cauce.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Objetivo general.....	5
1.2.1 Objetivos específicos.....	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Alcances y limitaciones.....	6
1.5 Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	8
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	8
2.2 Características generales del área de estudio.....	9
2.2.1 Geomorfología.....	9
2.2.2 Clima.....	9
2.2.3 Vegetación.....	10
2.2.3.1 Vegetación de Sabana con chaparro.....	11
2.2.3.2 Vegetación de bosques de galería.....	11
2.3 Geología.....	12
2.3.1 Geología regional.....	12
2.3.2 Geología local.....	16
2.3.2.1 Formación Mesa.....	16
2.3.2.2 Sedimentos o Aluviones Recientes.....	17
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	18
3.1 Antecedentes.....	18
3.2 Definición de términos básicos.....	22
3.2.1 Geología.....	22
3.2.2 Geomorfología.....	22
3.2.3 Hidrografía.....	23

3.2.4 Erosión	23
3.2.5 Cuenca.....	23
3.2.5.1 Tipos de Cuenca: existen tres tipos de cuencas:	23
3.2.6 Cuenca Hidrográfica	24
3.2.7 Morfología de los ríos	24
3.2.8 Suelos	25
3.2.9 Erosión del Suelo	26
3.2.10 Transporte de Sedimentos	26
3.2.11 Sensores remotos.....	27
3.2.12 Teledetección o percepción remota.....	27
3.2.13 Principios básicos de la teledetección	28
3.2.14 Principios físicos de la teledetección	28
3.2.15 Teledetección espacial	30
3.2.16 El espectro electromagnético	32
3.2.17 Rayos infrarrojos.....	32
3.2.18 Microondas.....	33
3.2.19 Dominio óptico del espectro electromagnético.....	33
3.2.20 Fotointerpretación	35
3.2.20.1 Elementos de identificación en las fotos.....	36
3.2.21 Imagen satelital	43
3.2.21.1 Imágenes de satélite Landsat.....	44
3.2.21.2 Imágenes de radar	45
3.2.22 El satélite Landsat	46
3.2.23 Datum geodésico.....	47
3.2.24 Husos horarios.....	47
3.2.24.1 Aplicación del sistema de husos horarios	48
3.2.25 WGS 84.....	48
3.2.26 Sistema de Información Geográfico (S.I.G).....	49
3.2.27 Erdas imagine 8.4.....	51
3.2.28 ArcGIS 10.0	51
3.2.28.1 ArcMap	52
3.2.29 REGVEN	54
3.2.30 SIRGAS	54
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	56
4.1 Nivel de investigación.....	56
4.2 Diseño de la investigación	57
4.3 Población y muestra	57
4.3.1 Población de la investigación.....	58
4.3.2 Muestra de la investigación.....	58
4.4 Recopilación Bibliográfica y cartográfica.....	59
4.4.1 Paquetes computarizados	59

4.5 Determinar mediante técnicas de teledetección los aspectos geológicos y geomorfológicos de la cuenca del río Santa Bárbara.....	59
4.6 Analizar mediante la imagen Orto radar la geomorfología de la cuenca del río Santa Bárbara	62
4.7 Creación del modelo Tin 3D de la cuenca del río Santa Bárbara	67
4.8 Determinación del potencial erosivo de la cuenca del río Santa Bárbara	70
4.9 Erosividad de las Precipitaciones (E).....	70
4.10 Erodabilidad del Suelo (K).....	73
4.11 Análisis de la red de drenaje en relación con los demás aspectos físico naturales del área de estudio mediante técnicas de teledetección	73
4.11.1 Creación de los shapefiles de lineamientos del área en estudio	73
4.12 Elaboración del mapa geológico a escala 1: 25.000 del área del río Santa Bárbara	75
4.12.1 Mosaico conformado por las imágenes satelitales Landsat-radar	75
4.13 Determinación de la importancia del aporte de las técnicas de teledetección en la zona de estudio.....	78
CAPÍTULO V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	80
5.1 Determinación mediante técnicas de teledetección de los aspectos geológicos y geomorfológicos de la cuenca del río Santa Bárbara.....	80
5.1.1 Suelos del área de estudio	83
5.1.2 Vegetación.....	87
5.2 Análisis mediante la imagen Orto radar la geomorfología de la cuenca del río Santa Bárbara	91
5.2.1 Evolución del relieve.....	91
5.2.2 Modelo Tin 3d cuenca Santa Bárbara	93
5.2.3 Descripción de las unidades geomorfológicas	95
5.3.2.1 Unidad SB1 (Santa Bárbara 1).....	95
5.3.2.2 Unidad SB2 (Santa Bárbara 2).....	95
5.3.2.3 Unidad SB3 (Santa Bárbara 3).....	95
5.2.1.1 Unidad RM1 (Relieve de Mesa 1).....	97
5.3.2.4 Unidad RM2 (Relieve de Mesa 2)	98
5.3.2.5 Unidad V1 (Vega 1).....	98
5.3.2.6 Unidad V2 (Vega 2).....	98
5.4 Determinación el potencial erosivo de la cuenca del río Santa Bárbara	100
5.4.1 El crecimiento de las cárcavas	100
5.5 Análisis de la red de drenaje en relación con los demás aspectos físico naturales del área de estudio mediante técnicas de teledetección	104
5.5.1 Hidrología del río Santa Bárbara.....	104
5.5.2 Morfología del río Santa Bárbara.....	105
5.6 Elaboración del mapa geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Santa	

Bárbara	106
5.7 Determinación de la importancia del aporte de las técnicas de teledetección en la zona de estudio cuenca del río Santa Bárbara	109
5.7.1 Unidad SB1 (Santa Bárbara 1)	109
5.7.2 Unidad SB2 (Santa Bárbara 2)	110
5.7.3 Unidad SB3 (Santa Bárbara 3)	110
5.7.4 Unidad M1 (Mesa 1)	111
5.7.5 Unidad M2 (Mesa 2)	111
5.7.6 Unidad V1 (Vega 1)	112
5.7.7 Unidad V2 (Vega 2)	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
Conclusiones	112
Recomendaciones	114
REFERENCIAS	115
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación del área de estudio río Santa Bárbara (SASplanet, 2020).....	8
2.2 Vegetación de bosque de galería rio Santa Bárbara.....	12
2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Mendoza, V.,2000).....	15
2.4 Formación Mesa (Coplanarh, 1974).....	15
3.1 Espectro visible por el ojo humano (Stiphoto curso de fotografía) (Palermo, V., 2008).	35
3.2 Fotografía tomada en mayo de 1956 con cámara RC5A (Fairey AirSurveys..... Ltd.), Colchester, Inglaterra (Lasselin y Darteyre, 1991).	37
3.3 Ruta N° 9, Departamento de Maldonado, Uruguay - Escala original 1/20.000, (S.G.M., 1966).	38
3.4 Visualización del agua en Blanco/Negro y en Infrarrojo Blanco y Negro de..... un espejo de agua; Cámara RMK A 15/23, escala original 1/7.000. (Carl Zeiss) (Lasselin y Darteyre, 1991).....	40
3.5 Contraste dado por la deposición de detritos entre Tovar y Santa Cruz deMora, imagen de pre (2.003) y post desastre (2.005); estado Mérida. (Universidad de los Andes, 2013).	44
3.6 Imagen de Maracaibo del satélite Landsat 7, adquirida el 1 de noviembre, 2002(National Aeronautics and Space Administration, 2013).	45
3.7 Husos horarios (Calenworld, 2021).	48
3.8 Elementos más importantes en un S.I.G. (Samaniega, 2012.)	50
3.9 Interfaz de ArcMap (Llopis, J., 2008).....	53
4.2 Ventana de XTools Pro “Create Feature Class/Table”(Crear Función Clase/Tabla).	60
4.3 Polígono del área de estudio dentro del cartograma deVenezuela INDICE_UTM_100.	61
4.4 earthexplore.usgs.gov de la USGS.....	63
4.5 Topo/ Raster área de estudio río Santa Bárbara.	64
4.6 Componentes shapefiles Add Data de unidades Geológicas de Venezuela y..... drenajes que son recortado al área de estudio.	65
4.7. Imágenes satelitales descargadas de Google Earth, 2019 y Sasplanet..... Realease, del área de estudio.....	65
4.9. Procesamiento por Global Mapper, obtención de sistema de drenaje, dirección del flujo y las curvas de nivel.....	66
4.10 Modelo DSM y DTM del área de estudio río Santa Bárbara.	67
4.11 Configuración del DTM y DSM para obtener Topo/Raster del área de estudio.	68
4.12 Creación del Modelo Tin 3D curvas de nivel río Santa Bárbara.	69
4.13 Modelo Tin 3D obtenido del área de estudio rioSanta Bárbara	69
4.14 Interpolación Kriging cuenca del río Santa Bárbara aplicado en ArcMap.....	72
4.15 “Shapefiles” de drenaje sobre el mosaico producto de superposición de la imagen de radar del área de estudio y la Cartografía Nacional.	74

4.16 Ventanas “Editor de propiedades de símbolo”.....	75
4.17 Ventana “Propiedades de la capa”, del menú de ArcMap.....	76
4.18 Mapa Geológico del río Santa Bárbara	77
4.19 Flujograma de la metodología.....	79
5.1 Ciudad Bolívar estado Bolívar Venezuela (Imagen SASPlanet, 2020)	81
5.2 Ubicación de la zona de estudio rio Santa Bárbara (Imagen Google Earth, 2020).	82
5.3 Perfiles esquemáticos de tres órdenes de suelos presentes en la cuenca del..... rio Santa Bárbara, Ciudad Bolívar (CVG-TECMIN, 1992).	84
5.4 Suelos de la cuenca alta del rio Santa Bárbara Ciudad Bolívar	85
5.5 Suelos Entisoles de colores variables: marrón grisáceo muy oscuro,marrón fuerte, marrón amarillento (Imagen SASPlanet, 2020).....	86
5.6 Bosques de galería borde del río Santa Bárbara.....	88
5.7 Sabanas a los alrededores del río Santa Bárbara.	88
5.8 Vegetación presente en la cuenca baja del rio Santa Bárbara intersecta al rio Buena Ventura (SASPlanet, 2020).....	89
5.9 Cuenca alta del rio Santa Bárbara, existe una escasa presencia de..... Vegetación por lo que se observan suelos desnudos (SASPlanet, 2020).....	90
5.10 Mesa circundante y Vega del río Santa Bárbara.	92
5.11 Rio Santa Bárbara cuenca alta y sus alrededores (Google Earth, 2020)	93
5.12 Modelo Tin 3D río Santa Bárbara.....	94
5.14 Mosaico de imágenes satelitales de la cuenca del rio Santa Bárbara,municipio Angostura del Orinoco.	96
5.15 Fondo de las cárcavas más amplias que forman las cabeceras del rio Santa Bárbara	99
5.16 Crecimiento de barrancos y expansión urbana del área de estudio rio Santa ... Bárbara (Google Earth, 2020).	101
5.17 Crecimiento de barrancos barrio 4 de Febrero en la cabecera del río Santa Bárbara (Google Earth, 2020).....	101
5.18 Barrancos formados en el terraceo abandonado cercano a la avenida Perimetral (Google Earth, 2021).....	102
5.19 Cárcava ubicada al lado de la Avenida. Principal del Perú (Google Earth,2020).....	103
5.20 Mapa Geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del rio Santa Bárbara.....	108

LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Claves de fotointerpretación en geología. (Lasselin y Darteyre, 1991).	42
3.2 Claves de fotointerpretación. (Lasselin y Darteyre, 1991).....	43
3.3 Características del satélite Landsat 7 (Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satélite Landsat).....	46
4.1 Coordenadas del área de estudio río Santa Bárbara, municipio Angosturadel Orinoco	60
4.1 índice de los valores de acuerdo a la Metodología FAO (1977).....	71
4.2 Coeficiente de Erodabilidad del Suelo (K)	73

LISTA DE ANEXOS

1. Mapa geomorfológico río Santa Bárbara Municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
2. Modelo Tin 3D río Santa Bárbara Municipio Angostura del Orinoco Ciudad Bolívar Estado Bolívar.
3. Mapa Geológico río Santa Bárbara Municipio Angostura del Orinoco Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

INTRODUCCIÓN

La teledetección es la técnica para detectar objetos terrestres a distancia. Para hacer teledetección se necesita un sensor que sea capaz de registrar radiación electromagnética de la superficie de la Tierra, los objetos terrestres y la plataforma portadora de ese sensor. La técnica de teledetección también incluye todo el trabajo realizado a posteriori con esas imágenes, es decir, su procesamiento e interpretación.

Desde la década de los ochenta del pasado siglo en el que se lanzaron varios satélites aplicados a estudios de recursos naturales se ha visto que estos resultan de gran utilidad para hacer un seguimiento de problemas de degradación y erosión en suelos. En los últimos años el acceso a imágenes de diferentes sensores caracterizados por altas resoluciones espectrales, espaciales y/o temporales permite analizar estos problemas desde distintos enfoques. La degradación de suelos representa un grave problema medio ambiental y debe ser abordado mediante información espacial actualizada. Por degradación se entiende la pérdida total o parcial de la productividad, cuantitativa o cualitativamente, como consecuencia de procesos de erosión, contaminación, agotamiento de nutrientes, etc. (FAO, 1984).

El procesado de datos e imágenes de satélite es una herramienta útil para el estudio de la degradación de suelos. En este trabajo se han seleccionado imágenes de diferentes sensores para analizar algunos casos de erosión y pérdida de calidad del suelo. Los sensores más utilizados para este tipo de estudio son los de resolución espacial y espectral media (embarcados en los satélites Landsat) los de alta resolución temporal (embarcados en los satélites Modis, NOAA) y los sensores con rádar (embarcados en los satélites Envisat, ERS).

A pesar de los avances en las tecnologías de control de la erosión, los problemas que esto ocasiona son hoy más extensos y severos y la necesidad de conocimientos sobre el control de la misma son cada día más necesario. En general, las regiones con suelos muy erosionables, pendiente alta, clima seco y fuertes vientos, pero con lluvias intensas ocasionales, sufren mayores pérdidas por erosión y son las actividades humanas las que, frecuentemente, intensifican o aceleran este proceso. A consecuencia de los factores antes que cansaron, en las últimas décadas se ha acrecentado el problema de la erosión en cárcavas en Ciudad Bolívar, las cuales al crecer en sus tres dimensiones se llevan a adquirir infraestructuras de la ciudad como casas, aceras, calles y canales de desagüe, por lo que es necesario idear planes de control de erosión que eviten la ocurrencia de estos eventos a lo largo de la red de cárcavas de la ciudad.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental Interpretar geológica – geomorfológicamente mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

En este sentido, la investigación se divide en seis capítulos referidos con detalles a lo siguiente:

Capítulo I. Situación a investigar: en donde se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y el alcance de la investigación.

Capítulo II. Generalidades: en el cual se explica la ubicación geográfica del área de estudio, así como su acceso a la misma, sus características físicas y naturales y su geología.

Capítulo III. Marco teórico: se presentan los antecedentes de la investigación, así como el conjunto de aspectos teóricos que permiten proporcionar una base

conceptual del tema investigado.

Capítulo IV. Metodología de trabajo: en el cual se señala el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, y las técnicas de procesamiento y análisis de datos, así como también el flujograma del proceso de investigación; el cual describe paso a paso el proceso investigativo

Capítulo V. Análisis e interpretación de los resultados: donde se presenta el análisis de los objetivos planteados. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación.

Para estructurar el trabajo se siguieron los lineamientos del Manual de Trabajos de Grado de la Escuela de Ciencias de la Tierra, Núcleo Bolívar de la Universidad de Oriente, 2001.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

En Venezuela existen diversos paisajes naturales en todo el territorio nacional, el país presenta una gran diversidad fisiográfica, originada por la ocurrencia de 27 zonas climáticas, 12 tipos de vegetación natural, 23 tipos de relieve y 38 grandes unidades geológicas, con una cubierta de suelos que posee una amplia variedad de características y cualidades (Barrios, 1985).

El estado Bolívar es uno de los más grandes en representación natural y presentan una gran diversidad fisiográfica; en materia geológica el estado Bolívar tiene formaciones pertenecientes a la era del Precámbrico, inclusive asociada con las Provincias geológicas del Escudo de Guayana. Posee los mayores recursos hídricos generadores de energía y es muy importante la conservación de estos ya que no son recursos renovables.

El procesado de datos e imágenes de satélite es una herramienta útil para el estudio de la degradación de suelos. En este trabajo se han seleccionado imágenes de diferentes sensores para analizar algunos casos de erosión y pérdida de calidad del suelo. Los sensores más utilizados para este tipo de estudio son los de resolución espacial y espectral media (satélite Landsat,.), los de alta resolución temporal (NOAA.) y los sensores con radar (Envisat, ERS).

La cuenca del río Santa Bárbara se ha visto afectada por el incremento poblacional y la gran diversidad urbana que ha surgido durante los últimos tiempos a su alrededor, por esta razón la cuenca del río Santa Bárbara ha sufrido grandes cambios tanto hidrológicos como geológicos. La cuenca del río Santa Bárbara está

ubicada al Noroeste de Ciudad Bolívar, políticamente se ubica en el Municipio Angostura del Orinoco del Estado Bolívar, localmente se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (mts) E 435.225, E 437.750 y N 893.440, N 898.075 (Google Earth, 2020). Está limitada al Sur por el Barrio San José de El Perú y al Norte con el Barrio La Macarena, desembocando al río Buena Vista, al Este con la Urbanización El Perú y al Oeste con la Urbanización Los Próceres.

1.2 Objetivo general

Interpretar geológica – geomorfológicamente mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

1.2.1 Objetivos específicos

1. Determinar mediante técnicas de teledetección los aspectos geológicos y geomorfológicos de la cuenca del río Santa Bárbara.
2. Analizar mediante la imagen Orto radar la geomorfología de la cuenca del río Santa Bárbara.
3. Crear un modelo Tin 3D de la cuenca del río Santa Bárbara
4. Determinar el potencial erosivo de la cuenca del río Santa Bárbara.
5. Analizar la red de drenaje en relación con los demás aspectos físico-naturales del área de estudio mediante técnicas de teledetección.
6. Elaborar el Mapa Geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río

Santa Bárbara y sus inmediaciones.

7. Determinar la importancia del aporte de las técnicas de teledetección en la zona de estudio.

1.3 Justificación

Una de las más claras deficiencias en Venezuela es la falta de información sobre el territorio nacional, por lo tanto, mediante este trabajo se analizan los parámetros relacionados con la geología y la geomorfología lo que permite identificar el área de estudio.

Mediante el presente trabajo se pretende detallar y actualizar la información de los tópicos planteados en los objetivos general y específico.

1.4 Alcances y limitaciones

La información teledetectada presenta ciertas características interesantes tales como:

La posibilidad de trabajar en un tiempo muy corto y efectuar tratamientos rápidos por computación (Santiago, J., 2007).

El carácter homogéneo y exhaustivo de las observaciones sobre extensas zonas (Santiago, J., 2007).

La riqueza de la información y su carácter sintético (Santiago, J., 2007).

La repetitividad, es decir la posibilidad de obtener teóricamente a intervalos

cortos la misma serie de datos sobre una zona, para seguir su evolución mediante análisis multitemporal (Santiago, J., 2007).

Geomorfológicamente se describirá el relieve, la vegetación, el clima y los paisajes a su alrededor de la cuenca del río Santa Bárbara (Santiago, J., 2007).

La información obtenida pudiera ser útil para futuras investigadores que completen el estudio con las correspondientes verificaciones de campo.

1.5 Limitaciones

La principal limitación concierne a las características mismas de la información recolectada que no es directamente la que necesita el usuario. Se debe desarrollar una metodología adaptada para extraer de este conjunto los datos que interesan al tema de estudio.

Por otra parte, la cobertura nubosa impide la recolección de informaciones en toda la parte visible e infra-roja del espectro, y además la resolución (tamaño de la unidad elemental de detección) que caracteriza a cada sensor implica un cierto nivel de profundización de las investigaciones.

CAPÍTULO II GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La cuenca del río Santa Bárbara está ubicada al noroeste de Ciudad Bolívar, políticamente se ubica en el Municipio Heres (actual Angostura del Orinoco) del estado Bolívar, localmente se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (mts) E 435.225, E 437.750 y N 894.000, N 898.075. Está limitada al Sur por el Barrio San José de El Perú y al Norte con el Barrio La Macarena, desembocando al río Buena Vista, al Este con la Urbanización El Perú y al Oeste con la Urbanización Los Próceres. Cuenta con una extensión geográfica de 6.045.847,78 m² y un drenaje de tipo dendrítico. (Cortes, J. y Guevara, R. 2.007). (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación del área de estudio río Santa Bárbara (SASplanet, 2020).

2.2 Características generales del área de estudio

2.2.1 Geomorfología

La geomorfología característica presente a lo largo de la cuenca del río Santa Bárbara, está constituida por paisajes de mesas que llegan alcanzar una altura de 140 m producto del levantamiento de la Formación Mesa con respecto al nivel del mar, la cual se encuentra limitada por farallones que han sido el resultado de procesos erosivos intensos, activándose el agente morfogenético, el cual se activa periódicamente por el escurrimiento superficial, causando una acción difusa y concentrada en la formación de posibles cárcavas, causando grandes problemas en la zonas urbanas adyacentes.

También están presentes zonas de planicies, compuestos por una gran cantidad de sedimentos aluvionales ocasionados por el transporte de las aguas de escorrentía, el río posee un patrón de drenaje dendrítico.

2.2.2 Clima

El clima se mide por medio de termómetros, pluviómetros, barómetros y otros instrumentos, pero su estudio depende de las estadísticas. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias mensuales y anuales de las variables climatológicas: precipitación, evaporación, temperatura, insolación solar, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. En Ciudad Bolívar, la temporada de lluvia es opresiva y nublada; la temporada seca es bochornosa, ventosa y mayormente nublada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 21 °C o sube a más de 38 C.

En Ciudad Bolívar y sus alrededores, la clasificación climática (según Leslie R. Holdridge (1963), corresponde a una zona de Bosque Seco Tropical, caracterizado por una definición cuantitativa de la relación de dependencia que existe entre la naturaleza y la vegetación y los principales elementos del clima: biotemperatura, precipitación, y humedad ambiental, de manera que la vegetación refleja las condiciones climáticas predominantes, las cuales también influyen significativamente en el relieve, la hidrología y suelos.

En la caracterización de las variables climatológicas en el área de estudio, se utilizaron los datos del resumen climatológico tomado de la estación Ciudad Bolívar, del Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea Venezolana, (1999-2007) ya que hasta esta fecha es que disponen de los datos corregidos y actualizados dependiendo de la Central en la Ciudad de Caracas para el procesamiento y envío de los del año 2008 hasta el 2010 que ya fueron tomados, más no se incluyen en este trabajo por esa causa.

2.2.3 Vegetación

Se caracteriza por presentar un mayor componente arbóreo, de baja estatura, generalmente de carácter Xerófilo, entre los cuales tenemos; la Paja Peluda (*Trachypogon plumosus*), Escobilla (*Scoparia dulcis*), Alcornoque (*Bowdichia virgilioides*) y Dormidera (*Mimosa dormiens*). También encontramos la vegetación de tipo arbustiva formada por árboles que varían de 2 a 4 mts de altura, como son; el Manteco (*Byrsomina classifolia*), el Chaparro (*Cuartea Americana*) y el Merey (*Anarcadium occidentale*). En estas zonas prevalecen dos tipos de vegetación:

2.2.3.1 Vegetación de Sabana con chaparro

Se caracteriza principalmente por dos tipos de vegetación: la vegetación herbácea, que está constituida por una cobertura gramiforme de baja altura, entre las especies más abundante son la paja peluda (*Trachypogon plumosus*); escobilla (*Escoparia dulcis*), dormidera (*Mimosa dorens*), etc.; y la vegetación arbustiva está conformada por árboles de dos a cuatro metros de altura. Entre la vegetación arbustiva se mencionan el chaparro (*Curatella americana*), chaparro manteco (*Bowdichia virgilioides*), mandinga (*Roupals complicata*), y en proporción menor el mango (*Mangifera indica*), etc. (TECMIN, 1991).

2.2.3.2 Vegetación de bosques de galería

A lo largo de las zonas húmedas, específicamente en los márgenes de los ríos, se presentan una cobertura vegetal; arborescencia de tipo selvático, denominada “Bosque de Galería” (TECMIN, 1991).

El bosque es de cobertura media a alta, siendo las especies que lo caracterizan *Randia espinosa*, *R. nítida*, *Cupania scrobiculata*, *Erytroxylum* cf. *Raimondi*, *Psidium guanensis*, *Olyra ciliatifolia*, *Senna* cf. *Multijuga*, *Amaioua* sp., *Guapira ferruginea*, *C. Sylvestris*, *Genipa americana*, *Calliandra* sp., *Pereskia* sp., *Cortón* sp., *Bromelia* sp. y *Astronium lecontii* (Orsetti, 2001.). Las especies arbóreas más importantes son la *Copaifera officinalis* (Aceite), *Cochlospermum orinocense*, *Tapirira guianensis* (Patillo), *Mauritia fleuxosa* (Morange), *Xylopia aromática* (Fruta de burro), *Protium* sp. (Tacamajaca), *Jacaranda obtusifolia* (San José), *Vitex compressa* (Totumillo), *Lonchocarpus* sp. (Mahomo), *Myriostemum frutescens* (Cereipo), *Spondias monbin* (Jobo), *Casearia* sp. (Puneral) y *Caesalpinia corianía* (Dividive) (Orsetti, op.

cit.). A continuación, se presenta donde se puede observar claramente la vegetación que caracteriza el área en estudio. (Figura 2.2).



