

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS UNIDADES
GEOMORFOLÓGICAS DEL RÍO CESAR EN EL TRAMO GUACOCHITO A
TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE SENSORES
REMOTOS**

AUTOR (ES):

NADIM CAMALL MERCADO
GUILLERMO VEGA TERNERA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LAS UNIDADES
GEOMORFOLÓGICAS DEL RÍO CESAR EN EL TRAMO GUACOCHITO A
TRAVÉS DEL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE SENSORES
REMOTOS**

AUTOR (ES):

NADIM CAMALL MERCADO
GUILLERMO VEGA TERNERA

DIRECTOR:

ORIANA CAROLINA JURADO FUENTES

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2022

DEDICATORIA

A nuestros padres, familiares y amigos, por el apoyo invaluable y el amor, que durante años nos han inspirado a cumplir nuestros objetivos y hoy día nos permiten hacer realidad nuestros sueños.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque en los momentos de dificultades y angustias nos dio las fuerzas para culminar con éxito nuestras metas sin desfallecer.

A nuestros padres por el apoyo incondicional, en estos años de compañía y por ser nuestro modelo a seguir.

A nuestros hermanos y familias por su apoyo y comprensión en cada uno de los momentos difíciles.

A nuestros amigos, compañeros y docentes por cada una de las experiencias vividas.

Y, por último, a toda aquella persona que de una u otra manera contribuyó a la realización de este trabajo.

RESUMEN

El actual relieve de nuestro mundo fue, y continúa siendo, modelado por la acción de los procesos de erosión, transporte, deposición y consolidación de sedimentos, los cuales se han demostrado activos por medio de tiempos geológicos.

Tal relación origina complicados procesos de transporte de sedimentos y procesos de erosión-sedimentación durante los cauces fluviales.

El deterioro geomorfológico de los ríos se incrementa progresivamente, debido a que cada vez se ejecutan más actuaciones directas en cauces y riberas en relación con procesos de urbanización, ganadería, sustracción de material de materia prima, actuaciones que son en especial agresivas contra los procesos geomorfológicos y las morfologías fluviales. Y es urgente implantar inicios de reposición de la dinámica fluvial, una reposición compleja, en la que el propio flujo de agua debería desarrollar, con espacio y tiempo suficientes.

En el marco del compromiso nacional con el desarrollo sustentable de sus países, se pretende hacer este plan a fin de sentar un antecedente en el análisis de la dinámica fluvial del flujo de agua Cesar, en el tramo Guacochito, con el propósito de dar bases para la organización local y regional de la cuenca del flujo de agua Cesar, a sabiendas de las diferentes problemáticas que confronta actualmente el flujo de agua Cesar. La indagación pretende orientar y robustecer los conocimientos sobre los procesos dinámicos de las geoformas presentes, para que sirva de instrumento para la toma de elecciones relevantes en la utilización y funcionamiento correcto del recurso hídrico, así como los otros servicios del medio ambiente que da la cuenca y que impactan de manera positiva en las sociedades.

Con base de lo anterior se desea plasmar un estudio que evidencie las problemáticas

del cambio de las unidades geomorfológicas presente en el río Cesar en la zona de Guacochito, por medio del procesamiento de imágenes satelitales producto de información de sensores remotos, que se almacenaran en bases de datos geográficas (geodatabase) para que futuras indagaciones que se realicen les posibilite enfocarse a resolver las múltiples afectaciones que se vean plasmados en el desarrollo de este, por medio del procesamiento de esta información se dejará que sirva como un apoyo investigativo a entidades gubernamentales y estudiantiles para que las mismas procedan a tomar las actividades pertinentes y diseñar medidas que permitan la recuperación del flujo de agua Cesar en el tramo Guacochito.

Palabras clave: Geomorfología, erosión, sensores remotos, imágenes satelitales, geodatabase.

ABSTRACT

The current relief of our world was, and continues to be, shaped by the action of the processes of erosion, transport, deposition and consolidation of sediments, which have been shown to be active through geological times.

This relationship originates complicated sediment transport processes and erosion-sedimentation processes during river channels.

The geomorphological deterioration of rivers is progressively increasing, due to the fact that more and more direct actions are carried out in riverbeds and banks in relation to urbanization processes, cattle ranching, removal of raw material, actions that are especially aggressive against geomorphological processes and river morphologies. And it is urgent to implement beginnings of replacement of the fluvial dynamics, a complex replacement, in which the flow of water itself should develop, with enough space and time.

Within the framework of the national commitment to the sustainable development of their countries, it is intended to make this plan in order to establish a precedent in the analysis of the fluvial dynamics of Cesar water flow, in the Guacochito section, in order to provide the basis for the local and regional organization of the Cesar water flow basin, knowing the different problems currently facing the Cesar water flow. The investigation aims to guide and strengthen the knowledge about the dynamic processes of the present geoforms, so that it serves as an instrument for making relevant choices in the use and correct operation of the water resource, as well as the other environmental services provided by the basin. and that have a positive impact on societies.

Based on the above, it is desired to translate a study that evidences the problems of

the change and deterioration of the Cesar water flow geomorphologies through the processing of information from remote sensors, so that future inquiries that are carried out allow them to focus on solving the multiple Impacts that are reflected in the development of this, through the processing of this information it will be allowed to serve as an investigative support to government and student entities so that they proceed to take the relevant activities and design measures that allow the recovery of the flow of Cesar water in the Guacochito section.

Keywords: Geomorphology, erosion, remote sensing, satellite images, geodatabase.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	8
1. Título de la investigación	4
2. Planteamiento del Problema	5
3. Justificación	6
4. Objetivos.....	7
4.1 Objetivo General	7
4.2 Objetivos Específicos	7
5. Marco Referencial	8
5.1 Antecedentes de la Investigación.....	8
5.2 Marco Teórico.....	11
5.2.1 Teledetección	11
5.2.2 Elementos de Teledetección	11
5.2.3 Espectro Electromagnético	12
5.2.5 Principales Bandas del Espectro Electromagnético.....	13
5.2.6 Interacción de Radiación con los Objetos.....	14
5.2.7 Interacción de la Atmosfera con la Radiación Electromagnética	14
5.2.8 Interacción de los Elementos de la Superficie Terrestre con la Radiación	
16	
5.2.9 Sensores	17
5.2.10 Clasificación de Sensores	17
5.2.11 Resolución de un Sensor	18
5.2.12 Satélites.....	19
5.2.13 Satélites de Recursos Naturales	19
5.2.14 Imagen Satelital	20
5.2.15 Análisis Multitemporal	20

5.2.16	El Factor Temporal en los Estudios de Teledetección.....	21
5.2.17	Clasificación Digital de Imágenes.	21
5.2.18	Diferencia de Imágenes	21
5.2.19	Base de Datos Geográfica.....	22
5.2.20	Modelo de Base de Datos Geográfica.....	22
5.2.21	Geodatabase	23
5.3	Marco Conceptual	23
5.4	Marco Contextual	26
5.4.1	Localización y Ubicación Geográfica.....	26
5.4.2	Corregimiento de Guacochito	26
5.4.3	Población	27
5.4.4	Economía	27
5.5	Marco Legal.....	29
6.	Marco Metodológico	32
6.1	Línea y Sublínea de Investigación	32
6.2	Tipo de Investigación.....	32
6.3	Nivel de Investigación	32
6.4	Población de Estudio	32
6.5	Muestra Poblacional	32
6.6	Desarrollo Metodológico	33
7.	Resultados y Análisis	49
8.	Conclusiones.....	69
9.	Recomendaciones	71
10.	Referencias bibliográficas	72
11.	Anexos.....	76

Listado de Tablas

Tabla 1.....	29
Tabla 2.....	50

Listado de Figuras

Figura 1.....	12
Figura 2.....	13
Figura 3.....	15
Figura 4.....	17
Figura 5.....	26
Figura 6.....	28
Figura 7.....	34
Figura 8.....	35
Figura 9.....	35
Figura 10.....	36
Figura 11.....	37
Figura 12.....	38
Figura 13.....	39
Figura 14.....	41
Figura 15.....	42
Figura 16.....	42
Figura 17.....	43
Figura 18.....	44
Figura 19.....	45
Figura 20.....	51
Figura 21.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 22.....	¡Error! Marcador no definido.

Figura 23.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 24.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 25.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 26.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 27.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 28.....	52
Figura 29.....	55
Figura 30.....	56
Figura 31.....	58
Figura 32.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 31.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 32.....	62
Figura 28.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 29.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 30.....	¡Error! Marcador no definido.

Listado de Gráficas

Gráfica 1.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 2.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 3.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 4.....	¡Error! Marcador no definido.

Listado de Imágenes

Imagen 1.....	33
Imagen 2.....	¡Error! Marcador no definido.

Introducción

Dentro del marco de las actividades humanas enfatizamos mucho el cambio que sufre nuestros ecosistemas y las incidencias que este conlleva, para este proyecto nos centramos en nuestro recurso hídrico haciendo análisis de sus características, comportamiento y propiedades geomorfológicas a través del tiempo. Con una percepción remota de procesamiento de imágenes satelitales, adquisición de datos informáticos y ciertas herramientas que nos ayuden a identificar nuestra área de estudio.

Es importante establecer los parámetros de análisis de nuestras unidades geomorfológicas, Por lo tanto, este análisis nos permite identificar las variaciones de nuestra zona en periodo de tiempo establecido. Los sistemas remotos de teledetección para procesamiento de imágenes son herramientas claves para nuestra zona de observación lo cual nos permite contribuir a futuros proyectos con información exhaustiva que involucren planes de ordenamiento territorial y planes de manejo de cuencas.

Además, se lograrán identificar los diferentes factores de influencia en el cambio de las propiedades geomorfológicas del área el cual puede resultar de las múltiples actividades antropogénicas realizada a lo largo de los años, el cual se vera de manera más precisa en el estudio de la información recolectada para el análisis de resultado.

1. Título de la investigación

Análisis multitemporal de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través del procesamiento de información de sensores remotos.

2. Planteamiento del Problema

El actual relieve de nuestro planeta ha sido, y continúa siendo, modelado por la acción de los procesos de erosión, transporte, deposición y consolidación de sedimentos, los cuales se han demostrado activos a través de tiempos geológicos. Los principales agentes que actúan en los procesos mencionados son el agua, el viento, la gravedad y el hielo.

La morfología de los ríos aluviales es el resultado de la interacción entre el flujo hídrico y el cauce de material granular sedimentario que lo contiene. Tal interacción origina complejos procesos de transporte de sedimentos y procesos de erosión-sedimentación a lo largo de los cauces fluviales. Se trata de sistemas naturales dinámicos, cuyas respuestas son complejas y varían en el tiempo y en el espacio con diferentes escalas, lo cual implica la inexistencia de una única solución para los problemas reales que plantea la Hidráulica Fluvial (Basile, 2018).