Figura 2.2 Vegetación de bosque de galería río Santa Bárbara

2.3 Geología

2.3.1 Geología regional

El área de estudio se encuentra enmarcada en el Escudo de Guayana, el cual forma parte del Cratón Amazónico y del Oeste de África, ambos del Precámbrico, y que se continúa en las Guayanas y en la parte noroeste de Colombia con unidades litoestratigráficas, metamorfismos y depósitos minerales similares (Mendoza, V., 2000).

En Venezuela el Escudo de Guayana comprende los territorios de los estados Bolívar (239.250 Km²), Amazonas (178.895 Km²) y una parte al sur del estado

Delta Amacuro (6.855Km²).

Fisiográficamente se extiende aproximadamente por unos 425.000 Km², por lo que abarca casi el 50% del territorio venezolano.

El límite norte del Escudo de Guayana en Venezuela lo representa el curso del río Orinoco que lo separa de la región de los llanos venezolanos; al Sur la frontera con Brasil; al Este el río Esequibo, frontera con Guyana, y al Oeste la frontera con Colombia formada por el curso del río Orinoco, entre las desembocaduras del río Meta y del Guaviare y parcialmente por el curso de los ríos Atabapo, Guainía y Negro hasta la población de San Simón de Cocuy.

Cuatro provincias geológicas conforman el Escudo de Guayana en Venezuela, a saber: Imataca (cinturón granulítico), Pastora (cinturón de rocas verdes, CRV), Cuchivero-Amazonas (granitos de 1.800 m.a. \pm 200 m.a. y granitos post-tectónicos de 1.500 m.a.) y Roraima (Cobertura sedimentaria discordante sobre rocas pertenecientes a las provincias de Pastora y Cuchivero) (Mendoza, V., 2000; González de Juana et al., 1980).

En la Figura 2.3 se observa el Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana destacando la Provincia Geológica de Imataca y su relación litotectónica con los cratones de Suramérica y África (Mendoza, V., 2000).

Estas provincias se diferencian en sus direcciones estructurales, estilos de deformación tectónica, asociaciones litológicas, metalogénicas, y edades.

Localmente, según Coplanarh, (1974) el área del estudio se centra en los sedimentos de la formación Mesa, Sin embargo, en las planicies de desborde de estos ríos se observan sedimentos recientes producto de la actividad fluvial propia de los

ríos (Figura 2.4).

2.3.2 Geología local

El área del estudio cuenca río Santa Bárbara, se pueden identificar dos unidades litológicas; los sedimentos de la Formación Mesa, Sin embargo, en las planicies de desborde del río se observan sedimentos recientes producto de la actividad fluvial propia de los ríos.

2.3.2.1 Formación Mesa

González de Juana y otros (1980), introdujeron este nombre para designar, en términos generales, a la formación que corona las extensas mesas fisiográficamente características en la Cuenca Oriental Venezolana.

González de Juana y otros (1980), observo que la Formación Mesa se caracteriza por depósitos horizontales y sub-horizontales fluviolacustrinos, cuya naturaleza varía de un lugar a otro, los cuales se han derivado, posiblemente, de un delta, antiguo del río Orinoco que avanzaba hacia el este, en la misma forma que se avanzó el delta actual.

✓ Localidad tipo: en lo que respecta a su localidad tipo no posee una sección tipo específica, ya que los acantilados de cualquiera de las mesas de cima plana de la región presentan una sección representativa de la Formación.

✓ Extensión geográfica: abren una extensión que comprende los estados Anzoátegui, Guárico, Monagas, parte del Estado Sucre y la parte septentrional del Estado Bolívar.

✓ Litología característica: son depósitos horizontales es y sub-horizontales deltaicos (aluviales) y palustres, constituidos por arenas de grano grueso y gravas,

con cantidad de cementos ferruginosos. Presentan un elevado grado de cementación dando lugar a conglomerados que llegan a ser peñones muy duros de color negro; lentes de arcilla y limonitas, con fuerte estratificación cruzada (González de Juana y otros, 1980).

✓ Espesor y edad: según (González de Juana y otros, 1980), el espesor máximo medido hasta el momento es de 275 metros ubicado en la Mesa de Maturín. Disminuye de Norte a Sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio deltaica, mientras que, de Oeste a Este, se produce un aumento. Se considera de edad Plio-pleistocénica.

✓ Origen y estratigrafía: en la parte norte del Estado Bolívar la Formación Mesa parece haberse depositado discordantemente sobre rocas precámbricas como lo indican los afloramientos observados en diferentes lugares, que evidencian el contacto entre sedimentos de la Formación Mesa, y rocas precámbricas del Complejo de Imataca, tales como cuarcitas ferruginosas, gneises, anfibolitas y migmatitas (González de Juana, 1980).

Estratigráficamente, la Formación Mesa está constituida por una secuencia de limos, arcillas, arenas, areniscas limolíticas y gravas. Las areniscas son estratificadas, masivas y laminadas y, presentan colores rojizos a amarillentos, probablemente a los óxidos de hierro.

2.3.2.2 Sedimentos o Aluviones Recientes

Estos sedimentos son materiales provenientes de la disgregación de los constituyentes litológicos de la Formación Mesa y del Complejo de Imataca, los cuales son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía, el viento y los ríos de la zona, constituyendo las planicies aluvionales y, en el área de inundación

periódica del río Orinoco y planicies aluvionales de los ríos afluentes producidas por intensa deposición de las aguas. Los materiales incluyen: cantos, gravas, limos, arcillas y partículas en suspensión que han sido depositados desde el Holoceno hasta el presente. Estos materiales son de color amarillento o blanco y con una granulometría variable.

Estos sedimentos se encuentran dispuestos en forma de planadas que dan origen a pequeñas terrazas constituidas por sedimentos arenosos-limosos, acarreados por los ríos, principalmente en época de lluvia. En el anexo 2 se muestra el mapa geológico de la cuenca del río Santa Bárbara.

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

A continuación, se presentan algunas de las referencias bibliográficas relacionadas con el tema del proyecto.

El Complejo Geológico de Imataca, la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes en el área de la cuenca del río Santa Bárbara han sido motivo de investigación de varios autores:

La Provincia de Imataca se extiende en dirección SW - NE desde el río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW- SE, donde las proximidades del río Orinoco hasta la Falla de Gurí por unos 550 Km y 80 Km, respectivamente.

El complejo Imataca, es al menos un bloque de 44.000 Km² de área o 440.000 Km³ de volumen, que tiene sobre los remanentes de cinturones de rocas verdes o C.R.V. (como la Esperanza, Real Corona) y gneises tipo Complejo de Supamo, de 2,24 Ga. (Mendoza, V., 2000). Esta investigación se toma en cuenta para el presente proyecto de investigación por que brinda información de la geología regional del área de estudio.

Este término Formación Mesa fue introducido en 1944 por Hedberg y Pire, Citado en González de Juana, (1980), para señalar la formación que cubre las extensas mesetas fisiográficas características en la parte oriental de la Cuenca de Venezuela Oriental de edad Plio – Pleistoceno. Esta Formación se encuentra acuñándose en el Escudo de Guayana en una faja angosta paralela al río Orocopiche, en la zona comprendida en los alrededores de Ciudad Bolívar entre el río Candelaria

y el río Aro

que se va haciendo más delgada y se encuentran espesores menores a 100 metros.

En Ciudad Bolívar sus espesores son muy variables y los máximos alcanzados se encuentran en el Hipódromo donde alcanzan 120 metros, parte de este espesor corresponde a la Formación Guanipa encima de Mesa y por debajo de esta corresponde a sedimentos del Reciente, lo cual ha sido detectado por métodos geofísicos. (Perfetti, J., 1978).

González de Juana (1946) indica que la Formación Mesa es producto de una sedimentación fluvio – deltáico y paludal, resultado de un extenso delta que avanzaba hacia el este en la misma forma que avanza hoy el Delta del río Orinoco. La Formación Mesa grada lateralmente hacia el este de la Formación Paria. Desde el punto de vista estratigráfico, la Formación Mesa está constituida por una secuencia de arcillas, limolitas y arenas limolíticas bien estratificadas, macizas a laminadas, de color generalmente rojizo, las arcillas presentes son de color gris a amarillo con manchas rojizas. La investigación brinda información de la geología local del área de estudio, debido a que se encuentra ubicada dentro de los perímetros de la Formación Mesa.

Gutiérrez, E. y Pérez K. (2001) en su caracterización geológica de los ríos Santa Bárbara- Buena Vista-río Cañafístola determinaron el índice de calidad de las aguas. Dentro de los resultados más relevantes de las cuencas se encuentran la turbidez del agua en 75 UNT producto de la gran concentración de materia mineral y orgánica que se encuentra en suspensión dentro de las cuencas. Los parámetros químicos poseen un pH óptimo con valores mayores entre 6.89 y 7.83, en cuanto a los parámetros bacteriológicos que se encuentran presentes en las aguas del río Buena Vista-río Cañafístola tales como coliformes fecales presentan valores entre $(1.7 \times 10^4$ a $6.4 \times 10^4)$ NMP/100ml y los valores de los coliformes totales están entre (92 a 310 NMP/100ml) los parámetros sobre pasan los límite permisible reflejados en la norma.

El índice de calidad de las aguas de las cuencas según la National Sanitation Foundation (NSF), en sus condiciones físicas, químicas y bacteriológicas, se encuentran en un rango de (60-media-38-mala) y se consideran en la categoría de media a mala en todas las estaciones de muestreo, determinándose que las aguas del río Santa Bárbara tiene un alto grado de contaminación y se deben tomar medidas mitigantes y correctivas para la conservación del río. Esta investigación nos permite identificar el drenaje del área de estudio y la contaminación de las aguas debido al crecimiento poblacional del área de estudio.

C.V.G. TECMIN. (1991) elaboro la cartografía del área cubierta por las hojas de radar NB-20-2- y NC- 20-14 a escala 1:25.000. Esta investigación aporta información de las características generales del área de estudio y referencia cartográfica de la cuenca del río Santa Bárbara.

Blanco, L. (1991). Evaluó las características hidrológicas y geohidrológicas de la cuenca del río Cañafístola. La investigación muestra las características hidrológicas y geohidrológicas de la cuenca del río Cañafístola y la geología local, lo que nos permite identificar la geología y sus características físico naturales del área de estudio.

Aguirre, C. y Palmer I. (1992) mediante una investigación diagnosticaron la calidad de las aguas de los ríos San Rafael, Buena Vista, Cañafístola, Orocopiche y Marhuanta. Se encontraron valores de Turbidez que tuvo un promedio de 94 UTN, registrándose los mayores valores en las últimas estaciones llegando hasta 170 UTN, sobrepasando los límites permisibles establecidos por el decreto 883, el pH del agua fue en promedio 7.8 por debajo de los límites permisibles según decreto 883. El Oxígeno Disuelto registro valores muy bajo de 2.65 mg/l, los metales trazas como el Hierro registraron valores promedio de 64 mg/l sobrepasando los límites permisibles según decreto 883. Los parámetros bacteriológicos Coliformes Fecales y Coliformes

Totales están fuera del límite permisible que es $<10 \times 10^3$, según el decreto 883 de la Gaceta Oficial 5.021.

Palma A. y Nava G. (2009) quienes mediante una caracterización geológica y ambiental de la cuenca del río Cañafístola en época de sequía determinaron el índice de calidad de las aguas de la cuenca.

Corporación Venezolana de Guayana-Técnica Minera (CVG-TECMIN), (2005). “Manual de definiciones de patrones de interpretación de unidades litológicas”. Este manual muestra las características de que presentan las distintas unidades litológicas en imágenes de radar.

3.2 Definición de términos básicos

Los siguientes términos básicos darán significado preciso a los conceptos principales, expresiones y variables involucradas en la investigación, se mencionan durante toda la investigación.

3.2.1 Geología

Es la ciencia que estudia la forma interior del globo terrestre, la materia que la compone, su mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que esta ha experimentado desde su origen, la textura y estructura que tiene en el actual estado (González, Vallejo, 2004).

3.2.2 Geomorfología

Es la rama de la geología y de la geografía que estudia el relieve de la tierra, el cual es el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo entre

procesos constructivos y destructivos, dinámica que se conoce de manera genérica como ciclo geográfico (González, Vallejo, 2004).

3.2.3 Hidrografía

Se distinguen de los torrentes por tener cauce propio, mayor longitud, varios miles de kilómetros, de 30 hasta más de 6 km, como ocurre con el Amazonas. Además, el volumen de agua depende del régimen pluviométrico de la región y su trabajo de erosión es constante. Los ríos tienen su origen en las fuentes naturales o manantiales (Allen, J. 1975).

3.2.4 Erosión

Es el proceso destructivo por la fricción que experimentan las rocas y terrenos por la acción física y química combinadas o individualmente. Potencial erosivo es la capacidad que tienen las vertientes para producir una determinada pérdida de materiales, dada la combinación de distintas variables como, por ejemplo, pendiente, vegetación, precipitación, uso del suelo, entre otros (Allen, J. 1975).

3.2.5 Cuenca

Es una depresión en la superficie de la Tierra, un valle en medio de alturas o un terreno cuyas aguas se dirigen hacia el mismo mar, río o lago (Allen, J. 1975).

3.2.5.1 Tipos de Cuenca: existen tres tipos de cuencas:

✓ Exorreicas: drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuencadel Plata, en Sudamérica.

✓ Endorreicas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, la cuenca del río Desaguadero, en Bolivia.

✓ Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia (Allen, J. 1975).

3.2.6 Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. También recibe los nombres de hoya hidrográfica, cuenca de drenaje y cuenca imbrífera (Allen, J. 1975).

3.2.7 Morfología de los ríos

Estudios de diferentes tipos de ríos y sistemas fluviales han demostrado que la geometría de los canales fluviales se organiza según tres tipos morfológicos, en función de la sinuosidad del canal, y del número de canales activos simultáneamente (Schumm, S.A., 1977). Estos tres tipos son: Canales rectilíneos, Canales trenzados y Canales meandriformes.

✓ Rectilíneo: estas corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja, son

muy inestables, tendiendo a evolucionar a otros tipos de río, salvo cuando corren siguiendo una falla geológica. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva.

✓ Meándrico: este tipo de río tiene sinuosidad alta, su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. las corrientes fluviales meandriformes combinan un carácter erosivo (generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro) y sedimentario (en la orilla convexa).

✓ Trenzados: estas corrientes, también llamado Anastomosado, presentan canales múltiples. Tienen gran capacidad de transporte y sedimentación. Tienen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce, una de las características de los ríos trenzados es que estos están sujetos a un proceso de sedimentación.

Esta aparente complejidad y desorganización interna del río es reflejo de la inestabilidad inherente al sistema, puesto que la geometría del canal y de las barras en estos ríos está continuamente en movimiento (Schumm, S.A., 1977).

3.2.8 Suelos

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de los seres vivos. El proceso mediante el cual los fragmentos de roca se hacen cada vez más pequeños, se disuelven o van a formar nuevos compuestos, se conoce con el nombre de meteorización. Los productos rocosos de la meteorización se mezclan con el aire, agua y restos orgánicos provenientes de plantas y animales para formar suelos. Luego el suelo puede ser

considerado como el producto de la interacción entre la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Este proceso tarda muchos años, razón por la cual los suelos son considerados recursos naturales no renovables. En el suelo se desarrolla gran parte de la vida terrestre, en él crece una gran cantidad de plantas, y viven muchos animales (Aguirre, C. 1992).

3.2.9 Erosión del Suelo

Es la que se desarrolla alrededor de varios años y se desarrollan en torno de algo natural. Se le puede denominar erosión geológica. En esta erosión el proceso suele ser lento y se prolonga por millones de años, suelen intervenir la lluvia, nieve, frío, calor y viento. En los climas áridos es el calor que agrieta el suelo (pues este se expande) y el viento lleva granos de arena formando dunas y montes de baja altura (Aguirre, C. 1992).

3.2.10 Transporte de Sedimentos

La lluvia cuando cae sobre el suelo ejerce una fuerza sobre las partículas de éste capaz de removerlas de sus posiciones hacia otros lugares, en general, a niveles más bajos. Esa acción erosiva de las lluvias lleva anualmente millones de toneladas de suelos a los ríos de todo el mundo (Aguirre, C. 1992).

El gasto sólido que transporta un río puede ser determinado mediante mediciones y el estimado de los cálculos. El material que va en suspensión puede ser captado fácilmente, sin embargo, el material de fondo es de difícil medición. (Aguirre, C.1992).

Para los ríos de poca pendiente y material fino, se han ideado muestreadores que permiten captar el material de fondo, pero en los ríos y torrentes de montañas los

resultados son muy desalentadores. (Aguirre, C. 1992).

Por otro lado, las corrientes también ejercen una acción erosiva en sus canales. Partículas del lecho, arrancadas de éste, pasan a ser transportadas en suspensión en la corriente por la acción de las componentes verticales en regímenes turbulentos (Aguirre, C. 1992).

3.2.11 Sensores remotos

Según Lasselin y Darteyre (1991), los sensores remotos son aquellos equipos o instrumentos que proveen técnicas adecuadas para adquirir imágenes de la superficie terrestre a distancia, instalados en aviones o plataformas espaciales; se asume, que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, ya sea por emisión propia.

3.2.12 Teledetección o percepción remota

Según Chuvieco, E., (1990), es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor. En este caso la interacción va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

1. Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado).

2. Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico).

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa.

3.2.13 Principios básicos de la teledetección

Según Chuvieco, E., (1990), la teledetección engloba tanto los procesos que permiten obtener una imagen desde el aire o el espacio, como su posterior tratamiento, en el contexto de una determinada aplicación. Los principios básicos comprenden:

1. La fuente de energía.
2. Las interacciones de la atmósfera con la radiación electromagnética.
3. La superficie terrestre y el sistema sensor.

3.2.14 Principios físicos de la teledetección

La principal base física de la percepción remota, es la capacidad de los instrumentos sensores para medir las variaciones espectrales, espaciales y temporales en los campos energéticos. Pero, la percepción de las características de un objeto sin estar en contacto directo con él, no podrá ser posible si no hubiese un ente de comunicación entre el sensor y el objeto censado. La energía electromagnética, reflejada o emitida constituye el ente portador de la información requerido para las comunicaciones a alta velocidad entre las sustancias localizadas a distancia del sensor. El sol constituye la mayor fuente natural de energía electromagnética que

recibe la tierra. La luz es un tipo particular de radiación electromagnética, que puede ser vista o censada por el ojo humano (Chuvieco, E., 1990).

1. Fuente de energía o iluminación: la Fuente de energía que supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor, en cuyo caso se habla de Teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por este, conocido como Teledetección activa. La fuente de energía más importantes la energía solar (Lasselin y Darteyre, 1991).

2. Radiación y la atmósfera: es el proceso en el que la energía electromagnética es propagada a través del espacio libre (Lasselin y Darteyre, 1991).

3. Interacción con la superficie terrestre: la Cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelo, agua y construcciones, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía, y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas (Lasselin y Darteyre, 1991).

4. El sistema Sensor: compuesto por el sensor propiamente dicho y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y enviarla directamente al sistema de recepción (Lasselin y Darteyre, 1991).

5. Sistema de transmisión; recepción y proceso: el Sistema de recepción es en donde se recibe la información transmitida por el sensor, esta información es grabada en un formato apropiado y es distribuido a los intérpretes para su tratamiento visual o digital (Lasselin y Darteyre, 1991).

6. Interpretación y análisis: en esta etapa el intérprete, analiza la información, en donde es recibida la información transmitida por el sensor (Lasselin

y Darteyre, 1991).

7. Aplicación: el último proceso es el de extraer la información necesaria para resolver un problema específico y llega al usuario final quien es el encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como dictaminar el impacto que de él se derive (Lasselin y Darteyre, 1991).

3.2.15 Teledetección espacial

1. Sensores y satélites espaciales: los sensores son instrumentos susceptibles de detectar la señal electromagnética (radiación reflejada o emitida) que les llega de la tierra y la atmosfera y convertirla en una magnitud física que puede ser tratada y grabada. Los sensores pueden convertir la señal electromagnética en un formato análogo (fotografía) o digital (imagen). Para llevar a cabo la observación del terreno, los sensores son instalados en plataformas, fijas o móviles: grúas, cometas, globos, aviones, cohetes o satélites. Las características de la imagen registrada dependen en gran medida del tipo de sensor utilizado y de la distancia al suelo desde la cual se realiza la adquisición de datos (Chuvienco, E., 1990).

2. Tipos de sensores: los sensores se pueden clasificar dependiendo del origen de la señal captada en:

Sensores pasivos: se basan en la detección de las características reflectantes del sistema observado (objeto), es decir el sensor cumple la función de registrar la radiación emitida por el sistema observado o la radiación solar reflejada. Ejemplos de este tipo de sensor son las cámaras fotográficas, los radiómetros, los sistemas de video (Chuvienco, E., 1990).

Sensores activos: son aquellos en los que el sensor cumple una doble función

ya que actúa activamente produciendo una señal (onda electromagnética) de características conocidas que posteriormente registrara después de interactuar con el sistema observado. La información obtenida procede de la comparación entre la señal emitida y la señal reflejada. El sensor activo más conocido es el radar, bastante utilizado en aplicaciones militares, así como en el control de tráfico aéreo (Chuvieco, E., 1990).

Resolución de un sistema sensor: la resolución de un sensor es su habilidad para registrar información en detalle de las distintas cubiertas. La resolución depende de la capacidad de los sensores para distinguir variaciones de la energía electromagnética, del detalle espacial que captura y del número y ancho de las bandas que alberga (Chuvieco, E., 1990).

Resolución Espacial: es el mínimo detalle espacial (pixel) que registra un sensor. Depende del sistema óptico del sensor y de la altitud de la plataforma (Chuvieco, E., 1990).

Resolución Espectral: indica el número y anchura de bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Esta resolución facilita la caracterización espectral de las diferentes cubiertas y entre más estrechas sean estas bandas más coherentes es la información capturada. Bandas muy anchas suponen registrar un valor promedio, que puede encubrir la diferenciación espectral entre cubiertas de interés (Chuvieco, E., 1990).

Resolución Radiométrica: capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe, indicada por los niveles de gris recogidos. Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mejor será la interpretación. El nivel de grises de una imagen está definido por la siguiente ecuación: $2^n = \text{Número de niveles de Grises}$, siendo n el número de bits en una imagen (Chuvieco, E., 1990).

Resolución temporal: frecuencia de cobertura que proporciona el sensor. La cadencia temporal de los sistemas especiales varía de acuerdo a los objetivos fijados (Chuvienco, E., 1990).

3.2.16 El espectro electromagnético

El espectro electromagnético puede definirse esquemáticamente como un continuo arreglo ordenado de la radiación electromagnético, de acuerdo a la longitud de onda y/o frecuencia. La energía electromagnética que se esquematiza en el espectro electromagnético es un vehículo con capacidad ilimitada de propagar la información. La percepción remota se encarga de utilizar esta energía para el beneficio del hombre.

Bandas o regiones del espectro electromagnético, unas veces angostas y otras amplias, son seleccionadas para ser captadas por sensores remotos sensibles a ellas y de esta forma obtener los datos deseados. No existen instrumentos o mecanismos que puedan detectar la emisión de energía a lo largo de todo el espectro, razón por la cual este se ha dividido en varias regiones espectrales. En general se trabaja con una pequeña banda del espectro, pues aislar energía de una determinada frecuencia es un proceso realmente complejo (Chuvienco, E., 1990).

3.2.17 Rayos infrarrojos

Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas en la zona del espectro situadas inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible. La longitud de onda de los rayos infrarrojos es menor que la de las ondas de radio y mayor que la de la luz visible. Oscila entre aproximadamente 10^{-6} metros y 10^{-3} metros.

La radiación infrarroja puede detectarse como calor, pero lo que se emplean instrumentos como el balómetro. Los rayos infrarrojos se utilizan para obtener imágenes de objetos lejanos ocultos por la bruma atmosférica, que dispersa la luz visible pero no la radiación infrarroja.

Para la fotografía infrarroja de alta precisión se emplea un filtro opaco que solo deja pasar la radiación infrarroja, pero generalmente basta un filtro corriente anaranjado o rojo claro, que absorbe la luz azul y violeta. (Chuvieco, E., 1990).

3.2.18 Microondas

Ondas electromagnéticas de radio situadas entre los rayos infrarrojos (cuya frecuencia es mayor) y las ondas convencionales. Su longitud de onda va aproximadamente desde 1 mm hasta 30 cm. Las microondas se generan con tubos de electrones especiales como el klistrón o el magnetrón, que incorporan resonadores para controlar la frecuencia, o con osciladores o dispositivos de estados sólidos especiales.

Las microondas tienen muchas aplicaciones; radio y televisión, radares, meteorología, comunicaciones vía satélite, medición de distancias, investigación de las propiedades de la materia o cocinado de alimentos (Palermo, V., 2008).

3.2.19 Dominio óptico del espectro electromagnético

Según Palermo, V., (2008), comprende aquellas longitudes de ondas que dependen de la energía solar. El sol tiene una energía radiante próxima a los 6000°K y produce su máxima emitancia espectral en torno a 0,48 μm . La curva espectral de la radiación solar se asemeja a la de un cuerpo negro a esa temperatura, presentando el máximo entre 0,3 μm y 2 μm . Esta banda es la que se conoce como

dominio óptico del espectro y es la más utilizada en la observación remota de la superficie terrestre. (Figura 3.1).

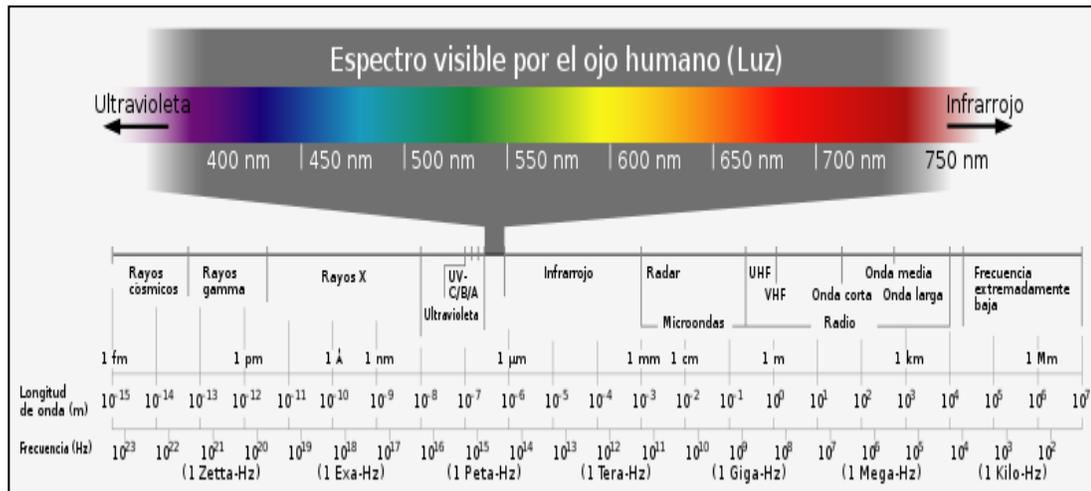


Figura 3.1 Espectro visible por el ojo humano (Stiphoto curso de fotografía) (Palermo, V., 2008).

3.2.20 Fotointerpretación

Según Chuvieco, E., (1990), la fotointerpretación es el arte o ciencia de examinar imágenes producidas por un instrumento a partir de radiaciones electromagnéticas emitidas o reflejadas por los objetos, con el propósito de identificarlos, deducir sus características y evaluarlos según el fin que se persigue. La fotointerpretación puede ser directa cuando concierne con objetos visibles y fáciles de identificar. La fotointerpretación es indirecta o correlativa cuando concierne con elementos no visibles directamente, por ejemplo, en el estudio de los suelos.

En una primera etapa se debe realizar foto lectura, donde mirando la foto a simple vista se pueden reconocer y ubicar los diferentes elementos de la misma (vegetación, caminos, drenajes, entre otros.). Posteriormente se orientan los fotogramas y se fotointerpreta utilizando estereoscopios, los cuales pueden ser de dos tipos: de bolsillo y de espejo.

3.2.20.1 Elementos de identificación en las fotos

Se consideran elementos (o herramientas) de identificación, aquellas características presentes en la imagen, que colaboran o sirven de evidencia concurrente para la diferenciación de objetos y su identificación. Entre ellas podemos indicar como fundamentales el análisis de:

✓ Forma: Lasselin y Darteyre (1991), la forma como estructura espacial de un objeto, es determinante para su identificación. El valor de la forma para el intérprete radica en que le permite delimitar la clase de objetos observados, permitiendo a veces identificaciones concluyentes, ayudando a la comprensión de su significado y función. Esta variable, normalmente se estudia asociada con la variable tamaño, realizándose (muchas veces en forma inconsciente) el análisis conjunto. Un camino y una vía férrea pueden verse parecidos en la fotografía, pero el intérprete los separará por las pequeñas diferencias de configuración requeridas por sus distintas funciones.

El análisis de la forma, permitirá a un ingeniero forestal, diferenciar coníferas de deciduas, así como a quien estudie uso de la tierra, diferenciar entre límites naturales y artificiales. Las formas del terreno y del drenaje (y la repetición de éstas en un patrón), están asociadas a un tipo de relieve y éste, a su vez, determinado por un tipo de formación geológica (Figura 3.2).

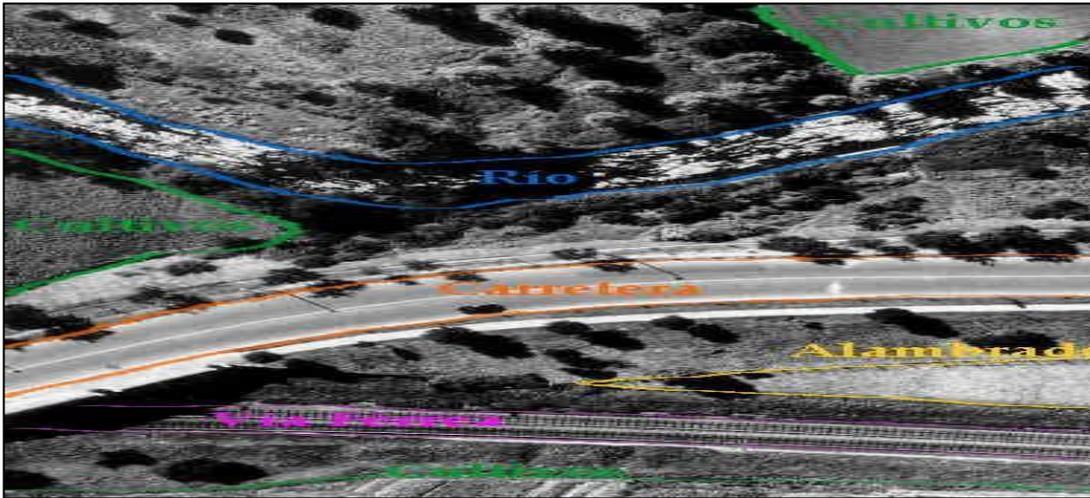


Figura 3.2 Fotografía tomada en mayo de 1956 con cámara RC5A (Fairey AirSurveys Ltd.), Colchester, Inglaterra (Lasselin y Darteyre, 1991).

✓ Tamaño: Lasselin y Darteyre (1991), el tamaño de un objeto es uno de los más útiles indicios que llevan a su identificación. Por la medida de un objeto, el intérprete puede eliminar de su consideración gran parte de las posibilidades de identificación. Un sendero y un camino pueden ser muy parecidos, aun cuando una simple medida puede bastar para realizar la identificación. A partir del conocimiento o apreciación de la escala, la estimación del tamaño o unas pocas medidas, podrán evitar que se confunda una parva con un árbol, camiones con ferrocarriles, perreras con casas o postes de cercado con postes de teléfono.

Tomando en cuenta que el tamaño debemos considerarlo aún en la tercera dimensión, podrá ser necesario realizar medidas con barra de paralaje o de longitud de sombras para determinar la altura de ciertos objetos, ayudando a su identificación. (Figura 3.3).



Figura 3.3 Ruta N° 9, Departamento de Maldonado, Uruguay - Escala original 1/20.000,
(S.G.M., 1966).

✓ Sombras: las sombras presentes en las fotografías aéreas muchas veces ayudan al intérprete proveyéndole de representaciones en perfil de los objetos de su interés. Las sombras son particularmente útiles para los objetos pequeños o de bajo contraste con las inmediaciones. Bajo esas condiciones los fuertes cambios de tono de las sombras pueden habilitar al intérprete a identificar objetos que estén en la frontera del reconocimiento.

Las sombras también pueden provocar efectos no deseados por el ocultamiento de detalles que, según el propósito del trabajo, pueden ser de importancia fundamental. Aquellos objetos sobre los cuales caen las sombras reflejarán tan poca luz hacia la cámara aérea, que en las fotografías aéreas se verán tenues o no se verán (Lasselin y Darteyre, 1991).

✓ Tono y color: la percepción del color es un importante elemento de nuestra relación con el medio ambiente. En las fotografías en blanco y negro, se

pierde esa percepción y los objetos son observados en distintos tonos de gris (Figura 3.4).

Los tonos de las imágenes fotográficas se encuentran influenciados por una multitud de factores, lo que provoca que los tonos de objetos que puedan sernos familiares no correspondan con nuestra percepción de ellos en la naturaleza. Un camino asfaltado puede aparecer con tono muy claro en caso de poseer una superficie muy lisa. Una senda puede aparecer con tono blanco en tiempo seco y muy oscuro después de las lluvias.

Una distinción interesante es la que puede realizarse respecto de las superficies de agua libres, como los ríos, lagos, lagunas, etc., en virtud de que el agua absorbe totalmente la radiación infrarroja, dando en la fotografía infrarroja blanco y negro una imagen totalmente negra, lo que permite definir claramente las márgenes o riberas; así como brindar una clara separación de las zonas húmedas y secas. (Lasselin y Darteyre, 1991).



Figura 3.4 Visualización del agua en Blanco/Negro y en Infrarrojo Blanco y Negro de un espejo de agua; Cámara RMK A 15/23, escala original 1/7.000. (Carl Zeiss) (Lasselin y Darteyre, 1991).

✓ Patrones: puede definirse el patrón como el arreglo espacial de un conjunto de objetos o asociaciones de objetos similares, así como la repetición sistemática de formas.

El drenaje está caracterizado por una forma o patrón modelo, donde el índice de erosión o remoción es muy importante y la textura es el grado de espaciamiento entre los canales del drenaje. La textura en rocas puede ser gruesa, media o fina, y la erosión, laminar, por surcos o por cargas.

La vegetación puede ser natural y su altura anuncia la profundidad del suelo, cuando hay densidad. Las variaciones en la densidad de la vegetación se asocian con presencia de aguas subterráneas. Si es artificial se considera ya un uso del suelo. En un abanico aluvial los bosques de galería anuncian el drenaje y la vegetación es más alta en su pie que en el ápice a causa del nivel freático. (Lasselin y Darteyre, 1991).

✓ Posición: la posición es otra variable importante a los efectos de la correcta identificación de un detalle. Hay elementos que, aun teniendo apariencia similar a la observación, la diferente posición que ocupan, ya sea en cota, respecto a una construcción, un centro poblado o respecto a un cultivo, brinda un indicio de su destino.

Debemos entenderla como la posición que ocupa por sí o "respecto de..." y aun cuando pueda entenderse como el resultado de una deducción y no una variable primaria podrá permitirnos diferenciar una piscina de un tanque australiano, una antena de radio de un molino, un canal de drenaje de uno de riego, un garaje de un galpón, etc. (Lasselin y Darteyre, 1991).

✓ Textura: el término textura en fotografía aérea se refiere a la repetición de tonos en grupos de objetos que son demasiado pequeños para ser discernidos

individualmente. Es evidente que el tamaño del objeto requerido para producir una determinada textura varía de acuerdo a la escala de la fotografía. (Tablas 3.1 y 3.2).

Dentro de un cierto rango de escalas, la textura con que aparecen en la fotografía grupos de objetos, puede ser distintivo suficiente para servir de indicio cierto para la identificación de los objetos. Ello permitirá separar, por ejemplo, campos en los que se desarrollan actividades agrícolas de aquellos que han tenido solamente actividad pecuaria, entre otros (Lasselin y Darteyre, 1991).

Tabla 3.1 Claves de fotointerpretación en geología. (Lasselin y Darteyre, 1991).

Aspecto	Rocas intrusivas	Rocas volcánicas	Rocas clásticas
Tonos	-Claros salvo húmedo(gris). -Oscuros en ultramáfica. -Clara oscura en hipoabisales y diques.	-Oscuros en las jóvenes, en las meteorizadas es claro. -Claros en conos de ceniza y lavas viejas, secas y sin cobertura.	-Claros en conglomerados, areniscas maduras y doloritas de desiertos. -Oscuro en areniscas maduras y doloritas, por humedad. -Oscuros en estructuras.
Texturas	-Homogéneas masivas.	-Finas en tefras (tobas, cenizas). -Rugosas en lavas, flujos o bloques.	-Gruesas en conglomerados y areniscas. -Finas en doloritas.
Drenajes	-Dendrítico, pinzado o radial y puede variar con el diaclasiamento y la composición. -Radial-anular en hipoabisales.	-Paralelo en basaltos. -Dendrítico en tobas y depósitos piroclásticos. -Anular en domos. -Radial en volcanes. -Anómalo en lagunas y canales discordantes.	-Rectangular, paralelo y subparalelo en conglomerados areniscas maduras. -Subparalelo y Subdendrítico en areniscas inmaduras. -Subparalelo a dendríticas en doloritas.

Tabla 3.2 Claves de fotointerpretación. (Lasselin y Darteyre, 1991).

Aspectos	Rocas intrusivas	Rocas volcánicas	Rocas clásticas
Tonos	-Claros casi siempre. -Oscuros si hay materia orgánica o humedad, bandeados si hay interés ratificación	-Oscuros generalmente pero no intensos. -Claros en cuarcita. -Claros a semi oscuros engneises.	-Cambios bruscos y oscuros por agua o claros si hay exceso de drenaje.
Texturas	-El del relieve (ejemplo paisaje cárstico).	- Finas pizarras. -Medias a gruesas, gneises. -Esquistosidad	-Cambios, anomalías e irregularidades.
Drenaje	-Discontinuo y con sumideros en karst. -Controlado por fracturas subterráneas.	-Dendrítico a rectangular en pizarras y filitas. -Variables en esquistos. -Colector con poco drenaje secundario en cuarcitas. -Dendrítico a rectangular en gneises.	-Desviación sistemática. -Control es anómalas -Alineado y con dirección perpendicular.

3.2.21 Imagen satelital

Una imagen satelital o imagen de satélite se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada (Geosoluciones, 2013).

3.2.21.1 Imágenes de satélite Landsat

Las imágenes Landsat se caracterizan por la variedad de bandas que las componen. Estas imágenes se separan en dos tipos: Landsat 7 (sensor ETM+) y Landsat 5 (sensor TM); ambas poseen siete bandas multiespectrales que van desde el visible hasta el infrarrojo medio, con una resolución de 30 metros, en la mayoría de ellas. Sin embargo, la diferencia entre ellas radica en que las Landsat 7 poseen una banda pancromática de 15 metros y en el caso de la banda termal, aumenta la resolución de 120 a 60 metros. Cada escena cubre $180 \times 175 \text{ km}^2$. (Figuras 3.5 y 3.6).

Las principales aplicaciones de estas imágenes se centran en la identificación y clasificación de las distintas cubiertas que existen en la superficie terrestre, determinación de la humedad de suelo, clasificación de la vegetación, mapas hidrotermales y estudios multitemporales. Existen imágenes de archivos desde 1.982. (Geosoluciones, 2013).

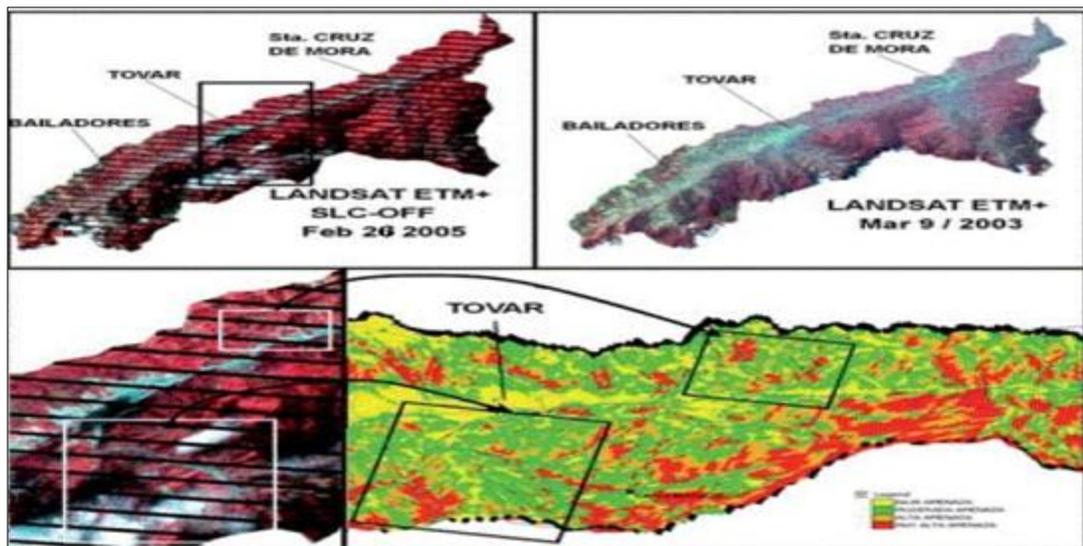


Figura 3.5 Contraste dado por la deposición de detritos entre Tovar y Santa Cruz de Mora, imagen de pre (2.003) y post desastre (2.005); estado Mérida. (Universidad de los Andes, 2013).



Figura 3.6 Imagen de Maracaibo del satélite Landsat 7, adquirida el 1 de noviembre, 2002 (National Aeronautics and Space Administration, 2013).

3.2.21.2 Imágenes de radar

Las imágenes de radar son monocromáticas (blanco y negro). La tecnología de radar puede afectar los valores digitales usados para representar dos áreas muy similares. Por lo tanto, si un objeto refleja mucho de su energía de radar incidente de regreso al sensor, este tendrá un valor digital relativamente alto y se representará como un pixel blanco. Si un objeto no refleja mucha energía de regreso al sensor, este logrará un valor digital bajo y se representará como un pixel negro.

Las técnicas de teledetección por radar proporcionan información acerca de la superficie terrestre en relación a: rugosidad de la superficie, condiciones de humedad, topografía y vegetación (Geosoluciones, 2013).

3.2.22 El satélite Landsat

Con el lanzamiento del satélite Landsat-1 el 07 de marzo de 1972 se abrió una nueva percepción del planeta con una resolución tanto temporal como espectral desconocida hasta entonces (Tabla 3.3).

Este satélite, dotado de sensores empleados en teledetección fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres. En base a este objetivo se diseñaron las resoluciones para adaptarse a este fin. La serie de satélites Landsat, Landsat 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, desde el año 1972 dan una de las mejores series históricas de la evolución del planeta (Fernández y Herrero, 2001).

Tabla 3.3 Características del satélite Landsat 7 (Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satélite Landsat).

ANCHURA DE BARRIDO	185 KM
Altitud:	705 km
Quantización:	8 bits
Capacidad de almacenamiento a bordo:	375 Gb
Inclinación	Solar-sincrónica, 98.2 grados.
Paso ecuatorial	Descendente; 10:00 am +/- 15 min.
Vehículo de lanzamiento:	Delta II
Fecha de lanzamiento:	Abril 1999

3.2.23 Datum geodésico

En geodesia un Datum es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a los cuales las medidas de la posición son tomadas y un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico. Datums horizontales son utilizados para describir un punto sobre la superficie terrestre. Datums verticales miden elevaciones o profundidades. Un Datum de referencia (modelo matemático) es una superficie constante y conocida utilizada para describir la localización de puntos sobre la tierra. (Glosario de términos, Junta de Andalucía).

3.2.24 Husos horarios

El sistema de Husos Horarios fue ideado por el italiano Filopanti, en una obra publicada en Londres en 1859. Pero sólo comenzó a ser utilizado por algunas naciones de Europa en el año 1890. Se basa en la siguiente deducción: la Tierra demora 24 horas en dar una vuelta sobre su eje imaginario (movimiento de rotación) recorriendo 360° ; al dividir los 360° por 24 se obtienen 24 sectores de 15° cada uno. De esta forma se ha dividido la Tierra en 24 sectores de 15° de longitud, equivalentes a una hora, cada uno de los cuales es llamado Huso Horario (Figura 3.7).

Se facilita así la determinación de la hora a nivel internacional, pues los territorios comprendidos dentro de un Huso Horario poseen la misma hora. Cabe señalar que es ésta una situación convencional, pues en realidad entre cada grado de longitud existen 4 minutos de diferencia. Al establecer los Husos Horarios fue necesario determinar un meridiano a partir del cual se comenzaría a contar un nuevo día. Surge de esta forma la llamada Línea Internacional de la Fecha, que corresponde a una línea imaginaria que se extiende de polo a polo, la cual corresponde aproximadamente al meridiano de los 180° (Calenworld, 2021).

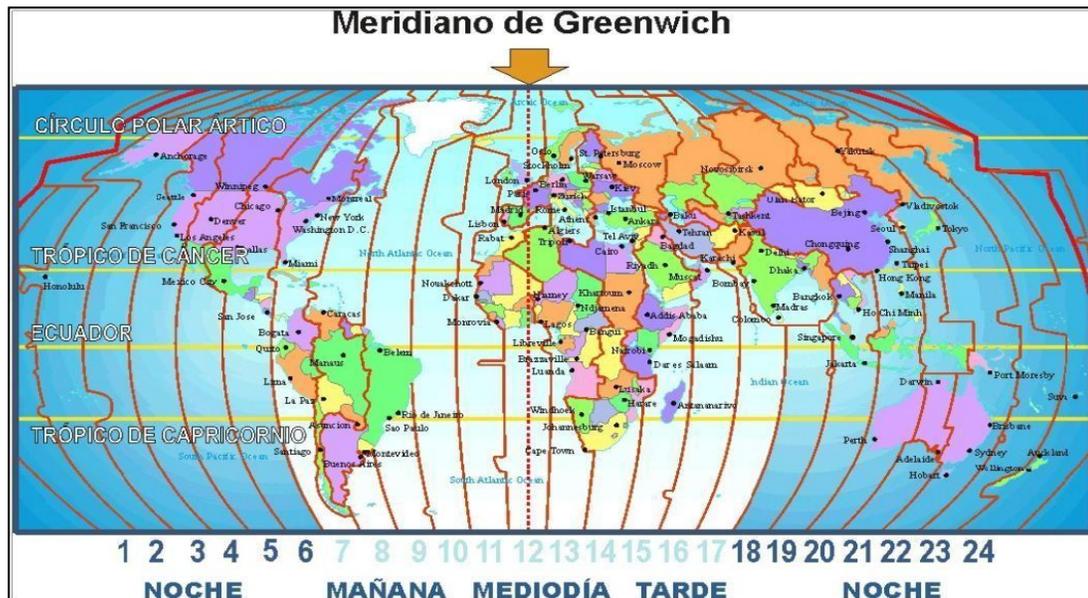


Figura 3.7 Husos horarios (Calenworld, 2021).

3.2.24.1 Aplicación del sistema de husos horarios

Como la Tierra realiza el movimiento de rotación en sentido oeste-este, en el momento en que un lugar recibe los rayos del sol perpendicularmente, se habla de mediodía y por el sistema de husos horarios el meridiano que se ubica 15° al oeste del anterior recibirá los rayos solares una hora después, por lo cual los relojes deberán marcar las 11; de manera similar, en el meridiano situado 15° hacia el este los rayos solares pasaron una hora antes, por lo tanto aquí los relojes deberán marcar las 13 horas. (Calenworld, 2021).

3.2.25 WGS 84

El WGS 84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS 84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84

(Sistema Geodésico Mundial 1984).

Se trata de un estándar en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984. Tuvo varias revisiones (la última en 2004), y se considera válido hasta una próxima reunión (aún no definida en la página web oficial de la Agencia de Inteligencia Geoespacial). Se estima un error de cálculo menor a 2 cm. por lo que es en la que se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Consiste en un patrón matemático de tres dimensiones que representa la tierra por medio de un elipsoide, un cuerpo geométrico más regular que la Tierra, que se denomina WGS 84 (nótese el espacio). El estudio de este y otros modelos que buscan representar la Tierra se llama Geodesia. (Sistema Geodésico Mundial 1984).

3.2.26 Sistema de Información Geográfico (S.I.G)

Un Sistema de Información Geográfico "S.I.G. o G.I.S.", es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información.

S.I.G. es una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos y programas, que permiten manejar una serie de datos espaciales y realizar análisis complejos con estos. Viene del acrónimo Sistema de información Geográfica.

El S.I.G funciona como una base de datos con información geográfica (datos

alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía (Figura 3.8).

La razón fundamental para utilizar un S.I.G es la gestión información espacial, el sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Samaniego, 2012).



Figura 3.8 Elementos más importantes en un S.I.G. (Samaniega, 2012.)

3.2.27 Erdas imagine 8.4

(Miraglia, M., Rivarola M., Natale, D., 2007) es una aplicación de procesamiento de imágenes de teledetección. Permite al usuario importar una amplia variedad de imágenes obtenidas por teledetección de las plataformas de satélite y aéreas y producir información útil de los datos. IMAGINE está disponible en tres niveles de funcionalidad, dependiendo de los requisitos de los usuarios: Essentials; Advantage y Profesional. También cuenta con una serie de módulos adicionales que amplían la capacidad del software.