Las alteraciones geomorfológicas de los ríos son muy graves y extendidas. Hay incluso valiosas tipologías fluviales, como los cursos trenzados, que están a punto de desaparecer. El deterioro geomorfológico de los ríos aumenta progresivamente, ya que cada vez se ejecutan más actuaciones directas en cauces y riberas relacionadas con procesos de urbanización, ganadería, extracción de material de materia prima, actuaciones que son especialmente agresivas contra los procesos geomorfológicos y las morfologías fluviales. Es necesario evaluar los indicadores geomorfológicos y darles mayor peso específico dentro de la valoración global del estado ecológico. Y es urgente establecer principios de restauración de la dinámica fluvial, una restauración compleja, en la que el propio río debe desarrollar, con espacio y tiempo suficientes.

¿Presenta afectaciones de gran riesgo para la población el cambio de la geomorfología del río Cesar en el tramo Guacochito, que serán evidenciadas a través del procesamiento de información por sensores remotos?

3. Justificación

En el marco del compromiso nacional con el desarrollo sostenible de sus territorios, se pretende realizar este proyecto con el objeto de sentar un precedente en el estudio de la dinámica fluvial del río Cesar, en el tramo Guacochito, a fin de entregar bases para la planificación local y regional de la cuenca del río Cesar, a sabiendas de las distintas problemáticas que enfrenta en la actualidad el río Cesar. La investigación pretende orientar y fortalecer los conocimientos sobre los procesos dinámicos de las geoformas presentes, a fin de que sirva de instrumento para la toma de decisiones importantes en el uso y manejo adecuado del recurso hídrico, así como los demás servicios ambientales que ofrece la cuenca y que impactan positivamente en las comunidades.

Con base de lo anterior se quiere plasmar un análisis que evidencie las problemáticas del cambio y deterioro de las geomorfologías del río Cesar mediante el procesamiento de información de sensores remotos, para que futuras investigaciones que se realicen les permita enfocarse a solucionar las diversas afectaciones que se vean plasmados en el desarrollo de este, mediante el procesamiento de esta información se permitirá que sirva como una apoyo investigativo a entidades gubernamentales y estudiantiles para que las mismas procedan a tomar las acciones pertinentes y diseñar medidas que permitan la recuperación del río Cesar en el tramo Guacochito.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Analizar las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través del procesamiento de imágenes satelitales multitemporales de sensores remotos.

4.2 Objetivos Específicos

- Crear la base de datos geográfico de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito.
- Identificar las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través de imágenes multitemporales.
- Evaluar las características de las unidades geomorfológicas a través del procesamiento de imágenes multitemporales de sensores remotos.

5. Marco Referencial

5.1 Antecedentes de la Investigación

(Montaño, 2019). ANÁLISIS DINÁMICO MULTITEMPORAL DEL RÍO PIURA APLICANDO TELEDETECCIÓN, EN EL DISTRITO DE PIURA, PROVINCIA DE PIURA, DEPARTAMENTO DE PIURA. El presente trabajo de investigación titulado: “Análisis dinámico multitemporal del río Piura aplicando teledetección, en el distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura”, tuvo como objetivo identificar mediante la teledetección, el Índice diferencial de Agua Normalizado y la técnica de análisis multitemporal el área que llegó a cubrir el agua en los márgenes del río Piura, entre las coordenadas UTM-WGS84-17S Este: 538419.975m Este: 546129.975m y Norte: 9429286.962m – Norte: 9436287.665m. Utilizando 2 imágenes satelitales del sensor Landsat 5 TM, 8 imágenes satelitales del sensor Landsat 7 ETM y 2 imágenes satelitales del sensor Sentinel 2, que se obtuvieron del servidor EarthExplorer y el software QGIS 2.18.18, calculando el Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) con las bandas Green (verde) y NIR (infrarrojo cercano) se obtuvo valores numéricos en los cuerpos de agua y aplicando algoritmos en el procesamiento digital para reclasificarlos y categorizarlos, obteniendo valores calculados de la superficie de agua dentro de la zona de estudio entre los años 1997 y 2017.

(Velandia, 2019). ANÁLISIS MULTITEMPORAL PARA DETERMINAR LOS CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL Y EN EL CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO CAUCA PRODUCIDO POR EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO, EN LOS AÑOS 2009 Y 2019, EMPLEANDO IMÁGENES SATELITALES. Las presas se cuentan dentro de las grandes infraestructuras de la ingeniería asociadas a la producción de energía, actividades agrícolas y control de inundaciones. Sin embargo y pese a sus valores agregados, este tipo de construcciones también implican fuertes impactos sociales, económicos y ambientales sobre las zonas en las que se asientan. Mediante la Clasificación Supervisada de

imágenes satelitales procesadas con los softwares ERDAS IMAGINE® y ArcMap® fue posible cuantificar las alteraciones generadas por el proyecto Hidroeléctrico Ituango sobre la cobertura vegetal y el cauce del río a la altura del Cañón del Cauca en los años 2009 y 2019.

(Díaz & Pérez, 2018). CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LOS MUNICIPIOS DE LA JAGUA DE IBIRICO Y BECERRIL CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR. En general, los suelos permanecen en constante proceso de cambio, el cual se expresa mediante la diferenciación de los horizontes genéticos al llevarse a cabo los procesos de formación del suelo. Los sistemas de clasificación se basan en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que son significativos para el uso y manejo de estos (IUSS, WRB, 2007). Sin embargo, una vez que se realiza el cambio de uso del suelo, las propiedades físicas pueden cambiar y perderse el horizonte superficial. Por una parte, esto desorienta la clasificación del suelo y por otra, influye en las actividades agrícolas.

(Ávila, 2015). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES LANDSAT PARA EVALUAR LAS VARIACIONES DE COBERTURA VEGETAL EMERGENTE EN LA LAGUNA LEONERO, GRANMA, CUBA. El objetivo del presente trabajo es describir la dinámica histórica de colonización de la vegetación acuática en el espejo de agua del embalse Leonero a partir de una serie de imágenes satelitales Landsat, entre 1978 y 2012, previamente estandarizadas, corregidas y recortadas, se realizaron clasificaciones supervisadas para identificar la extensión y distribución de la vegetación. Se presentan los mapas históricos de los cambios y el comportamiento de las tendencias generales en variables espaciales de dicha vegetación (extensión, ubicación, fragmentación). Se discuten las implicaciones conservacionistas de los cambios observados en este hábitat. En especial para las comunidades de aves acuáticas.

(Ruiz, Savé & Herrera, 2013). ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE USO DEL SUELO, EN EL PAISAJE TERRESTRE PROTEGIDO MIRAFLOR MOROPOTENTE NICARAGUA, 1993-2011. El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. El propósito del estudio fue evaluar el cambio de uso del suelo en el Paisaje Terrestre Miraflor Moropotente en el período 1993-2011, a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. Los cambios de usos de suelo fueron derivados de la clasificación de tres imágenes Landsat TM, con una resolución espacial de 30 metros tomadas en febrero de 1993, abril de 2000 y enero 2011. Se realizó una verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Teledetección

La Teledetección (RemoteSensing) se define como la ciencia y arte de obtención de información acerca de un objeto, área, o fenómeno a través del análisis de información adquirida por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área, o fenómeno bajo investigación (Lillesand and Kiefer, 1994). La teledetección se basa en la medición de la energía electromagnética.

Teledetección espacial es la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, suponiendo 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, o por emisión propia (Chuvieco, 2008).

5.2.2 Elementos de Teledetección

Fuente de energía. Determina el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor. Puede tratarse de un foco externo a este (teledetección pasiva) o un haz de luz energético emitido por el sensor (teledetección activa). La fuente más importante de energía es sin lugar a duda el sol sin embargo también se realiza teledetección a partir de la energía emitida por los mismos objetos observados.

Cubierta terrestre. Formado por todos los objetos que forman parte de la superficie terrestre, masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que recibe la señal energética procedente de la fuente de energía, y la reflejan o emiten de acuerdo con sus características físicas.

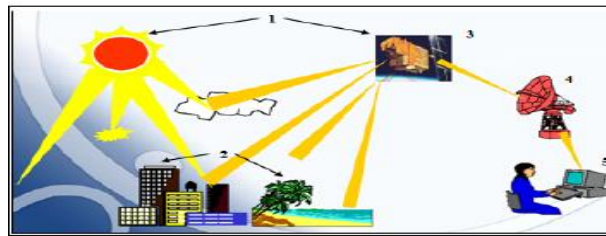
Sistema sensor. Compuesto por el sensor, propiamente dicho, y la plataforma que lo alberga. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y grabarla.

Sistema de recepción. Que convierte esos datos en información temática de interés, ya sea visual o digitalmente, para facilitar la problemática de estudio.

Interprete. Que convierte esos datos en información temática de interés, ya sea visual o digitalmente, para facilitar la problemática de estudio (Chuvienco, 2008).

Figura 1.

Componentes de un sistema de teledetección



Fuente: (Peña, 2010)

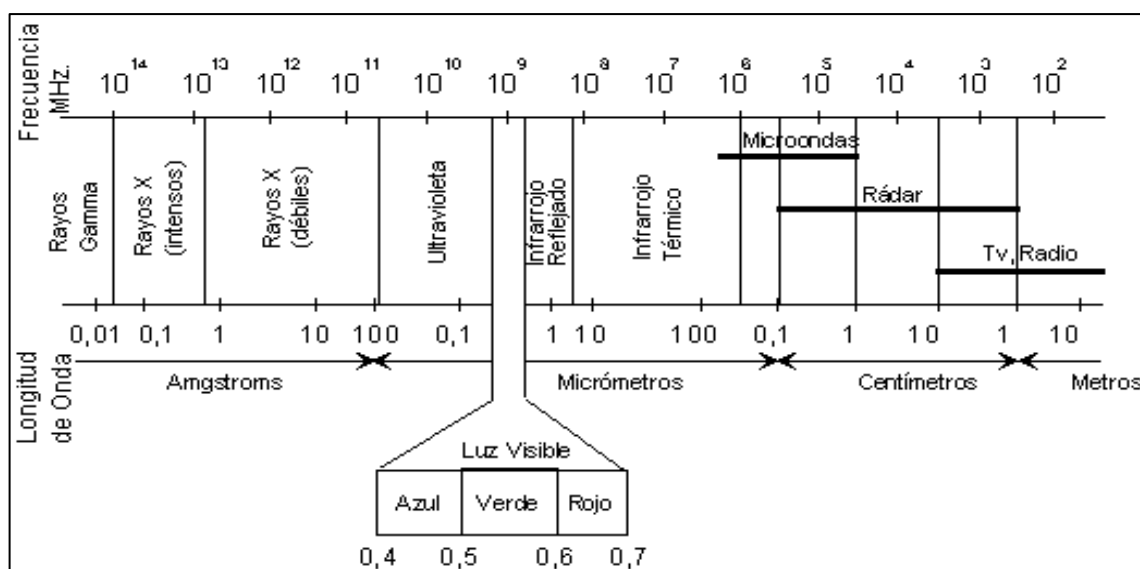
5.2.3 Espectro Electromagnético

El flujo de energía necesario entre el sensor y el objeto observado es un sistema de teledetección, constituye una forma de radiación electromagnética (Chuvienco, 2008).