ERDAS Imagine 8.4 incluye un completo conjunto de herramientas para crear imágenes base precisa para su inclusión en un S.I.G y ESRI Geodatabase. ERDAS Imagine ofrece una variedad de herramientas como imagen ortorectificación, mosaicos, reproyección, clasificación e interpretación que permiten al usuario analizar los datos de imagen y presentarla en formatos que van desde mapas impresos de los modelos 3D. Se utiliza para: Integración S.I.G., correcciones geométricas., ortorectificaciones de imágenes, clasificaciones multiespectrales, interpretaciones y análisis de imágenes, modelado digital del terreno, mosaicos de imágenes y producción de mapas.

3.2.28 ArcGIS 10.0

Esri Venezuela (2013), es un sistema de información geográfica para trabajar con mapas e información geográfica. Se utiliza para: la creación y el uso de mapas, elaboración de datos geográficos, análisis de la información asignada; compartir y descubrir información geográfica, con mapas e información geográfica en una amplia gama de aplicaciones y gestión de la información geográfica en una base de datos.

El sistema proporciona una infraestructura para la elaboración de mapas e información geográfica disponible en toda la organización, a través de una comunidad, y abiertamente en la Web. ArcGIS incluye los siguientes softwares de Windows de escritorio.

1. ArcReader, lo que le permite a uno ver y mapas de consulta creados con los demás productos de ArcGIS.
2. ArcGIS for Desktop Basic (anteriormente conocido como ArcView), que le permite a uno ver los datos espaciales, crear capas de los mapas y realice análisis espacial.
3. ArcGIS Desktop Standard (anteriormente conocido como ArcEditor), que además de la funcionalidad de ArcView, incluye las herramientas más avanzadas para la manipulación de shapefiles y geodatabases.
4. ArcGIS for Desktop avanzada (antes conocido como ArcInfo), que incluye la capacidad de manipulación de datos, edición y análisis.

3.2.28.1 ArcMap

ArcMap es una aplicación del software ArcGis que permite visualizar, consultar, editar y realizar análisis sobre los datos en un entorno de visualización, edición y presentación (preparación de salidas gráficas) totalmente integrado.

Desde ArcMap se puede visualizar directamente, sin necesidad de importar ficheros procedentes del sistema C.A.D., así como fotografías, TINs, ficheros ráster e imágenes de satélite, pudiendo integrar todas estas fuentes de información en una

misma vista. ArcMap posee un potente entorno de análisis con generación de buffer, selecciones espaciales, por atributos, análisis de redes y otras funciones disponibles directamente desde la interfaz. Además de permitir editar, mostrar y analizar los datos de los mapas, contiene un sistema de gráficos, un editor orientado a objetos y una potente herramienta para generar informes. Es el entorno para trabajar con los mapas y para crear salidas cartográficas de alta calidad. (Llopis, J., 2008).

✓ Interfaz de ArcMap: la interfaz de ArcMap (Figura 3.9) se compone de una tabla de contenidos donde se listan todas las capas que forman el mapa, una ventana donde se muestra el mapa, y una serie de menús y herramientas para trabajar con las capas, pudiendo elegir colores y simbología, consultar las bases de datos, analizar relaciones espaciales y diseñar salidas impresas (Llopis, J., 2008).

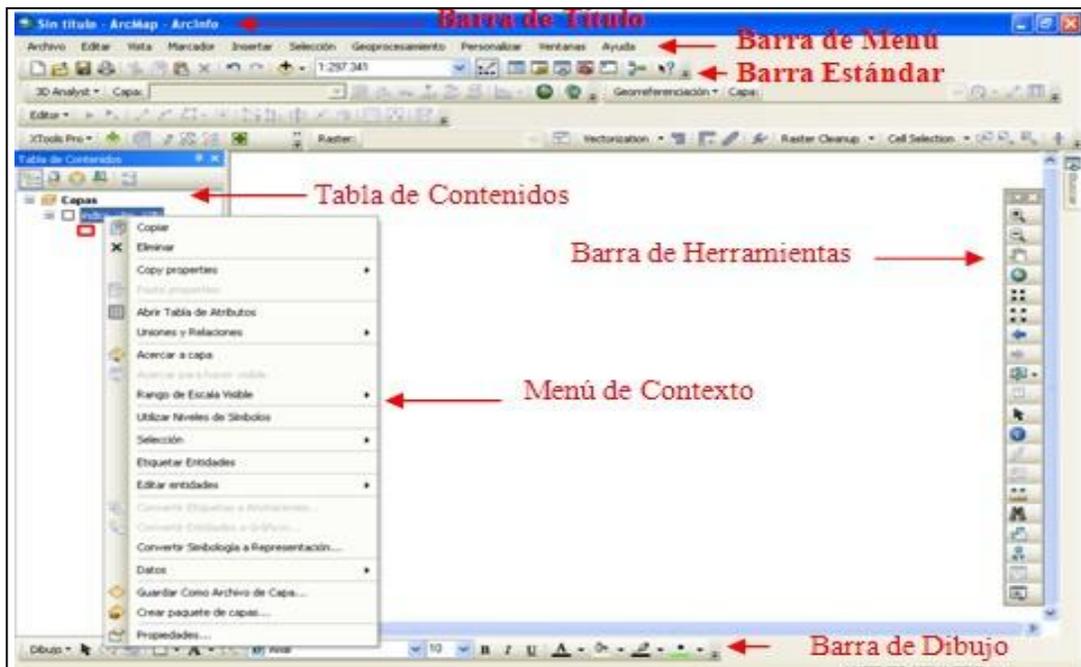


Figura 3.9 Interfaz de ArcMap (Llopis, J., 2008).

3.2.29 REGVEN

REGVEN materializa la densificación de SIRGAS en Venezuela, la cual fue establecida simultáneamente en los años 1995 y 2000.

Actualmente la Red Geocéntrica Venezolana REGVEN se encuentra en un proceso continuo de densificación, con una distribución de vértices cubriendo todo el territorio nacional.

Los resultados de establecimiento de REGVEN vienen definidos por la creación de una red de alta exactitud, confiable y adecuada a las nuevas tecnologías de medición geodésica que, como el GPS, siendo su uso continuo y constante en nuestro país. Esta red viene a proporcionar al país de un control geodésico básico nacional, de uso común entre los diferentes usuarios que cada día requieren de un posicionamiento geodésico preciso y adecuado a las nuevas técnicas, métodos y procedimientos (Brunini et al, 2011).

3.2.30 SIRGAS

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) es la densificación regional del International Terrestrial Reference Frame (ITRF) en América Latina y El Caribe. De manera análoga, las redes nacionales de referencia integradas en SIRGAS son densificaciones locales del marco continental y por tanto, proporcionan el vínculo directo al ITRF. En la actualidad, SIRGAS está materializado por una red de estaciones de operación continua (SIRGAS-CON), que permite el seguimiento permanente del marco de referencia y ha ido reemplazando las redes

GPS continentales establecidas inicialmente en 1995 (SIRGA 95) y 2000 (SIRGAS, 2000).

La principal ventaja de SIRGAS-CON es que sus coordenadas se determinan semana a semana con respecto al ITRF, posibilitando la detección inmediata de cambios o deformaciones del marco de referencia y aumentando la precisión de las coordenadas de referencia a ser utilizadas en la determinación de datos espaciales en Latinoamérica y El Caribe (Brunini et al, 2011).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe la metodología aplicada a la investigación, el nivel de investigación, diseño de la investigación, población, muestra, recopilación bibliográfica y cartográfica.

4.1 Nivel de investigación

El modelo de investigación en este estudio, se define el diseño como: descriptiva y analítica.

Es de tipo descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (Fidias G. Fidias Arias, 2006). De acuerdo al objetivo general; Interpretar geológica – geomorfológicamente mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

Este proyecto de investigación está basado en una estrategia descriptiva, para la cual se recopiló, información bibliográfica y cartográfica necesaria, para la interpretación y posterior elaboración de un mapa temático geológico-estructural, así como también mosaicos resultantes de la superposición de la Landsat 7 vs la imagen de radar del área de estudio, esquemas de imágenes Landsat 7 mostrando rasgos litológicos, edafológicos, hidrográficos y de vegetación; se realizó un TIN para resaltar los aspectos geomorfológicos del área.

4.2Diseño de la investigación

El diseño es de tipo documental y de campo, para conseguir los objetivos trazados, permitiendo de esta manera conocer los parámetros mínimos necesarios para lograr su veracidad y aportar un punto de vista alternativo para desarrollar nuevas investigaciones a futuro.

Según Fideas G. Fideas Arias (2006). la investigación documental o diseño documental “Es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”.

El diseño de la investigación empleado es de tipo documental, ya que, se indagó en fuentes bibliográficas y referencias cartográficas para obtener la mayor cantidad de información que sirvió como base para la elaboración del presente proyecto de investigación. La información bibliográfica fue recopilada en libros o bibliografías, trabajos previos referentes a este tema, tales como informes de avance de las hojas cartográficas Nacional 7440 de Ciudad Bolívar

4.3 Población y muestra

Una población se refiere a un conjunto de elementos de los cuales se indagan sus características geológicas – geomorfológicas mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar, o una de ellas, y para la cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación (Morles, V. 1994).

La muestra es un subconjunto de la población, esta se utiliza para determinar características propias de la totalidad de la misma, para la cual

deben ser representativas en toda la población. Desde el punto de vista de la investigación es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Sampieri, R. 1997).

4.3.1 Población de la investigación

La población de esta investigación está representada por la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, ciudad Bolívar, estado Bolívar, sus aspectos geológicos y geomorfológicos.

4.3.2 Muestra de la investigación

La muestra de esta investigación está representada por los resultados de sensores obtenidos mediante técnicas de teledetección espacial de la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, ciudad Bolívar, estado Bolívar, como:

Imágenes satelitales Landsat 7, con nivel de procesamiento 2A, de tamaño 60×60 Km, las cuales corresponden al Start Path 001 y al Start Row 057 del río Santa Bárbara (1 muestra).

Imagen de radar correspondiente a la hoja Cartografía Nacional 7440 escala 1:50.000 cuenca del río Santa Bárbara (1 muestra).

Hojas topográficas 7440 escalas 1:100000 y 25000

Mosaico resultado de la superposición de la imagen Landsat 7 con la imagen de radar del río Santa Bárbara (4 imágenes de muestra).

Red irregular de triángulos TIN de elevación, escala 1:50.000 del río Santa Bárbara (4 redes).

4.4 Recopilación Bibliográfica y cartográfica

“Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (Sabino, C. 2000).

En la realización de esta investigación se utilizará como técnica en la recolección de datos el análisis documental y análisis de contenido.

Todo este material será analizado e interpretado por el programa asistido por computadora ARCGIS 10.8 y para digitalizar mapas Auto Cad 2021.

4.4.1 Paquetes computarizados

Entre los paquetes o software utilizados están Microsoft Word 2010, Erdas Imagine 8.4, Arcgis 10.8, Auto Cad 2021, Google Earth pro 2020, SASPlanet 2020, Global Mapper 2020, correo electrónico e Internet.

4.5 Determinar mediante técnicas de teledetección los aspectos geológicos y geomorfológicos de la cuenca del río Santa Bárbara

Construcción del polígono del área en estudio río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco ciudad Bolívar, el polígono del área en estudio fue generado desde la aplicación ArcMap del programa ArcGis 10(Tabla 4.1 y Figura 4.2).

Tabla 4.1 Coordenadas del área de estudio río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco

PUNTO	ESTE	NORTE
A	434334	897779
B	438119	898345
C	438721	893950
D	435016	893427

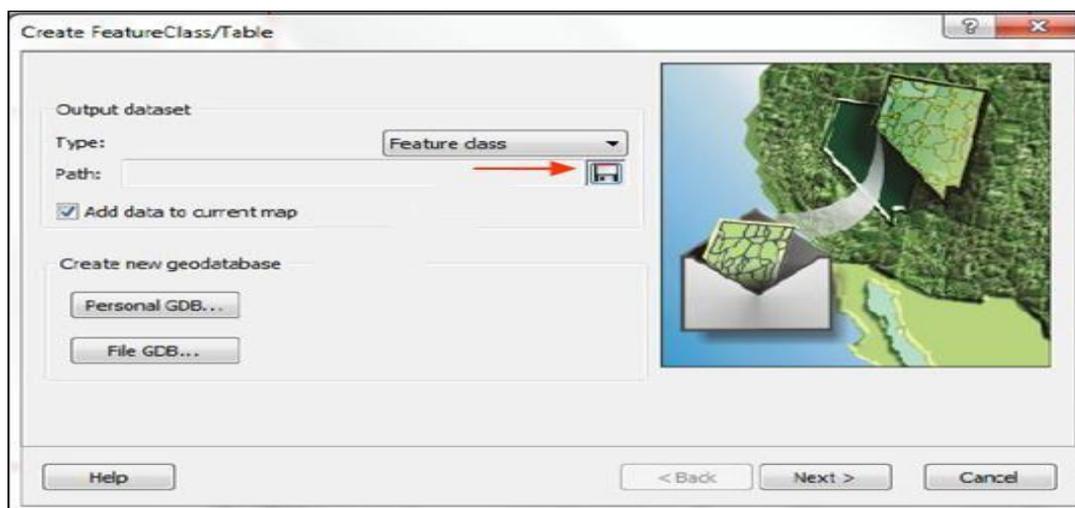


Figura 4.2 Ventana de XTools Pro “Create Feature Class/Table”(Crear Función Clase/Tabla).

Para definir la proyección del polígono del área en estudio se hace click en seleccionar y doble click en projected coordinate systems se selecciona UTM>South América>REGVEN UTM zone 20> Click en XTools Pro>Spatial reference>click en seleccionar>doble click en Projected Coordinate Systems>Doble click en UTM> Doble click South América>Doble click REGVEN UTM Zone 20>Click en agregar> Click en aplicar Click en aceptar> Next. Click y por último se hace click en Finish.

Para georreferenciar las imágenes de radar y raster pertenecientes al río Santa Bárbara, se procede a importar la imagen a georreferenciar haciendo click en añadir datos junto con un mapa base de Venezuela de escala 1:100.000, el cual está formado por recuadros o grillas que facilitan la correcta posición geográfica del área en estudio; posteriormente, se añaden cuatro puntos de control en los mismos puntos o esquinas del polígono del área de estudio (imagen previamente recortada ya sea la imagen de radar o raster) y las del cartograma de Venezuela que tiene un cubrimiento de escala 1:100.00 “INDICE_UTM_100” de Venezuela, se hace click en georeferenciación y en actualizar georeferenciación. Las imágenes Landsat se encuentran con una rectificación 2A lo cual está referenciado a un sistema de coordenadas UTM WGS 84, por lo tanto, no requieren ser georeferenciadas (Figura 4.3).

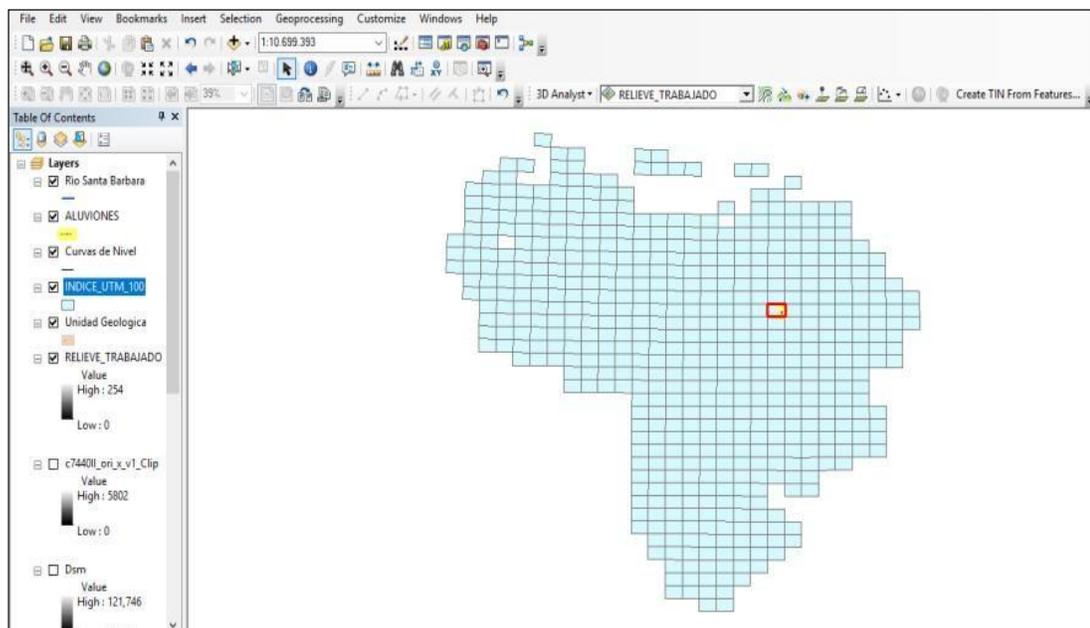


Figura 4.3 Polígono del área de estudio dentro del cartograma de Venezuela INDICE_UTM_100.

Las imágenes raster y radar del área en estudio fueron georreferenciadas en la proyección REGVEN (coordenadas UTM) y esta será la proyección geográfica que tendrán los mapas temáticos resultantes: REGVEN_UTM_ZONA_20N. Para definir la proyección y agregarles coordenadas: se hizo click en el icono de la caja de herramienta de Arctoolbox, luego en herramienta de administración de datos>proyección y transformaciones, Click en Raster, se define la proyección y se seleccionó clase de identidad o dataset de entrada, se hizo click en la carpeta de documentos y se agrega la imagen escaneada (imagen raster), luego en propiedades de referencia espacial, doble click en Project Coordinate Systems, luego en UTM seleccionamos south América y hacemos click REGVEN, Huso horario: zone 20 norte (por encima del Ecuador).

4.6 Analizar mediante la imagen Orto radar la geomorfología de la cuenca del río Santa Bárbara

Para llevar a cabo la determinación de los aspectos geológicos y geomorfológicos, se procedió a la descarga de imagen satelitales tipo raster por la página; earthexplore.usgs.gov de la USGS (science for a changing world), donde se obtuvo la hoja L71002055_B10 del área de estudio rio Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco (Figura 4.4).



Figura 4.4 earthexplore.usgs.gov de la USGS

Esta imagen satelital obtenida del Landsat 7 del área de estudio es procesada y transformada en un DSM y DTM por el ArcMap para luego ser transformada en un Topo/raster, que es lo que queremos obtener para tener una representación en 3D del área de estudio (Figura 4.5).

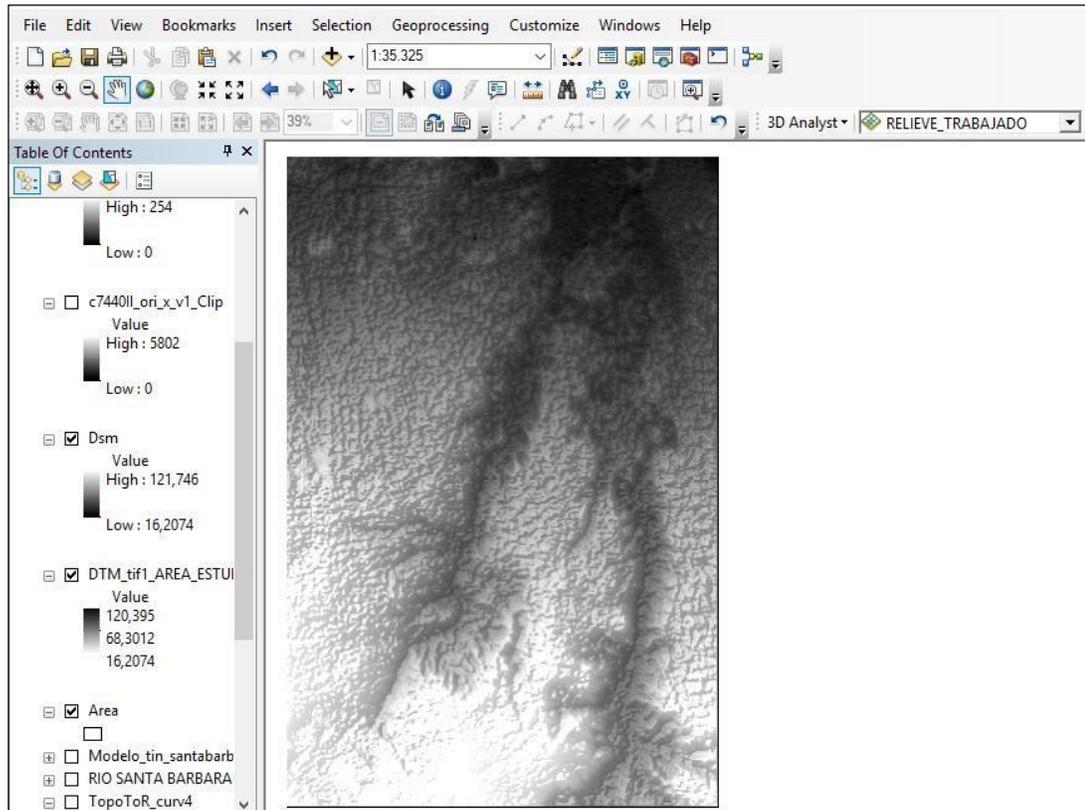


Figura 4.5 Topo/ Raster área de estudio río Santa Bárbara.

Para la determinación de aspectos geológicos y geomorfológico del área de estudio se implementan los componentes shapefiles de unidades Geológicas de Venezuela y drenajes que son recortado al área de estudio se complementó la información con datos adquiridos de programa: Google Earth, 2019 y Sasplanet Realease, se obtuvo la descarga de imágenes a detalles del área de estudio río Santa Bárbara (Figuras 4.6 y 4.7).

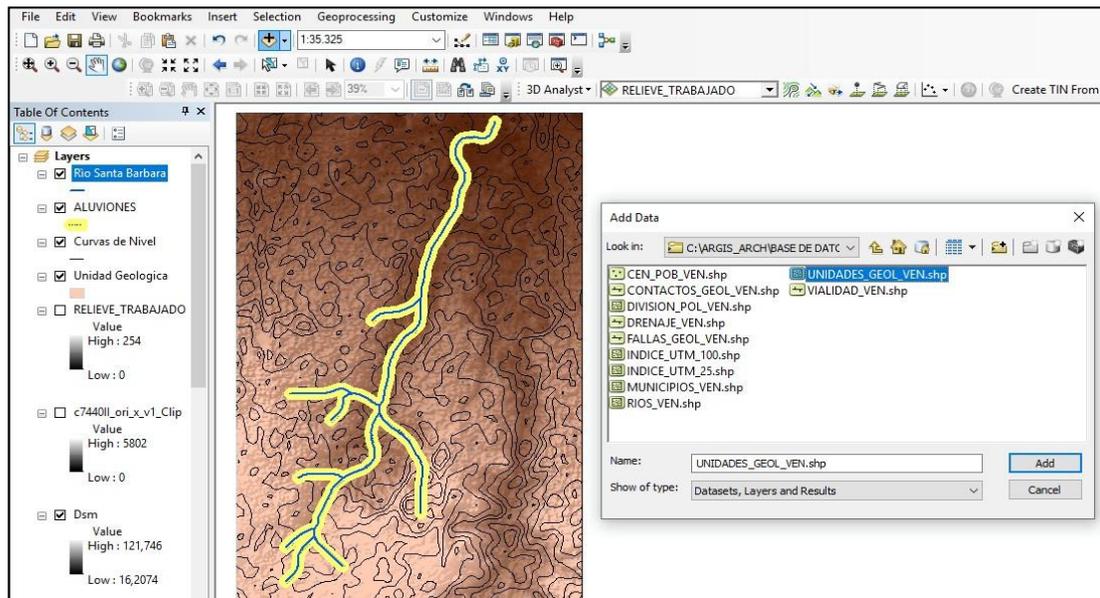


Figura 4.6 Componentes shapefiles Add Data de unidades Geológicas de Venezuela y drenajes que son recortado al área de estudio.