El espectro electromagnético es la organización de bandas de longitudes de onda o frecuencia desde las más cortas a las más largas.

Figura 2.

Espectro electromagnético



Fuente: <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/teledete.htm>

5.2.5 Principales Bandas del Espectro Electromagnético

Desde el punto de vista de la teledetección destacan una serie de bandas como las más utilizadas en la tecnología actual.

Espectro visible. (0.4 – 0.7 mm) Es la única radiación electromagnética perceptible por el ojo humano (de ahí su nombre). Coincide con la longitud de onda donde es máxima la radiación solar. Podemos localizar los distintos colores en las longitudes: Azul: 0.4 – 0.5 mm, Verde: 0.5 – 0.6 mm, Rojo: 0.6 – 0.7 mm **Infrarrojo próximo.** (0.7 – 1.3 mm) Banda importante para diferenciar masas vegetales y concentraciones de humedad.

Infrarrojo medio. (1.3 – 8 mm) En esta región se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie terrestre, por lo que hay muchas dificultades.

Infrarrojo lejano o térmico. (8 – 14 mm) Es la región del espectro en la que emiten energía todos los cuerpos de la superficie terrestre.

Microondas. (Desde 1mm) Tiene la propiedad de ser transparente a la cubierta nubosa, pero también de llevar asociada muy poca energía. Por eso, si se requiere usar esta banda tendrá que ser haciendo teledetección activa.

5.2.6 Interacción de Radiación con los Objetos

Todos los objetos (independientemente de la radiación que emitan) van a recibir radiación emitida por otros cuerpos, fundamentalmente del sol, que en función del tipo de objeto que estemos considerando, puede seguir tres caminos:

Reflejarse. La radiación es reenviada de vuelta al espacio.

Absorberse. La radiación pasa a incrementar la energía del objeto.

Transmitirse. La radiación se transmite hacia abajo a otros objetos.

La fracción de energía que se refleja se denomina reflectividad o albedo (ρ); la fracción de energía que se absorbe se denomina absorptividad (α); la fracción de energía que se transmite se denomina transmisividad (τ). De modo que $\rho + \alpha + \tau = 1$.

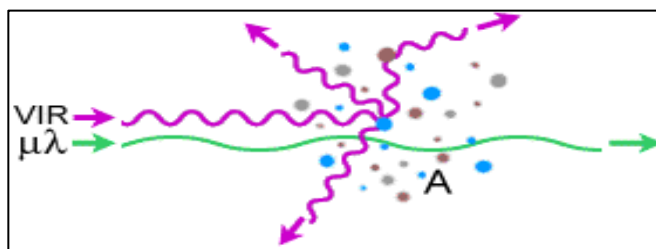
5.2.7 Interacción de la Atmosfera con la Radiación Electromagnética

La atmósfera no es un cuerpo transparente en ella se encuentra pequeñas partículas en suspensión que interactúan con la radiación incidente. La energía al chocar con estas partículas puede ser dispersada, absorbida o emitida dependiendo de la longitud de onda. Por

lo general a mayor longitud de onda la dispersión disminuye, en tanto absorción presenta comportamientos variables. Las porciones del espectro electromagnético donde la radiación no es absorbida y llega a la superficie de la Tierra se denominan ventanas atmosféricas y son de gran importancia para diseñar los sensores de los satélites para captar dentro de estas longitudes de onda.

Figura 3.

Interacción de la atmosfera con la radiación electromagnética



Fuente: <http://webapp.ciat.cgiar.org/dtmradar/teledeteccion-concepto.htm>

Los gases y aerosoles que componen la atmosfera tienen un efecto triple sobre la radiación que son la absorción, dispersión y emisión. Sus efectos se manifiestan en un emborronamiento de la imagen; se reduce el contraste y la cantidad total de radiación que llega al sensor. Existen diversas correcciones en forma de algoritmos para tratar estos efectos.

- **Absorción.** De la energía en determinadas bandas del espectro. Proceso por el cual las moléculas y partículas de la atmosfera absorben la energía radiante y la transforman en energía interna que posteriormente será emitida en el infrarrojo térmico. La atmosfera reduce así la observación espacial a ciertas bandas concretas del espectro, llamadas ventanas atmosféricas.

- **Dispersión.** De la radiación en determinadas bandas del espectro. Este fenómeno se traduce en un redireccionamiento o pequeño desvío del camino recto de

propagación. Es causado por la interacción entre la radiación, gases y partículas atmosféricas. Se describen tres tipos de dispersión:

- **Emisión.** Que, por su temperatura, tendrá un máximo en el infrarrojo térmico. Como cualquier cuerpo con temperatura mayor que -273°K , emite su propia radiación, que lógicamente tiene mayor importancia en el infrarrojo térmico.

5.2.8 Interacción de los Elementos de la Superficie Terrestre con la Radiación

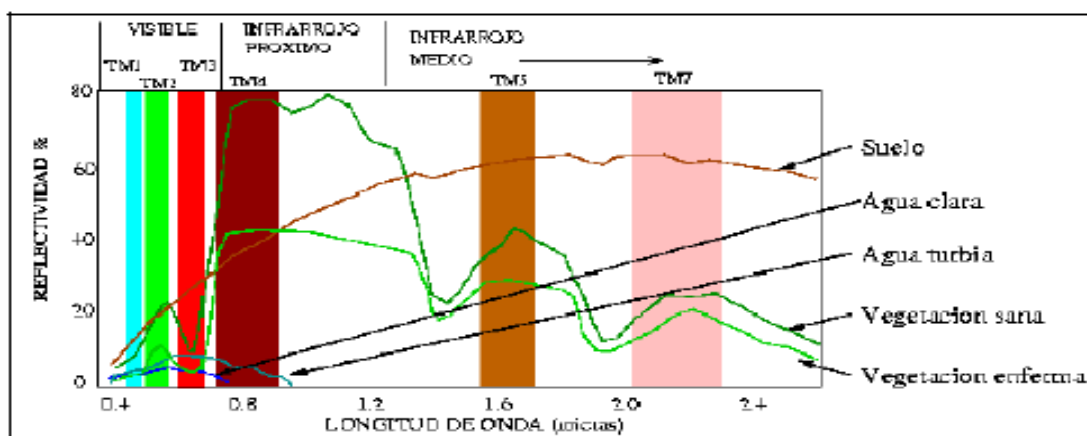
De cara a la identificación de objetos y procesos en la superficie terrestre, lo que nos interesa es la reflectividad de estos objetos respecto a las diferentes longitudes de onda. Cada tipo de material como suelo, vegetación agua, etc., reflejará la radiación incidente de forma diferente lo que permitirá distinguirlo de los demás si medimos la radiación reflejada.

La Figura siguiente incluye las bandas del sensor MT de Landsat de forma que puede determinarse cuáles serán los valores medios de reflectividad que va a obtener este sensor para las diferentes superficies.

En el caso de la radiación visible, las diferencias en cuanto a la reflexión para las diferentes longitudes de onda se traducen en lo que llamamos colores. Un objeto es verde si refleja la radiación solar preferentemente en esta zona del espectro.

Figura 4.

Respuestas espectrales del sensor Landsat Mt.



Fuente: <http://www.um.es/geograf/sigmur/index.html>

El flujo de energía recibido por el sensor no solo depende de la reflectividad de la cubierta sino también de otros factores como: las condiciones atmosféricas, la pendiente y orientación del terreno y geometría de la observación.

5.2.9 Sensores

Un sensor es el aparato que reúne la tecnología necesaria para captar, almacenar y transmitir imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma (satélites LANDSAT, METEOSAT, NOAA, SPOT). Puede captar información para diferentes regiones del espectro y cada una de estas regiones se denomina canal o banda. Por ejemplo, Landsat es una plataforma que contiene dos sensores Landsat – TM y Landsat – MSS, el primero permite captar radiación en 7 bandas (azul, verde, rojo, 3 en el infrarrojo cercano y 1 en el infrarrojo térmico) y el segundo en 4 bandas (verde, rojo y 2 en el infrarrojo cercano).

5.2.10 Clasificación de Sensores

Los sensores pueden clasificarse, en primera instancia, en:

Activos: Son aquellos que emiten radiación en la longitud de onda deseada y luego reciben la porción que los objetos han reflejado.

Pasivos: Cuando se limitan a recibir radiación electromagnética.

5.2.11 Resolución de un 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.

Resolución espacial. Es el objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen. Define el tamaño del pixel, que es la distancia correspondiente al tamaño de la mínima unidad de información en la imagen.

Resolución espectral. Es el número y el ancho de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Los satélites pueden clasificarse como monoespectrales para caso de los radares que presenta solo una banda, multiespectrales, de 2 a varias bandas y hiperespectrales capaces de obtener información simultánea de cientos de bandas.

Resolución radiométrica. Es la sensibilidad del sensor, es decir, la capacidad para detectar variaciones en la radiación espectral que recibe. Determina el número de niveles de gris recogidos en el film, se expresa en niveles por pixel (64-128-256-1024). A mayor resolución radiométrica, mejor interpretación de la imagen. El pixel mixto es definido por una señal intermedia a las cubiertas que lo componen.

Resolución temporal. Es la periodicidad con que el sensor adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. Está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad e inclinación) y del diseño del sensor (ángulo de observación y

ángulo de cobertura). El ciclo de recubrimiento es el tiempo que tarda el sensor en pasar sobre la misma porción de la Tierra, el periodo orbital es el tiempo que tarda en circundar la tierra.

5.2.12 Satélites

Se llaman satélites a los objetos que giran alrededor de un cuerpo celeste de mayor tamaño. Los satélites artificiales son artefactos contruidos con fines científicos o comerciales que giran en el espacio, fuera de la atmosfera, alrededor de la tierra.

5.2.13 Satélites de Recursos Naturales

Son satélites de órbita polar, con mayor resolución espacial y que fueron diseñados para la observación de la tierra y la evaluación de sus recursos naturales. El más conocido de ellos es el programa Landsat que se inició en 1972 con el lanzamiento del Lansat-1, en 1999 se lanzó Landsat-7.

Landsat-7. El satélite Landsat-7 incorpora el sensor ETM (Enhanced Thematic Mapper) que añade a las bandas ya disponibles en el TM un canal pancromático (0.5 μm – 0.9 μm) con resolución espacial de 15 metros. Su órbita se sitúa a 705 Km de altitud, pasa por los mismos lugares cada 16 días. Los satélites Landsat disponen de dos sensores, MSS (Multispectral scanner) y TM (Thematicmapper) con mayor resolución espacial, espectral y radiométrica (79 m, 4 bandas y 6 bits en MSS y 30 m, 7 bandas y 8 bits en TM).

Spot. El sistema de exploración instalado en esta plataforma se denomina HRV y permite dos modos de captura de la información: pancromático y multibanda con unas resoluciones espaciales de 20 y 10 m. respectivamente. El área cubierta por cada escena es de 60x60 km. Es sensible en las siguientes bandas del espectro: - multibanda XS1: 0,5-0,59

mm: verde; multibanda XS2: 0,61-0,68 mm: rojo; multibanda XS3: 0,79-0,89 mm: infrarrojo próximo; pancromático PAN: 0,51-0,73 mm: parte del visible.

Una importante novedad del sistema es su capacidad para variar el ángulo de observación, lo que le permite observar la misma zona en pasadas sucesivas, de modo que entre dos imágenes de la misma zona tomadas en pasadas consecutivas tengan una zona común y permitan la visión estereoscópica, lo que permitiría crear un modelo digital del terreno.

5.2.14 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 enviado a la tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

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 enviado a la tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

5.2.15 Análisis Multitemporal

Análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas. Un análisis multitemporal es mucho más amplio que el análisis de una sola imagen.

5.2.16 El Factor Temporal en los Estudios de Teledetección.

Uno de los aportes más destacados en la teledetección espacial al estudio del medio ambiente es su capacidad para seguir procesos dinámicos. Al tratarse de información obtenida desde un sensor situado en una órbita estable y repetitiva, las imágenes de satélite constituyen una fuente muy valiosa para estudiar los cambios que se producen en la superficie terrestre, ya sean debidos a ciclos estacionales de las cubiertas, catástrofes naturales o alteraciones de origen humano (Chuvienco, 2008).

5.2.17 Clasificación Digital de Imágenes.

Es el proceso mediante el cual los pixeles de una imagen multiespectral son etiquetados según la categoría a la que pertenecen. A partir de esta imagen puede generarse una cartografía temática y el inventario estadístico de la superficie involucrada en cada categoría (Chuvienco, 2008).

La clasificación digital distingue las siguientes fases: 1. Definición digital de las categorías (fase de entrenamiento), 2. Agrupación de los pixeles en una de esas categorías (fase de asignación), 3. Comprobación y verificación de resultados.

Fase de entrenamiento. Consiste en delimitar áreas de entrenamiento que representen lo mejor posible a cada una de las categorías que componen la leyenda de clasificación. Estas áreas se utilizan posteriormente para entrenar al ordenador en el cálculo de los Niveles Digitales (ND). Este método requiere del conocimiento de la zona de estudio (Chuvienco, 2008).

5.2.18 Diferencia de Imágenes

Proceso mediante el cual es posible identificar la cantidad del cambio entre dos imágenes. (Chuvienco, 2008).

La diferencia de imágenes consiste en una imagen simple resta entre las imágenes de dos fechas, que permite discriminar aquellas zonas que han experimentado cambios entre esas fechas (Jensen, 2004).

5.2.19 Base de Datos Geográfica

La Base de Datos es un conjunto de datos estructurado y almacenado de forma sistemática con objeto de facilitar su posterior utilización, incluyendo los de tipo puramente espacial tales como los que se utilizan en un SIG, como, datos numéricos y alfanuméricos como los que constituyen la componente temática de la información geoespacial. (Olaya, 2011).

5.2.20 Modelo de Base de Datos Geográfica.

El modelo de la base de datos define un paradigma de almacenamiento, estableciendo como se estructuran los datos y las relaciones entre estos. Dentro los modelos de datos tenemos:

Bases de datos jerárquicas. Los datos se recogen mediante una estructura basada en nodos interconectados.

Base de datos de red: Este modelo permite la aparición de ciclos en la estructura de la base de datos (es decir, no ha de existir un único padre para cada nodo), lo cual permite una mayor eficacia en lo que a la redundancia de datos se refiere.

Bases de datos relacionales: utiliza para ello un esquema basado en tablas, que resulta a la vez sencillo de comprender y fácil de utilizar para el análisis y la consulta de los datos.

Base de datos orientados a objetos: El modelo extiende las capacidades de las bases de datos relacionales, de tal modo que estas pueden contener objetos. (Olaya, 2011).

5.2.21 Geodatabase

Una geodatabase de archivos es una colección de archivos en una carpeta en el disco que puede almacenar, consultar y administrar datos espaciales y datos no espaciales (Esri, 2019).

Resolución de las Imágenes

La imagen de satélite de cualquier sensor o sistema satelital ráster presenta cuatro tipos de resolución: espectral, espacial, radiométrica y temporal.

La resolución espectral se refiere a la capacidad del captor para registrar, en un mismo espacio y periodo de tiempo, bandas con diferentes rangos del espectro electromagnético, de tal forma que, cuantas más bandas del espectro son registradas por un sistema satelital, mejor será su resolución espectral. Los rangos del espectro electromagnético que más se utilizan en la teledetección son: visible, infrarrojo y microondas (Vargas, 2015).

La resolución temporal se refiere al periodo de tiempo en el que un mismo sensor puede registrar información de un mismo punto o lugar. En este aspecto, los sensores pueden registrar imágenes de lugares de la tierra desde 16 días (como Landsat) hasta 1 vez al día (como Spot y otros satélites); sin embargo, un sensor puede mejorar el registro de una imagen hasta 93, 4 minutos como es el caso de Quickbird, teniendo en cuenta que puede registrar imágenes oblicuas desde sus órbitas vecinas (Vargas, 2015).

5.3 Marco Conceptual

Bases de Datos Geográficas (BDG): Colección de datos geográficos organizados para la realización de análisis y sistemas de información geográficas (ESRI, 2003).

Cobertura del suelo: Descripción del material físico en la superficie de la tierra (CONABIO, 2020).

Corine Land Cover: metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. (IDEAM, 2007)

Datos Raster: Consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información (ARMAP, 2021).

Datos Vector: Son utilizados para representar el mundo real objetos espaciales en un GIS (QGIS 2.14, 2004).

Imágenes satelitales: Es una representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial (UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES, 2018).

Ráster: Fotografías aéreas Digitales, imágenes de satélites, imágenes digitales o mapas escaneados (ArcGIS EXPLORER, 2020).

Sensor remoto: Sistema o instrumento para captar información a distancia (ALEPH, 2021).

Sensores pasivos: Detectan radiaciones electromagnéticas emitidas de fuentes naturales (REUTER, 2009).

Sensores activos: Generador de radiación artificial (Radar) (REUTER, 2009).

Teledetección: Información a pequeña o a gran escala de un objeto utilizando instrumentos de escaneo (ALEPH, 2021).

Feature Dataset: Un dataset de entidad es una colección de clases de entidad relacionadas que comparten un sistema de coordenadas común. Los datasets de entidades se utilizan para facilitar la creación de datasets de controlador (a veces también llamados datasets de extensión), por ejemplo, una topología o una red de servicios. Las clases de entidad que se incluirán en un dataset de extensión se organizan primero en un dataset de entidades (Esri, 2019).

Feature Class: Es una colección de entidades con el mismo tipo de geometría: punto, línea o polígono (por ejemplo, carreteras) (Stieve, 2012).

Imagen Digital: Las imágenes digitales, particularmente de satélite, tienen una estructura ráster o de malla, en la cual cada celda o pixel tiene: un tamaño o dimensión real respecto al terreno, una posición espacial (número de celdas en x o en y), una localización geográfica (sistemas de coordenadas) y un valor numérico (radiométrico) que puede expresar valores relativos de reflectancia, emitancia (temperatura, coeficientes de retrodifusión) o simplemente un valor de una clase de elemento, como en el caso de las imágenes o los mapas temáticos (Vargas, 2015).

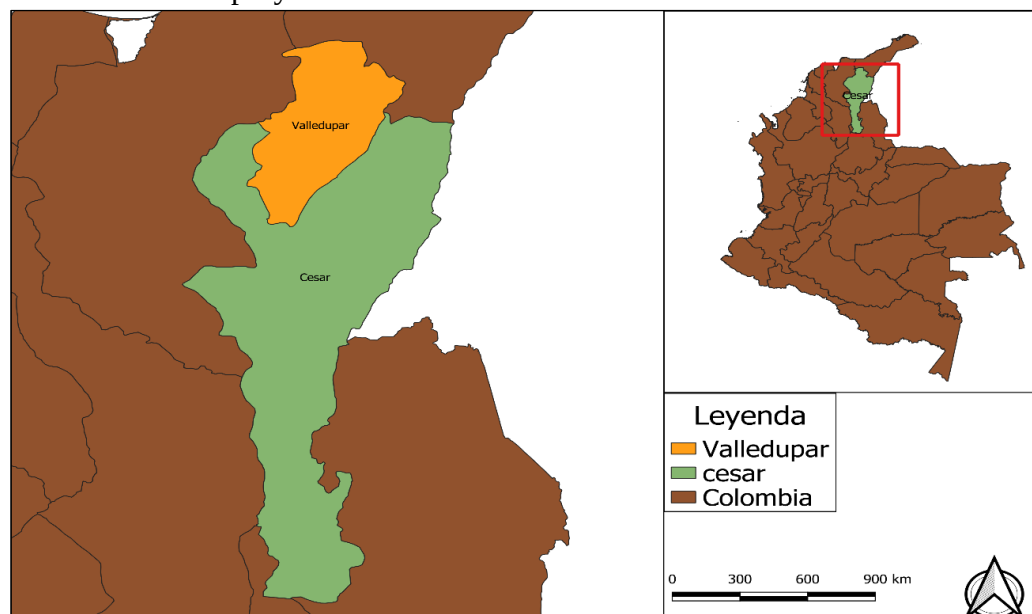
5.4 Marco Contextual

5.4.1 Localización y Ubicación Geográfica

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá.

Figura 5.

Localización del proyecto



Fuente: (Autores, 2021).

5.4.2 Corregimiento de Guacochito

Se encuentra ubicado al norte con el corregimiento de El Alto de la Vuelta (Valledupar), al sur limita con el corregimiento de Guacoeche, al este limita con el corregimiento de Badillo y al Oeste con los corregimientos de Las Raíces y Los Corazones.

5.4.3 Población

Según datos de la Corporación autónoma regional del Cesar (CORPOCESAR) este corregimiento tiene una población de 750 habitantes, de los cuales 337 son hombres y 413 mujeres, La población estudiantil es de 79 estudiantes, que están en los niveles de preescolar y básica primaria en una jornada.

5.4.4 Economía

La principal fuente de su económica en el corregimiento, es la extracción de material de arrastre (arena, revuelto, gravilla, etc.), que a diario es vendido a los centros de acopio de Valledupar. Existe una asociación de paleros (ASOPALEGO), la cual está inscrita la secretaria de Minas del departamento del Cesar, posee licencia para la extracción del material de arrastre. La asociación cuenta con 50 miembros activos, durante las temporadas altas (verano), el número se puede aumentar a 100 paleros o más en forma indirecta, dependiendo del consumo del material para la construcción; el material se puede almacenar en los centros de acopio, dependiendo de los bancos de arena existentes durante la misma época de verano. Los paleros extras llegan desde Valledupar y los corregimientos de El Jabo, Guacoche y Los Corazones (CORPOCESAR & UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO, 2007)

Otras fuentes económicas son la elaboración de bloque y ladrillos en menor escala, que son comercializados para el mercado interno de la construcción en el corregimiento; la ganadería doble propósito en forma permanente.