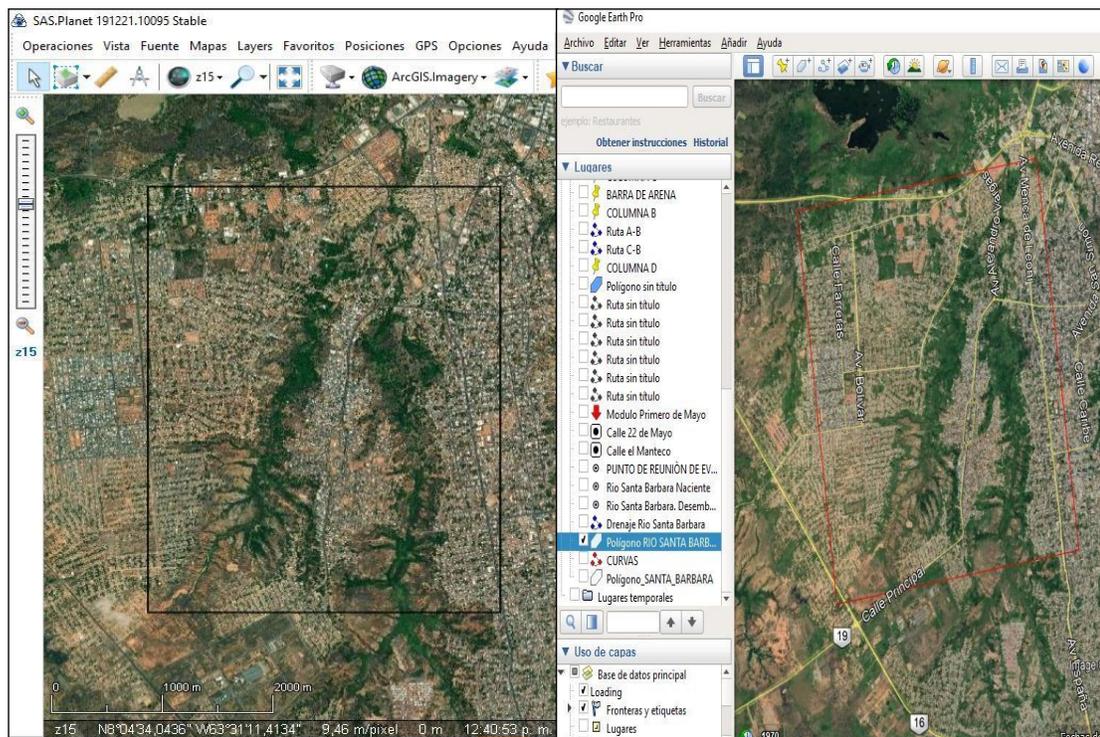


Figura 4.7. Imágenes satelitales descargadas de Google Earth, 2019 y Sasplanet Realease, del área de estudio.

Estas imágenes son procesadas en el programa Global Mapper V20, y se obtiene como resultados una mayor precisión del sistema de drenaje, dirección del flujo y las curvas de nivel que serán guardadas como shapefiles en el ArcMap (Figura 4.9).

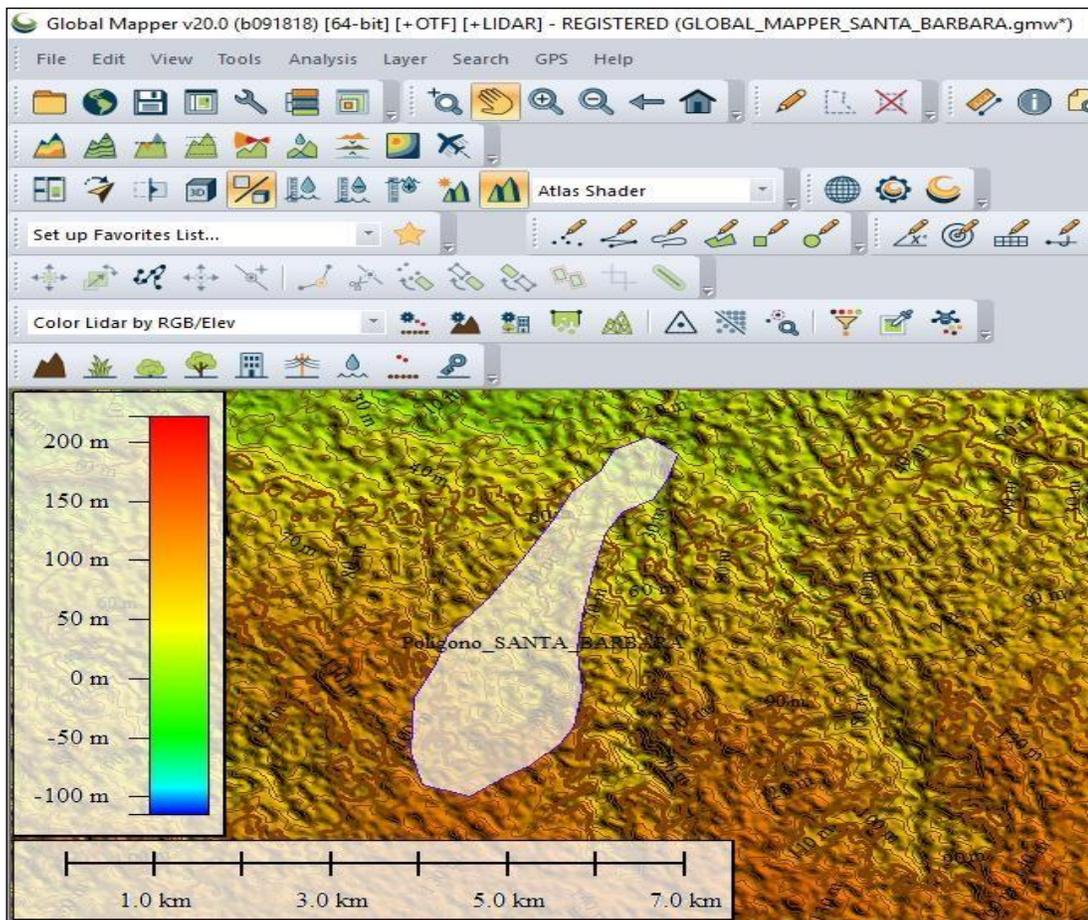


Figura 4.9. Procesamiento por Global Mapper, obtención de sistema de drenaje, dirección del flujo y las curvas de nivel.

4.7 Creación del modelo Tin 3D de la cuenca del río Santa Bárbara

Para el análisis de la imagen Orto radar de la geomorfología del área de estudio se descargó la imagen satelital tipo raster por la página: <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imglantsat/>, donde se obtuvo la hoja L71002055_B10 del área de estudio río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco. Esta imagen es procesada y transformada en un DSM y DTM por el ArcMap para luego ser transformada en un Topo/raster. (Figuras 4.10 y 4.11)

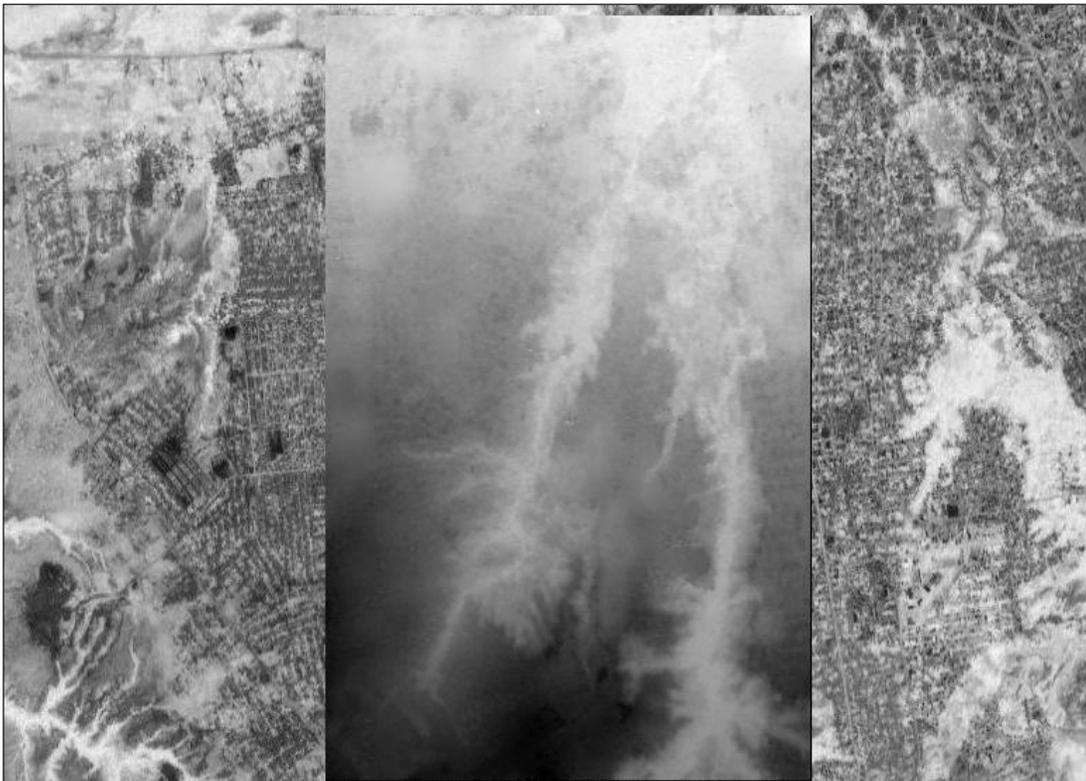


Figura 4.10 Modelo DSM y DTM del área de estudio río Santa Bárbara.

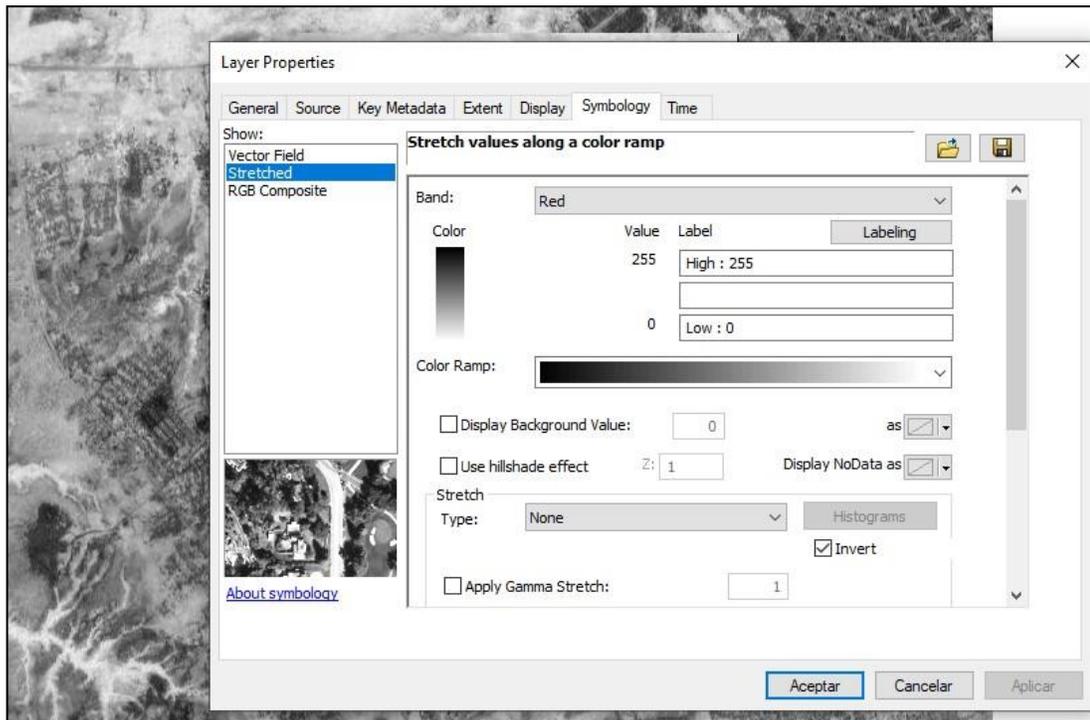


Figura 4.11 Configuración del DTM y DSM para obtener Topo/Raster del área de estudio.

El topo/ raster obtenido se agregan las curvas de nivel con intervalos de 1 metro, obtenidos del Global Mapper V20, obtenida la superficie 3D del área de estudio y las curvas se procesan por Arctoolbox/ Data Management / Tin / Create Tin. Esto permite la creación de un modelo 3D con diferentes alturas representadas por bandas de colores que representan los niveles del terreno y su geomorfología (Figuras 4.12 y 4.13).

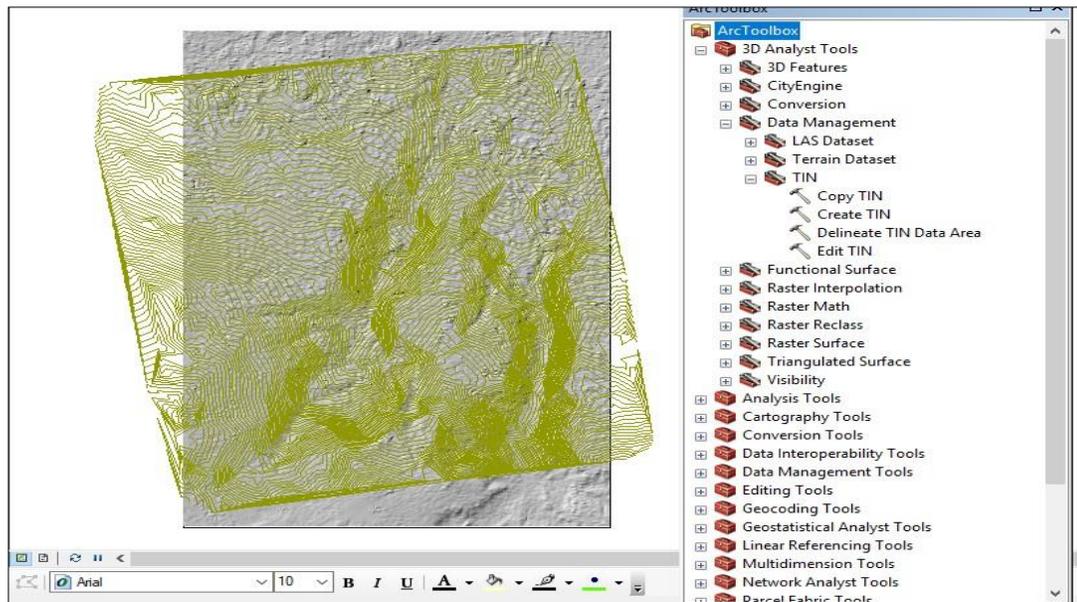


Figura 4.12 Creación del Modelo Tin 3D curvas de nivel río Santa Bárbara.

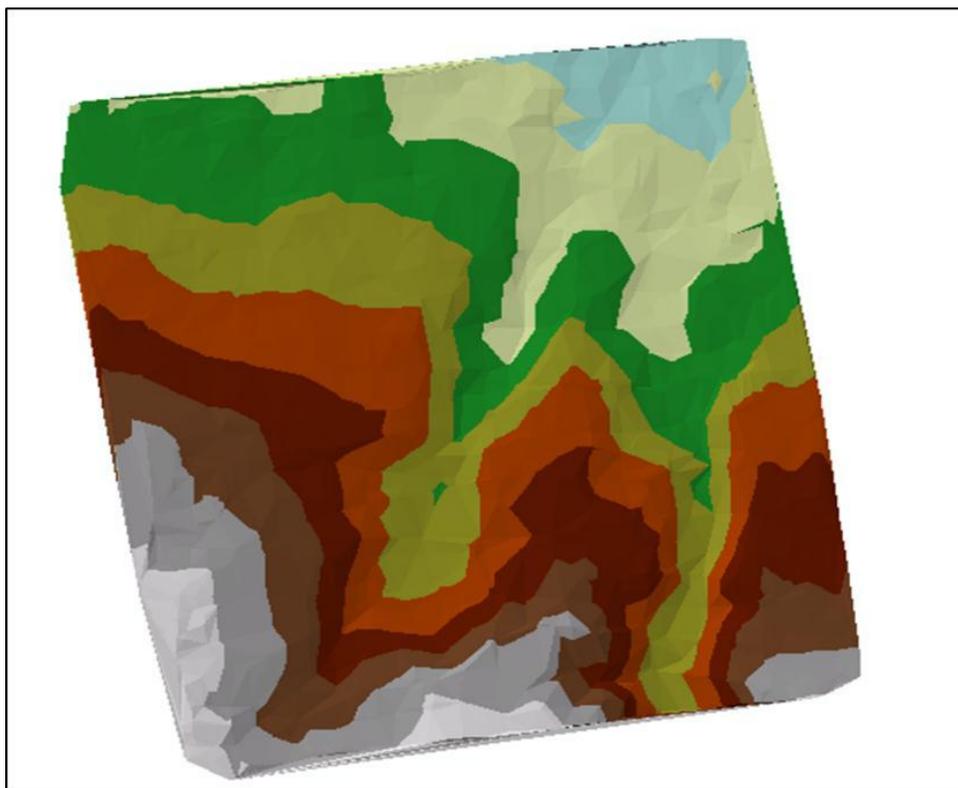


Figura 4.13 Modelo Tin 3D obtenido del área de estudio rioSanta Bárbara

4.8 Determinación del potencial erosivo de la cuenca del río Santa Bárbara

Evaluación de la Erosión Hídrica Para la evaluación de la degradación de los suelos se aplicará la metodología desarrollada por la FAO, en particular para el estudio de erosión hídrica. En esta misma se utiliza un sistema paramétrico con valores cuantitativos y una ecuación general. Para el cálculo se utiliza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (E.U.P.S.), que se expresa en toneladas/hectáreas/año.

$$A = E \cdot K \cdot P \cdot U \quad (4.1)$$

Siendo sus parámetros:

A = Pérdida de suelo (ton/ha/año) E = Índice de Erosividad

K = Índice de Erodabilidad P = Índice de Pendiente

U = Índice de Usos de Suelo

4.9 Erosividad de las Precipitaciones (E)

Para la determinación de la erosividad de las lluvias, se consideraron los datos de 10 años de registro de las precipitaciones en las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio., pueden observarse las medias mensuales y la media anual de cada Estación Meteorológica considerada. El índice que se aplicó es el Índice Modificado de Fournier (1977). “Este índice está asociado con la capacidad de la precipitación de provocar erosión hídrica, y considera la precipitación media mensual (mm) y la precipitación media anual (mm) de cada estación hidrometeorológica. En la Tabla 4.1

$$E = f(\frac{p}{P}) \quad (4.2)$$

Donde:

p = precipitación media mensual (mm)

P = precipitación media anual(mm).

A este índice se lo valoró de acuerdo a la Metodología FAO:

Tabla 4.1 índice de los valores de acuerdo a la Metodología FAO (1977)

Clase 1	0 - 50	Ligero
Clase 2	50 - 500	Moderado
Clase 3	500 – 1000	Alto
Clase 4	Mayor a 1000	Muy Alto

Para poder tener una distribución del área de la erosividad de las precipitaciones en la zona de estudio, se realizó una interpolación Kriging con los valores obtenidos para cada estación, con el Módulo Spatial Analyst (Figura 4.14).

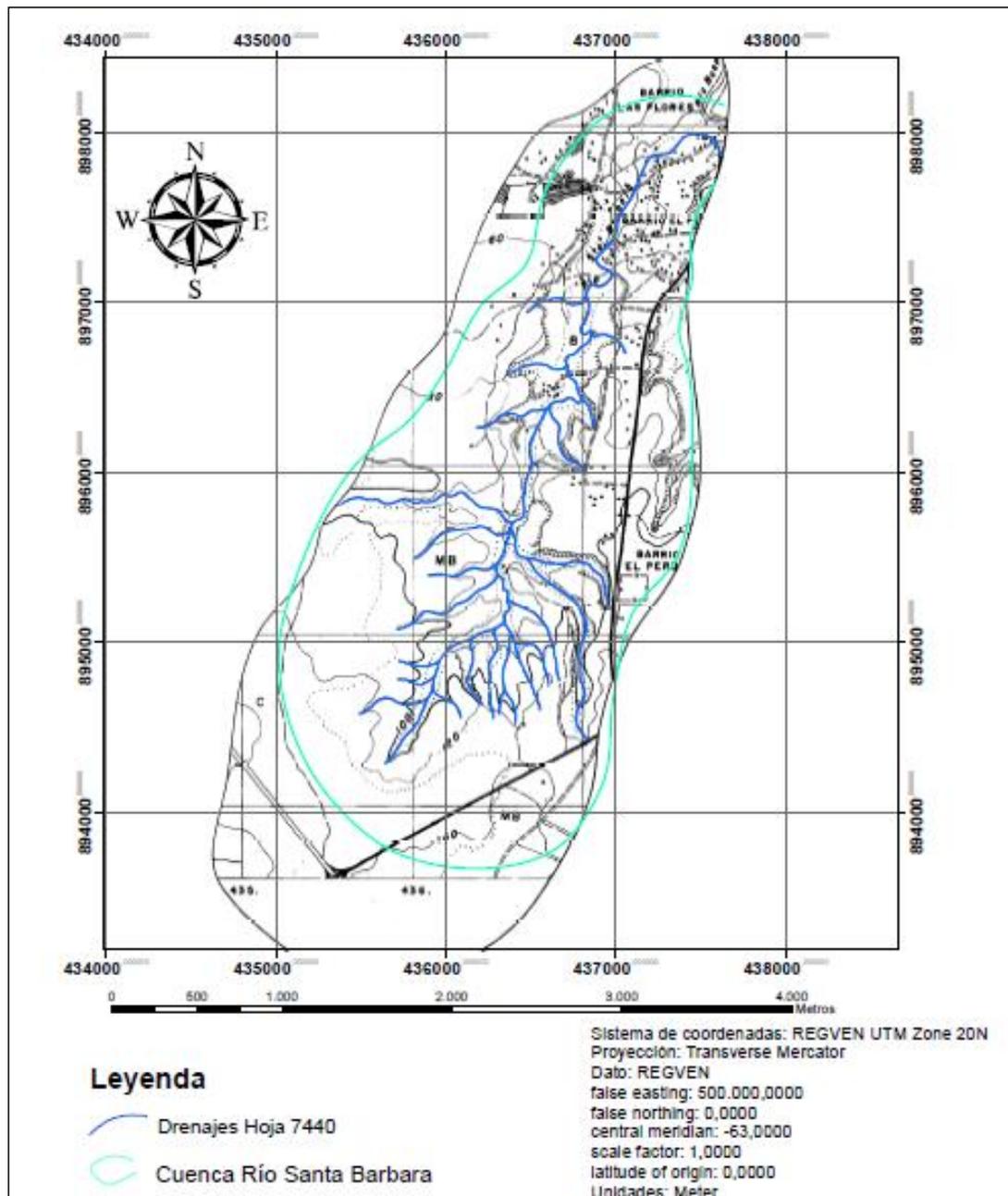


Figura 4.14 Interpolación Kriging cuenca del río Santa Bárbara aplicado en ArcMap 10.8

4.10 Erodabilidad del Suelo (K)

Este factor expresa la influencia de la textura, permeabilidad y cantidad de materia orgánica. Generalmente son menos erosionables los suelos profundos permeables de arenas gruesas siendo más erosionables aquellos suelos arenosos y pocos profundos. Para el cálculo de la erodabilidad del suelo, se consideró la textura del horizonte superficial y el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo dominante, asumiendo que es del 8%.

Tabla 4.2 Coeficiente de Erodabilidad del Suelo (K)

Textura	Descripción	Coefficiente	lase
Roca – Sin datos	Ligeramente Erosionable	-	1
Areno - Franco	Moderadamente erosionable	0.06	2
Franco - Arenoso	Altamente Erosionable	0.12	3

4.11 Análisis de la red de drenaje en relación con los demás aspectos físico naturales del área de estudio mediante técnicas de teledetección

El análisis de la red de drenaje del río Santa Bárbara se realizó con la creación de un shapefiles para delimitar el área de estudio y la cuenca del río y determinar las características de los aspectos físicos naturales.

4.11.1 Creación de los shapefiles de lineamientos del área en estudio

Para crear los “*shapefiles*” de lineamientos del área en estudio se hace click en la opción añadir datos del menú de ArcMap, y se importa el mosaico de radar “Radar” conjuntamente con el mapa geológico del área de estudio, se hace click en ajustar transparencia y se coloca un 40%.

Se crea el primer shapefile haciendo click en XTools Pro del menú de ArcMap luego se hace Click en Data Management Tools> Create Feature Class/Table y se hace click en> Click en Nueva geodatabase de archivos, luego en guardar como tipo, cambiarlo a archivo y clases de entidad de geodatabase personal, se coloca el nombre en este caso Drenaje rio Santa Bárbara>doble click donde dice Nueva geodatabase de archivos posteriormente se hace click en la opción guardar>click en Next> Click a Shape>Polyline y por último se hace click en Spatial reference y se importa el sistema de coordenadas del mapa geológico del área en estudio (WGS_1984_Equidistant_Conic).

De esta manera se obtienen un shapefile para el drenaje existente en el área de estudio (Figura 4.15).

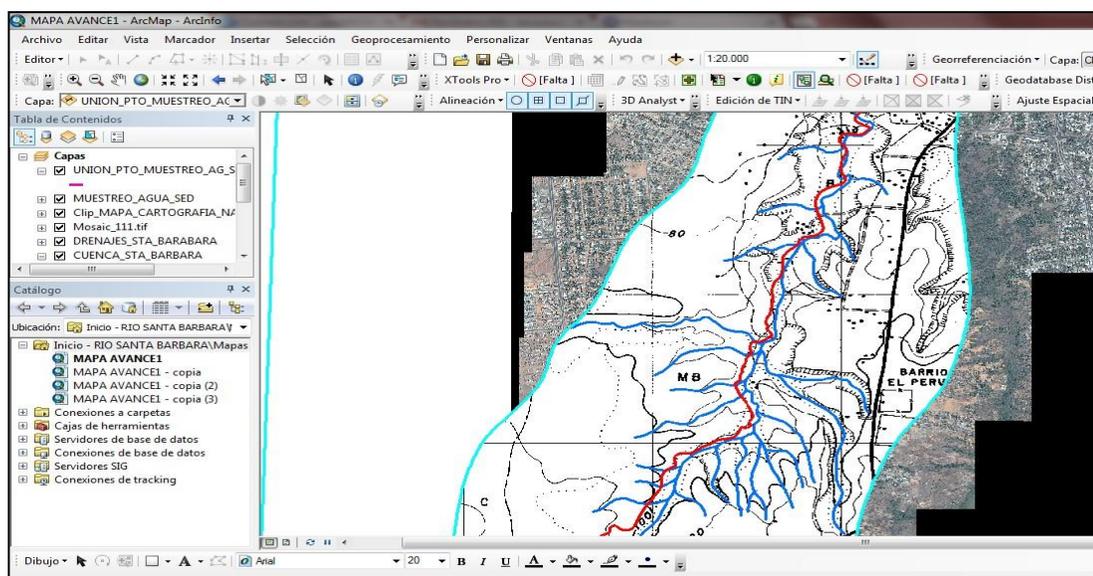


Figura 4.15 “Shapefiles” de drenaje sobre el mosaico producto de superposición de la imagen de radar del área de estudio y la Cartografía Nacional.