4.4.5 Ecología

La flora que existe corresponde a matorrales espinosos y de zonas áridas, es escasa, debido a la erosión que producen las escorrentías, lo que a su vez forman áreas desertificadas. A pesar de todo se observan núcleos de árboles de gran tamaño en las zonas de protección,

que, por efectos de cambios generados en el cauce, son arrastrado al lecho del río formando taponamientos y cambios al curso del río, formando islas e inundaciones en todo su entorno (en época de lluvias).

Figura 6.

Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Adaptado a partir de Google Earth, 2021.

5.5 Marco Legal

Tabla 1.
Normatividad vigente

NORMAS	APLICABILIDAD
CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA DE 1991	
Artículo 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Deberes y obligaciones:

Artículo 95

Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano

El Procurador General de la Nación, por si o por medio de sus delegados y agentes, tendrá las siguientes funciones:

Artículo 277

Defender los intereses colectivos, en especial el ambiente.

LEYES

Ley 99 de 1993.

Comprende un conjunto de reglas y criterios que hacen parte de la política nacional del ambiente y los recursos naturales renovables, y define al ordenamiento ambiental del territorio con el fin de garantizar la adecuada explotación de los recursos naturales de la nación, atribuir al estado su función de regular y planificar el uso del territorio.

DECRETOS

Decreto 1323 de 2007.

por medio del cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico.

Decreto 1640 de 2012.

Se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

Decreto 1729 de 2002.

Se reglamenta parcialmente el numeral 12 del art. 5 de la Ley 99 de 1993; define conceptos de acuerdo a las políticas, plan de ordenamiento, delimitación y uso de cuencas hidrográficas.

Decreto 2857 de 1981.

Delimitaciones para el aprovechamiento de cuencas hidrográficas.

Fuente:(Autores, 2021).

6. Marco Metodológico

5.6 Línea y Sublínea de Investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sostenibilidad y Gestión Ambiental

SUB-LÍNEA: Gestión integral del recurso hídrico.

5.7 Tipo de Investigación

Según (Zuidam, 1985), en la investigación tiene un enfoque exploratorio, ya que permite conocer a detalle las condiciones geomorfológicas del campo, facilitando al análisis la profundización teniendo en cuenta las dificultades que se presentaron y permitiendo el óptimo manejo del objeto de estudio.

5.8 Nivel de Investigación

El nivel de investigación a trabajar el presente proyecto es Cuantitativo; dado a que se busca la recolección de datos, lo cual también incluyen la medición sistemática, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante, siendo así el nivel más certero para este tipo de investigación permitiendo la recolección de información mediante tablas y así posibilitar la creación de una base de datos.

5.9 Población de Estudio

La población objeto de estudio, es la Cuenca del río Cesar.

5.10 Muestra Poblacional

La muestra que será objeto de estudio, es el tramo del río Cesar a la altura del corregimiento de Guacochito, jurisdicción de Valledupar.

5.11 Desarrollo Metodológico

Se logró alcanzar los objetivos planteados de la investigación sobre el análisis multitemporal de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través del procesamiento de información de sensores remotos estableciendo un desarrollo en 3 Etapas, en la que se mencionan cada una de sus actividades, así:

Etapas 1: Crear una base de datos geográfica de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito.

Actividad 1.1: Trabajo de campo

Se realizó una visita de campo en el área de estudio en el corregimiento conocido como Guacochito jurisdicción del municipio de Valledupar. En el lugar se tomaron las coordenadas, se observaron, identificaron y se describieron las características de algunas unidades geomorfológicas ubicadas en zonas accesibles.

Imagen 1.

Visita de campo a la zona de estudio.



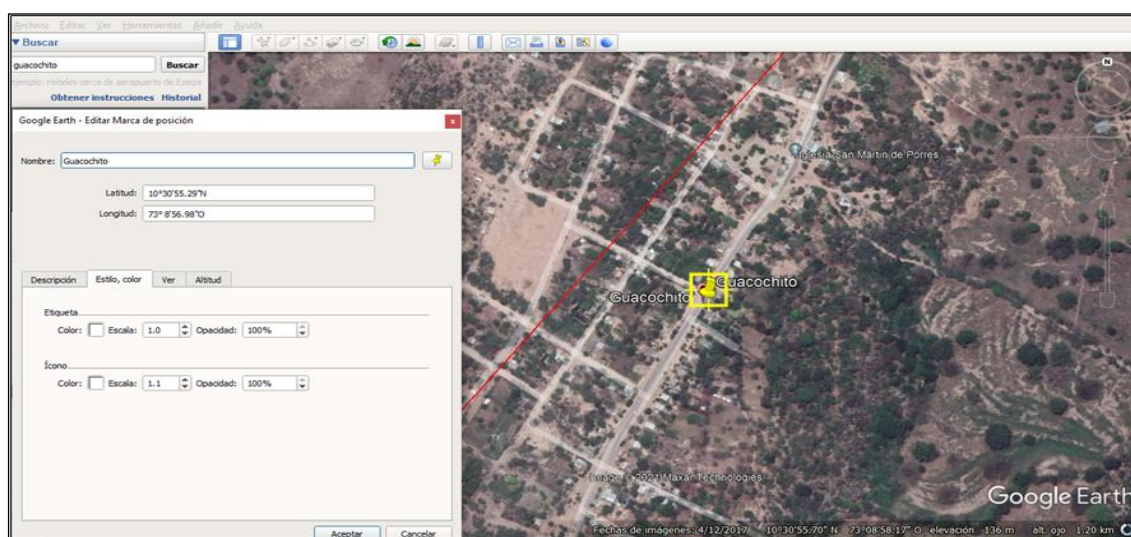
Fuente: (Autores, 2021).

En la Imagen 1 se evidencia el trabajo de campo realizado, en el cual se logró acceder a 3 puntos de ubicación diferentes, donde se tomaron las coordenadas y características de las unidades geomorfológicas visibles.

Luego, como se observa en la Figura 7 se realizó un trabajo de oficina donde se utilizó el software libre, Google Earth, en el cual se ingresaron coordenadas tomadas en el corregimiento de Guacochito para tomarlo como base para delimitar el área de estudio.

Figura 7.

Ubicación geográfica del área de estudio.



Fuente: (Autores, 2021)

Arrojándonos las siguientes coordenadas:

Sistema de coordenadas Geodésicas:

Latitud: 10.515358

Longitud: -73.14.91.60

Sistema de coordenadas Plana:

E1101623.128

N1654776.118

Actividad 1.2: Recopilación de información secundaria (cartografía base).

Para realizar la delimitación del área de estudio se trabajó la cartografía acorde a nuestra investigación, donde se obtuvo de los geoportales del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) y el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) la cobertura vegetal y drenajes de Colombia como se observa en la Figura 8 y

Figura 9. Al adquirir esta información se utilizó el software ArcGis, en la caja de herramientas (Extract – Clip) se cortaron los shapefile para generar la información de cobertura vegetal y drenajes de la ciudad de Valledupar como muestra la Figura 10.

Figura 8.

Información geográfica, datos abiertos de Colombia



TEMA	GRUPO	CAPA	SHAPE	METADATO	CATALOGO DE OBJETOS
MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE SUELOS Y TIERRAS.	Estado Coberturas Tierra	Cobertura de la tierra 2000 □ 2002 V2			
MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE SUELOS Y TIERRAS.	Estado Coberturas Tierra	Cobertura de la tierra 2005 □ 2009			
MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE SUELOS Y TIERRAS.	Estado Coberturas Tierra	Cobertura de la tierra 2010 □ 2012			
MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE SUELOS Y TIERRAS.	Estado Coberturas Tierra	Cobertura de la Tierra 100K Periodo 2018			

Fuente: IDEAM, 2021

Figura 9.

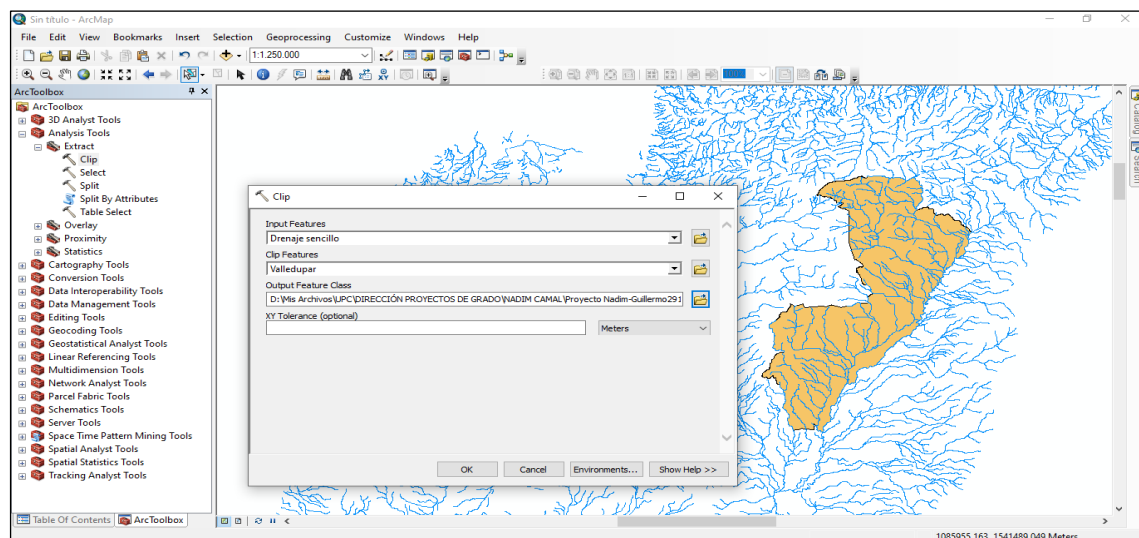
Datos abiertos Cartografía y Geografía



Fuente: Fuente: IGAC, 2021

Figura 10.

Procesamiento: Corte de shapefile



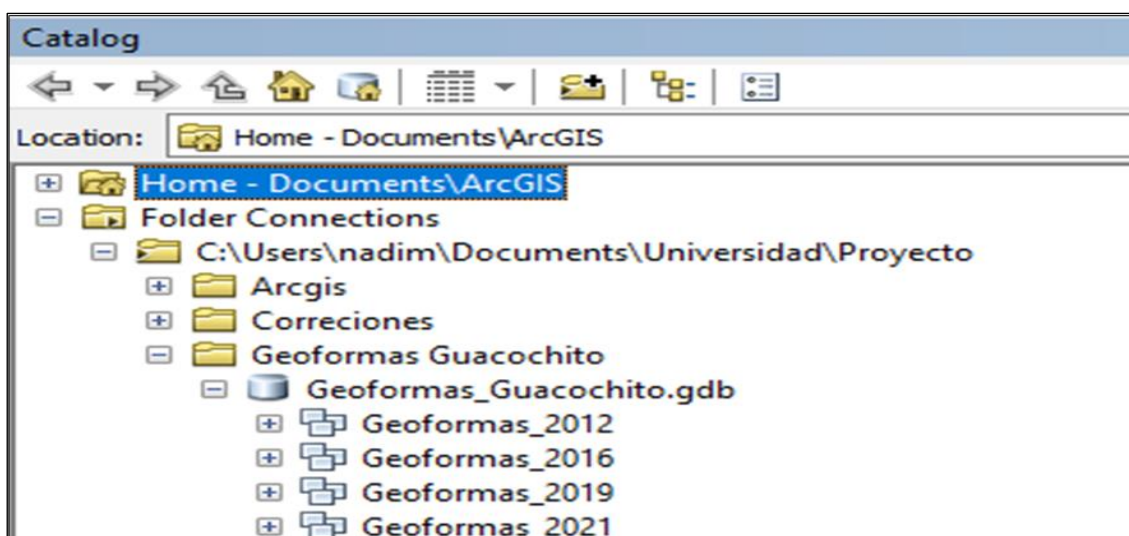
Fuente: (Autores, 2021)

Actividad 1.3: Crear base de datos que permita cargar, filtrar, administrar y editar dichos datos.

Se creó una base de datos en el software ArcGIS, donde se elaboró una carpeta llamada Geoformas Guacochito y al interior de ella la Geodatabase llamada Geoformas_Guacochito como se observa en la Figura 11.

Figura 11.

Geodatabase creada en ArcGIS.



Fuente: (Autores, 2021)

Como se muestra en la Figura 11, dentro de la geodatabase se encuentran los archivos feacture dataset que almacenan información de las unidades geomorfológicas de los años seleccionados para este estudio (2012, 2016, 2019 y 2021); a los cuales, se les asignaron los nombres de Geoformas_2012, Geoformas_2016, Geoformas_2019 y Geoformas_2021; en cada feature dataset se almacenaron feature class que contienen 3 tipos de geometria (líneas, puntos y polígonos), que corresponden a los polígonos creados de las Geoformas que se identificaron.

Actividad 1.4: Preprocesamiento y procesamiento de imágenes satelitales:

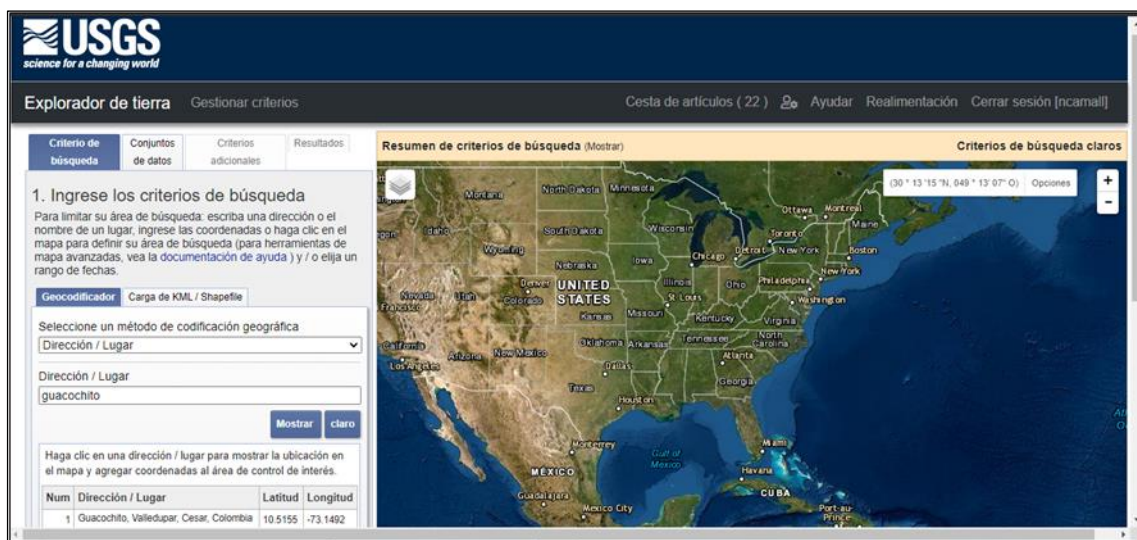
Descarga y adquisición de imágenes satelitales Landsat 7 y 8 (www.landcover.org de la universidad de Maryland y en la U. S. Geological Survey USGS), para el análisis multitemporal en la zona objeto de estudio.

En el Software ArcGIS a través de la utilización de los contenidos de la caja de herramienta de ArcToolbox se realizó la georreferenciación de imágenes, ya que estas vienen en formato bruto de manera que se requiere su georreferenciación en X, Y y Z.

Para el desarrollo de esta actividad como se evidencia en la Figura 12 se ingresó a la página web de *science for a changing world* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) servidor de la NASA, donde se obtuvieron las imágenes satelitales para el desarrollo del proyecto.

Figura 12.

Explorador de tierra.

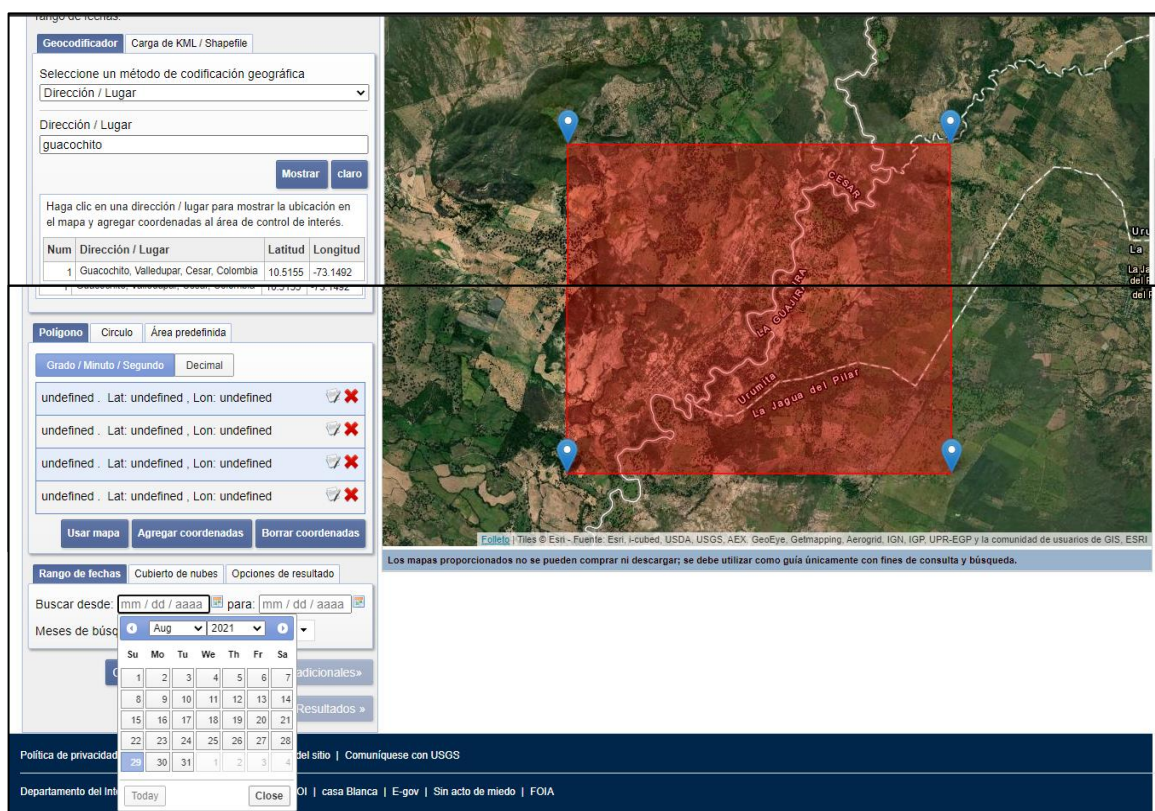


Fuente: USGS, 2021

Luego se ingresó en la dirección de búsqueda, se identificó y delimito el área de estudio como se muestra la selección en color rojo en la Figura 13, por lo tanto, se obtuvieron imágenes satelitales del área que se seleccionó.

Figura 13.

Descarga de imágenes.



Fuente: Página science for a changing world

Como se observa en la Figura 13 se seleccionaron las fechas en el calendario de las imágenes satelitales que se necesitaban descargar para realizar posteriormente la digitalización y análisis. Las fechas ingresadas para la descarga de las imágenes satelitales son del mes de enero de los años 2012, 2016, 2019 y 2021.

Luego, se procedió a seleccionar el satélite que suministra la información acorde a nuestra necesidad, que para este estudio se utilizaron imágenes satelitales del sensor Landsat 7 y 8 (ver Figura 13). Se utilizaron imágenes de este sensor debido a que estas son gratuitas y adicionalmente presentan características como resolución espacial, radiométricas, temporal y espectral que permiten trabajar en este tipo de estudios.

Se descargaron las imágenes satelitales de los años 2012, 2016, 2019 y 2021; las cuales, se guardaron dentro de la geodatabase.

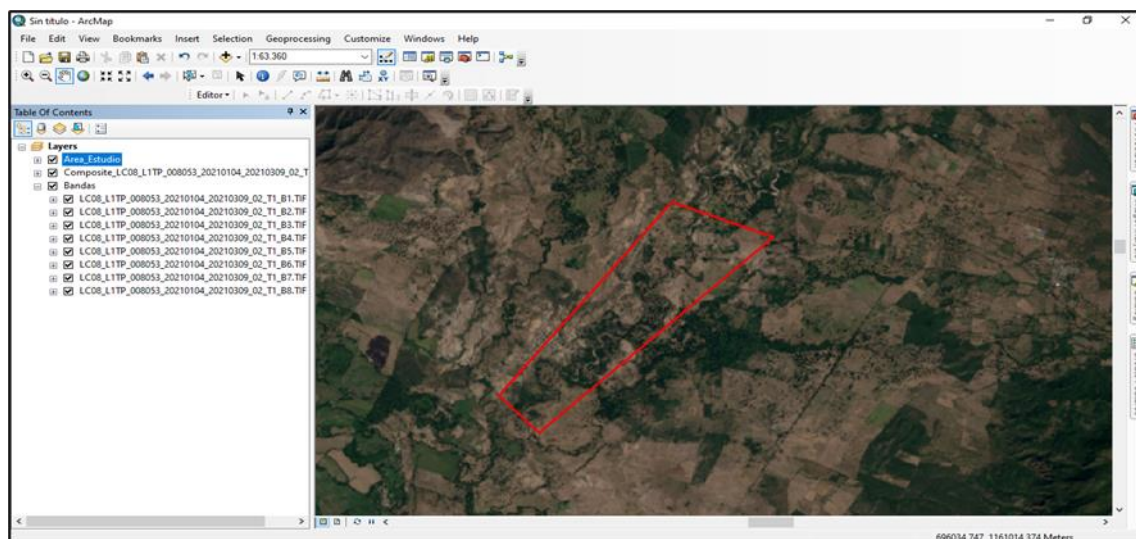
Etap 2: Identificar las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través de imágenes multitemporales.