Una vez creado el shapefiles de drenaje se procede a colocarles la simbología correspondiente para cada uno representado por un color, se hace click en el símbolo del shapefile, Drenaje_ >Referencias de estilo>Geology 24k>aceptar, se selecciona el

símbolo de Drenaje>editar símbolo, y se selecciona el color de este (Figura 4.16).

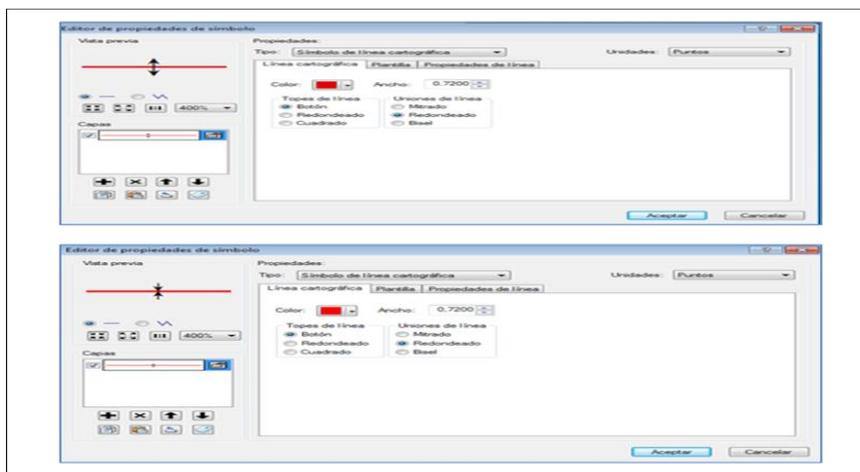


Figura 4.16 Ventanas “Editor de propiedades de símbolo”.

4.12 Elaboración del mapa geológico a escala 1: 25.000 del área del río Santa Bárbara

La elaboración del mapa geológico del área de estudio se realizó utilizando la data base de la geología de Venezuela y drenaje Regven_Z20N.

4.12.1 Mosaico conformado por las imágenes satelitales Landsat-radar

Para obtener el producto de superposición de la imagen de satélite Landsat 7 con radar primeramente tomamos en consideración ciertas características fisiográficas que debe realizar la combinación de bandas que se utilizara con la imagen de radar del área en estudio, estas características son: la hidrografía (patrón de drenaje), zonas de acumulación de sedimentos, ríos de cauce sinuoso, además tomamos en cuenta la geomorfología y la vegetación entre otros factores. La combinación de bandas que se empleara es la 741, debido a que realza mejor los rasgos físico-naturales e hidrografía, vegetación y acumulación de sedimentos transportados.

Para ello se hace click en la opción >añadir datos del menú de ArcMap y se importa la imagen Landsat previamente recortada dentro del polígono del área en estudio para seleccionar un rasgo físico-natural en específico, para este caso el de litología y alteración, se hace click derecho sobre el nombre de la imagen Landsat 7>Propiedades, aparece la ventana “Propiedades de la capa” >Composición RGB y se selecciona para el canal rojo la banda espectral número 7, para el canal verde la banda espectral número 4 y para el canal azul la banda espectral número 1 como se muestra en la figura 4.17, con el fin de resaltar los rasgos litológicos presentes en el área en estudio.

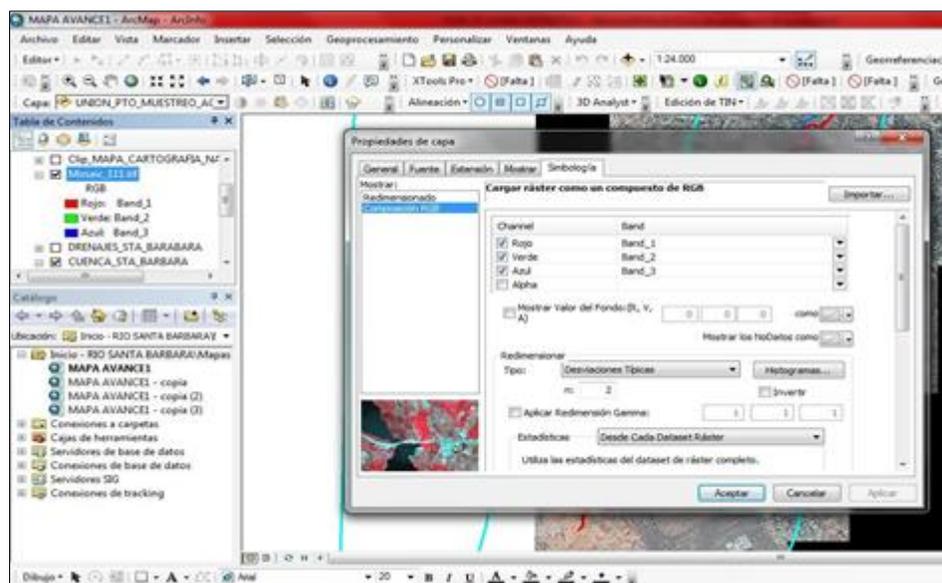


Figura 4.17 Ventana “Propiedades de la capa”, del menú de ArcMap.

Posteriormente se importa dentro del mismo marco de datos, la imagen raster de radar del área en estudio, debido a que ambas imágenes han sido previamente georreferenciadas se superponen una sobre la otra en el marco de datos, se hace click en la opción Ajustar transparencia y se selecciona el porcentaje deseado de modo que podamos distinguir las cualidades de ambos productos.

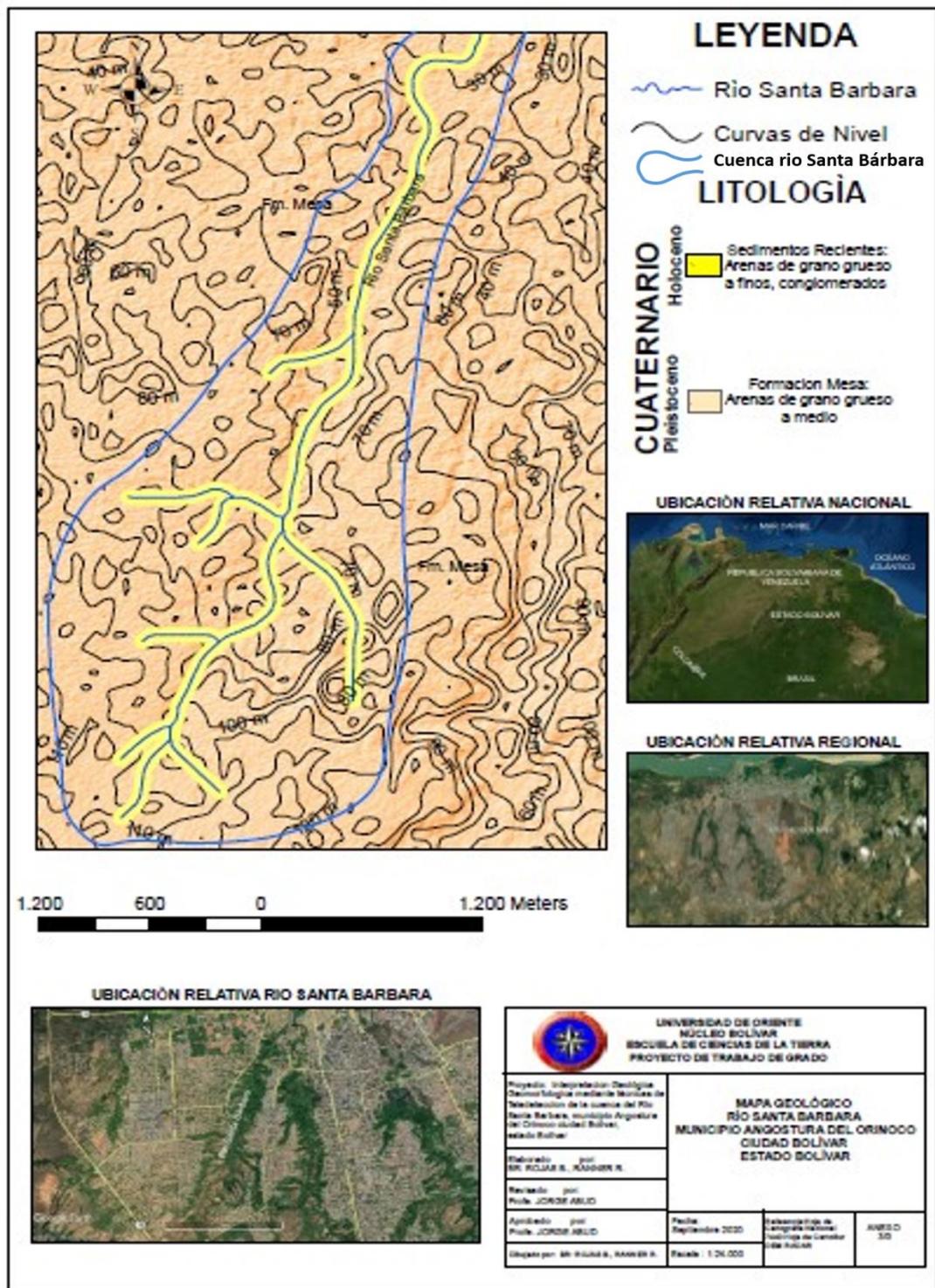


Figura 4.18 Mapa Geológico del río Santa Bárbara

4.13 Determinación de la importancia del aporte de las técnicas de teledetección en la zona de estudio

La explotación descontrolada de los suelos puede conducir a resultados desastrosos que generarían efectos adversos sobre todo en la sostenibilidad de las comunidades. Por lo tanto, la planificación del desarrollo necesita por sí misma ser orientada con base en las condiciones del recurso suelo, así como en las prácticas actuales y conservacionistas de utilización del mismo. Esta planificación se logra a través de una cartografía o inventario del área que se tenga previsto trabajar. La cartografía del suelo es el precursor para el reconocimiento de la extensión, génesis, potencialidad y limitación, de manera de predecir su comportamiento para un propósito específico y clasificarlo de acuerdo a su evaluación sistemática.

Una de las más efectivas aplicaciones de la teledetección es la ubicación y clasificación del uso de la tierra, siguiendo métodos visuales y digitales de interpretación. Algunas de las técnicas que se aplican para identificar los tipos de uso de la tierra son las clasificaciones supervisadas y los realces digitales de datos multiespectrales.

Toda la información obtenida del área de estudio, cuenca del río Santa Bárbara, imágenes Satelitales, imágenes de radar, hojas de cartografía 7440, red de drenajes, y mosaico resultante, son importantes para futuros trabajos de nivelación y creación de infraestructuras en el área de estudio.

El propósito del estudio es demostrar que la utilización de tecnologías de sistemas de información geográficos (SIG) y de teledetección (procesamiento digital de imágenes satelitales), pueden ayudar a perfeccionar el análisis fisiográfico, la caracterización cartográfica de los suelos, optimizando los recursos para la obtención de la información en amplias superficies, como la cuenca del río Santa Bárbara.

En la Figura 4.19 Se observa el flujograma con cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

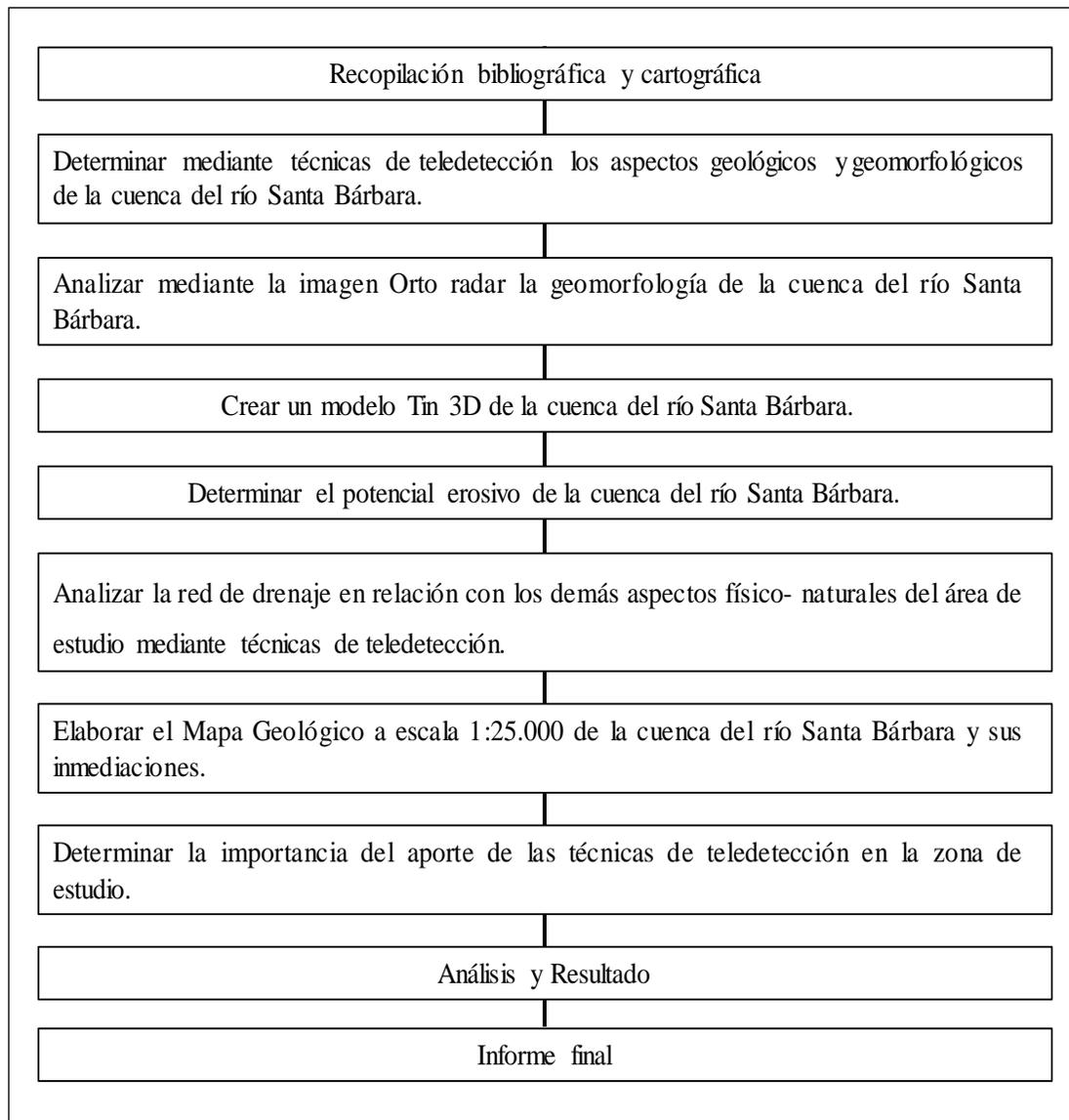


Figura 4.19 Flujograma de la metodología

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los análisis e interpretación de los resultados del estudio realizado en el río Santa Bárbara, que tiene como objetivo Interpretar geológica – geomorfológica mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco, estado Bolívar.

5.1 Determinación mediante técnicas de teledetección de los aspectos geológicos y geomorfológicos de la cuenca del río Santa Bárbara

Mediante las técnicas de teledetección se describen los siguientes aspectos geológicos y geomorfológico de la cuenca en estudio. El medio físico de Ciudad Bolívar comprende tres situaciones distintas:

Hay un basamento de rocas Precámbrico inferior, perteneciente al complejode Imataca, conformado por rocas ígneo-metamórficas (gneises, cuarcitas, etc.), las cuales afloran a modo de pequeñas lomas o colinas, como es el caso de la que sirve de asiento al Caco Histórico de la ciudad.

Sobre dicho basamento cristalino yace discordante una formación sedimentaria del Plio-Pleistoceno (2 millones de años), mejor conocido como Formación Mesa, constituida en su mayor parte por materiales no consolidados como: gravas, arenas, limos, arcillas y por algunos estratos de materiales consolidados como areniscas y costras ferruginosas.

Hacia las riberas del río Orinoco se han depositado materiales a lo largo del Holoceno (11 mil años), dando lugar a llanuras inundables, las que presentan en muchos casos depresiones pantanosas o lagunas. En épocas de estiaje, sobre el cauce

del río Orinoco se pueden apreciar extensas barras de arena, materiales que son removidos en la etapa de crecidas que se aproxima.

En las orillas de otros ríos más pequeños como: San Rafael, Buena Vista, Marhuanta, entre otros, también se acumulan aluviones recientes, y de igual manera, hacia la base de las laderas más inclinadas (reborde de mesas, pie de los escarpes) se depositan mantos de coluviones (Figura 5.1).



Figura 5.1 Ciudad Bolívar estado Bolívar Venezuela (Imagen SASPlanet, 2020)

La zona en estudio corresponde mayormente a los sedimentos de la formación Mesa, a la que se le atribuye una edad Plio-pleistocénica, aunque no se sabe a ciencia cierta cuál es el espesor que se formó a finales del terciario (Plioceno) y a partir de que estrato se comenzó a depositar lo correspondiente al Cuaternario (Pleistoceno) (Figura 5.2 y Anexo 3/3).

2. Miembro inferior, con arenas, limos y arcillas de origen fluvial y fluvio- deltaico lacustre. Considerando las altitudes de la zona de estudio (cuenca del rio Santa Bárbara), se estima que en esta localidad la formación Mesa posee un espesormáximo cercano a los 80 metros.

Las capas superiores han sido las más ampliamente estudiadas desde un punto de vista sedimentológico y de sus propiedades físicas; así, Funes (1996) en una perforación de 10 m de profundidad realizada en El Mirador (lugar cercano a la zona en estudio), determinaron para los primeros 7 m una litología de arenas arcillosas de color amarillento, de consistencia floja a media; con un contenido de 83%, de arena, 16% de finos y 1% de grava. Entre los 8 y 9 m de profundidad, los materiales cambiaron a una arena limosa pobremente gradada, color amarillento rojizo, de consistencia media, con un 87% de arena, 10% de finos y 3% de grava. En el fondo de esta perforación, entre 9 y 10 m, la consistencia resulto ser densa. El autor indica que los suelos de la zona poseen ángulos de fricción interna de 30° y 43°.

El resultado obtenido por técnicas de teledetección en este estudio verifica esta información de la cuenca del rio Santa Bárbara se representan dos unidades del Plio-Pleistoceno; miembro superior, el cual comprende: gravas y arenas y un miembro inferior, con arenas, limos y arcillas de origen fluvial y fluvio-deltaico lacustre (Anexo 3/3).

5.1.1 Suelos del área de estudio

En la zona de estudio existen tres órdenes de suelos: Entisoles, Inceptisoles y Ultisoles. Los tres tipos pueden encontrarse en cualesquiera de las formas del terreno existentes en la zona, a excepto de los Inceptisoles que suelen presentarse en los mantos coluvio-aluviales; es decir, al pie de los bordes de mesa, al contacto con las vegas. Por lo general, los Entisoles de la zona son profundos (hasta 150 cm); poseen

un horizonte A con 5-50 cm de espesor, de colores variables: marrón grisáceo muy oscuro, marrón fuerte, marrón amarillento, entre otros. Las texturas predominantes son: arenosa, franco-arenosa y franco-arcillosa; ocasionalmente presenta grava o fragmentos gruesos (Figura 5.3 y 5.4). No presenta estructura pedogenética (grano simple) en algunos casos es blocosa subangular con débil desarrollo.

Horizonte C es de colores más claros: marrón amarillento, amarillo marronzco, gris, y marrón pálido. Este horizonte más profundo posee texturas: arenosa, areno-francosa y en menor grado arcillo-arenosa. La permeabilidad es rápida, con una baja capacidad de retención de humedad aprovechable. Generalmente son suelos bien drenados a excepto de los ubicados en las vegas.

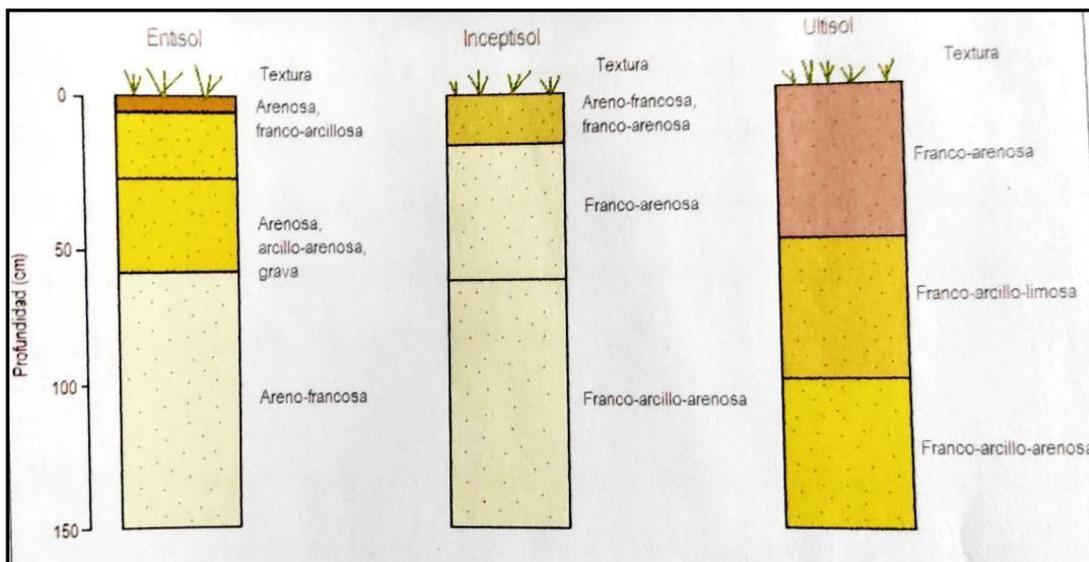


Figura 5.3 Perfiles esquemáticos de tres órdenes de suelos presentes en la cuenca del río Santa Bárbara, Ciudad Bolívar (CVG-TECMIN, 1992).



Figura 5.4 Suelos de la cuenca alta del río Santa Bárbara Ciudad Bolívar

El área de estudio cuenca del río Santa Bárbara en las imágenes tomas del SASPlanet se observan suelos Entisoles de colores variables: marrón grisáceo muy oscuro, marrón fuerte, marrón amarillento. Las texturas predominantes son: arenosa, franco-arenosa y franco-arcillosa; ocasionalmente presenta grava o fragmentos gruesos. Figura 5.5.



Figura 5.5 Suelos Entisoles de colores variables: marrón grisáceo muy oscuro, marrón fuerte, marrón amarillento (Imagen SASPlanet, 2020).

5.1.2 Vegetación

La mayor parte de los estudios fitogeográficos coinciden en que la sabana es de tipo de vegetación predominante en la región de Ciudad Bolívar y sus alrededores. Cárdenas (1965) afirma que el factor limitante de su formación no es la temperatura, sino la sequía periódica, al igual que para las selvas tropófitas. Según Ewel (1976) las sabanas gramíneas del norte de Guayana están compuestas en su mayoría por *Trachypogon sp* (saeta o paja peluda). Debido a los incendios, las plantas arbóreas son escasas y únicamente pueden sobrevivir año tras año, las que tienen resistencia contra fuego como el chaparro, *Curatella americana*, el alcornoque, *Bowdichia virgilioides*, y el manteco, *Byrsonima crassifolia*.

Los bosques de galería que ocupan los bordes de los ríos son asociados edáficamente, humedades y fértiles, y poseen una flora relativamente rica; entre sus componentes, figuran: coco e mono, *Lecythis sp.*, el moriche, *Mauritia flexuosa*, el copaiba, *Copaifera officinalis*, el tintin, *Vochysia tintin*, etc. González,... (1997), en su estudio sobre los morichales, indica que en los paisajes de altiplanicies de los llanos orientales, los tipos de vegetación varían de acuerdo a los tipos de terreno: en las mesas; es decir, en las partes más altas la vegetación es de sabana inarbolada, conformada por gramíneas y hierbas; en los rebordes de dicha mesa predomina la sabana arbolada, donde hay una combinación de arbustos (chaparro) y hierbas; en el valle, en caso de haber sectores bien drenados o menos sujetos a la inundación permanente, la vegetación corresponde a bosques siempre verdes, conocidos también como bosques de galería (Figura 5.6 y 5.7).