Como se observa en la Figura 14, en el software ArcGis se cargaron las bandas que componen cada imagen, para generar de esta manera imágenes satelitales claramente visibles.

En el Software ArcGis utilizando sus herramientas (clic en el menú Archivo, seleccione Nuevo y haga clic en Shapefile) se crearon los archivos shapefile y se almacenaron en la geodatabase con las respectivas geometrías (puntos, líneas y polígonos). Se creó el shapefile de geometría polígono con el cual se delimitó el área de estudio (ver Figura 14), teniendo en cuenta que la imagen satelital estaba cargada, facilitando la observación de las rondas hídricas para la delimitación de dicha área.

Figura 14.

Carga y delimitación zona de estudio, ArcGIS.



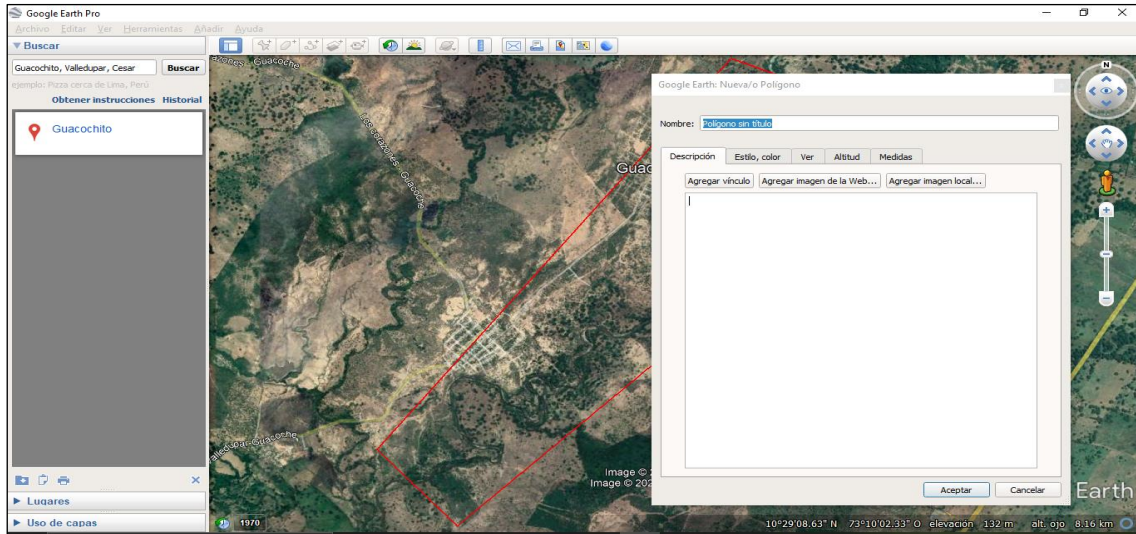
Fuente: (Autores, 2021)

Google Earth contiene imágenes de sensores Landsat 7 y 8; por lo tanto, se utilizó como apoyo y se realizó una primera identificación de las geoformas. Con ayuda del cursor se crearon polígonos que delimitó el área de la geoforma (ver Figura 16) y se asignó el nombre y características necesarias de cada geoforma existente en el área de estudio (ver Figura 15).

En la Figura 17 se observan los polígonos de color rojo y amarillo que corresponde a la identificación de las geoformas para cada una de las imágenes satelitales en todos los años de estudio.

Figura 15.

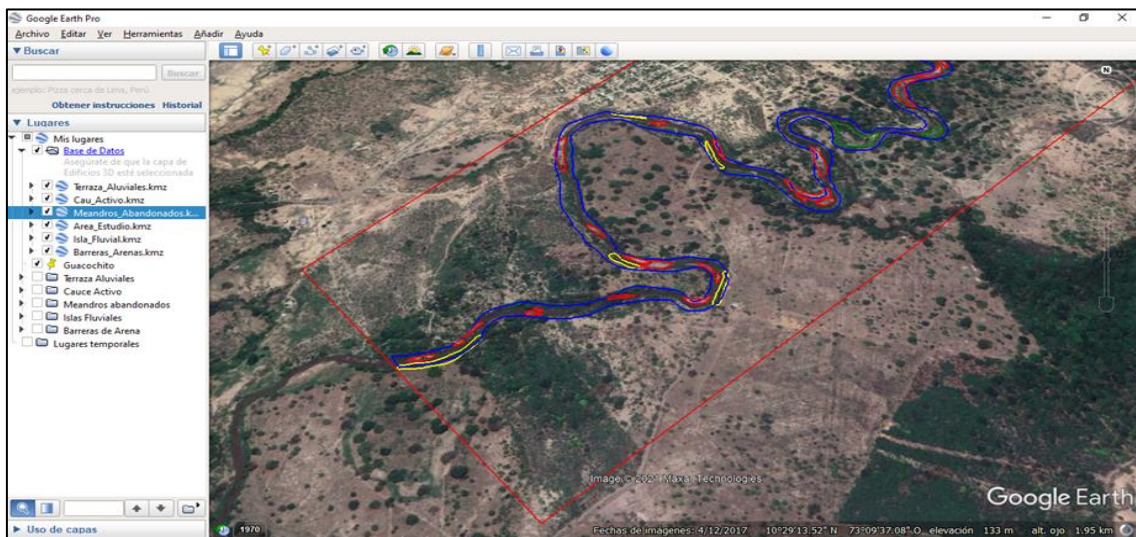
Creación de polígonos de las geoformas, Google Earth.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 16.

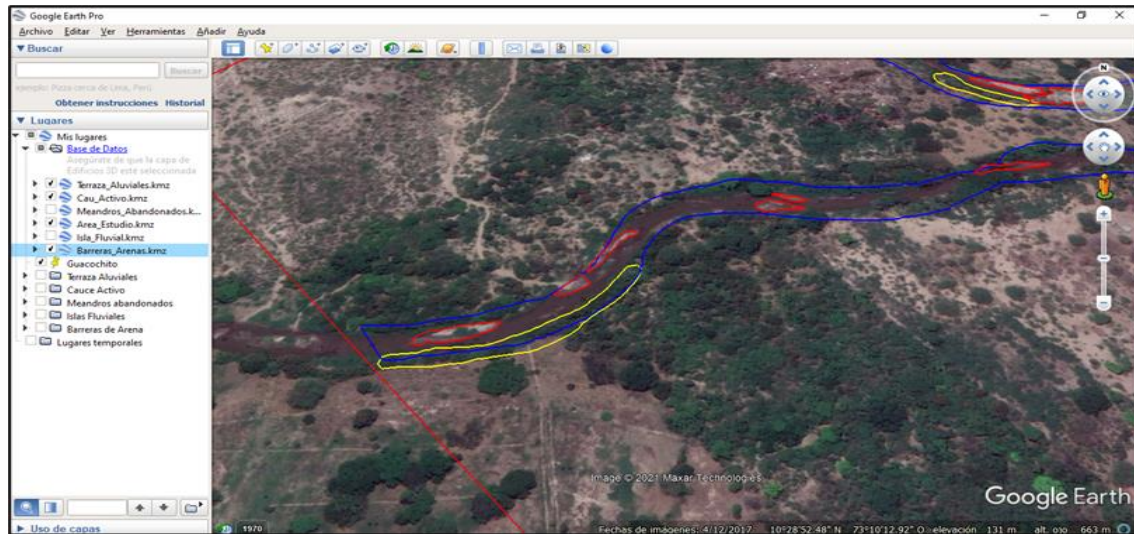
Polígono delimitando geoformas, Google Earth.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 17.

Polígono delimitando geoformas, Google Earth.

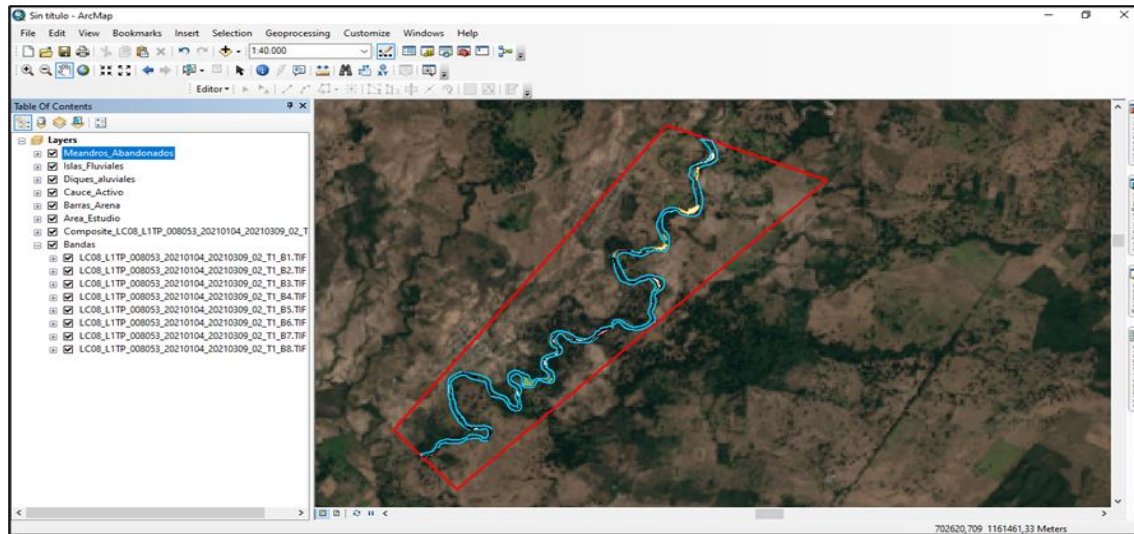


Fuente: (Autores, 2021)

Luego, en ArcGis se cargó la imagen satelital, el shapefile del área de estudio y los shapefile de las geoformas identificadas, los cuales se ingresaron en la base de datos geografica (gdb) con el fin de verificar la información digitalizada de los polígonos de las geoformas creados en Google Earth y complementar agregando algunas características de las geoformas como se observa en la Figura 18.

Figura 18.