Figura 5.6 Bosques de galería borde del río Santa Bárbara



Figura 5.7 Sabanas a los alrededores del río Santa Bárbara.

En el caso de haber sectores mal drenados (pantanosos), el exceso de humedad puede favorecer el establecimiento de comunidades de palmas como lo es el morichal, o, en su defecto puede haber pequeñas depresiones donde el exceso de agua conlleva al desarrollo de especies hidrófitas, como los lirios u otras hierbas. Las imágenes obtenidas del SASPlanet se puede apreciar diferentes áreas con abundantes

zonas arboladas y cubiertas totalmente por la vegetación y otras zonas más despejadas con suelos desnudos (Figuras 5.8 y 5.9).

En la figura 5.8 se observa la abundante vegetación al borde del río Santa Bárbara, la imagen fue adquirida mediante el software SASPlanet, 2020, para ese momento se aprecia con colores verde intenso la densa vegetación presente en la cuenca baja del área de estudio.



Figura 5.8 Vegetación presente en la cuenca baja del río Santa Bárbara intersecciona al río Buena Ventura (SASPlanet, 2020).



Figura 5.9 Cuenta alta del río Santa Bárbara, existe una escasa presencia de Vegetación por lo que se observan suelos desnudos (SASPlanet, 2020).

En las mesetas de la zona de estudio, la intervención antrópica ha creado modificaciones importantes en el medio vegetal; la deforestación, por ejemplo, tras las quemas o limpiezas de terreno origina cubiertas de vegetación sucesionales. El matorral es un tipo de vegetación secundaria como producto de las actividades humanas. Las distintas especies de maleza, el mastranto, *Hyptis suaveolens*, y los mismos árboles de mango, *Mangifera indica*, son plantas de amplia difusión. El consumo del fruto del mango por parte del hombre y animales facilita su reproducción, lo que en consecuencia lo hace muy común en los jardines o patios de las viviendas. La remoción del suelo para construcción de infraestructura (viviendas, calles, etc.) dificulta de forma considerable la generación de las plantas, tal como se observa en los amplios terrenos desmontados en las cabeceras del río Santa Bárbara.

5.2 Análisis mediante la imagen Orto radar la geomorfología de la cuenca del río Santa Bárbara

5.2.1 Evolución del relieve

Lo más probable es que la mayor parte de los sedimentos de la Formación Mesa fue acumulada durante las glaciaciones del Pleistoceno, cuando el clima global del planeta acusó una disminución de la temperatura media, la cual se estima en 10°C menos que la del presente. Esto se combinaba con una escasez de precipitación y, a su vez, con una cubierta de vegetación pobre, lo cual favorecía la erosión intensa en las vertientes, tanto del sistema montañoso costero, así como las del norte de la región Guayana. Los potentes rellenos sedimentarios que constituyen los relieves de terrazas aluviales en los Andes, comprobadas sus edades con el método de carbono 14 (Schubert y Valastro, 1980), pueden ser contemporáneos con los de la formación Mesa.

Al detenerse la intensa sedimentación y restablecerse las condiciones de clima cálido y húmedo, se produjo un levantamiento gradual en la región norte del Escudo Guayanés, lo cual hizo que los ríos socavaran verticalmente los materiales por donde ellos discurrían. Era posible que el mismo río Orinoco discurriera sobre el tope del relleno sedimentario del Pleistoceno, a diferencia del presente, cuando discurre sobre las rocas del basamento ígneo-metamórfico precámbrico.

La topografía de la ciudad presenta ciertos escalonamientos como reflejo de un levantamiento regional no sostenido; es decir, que en determinados momentos había pausas durante las cuales el cauce del Orinoco divagaba y creaba niveles intermedios. La tendencia de esta evolución es que el relleno sedimentario de la Formación Mesa desaparezca y vuelvan otra vez a la superficie los relieves sepultados, tal como ya ha comenzado a suceder con las lomas del Casco Histórico. A

este fenómeno se le conoce como exhumación del relieve (Thornbury, W. 1969).

Para el caso de la zona en estudio, la situación es similar, donde la mesa posee altitudes entre 69 y 132 m. la diferencia de altitudes entre la vega del río Santa Bárbara y la mesa circundante varía entre 15 y 20 m ...la superficie de la mesa en las partes más elevadas es plana a ligeramente inclinada, pero a medida que se avanza hacia el norte las pendientes se hacen mayores. Es posible que esto se deba a que se trata de superficies lo suficientemente antiguas que han sido modificadas por la incesante acción de los agentes externos, principalmente por las aguas de lluvia y escorrentía, aunado esto a la existencia de materiales no consolidados, más fáciles de remover por dichos agentes. Esta transformación también puede notarse a partir del aspecto ligeramente ondulado de la avenida Perimetral (Figuras 5.11 y 5.10).



Figura 5.10 Mesa circundante y Vega del río Santa Bárbara.

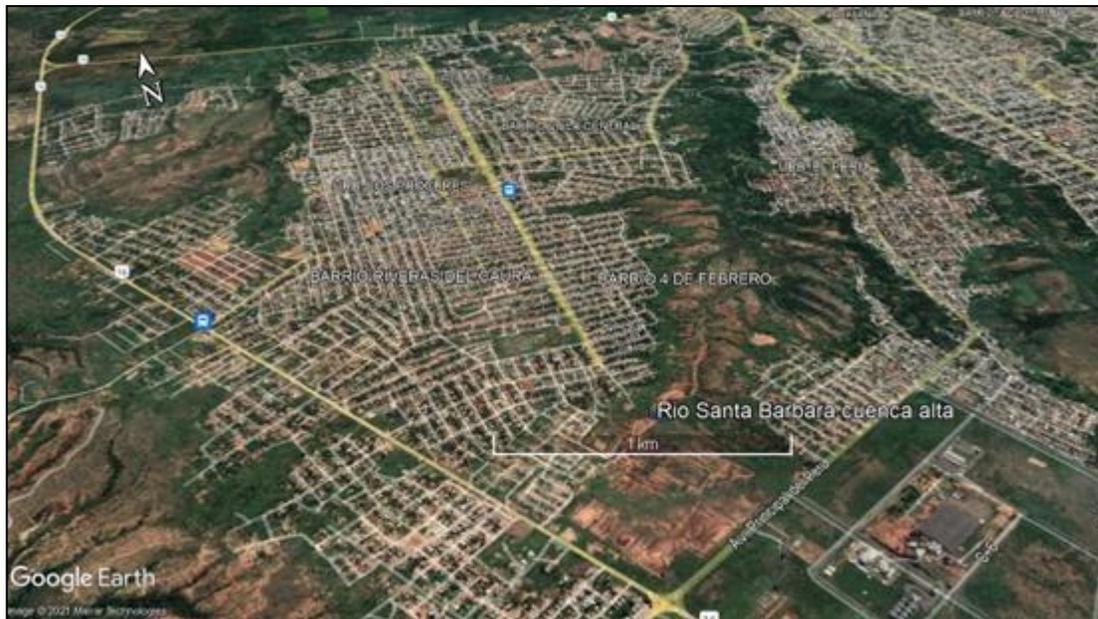


Figura 5.11 Rio Santa Bárbara cuenca alta y sus alrededores (Google Earth, 2020)

5.2.2 Modelo Tin 3d cuenca Santa Bárbara

Las redes irregulares de triángulos (TIN) son un medio digital para representar la morfología de la superficie. Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos). Los vértices están conectados con una serie de aristas para formar una red de triángulos.

El área de estudio río Santa Bárbara se aplicó un modelo Tin 3D mediante el software ArcGis es compatible con el método de triangulación de Delauna. Este modelo permite observar las elevaciones presentes y la identificación de geomorfología del área de estudio como: terraceo con elevaciones de 118,22 m, mesas de 93,311 m-68,402 m, vegas en el cauce de río (Figura 5.12).

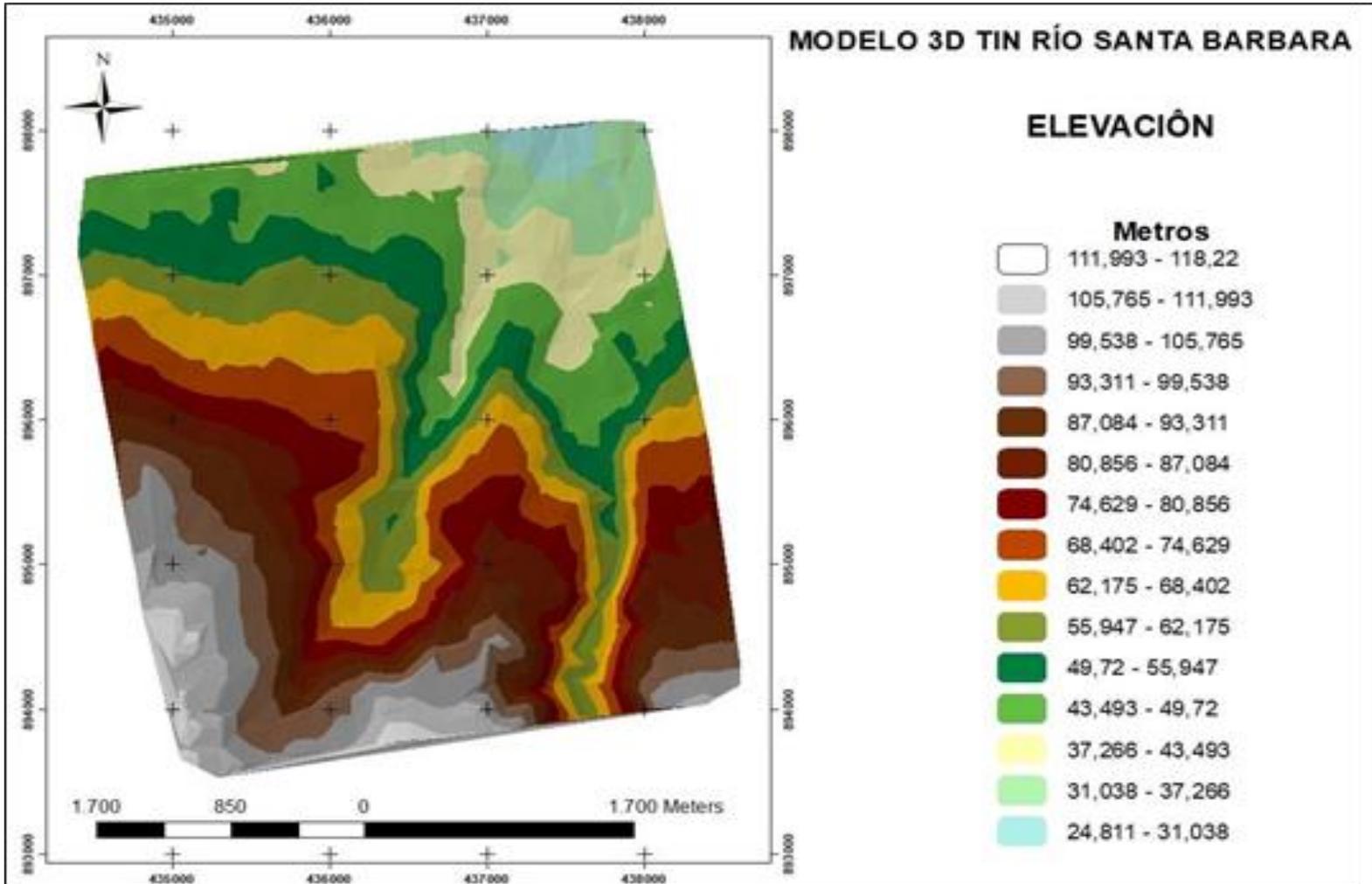


Figura 5.12 Modelo Tin 3D río Santa Bárbara

5.2.3 Descripción de las unidades geomorfológicas

5.3.2.1 Unidad SB1 (Santa Bárbara 1)

Es un relieve de mesa con pendientes generales de 0-2%, con un perfil plano a ligeramente inclinado. La erosión es laminar de ligera intensidad, con surcos localizados, lo que se asocia a una cobertura de vegetación herbácea primaria, así como a cubiertas de matorrales, que son formas de vegetación secundaria constituidas por malezas altas como el mastranto, comunes en el sector sur, en las cercanías de la fábrica de tractores. Otra de las razones que explican el tipo de erosión o minimiza la pérdida de materiales en las áreas urbanas consolidadas, como sucede en el Sector 5 de la urbanización El Perú, borde Este de la zona de estudio. (Anexo 1/3).

5.3.2.2 Unidad SB2 (Santa Bárbara 2)

Relieve de mesa, topográficamente similar al anterior (Figura 5.13 y Anexo 1/3). La diferencia más elemental radica en la erosión laminar de intensidad moderada, lo cual se asocia a un uso urbano no consolidado; es decir que, en general, la superficie no ha sido lo suficientemente afectada por la impermeabilización mediante el asfaltado de las calles, pero si existe una gran sobre población donde se han construido muchas viviendas.

5.3.2.3 Unidad SB3 (Santa Bárbara 3)

Relieve de mesa morfológicamente similar a los anteriores; solo que en este caso la erosión laminar es de mayor intensidad. Corresponde a áreas donde ha habido importantes movimientos de tierra por parte del hombre. El antiguo terracedo de las cabeceras de la cuenca del río Santa Bárbara es la parte más extensa de esta unidad, dado que abarca aproximadamente 42 ha (9% del área total). (Figura 5.14).



Figura 5.14 Mosaico de imágenes satelitales de la cuenca del río Santa Bárbara, municipio Angostura del Orinoco.

En este terreno desmontado se presentan escarpes artificiales de 2 m de desnivel. Con pendientes superiores al 100%. La superficie está afectada por otros procesos como la erosión en surcos y en cárcavas, las que progresivamente se han encargado de ir reduciendo la topografía plana (terrazas artificiales) construida a través de maquinarias pesada en el año 1991. Las áreas bajo esta situación no poseen

vegetación, y en caso de presentarla, consiste de hierbas muy localizadas o distribuidas de forma muy dispersa. Muchas áreas exhiben un endurecimiento de la capa más superficial, tras la deshidratación de los óxidos de hierro (laterización), lo que incrementa la producción de aguas de escorrentía. Estas capas acorazadas son rojizas y presentan complejas redes de fracturas.

5.2.1.1 Unidad RM1 (Relieve de Mesa 1)

Relieve de reborde de mesa. Consta de superficie inclinadas que se extienden desde la línea de contacto con las mesas hasta las vegas (Anexo 1/3). Son el resultado de la progresiva remoción de materiales ocasionada por la incisión fluvial y por los procesos denudativos modeladores de las vertientes. El perfil del micro-relieve puede variar entre rectilíneo e irregular. El cambio de pendiente entre la mesa y el reborde es, en muchos casos, abrupto, presentándose escarpes entre 1-4 m de altura, a manera de paredes con inclinaciones próximas a la vertical.

No obstante, estas barreras naturales, las pendientes predominantes varían entre 3-8%. La superficie está sujeta a una erosión laminar de moderada intensidad, debido principalmente a la protección parcial de la vegetación de sabana arbustiva. Se presentan además surcos y cárcavas en aquellos lugares donde es vertida el agua de escorrentía proveniente de las mesas. Los escarpes se mantienen estables siempre y cuando no se haya eliminado la capa vegetal y no se hayan colocado sobre ellos desagües tanto de aguas superficiales como servidas. Por lo general, estas formas de terreno permanecen estables, aunque en ciertas localidades sirven de asiento a algunas viviendas (Sector 5, El Perú), siendo algunas de ellas afectadas por la reptación del suelo.

5.3.2.4 Unidad RM2 (Relieve de Mesa 2)

Es un reborde de mesa de distribución dispersa y de poca extensión, que posee en general las mismas características descritas en la unidad anterior. La diferencia fundamental radica en los procesos erosivos, ya que se trata de zonas deforestada, lo que se asocia a una erosión laminar intensa, susceptibles de generar otras formas de erosión más severas como los surcos y las cárcavas. (Anexo 1/3)

5.3.2.5 Unidad V1 (Vega 1)

Relieve de vega, denominado también “vallecito” (CVG-TECMIN, 1992); consiste de franjas alargadas a través de las cuales se encauza la escorrentía (Anexo 1/3). Reciben aportes coluviales desde los rebordes de mesa y también sedimentos aluviales depositados por los cuerpos de agua durante las crecientes. Son fácilmente reconocibles en las imágenes satelitales e imágenes de radar, ya que forman bandas de vegetación abundante, como son los bosques de galería, cuyas plantas se surten del agua freática durante la sequía. Las vegas más anchas, como la del río Santa Bárbara, con una amplitud promedio de unos 100 m, conservan el flujo de agua a lo largo del año, gracias a su posición más baja. Es de acotar que el régimen hídrico de este río se ha visto afectado por las actividades humanas, ya que las aguas servidas hacen que se aumenten los caudales por encima de los valores normales; por otra parte, el alto contenido de materia orgánica de las aguas servidas crea desequilibrios en el medio biológico a lo largo de la vega, reproduciéndose de manera anormal algunas plantas que hasta cierto punto amortiguan los efectos nocivos de la erosión.

5.3.2.6 Unidad V2 (Vega 2)

En este caso se trata del fondo de las cárcavas más amplias que forman las cabeceras del río Santa Bárbara. A diferencia de la unidad antes descrita. Estas vegas carecen de vegetación boscosa. Parte de ellas poseen un perfil en forma de cajón; es

decir, que transversalmente exhiben un fondo relativamente plano bordeado por escarpes abruptos que pueden medir 2-5 m de altura. Estas paredes poseen numerosos surcos y son objeto de frecuentes desplomes. La parte plana superior a los escarpes suele agrietarse a causa de las fuerzas de cizalla que atraen hacia abajo las masas de tierra., situación que favorece los movimientos de masas, particularmente en los periodos lluviosos. En consecuencia, en el fondo de las paredes suelen formarse taludes o conos de detritos, los cuales son susceptibles de ser removidos por las aguas que se encauzan por las vegas durante las lluvias (Figura 5.15). (Anexo 1/3).



Figura 5.15 Fondo de las cárcavas más amplias que forman las cabeceras del río Santa Bárbara

5.4 Determinación el potencial erosivo de la cuenca del río Santa Bárbara

De acuerdo a la evaluación de la degradación de los suelos mediante el método FAO, y utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo, la cuenca del río Santa Bárbara produce un aproximado de 5.968.110 tn/año de sedimentos, pero al considerarse una densidad del suelo de 2 gr/cm² y un área total de 6.312.500 m², el rebajamiento o pérdida de materiales superficiales da como resultado un espesor de aproximadamente 47,27 cm/año, un valor un tanto elevado que implicaría que en cosa de unas pocas décadas sean eliminados los relieves de mesas que sirven de asiento a la mayor parte de Ciudad Bolívar.

5.4.1 El crecimiento de las cárcavas

Se observa muy claramente que el crecimiento de los barrancos en las últimas décadas se debe a la expansión urbana hay esencialmente dos cabeceras de crecimiento rápido: La primera corresponde a la cárcava del barrio 4 de Febrero en la prolongación de la calle 4; y el segundo se localiza en el terraceo abandonado, cercano a la avenida Perimetral, que posee una forma ramificada Este último sistema de cárcavas presenta algunas cabeceras estables, como lo es la que culmina en el desagüe de la zona industrial, justo al lado de la vía. Existen otras cabeceras relativamente estables de potencial amenaza, ubicada muy próximas a zonas residenciales o al lado de las vías. (Figuras 5.16, 5.17 y 5.18)



Figura 5.16 Crecimiento de barrancos y expansión urbana del área de estudio río Santa

Bárbara (Google Earth, 2020).



Figura 5.17 Crecimiento de barrancos barrio 4 de Febrero en la cabecera del río Santa Bárbara (Google Earth, 2020)



Figura 5.18 Barrancos formados en el terraceo abandonado cercano a la avenida Perimetral (Google Earth, 2021).

El terraceo o desmonte abandonado ubicado en las cercanías de la avenida Perimetral, ha favorecido el crecimiento exagerado de varios ramales de barrancos. El problema aquí se debe fundamentalmente a la deforestación y a la eliminación de las capas edáficas: al removerse la vegetación, aunque se trate de hierbas y arbustos aislados, se disminuye la infiltración y se aumenta la escorrentía; pues la superficie ofrecerá menos resistencia ante el desplazamiento del agua, y a medida que el flujo avanza vertiente abajo, ganara más volumen y velocidad; de allí su alto poder erosivo. Por otra parte, una vez que las capas edáficas (capas superficiales) son eliminadas, la capacidad de germinación de las plantas se anula o se restringe; puesto que dichas capas so una mezcla de componentes orgánicos como raíces, microfauna, semillas y elementos nutritivos que permiten la supervivencia de las plantas.

Otra particularidad que favorece la generación de aguas de escorrentía sobre la zona desmontada, es el hecho de que la relativa abundancia de óxidos de hierro,

tras ser lixiviados, pasan a ocupar los intersticios de las arenas, y hacen las veces de un cemento que da lugar a costras ferruginosas, más dura y menos permeables que la arena suelta.

Se estima que, en la actualidad, las cárcavas captan en conjunto un caudal máximo de $2,60 \text{ m}^2 / \text{seg}$, a pesar de que se trata de un área menor; con un tiempo de concentración de 18 minutos y 31 seg. La cárcava ubicada al lado de la Av. Principal del Perú la causa principal que ha contribuido en su formación, es que en la cabecera actual (al lado de la vía) son vertidas las aguas provenientes de las fabricas antiguas. El crecimiento se detuvo gracias al tratamiento que se llevó a cabo en la boca de la tubería, el cual consiste en unas estructuras de cemento escalonadas. Sin embargo, el agua que discurre por la carretera durante las lluvias, se está encargando de socavar peligrosamente hacia uno de los lados de la estructura de control. El caudal máximo que se capta por parte de las lluvias en este barranco es de $2,36 \text{ m}^3 / \text{seg}$, con un tiempo de concentración de 12 minutos y 58 seg. (Figura 5.18 y 5.19).



Figura 5.19 Cárcava ubicada al lado de la Avenida. Principal del Perú (Google Earth,2020)

5.5 Análisis de la red de drenaje en relación con los demás aspectos físico naturales del área de estudio mediante técnicas de teledetección

La hidrología de una región está determinada tanto por sus patrones de clima como por la topografía, la geología y la vegetación. También a medida que la civilización progresa, las actividades humanas invaden gradualmente el medio ambiente natural del agua, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico e iniciando nuevos procesos y eventos. El carácter hidrológico de una cuenca contribuye considerablemente a formar sus características físicas e hidrológicas y se deben a un gran número de factores. El área de estudio cuenca del río Santa Bárbara se ve afectado por el alto crecimiento de la población y la deforestación.

La cuenca hidrográfica del río Santa Bárbara posee un sistema de drenaje dendrítico, drena sus aguas que desembocan en el río Buena Vista de la comunidad el Perú, y este desemboca directamente en el cauce del río Orinoco, posee una divisoria de cuenca que abarca un área aproximada de 615 ha y limita con la divisoria de cuenca del río Buena vista.

Entre los factores que inciden en los procesos que dan lugar a la morfología del río Santa Bárbara se mencionara la hidrología.

5.5.1 Hidrología del río Santa Bárbara

En el área de estudio, el eje de drenaje del río Santa Bárbara, con aproximadamente 2,76 km de longitud, es el principal colector hídrico; su afluente más largo, con 1,37 km, drena por el flanco oeste de la urbanización El Perú. El cauce del río Santa Bárbara posee una pendiente media de aproximadamente 16,66 m/km y una orientación general hacia el NNE. Una parte de sus afluentes desembocan en dicho cauce formando ángulos agudos, aunque hay otros que lo hacen en ángulos

rectos, a consecuencia de la orientación de las vertientes. La mayor parte del sistema de canales en la zona de estudio se concentra en una depresión que abarca aproximadamente un tercio del área total. Para el caso de estas vertientes, el patrón de drenaje es dendrítico de mediana densidad, como respuesta a los materiales geológicos de igual resistencia ante el ataque de los agentes externos, en estas circunstancias: sedimentos no consolidados.

5.5.2 Morfología del río Santa Bárbara

Estudios de diferentes tipos de ríos y sistemas fluviales han demostrado que la geometría de los canales fluviales se organiza según tres tipos morfológicos, en función de la sinuosidad del canal, y del número de canales activos simultáneamente (Schumm, 1977). Estos tres tipos son: Canales rectilíneos, Canales trenzados y Canales meandriiformes.

Rectilíneo: Estas corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja, son muy inestables, tendiendo a evolucionar a otros tipos de río, salvo cuando corren siguiendo una falla geológica. Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva (Schumm 1977). En río Santa Bárbara presenta una morfología de tipo rectilíneo, en épocas de crecida aumenta su caudal y su capacidad erosiva.

Meándrico: Este tipo de río tiene sinuosidad alta, su característica principal es la unidad geométrica llamada meandro, curva completa sobre el canal, compuesto por dos arcos sucesivos. las corrientes fluviales meandriiformes combinan un carácter erosivo (generalmente, en la parte cóncava de la curva o meandro) y sedimentario (en la orilla convexa), (Schumm 1977). El río Santa Bárbara en la zona de desembocadura del río EN EL RÍO----- presenta una morfología meandriiforme, se observan la formación de meandros en las zonas correspondientes a la llanura de inundación.

5.6 Elaboración del mapa geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Santa Bárbara

La elaboración del mapa geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Santa Bárbara, se realizó mediante el programa asistido por computador ArcMap ArcGis 10.8, donde se procesó y se interpretó toda la información suministrada por las imágenes satelitales e imágenes de orto radar del área de estudio.

Mediante los raster reflejados por el orto radar se determinó la geomorfología del área de estudio característico de relieve de mesa, vega y acelerados procesos erosivos que han formado cárcavas ramificadas en toda el área de estudio. La determinación de las curvas de nivel se procesó mediante el topo/raster con intervalos de 10 metros, obtenidas del Global Mapper V20, obteniendo una superficie 3D del área de estudio río Santa Bárbara.

La geología del área de estudio se obtuvo mediante la base de datos de Geología de Venezuela Regven Z20N, es exportada al ArcMap ArcGis 10.8 y se ubica por códigos, formación, símbolo, color y textura de la geología presente en el área de estudio.

- a) El área de estudio se identificaron dos litologías:
- b) Sedimentos Recientes: Arenas de grano grueso a finos, conglomerados

Formación Mesa: Arenas de grano grueso a medio.

Estas litologías pertenecientes al Periodo Cuaternario, época Pleistoceno a la que pertenece la Formación Mesa, y al Holoceno o correspondiente a los sedimentos

recientes (Figura 5.20 y Anexo 1/3).

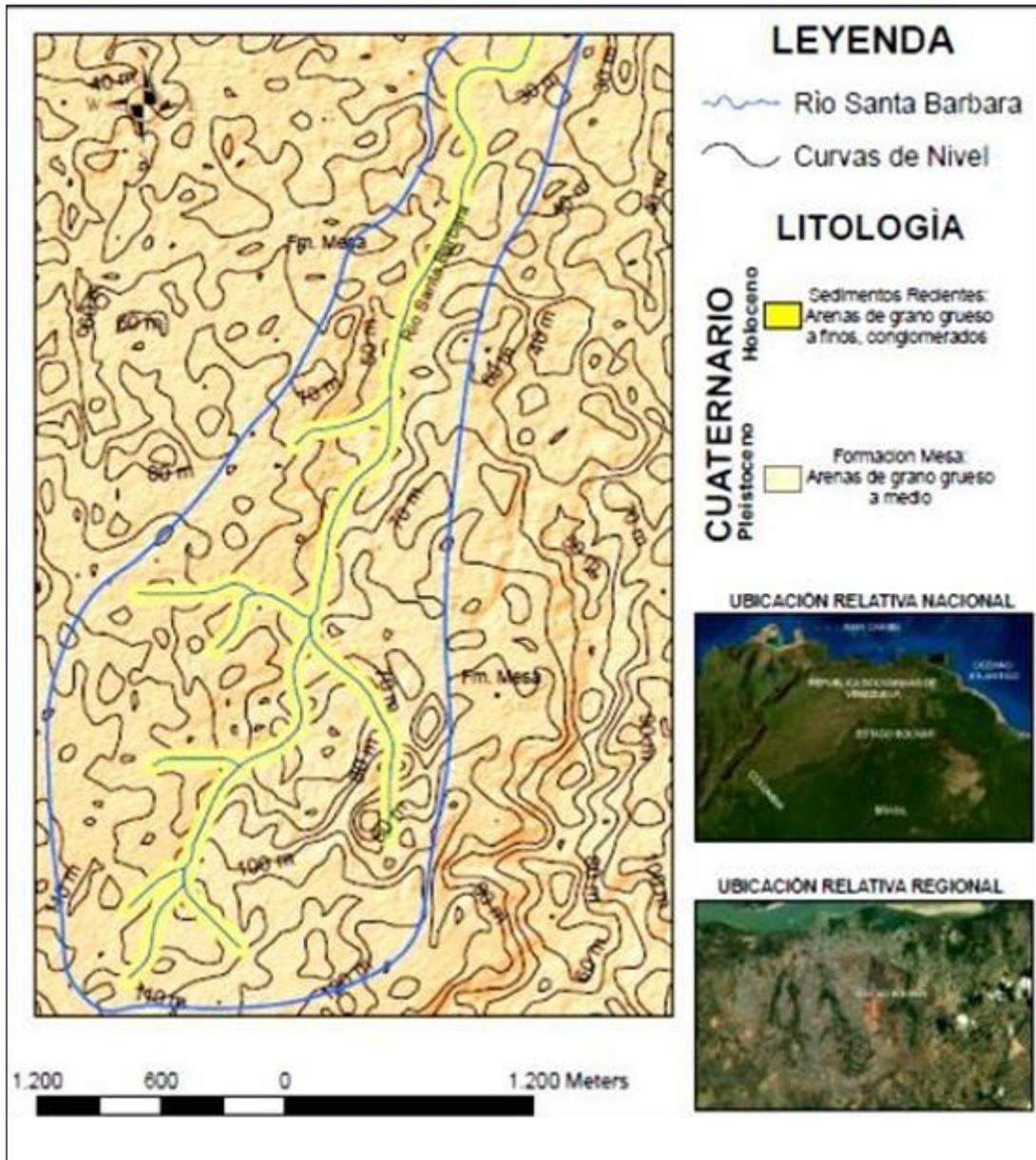


Figura 5.20 Mapa Geológico a escala 1:25.000 de la cuenca del río Santa Bárbara.

5.7 Determinación de la importancia del aporte de las técnicas de teledetección en la zona de estudio cuenca del río Santa Bárbara

La Ley Orgánica del Ambiente, Gaceta Oficial N° 31.004 del 16 de Junio de 1976, en su Artículo 3, sostiene que el aprovechamiento sustentable es la “utilización de los recursos naturales bajo modalidades técnicas, sociales y económicamente eficientes, garantizando su condición y permanencia”. De acuerdo a este principio, es necesario sugerir cada una de las unidades geológicamente estudiadas.

5.7.1 Unidad SB1 (Santa Bárbara 1)

Se prevé una progresiva ocupación de las zonas baldías hacia el sur de la urbanización El Perú. Esto podría agravar la actividad de la cárcava ubicada en esta área y podría generar nuevas ramificaciones desde el contacto entre la mesa y el reborde, sobre todo cuando se decida colocar asfalto y cemento sobre vías de acceso. La forma más decisiva que pudiera evitar el avance intensivo o el origen de nuevas cárcavas en tal sector es deteniendo las invasiones de terrenos. En las condiciones actuales, los terrenos baldíos se mantienen estables, aunque podrían llevarse a cabo algunos ajustes que pudieran asegurar o reforzar dicha estabilidad; mediante la incorporación de especies vegetales autóctonas se mejoraría el grado de cobertura en aquellas áreas que así lo requieran; arbustos como chaparros.

En la urbanización El Perú se construyeron viviendas muy cercanas a los barrancos; pese a que estos taludes son relativamente estables o de muy baja actividad, no dejan de significar un riesgo a la permanencia de las estructuras.

5.7.2 Unidad SB2 (Santa Bárbara 2)

Una manera de frenar la erosión hídrica en las calles de tierra es promoviendo la siembra de grama al frente de las viviendas (barrios 4 de Febrero y Villa Bolivia); una cubierta de césped sirve también para controlar la erosión eólica y la consiguiente remoción de polvo durante la época de sequía, lo cual genera molestias en las viviendas y es causa de problema de salud en las personas. Las comunidades de esta área urbana aun no consolidadas, deberán organizarse y planificar adecuadamente el futuro de su entorno físico, con el fin de prevenir las experiencias negativas por las que han atravesado otras comunidades de la ciudad. Como son la cárcava de Brisas del Este, Sector 2, acuso un crecimiento acelerado de 170 m en 3 años, a partir de que se asfaltaron las vías en 1987 (Torrealba y Pérez, 1990), lo que produjo colapsos de viviendas, aceras, calles y los mismos canales disipadores que intentaban frenar la erosión. Considérese inclusive que Brisas del Este está justo al lado de la zona en estudio, lo que significa que ambos sectores tienen en común una serie de características físicas.

5.7.3 Unidad SB3 (Santa Bárbara 3)

Esta es una de las unidades más críticas desde el punto de vista ambiental, ya que envuelve varios problemas al mismo tiempo como son: deterioro de la estética del paisaje, disminución de hábitats de plantas y animales, contaminación con desechos sólidos, erosión laminar intensa y producción de polvo en época de sequía. Rescatar los terrenos del terraceo abandonado puede resultar una tarea costosa dada su extensión de cerca de 42 ha. En la actualidad estos espacios no han sido invadidos por que se trata de terrenos topográficamente irregulares (escarpes artificiales, surcos, cárcavas) que hacen las veces de un gigantesco e improvisado botadero de basura. Podría aprovecharse esta percepción de las personas con el fin de recuperar la zona mediante la preparación del suelo (fertilización) y la incorporación de especies

autóctonas propias de las sabanas arbustivas.

5.7.4 Unidad M1 (Mesa 1)

Los rebordes de mesa de este tipo deben ser destinados a la protección integral del ambiente. A causa de que se trata de terrenos inclinados, la ocupación humana en esta unidad es muy localizada. Desde el punto de vista de los procesos geomorfológicos, las viviendas en estos relieves suelen ser afectadas por la reptación, por lo cual debe hacerse un estudio minucioso revisando casa por casa con el fin de medir la intensidad de los daños ocasionados. Comprender los factores que favorecen el comportamiento de la reptación es importante como para comparar con otras áreas. Es posible que dicho proceso sea en ciertos casos incontrolable, dadas las características físicas de los suelos, y no haya otra vía más distinta que la del desalojo y reubicación de familias.

5.7.5 Unidad M2 (Mesa 2)

Esta unidad de reborde de mesa amerita, a diferencia de la anterior, de prácticas para el control erosivo, ya que se trata de áreas deforestadas muy susceptibles a la pérdida de materiales superficiales. La manera más obvia y económica es la reforestación, preferiblemente con especies autóctonas, con el fin de no crear contrastes en la fisonomía del paisaje. De por sí, el contraste ya está presente cuando se observan zonas completamente desnudas al lado de otras recubiertas por sabana arbustiva. El método más práctico de reforestación en vertientes inclinadas consiste en sembrar a lo largo de surcos que siguen las líneas de igual altitud (curvas de nivel). Las barreras vegetales introducidas se encargan de aminorar tanto la velocidad de la escorrentía como su poder de socavación. Hay gramíneas locales de rápido crecimiento y propagación como lo es el *Trachypogon*; especies de gramíneas de origen foráneo como *Brachiaria* y *Vetiver*, de follaje y raíces intrincadas aseguran

de igual manera la estabilización de las vertientes.

5.7.6 Unidad V1 (Vega 1)

Las vegas son relieves o unidades ambientales que deben ser destinadas también a la conservación integral del ambiente. El cauce del río Santa Bárbara, tras la intensa intervención de sus cabeceras, fue afectado negativamente tras causar un ensanchamiento anormal aguas abajo; pero si se trata de controlar el exceso de escorrentía que se produce, paulatinamente, la vegetación de bosque de galería irá recuperando el espacio perdido a orillas del cauce. Es decir que las medidas de control que se apliquen en las unidades ubicadas aguas arriba, repercutirán positivamente en los ambientes localizados aguas abajo.

5.7.7 Unidad V2 (Vega 2)

El problema de estas vegas o fondos de barrancos radica en su incesante actividad. Cerca de las cabeceras, el cauce del río Santa Bárbara crece en tres dimensiones: longitudinal, transversal y verticalmente. Es necesario buscar las maneras de detener este crecimiento a través de modos económicamente efectivos; la idea es atacar el rápido crecimiento, sin omitir las medidas que deban aplicarse aguas arriba. La recuperación del terracedo abandonado debería ser la primera etapa de los trabajos, para de esa forma aminorar el embate de las próximas lluvias. Estas zanjas o barrancos poseen paredes cuya altura oscila entre 2-5 m. los primeros 300 m de longitud de estos barrancos podrían recortarse y rellenarse. Por lo demás, hay diversas técnicas de control de la erosión que combinadas pueden funcionar de manera eficiente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. La zona en estudio corresponde mayormente a los sedimentos de la Formación Mesa, a la que se le atribuye una edad Plio-pleistocénica, aunque no se sabe a ciencia cierta cuál es el espesor que se formó a finales del Terciario (Plioceno) y a partir de que estrato se comenzó a depositar lo correspondiente al Cuaternario (Pleistoceno).

De acuerdo a la investigación la cuenca del río Santa Bárbara se representan dos unidades del Plio-Pleistoceno:

Miembro Superior, el cual comprende: gravas y arenas con estratificación cruzadas.

Miembro inferior, con arenas, limos y arcillas de origen fluvial y fluvio-deltaico lacustre. Considerando las altitudes de la zona de estudio (cuenca del río Santa Bárbara), se estima que en esta localidad la formación Mesa posee un espesor máximo cercano a los 80 metros.

3. La zona en estudio posee altitudes entre 69 y 132 m. la diferencia de altitudes entre la vega del río Santa Bárbara y la mesa circundante varía entre 15 y 20 m. la superficie de la mesa en las partes más elevadas es plana a ligeramente inclinada, pero a medida que se avanza hacia el norte las pendientes se hacen mayores.

Se aplicó un modelo Tin 3D mediante el software ArcGis es compatible con el método de triangulación de Delauna. Este modelo permite observar las elevaciones

presentes y la identificación de geomorfología del área de estudio como: terraceo con

elevaciones de 118,22 m, mesas de 93,311 m-68,402 m, vegas en el cauce de río. Es un relieve de mesa con pendientes generales de 0-2%, con un perfil plano a ligeramente inclinado. Relieve de vega, denominado también “vallecito” (CVG-TECMIN, 1992); consiste de franjas alargadas a través de las cuales se encauza la escorrentía

1. De acuerdo a la evaluación de la degradación de los suelos mediante el método FAO, y utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo, la cuenca del río Santa Bárbara produce un aproximado de 5.968.110 tn/año de sedimentos, pero al considerarse una densidad del suelo de 2 gr/cm² y un área total de 6.312.500 m², el rebajamiento o pérdida de materiales superficiales da como resultado un espesor de aproximadamente 47,27 cm/año, un valor un tanto elevado que implicaría que en cosa de unas pocas décadas sean eliminados los relieves de mesas que sirven de asiento a la mayor parte de Ciudad Bolívar.

2. La cuenca hidrográfica del río Santa Bárbara posee un sistema de drenaje natural drena sus aguas que desembocan en el río Buena Vista de la comunidad del Perú, y este desemboca directamente en el cauce del río Orinoco, posee una divisoria de cuenca que abarca un área aproximada de 615 ha y limita con la divisoria de cuenca del río Buena vista.

Recomendaciones

1. Tomando como base la presente investigación y los principios elementales expresados en el marco legal vigente, se sugiere aplicar una serie de usos y practicas más que todo conservacionista, con el objeto de alcanzar la meta de una óptica calidad ambiental.

2. Realizar estudios geomorfológicos en otras áreas de Ciudad Bolívar aplicando teledetección espacial, lo que pudiera ser útil en la identificación de los problemas del medio físico que afronta la comunidad.

3. Realizar estudios geológicos hidrológicos aplicando teledetección espacial en otras cuencas y ríos de Ciudad Bolívar, aumentar la escala para estudios a un nivel mayor de detalle.

REFERENCIAS

Allen, J. (1975). **PRINCIPLES OF PHYSICAL SEDIMENTOLOGY**. Allen & Unwin. Londres.

Arias, F. (2006). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** (5ªed). Caracas: episteme.

Aguirre, C. y Palmer I. (1992). **DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS SAN RAFAEL, BUENA VISTA, CAÑAFÍSTOLA, OROCOPICHE Y MARHUANTA**. Trabajo de grado. U.D.O. núcleo Bolívar. escuela de geología y minas 1992.

ArcMap. (2016). **SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS**. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/mapprojections/geographic-coordinate-system.htm>

Barrios, F., Rivas, O., Cordoni, H., y - Knwashita, K. (1985). **CARACTERIZACIÓN GEOCRONOLÓGICA DEL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS. VENEZUELA**: Men. 1 Simposium Amazónico, Venezuela, Boletín de Geología, Publicación Especial N° 10, P.22-31.

Blanco, L., (1991). **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS, GEOHIDROLÓGICAS Y AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO CAÑAFISTOLA**. Trabajo de grado. U.D.O. núcleo Bolívar. escuela de geología y minas.

Calenworld. (2021). **HUSOS HORARIOS EUROPA**. Calenworld website. Recuperado de <https://es.calenworld.com/husos-horarios/europa>

Corporación Venezolana De Guayana-Técnica Minera (CVG-Tecmin), (2005). **“MANUAL DE DEFINICIONES DE PATRONES DE INTERPRETACIÓN DE UNIDADES LITOLÓGICAS”**. Este manual muestra las características de que presentan las distintas unidades litológicas en imágenes de radar.

Chuvieco. E. (1990). **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL**. Editorial rialp, p 449.

Corporación Venezolana De Guayana-Técnica Minera. S.A. (1991). **INFORME DE AVANCE DEL PROYECTO INVENTARIO RECURSOS NATURALES DE LA REGIÓN GUAYANA NC-20-15 Y NB-20-3**. Tomo I. Clima, geología, geomorfología, suelo y vegetación. gerencia de proyectos

especiales.

Proyecto

inventario de los recursos naturales de la región guayana, p 275.

Fernández, I., Herrero, E., (2001). **EL SATÉLITE LANDSAT: ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES OBTENIDAS DEL SENSOR ETM+ SATÉLITE LANDSAT**. Universidad de Valladolid, 2001. N.º de páginas 37 páginas.

Geodetic System (WGS) (1984) **ITS DEFINITION AND RELATIONSHIPS WITH LOCAL GEODETIC SYSTEMS (PDF, 3.62 MB)**. Anteriormente: TR8350.2: DoD World Geodetic System 1984 - Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html

Geosoluciones (2013) **GEOMATICA® RADAR SUITE DE PCI GEOMATICS**. Consultado en la web 18 de abril 2020. https://www.geosoluciones.cl/documentos/PCI-Geomatica/pdf/fichas tecnicas/Geomatica_2013_RADAR.pdf

González De Juana, C., J Iturralde De Arozena Y X. Picard (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Caracas, ediciones Foninves. Tomo I.

González De Juana, C., (1946), **ESTUDIOS SOBREAGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS LLANOS DE VENEZUELA, REV**. Fomento, Caracas, 8(64)

González, V. (2004) **INGENIERÍA GEOLÓGICA**. Pearson educación, (universidad complutense de Madrid), pp. 430-484.

Gutiérrez, E. y Pérez K. (2001). **CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO SANTA BÁRBARA – BUENA VISTA-RIO CAÑAFÍSTULA**. Trabajo de grado. U.D.O. núcleo Bolívar. Escuela de ~~geología~~ ^{geología} y minas 2001.

Lasselin y Darteyre (1991) **LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**. Instituto de investigaciones de recursos bilógicos Alexander Von Humboldt, Colombia. consultado en la web 20 de mayo 2020 www.saber.ula.ve

Ley Orgánica del Ambiente (1976). **ARTÍCULO 3º LA ORDENACIÓN TERRITORIAL**. Gaceta Oficial N° 31.004 del 16 de Junio de 1976.

Llopis, J., (2008) **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADOS A LA GESTIÓN DEL TERRITORIO**. Alicante: Editorial Club Universitario, 2006. 310 p.

Mendoza, V., (2000). **“EVALUACIÓN GEOTECTÓNICA DEL ESCUDO DE GUAYANA”**. Puerto Ordaz. Venezuela.

Miraglia, M., Rivarola M., Natale, D., (2007). **MANUAL DEL USUARIO**. Adaptación para el aprendizaje independiente de principiantes en Erdas Imagine © (Versión 1.1). Universidad Nacional de General Sarmiento. Consultado en la web 23 de marzo de 2019. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/otros/20210719043504/Adaptacionaprendizaje2007.pdf>

Morles, V. (1994). **PLANEAMIENTO Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN**. (8ª ed.) Caracas: El dorado.

National Aeronautics and Space Administration (2013) **IMAGEN DE MARACAIBO DEL SATÉLITE LANDSAT 7**. Adquirida el 1 de noviembre, 2002. Consultado en la web 20 de abril 2020. <https://www.nasa.gov/aeroresearch/resources/design-competitions/sae-guidelines/>

Perfetti, J. N. (1978) **YACIMIENTO DE BAUXITA DEL CERRO EL CHORRO INMEDIACIONES DE UPATA, ESTADO BOLÍVAR**. Ministerio de minas e hidrocarburos. Boletín de geología.

Sabino, C. (2000). **INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN**. Editorial Iarensis, Caracas, pp. 20-31.

Sampieri, R., (1997). **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**. México. Mc Graw Hill.

Schumm S.A. (1977) **MORFOLOGÍA DE LOS RÍOS**. Consultado en la web 28 de junio de 2015. [transporte de sedimentos-tripod.com/esp/pagina_nueva_13.htm].

Santiago, J. (2007). **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO REALIZADO A PARTIR DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE DE GOOGLE EARTH: CASO DE LOS SECTORES ALTO Y MEDIO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA BÁRBARA, CIUDAD BOLÍVAR**. Escuela de Ciencias de la Tierra, UDO. Trabajo de ascenso. 85 p.

Palermo, V., 2008. **PLATAFORMAS Y SENSORES. ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**. Consultado en la web 20 de mayo 2019 http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/archivos/2224.pdf.

SASplanet (2020) **IMÁGENES SATELITALES RÍO SANTA BÁRBARA**.

Digitalización de una imagen de Sas Planet. Consultado en la web 25 de abril 2020.
<https://mappinggis.com/2014/09/como-descargar-imagenes-de-google-bing-etc/>

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA – GEOMORFOLÓGICA MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA BARBARA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR-ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Ranner Rafael Rojas Blanco	CVLAC	19.941.894
	e-mail	rannerrojas33@Gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Teledetección espacial
Imágenes satelitales
Radar
Rio
Erosión
Arcmap
SASPlanet

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento de Geología.	Geología

Resumen (abstract):

La cuenca del río Santa Bárbara se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (m) E 435.225, E 437.750 y N 894.000, N 898.075, al noroeste de Ciudad Bolívar, políticamente se ubica en el Municipio Heres (actual Angostura del Orinoco) del Estado Bolívar. El objetivo de la investigación es Interpretar geológica – geomorfológica mediante técnicas de teledetección la cuenca del río Santa Bárbara. El tipo de investigación se enmarca dentro de los aspectos descriptivos, analítico, documental y de campo. La cuenca del río Santa Bárbara posee un sistema de drenaje dendrítico, posee una divisoria de cuenca que abarca un área aproximada de 615 ha y limita con la divisoria de cuenca del río Buena vista. De acuerdo a este principio, es necesario sugerir algunos usos y prácticas conservacionistas, tomando como base las características de cada una de las unidades geológicamente estudiadas. Unidad SB1: la cárcava ubicada en esta área podría generar nuevas ramificaciones desde el contacto entre la mesa y el reborde. Se aplicó un modelo Tin 3D mediante el software ArcGis es compatible con el método de triangulación de Delauna (Delaunay Boris, 1934). Este modelo permite observar las elevaciones presentes y la identificación de geomorfología del área de estudio como: terrazas elevaciones de 118,22 m, planicie de 93,311 m-68,402 m, vegas en el cauce de río. Con pendientes generales de 0-2%, con un perfil plano a ligeramente inclinado. De acuerdo a la evaluación de la degradación de los suelos mediante el método FAO, y utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo da como resultado un espesor de aproximadamente 47,27 cm/año, un valor un tanto elevado. Unidad M1: Los rebordes de mesa de este tipo deben ser destinados a la protección integral del ambiente. A causa de que se trata de terrenos inclinados, la ocupación humana en esta unidad es muy localizada. Unidad V1: Las vegas son relieves o unidades ambientales que deben ser destinadas también a la conservación integral del ambiente. El cauce del río Santa Bárbara, tras la intensa intervención de sus cabeceras, fue afectado negativamente tras causar un ensanchamiento anormal aguas abajo; pero si se trata de controlar el exceso de escorrentía que se produce, paulatinamente, la vegetación de bosque de galería ira recuperando el espacio perdido a orillas del cauce.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail								
Jorge Abud	ROL	A	<input type="checkbox"/>	S	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.984.842							
	e-mail	jabudsebastiani@gmail.com							
	e-mail								
Wilmer Zerpa	ROL	A	<input type="checkbox"/>	S	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.485.703							
	e-mail	wilmerzerpa13@gmail.com							
	e-mail								
Katheuska Roura	ROL	A	<input type="checkbox"/>	S	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>	U	<input type="checkbox"/>
	CVLAC	18.237.898							
	e-mail	Kroura@udo.edu.ve							
	e-mail								

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	04	17

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-().doc	Aplication/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N
O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5
6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (Op
cional)

Temporal: _____ (Op
cional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Geología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Mazzeley*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Curvelo
JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/manuja

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):” Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”

**ROJAS B. RANNER R.
AUTOR**

**TUTOR
ABUD JORGE**