Imágenes satelitales, ArcGIS



Fuente: (Autores, 2021)

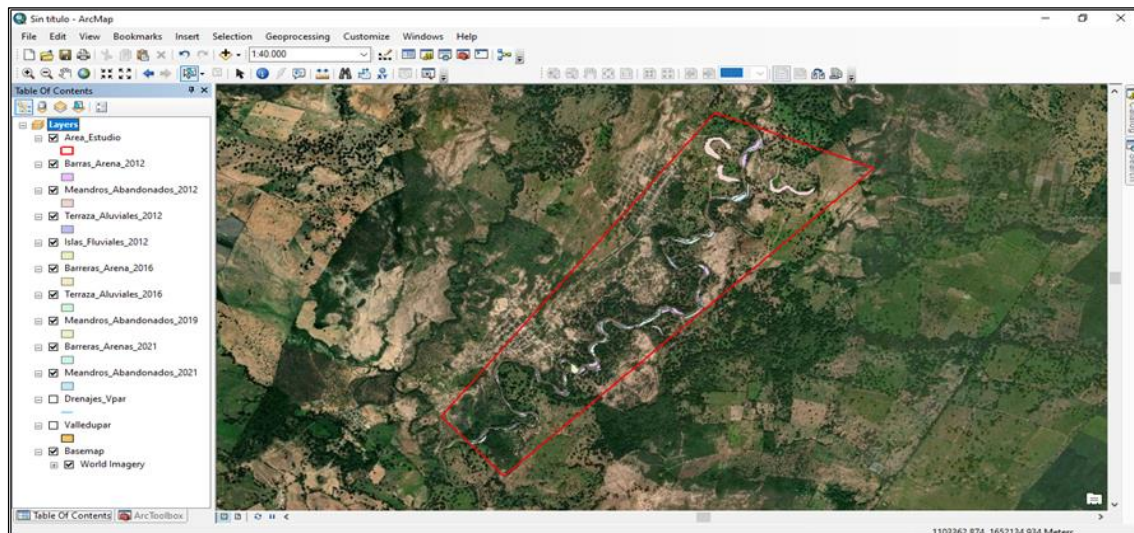
Etapas 3: Analizar las características de las unidades geomorfológicas a través del procesamiento de imágenes multitemporales de sensores remotos.

Actividad 3.1: Evaluar las características de las unidades geomorfológicas en los años 2012, 2016, 2019 y 2021.

En el software ArcGIS, se seleccionó en la carpeta del árbol de catálogo la geodatabase desarrollada que contiene las características de las unidades geomorfológicas en diferentes años del área de estudio. Se cargo la imagen satelital del año 2021, el shapefile de delimitación del área de estudio y los shapefile que contienen las geoformas de los años 2012, 2016, 2019 y 2021 como muestra la Figura 19, superponiéndose estos polígonos unos sobre otro con el fin de observar y analizar los diferentes cambios en las características (área, longitud y ubicación) que estas geoformas han teniendo en los periodos anteriormente mencionados.

Figura 19.

Imagen satelital, área de estudio y geoformas año 2012,2016, 2019 y 2021, ArcGIS



Fuente: (Autores, 2021)

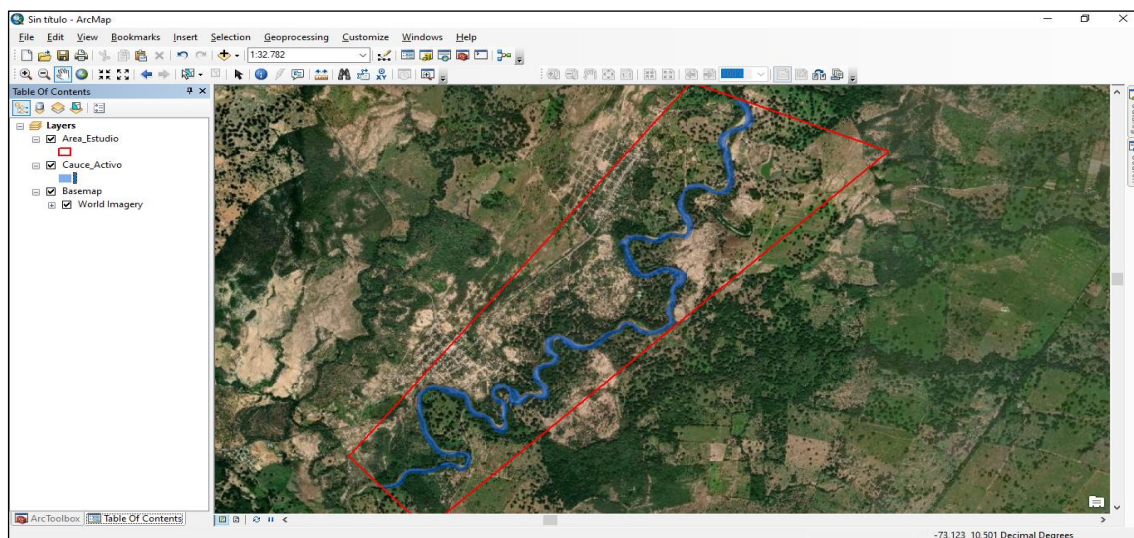
Actividad 3.2: Calcular el grado de susceptibilidad a la erosión hídrica.

Para calcular el grado de susceptibilidad a la erosión hídrica en el área de estudio, en el software ArcGis se cargó la imagen satelital Landsat correspondiente al año 2021 y la capa de área de estudio; luego, se creó un polígono para marcar el cauce activo del río el cual se llamó Cauce_Activo del río Cesar en la zona de Guacochito como se muestra en la Figura 23.

Se delimito el área de ronda hídrica, como lo establece el Decreto 2245 de 2017, en la sección 3A, Artículo 2.2.3.2.3A.2., donde, se tomó como base la capa de cauce activo y se creó un nuevo polígono teniendo en cuenta que este debe ser una faja paralela al cauce permanente del río, de treinta metros de ancho, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 20.

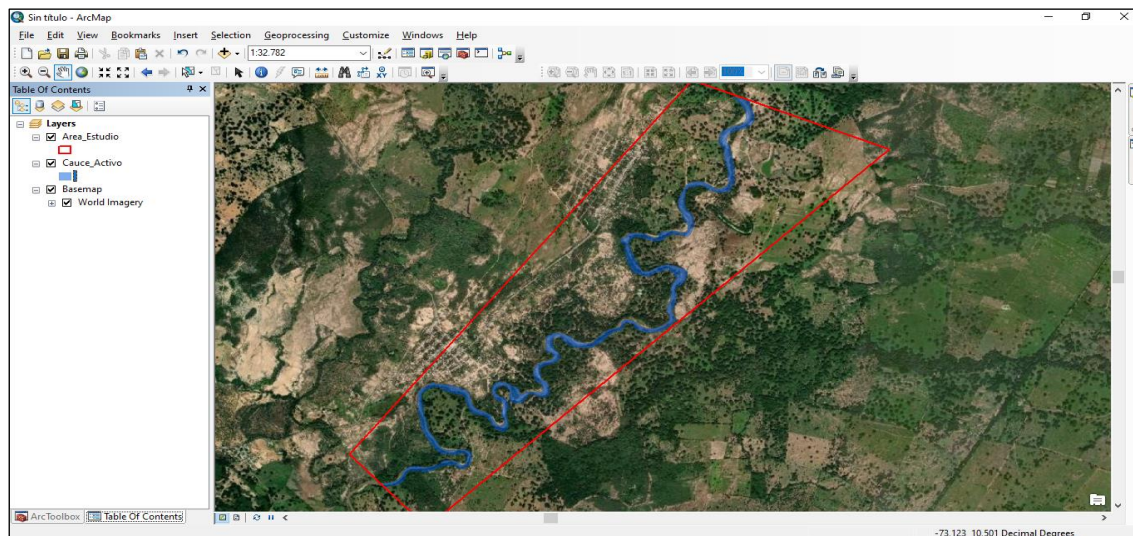
Cauce año 2021, río Cesar-Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 21.

Ronda hídrica, río Cesar-Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

Con la imagen satelital cargada del año 2021, las capas de cauce activo y ronda hídrica, a través de la observación se identificó la vegetación presente en cada cuadrícula dentro del área de ronda hídrica, y luego se procedió con el cálculo que explicaremos a continuación.

Se calculo el porcentaje de cobertura vegetal para categorizar el grado de susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos según la vegetación, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de Cobertura Vegetal (PCV)} = \sum (X_i * 6.25\%) \quad (1)$$

PCV: Porcentaje de Cobertura Vegetal

X_i : 0.1 – 1

6.25%: Valor constante

En la ecuación 1, X_i puede tomar valores en el intervalo de 0.1 hasta 1, el valor corresponde a la cantidad de vegetación presente en una cuadrícula; de esta manera, las cuadrículas con menor cantidad de vegetación recibe valores de 0.1 y las cuadrículas con mayor cantidad de vegetación se le asignan valores de 1.

7. Resultados y Análisis

A continuación, se presentan los resultados y su respectivo análisis de acuerdo con los objetivos específicos planteados; en primer lugar, se encontrará el trabajo de campo y recopilación de información secundaria que permitió la creación de una base de datos geográficas de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito.

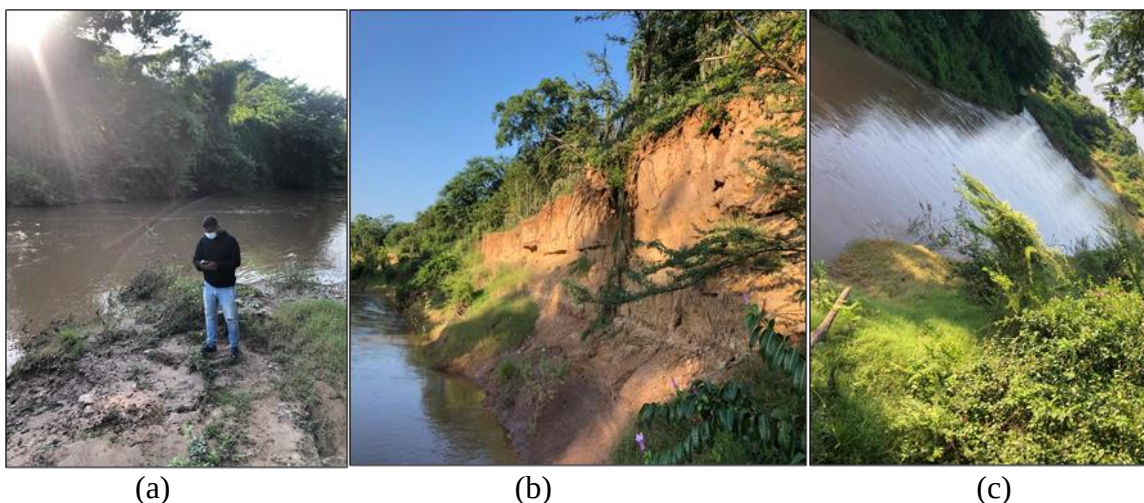
Etapas 1: Crear una base de datos geográfica de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito.

Actividad 1.1: Trabajo de campo

Se procedió con las visitas a campo en donde se pudieron tomar las coordenadas y registros fotográficas de las unidades geomorfológicas del área objeto de estudio. Producto de lo anterior, se pudo identificar tres unidades geomorfológicas (ver figura 22 y anexo 1.): barras de arena (a), terrazas aluviales (b) e islas aluviales (c). Cabe resaltar que unas de las limitaciones de la investigación se debieron a que las demás unidades geomorfológicas identificadas no se visitaron en campo dado el difícil acceso a lo largo de la ronda hídrica delimitada en el proyecto.

Figura 22.

Geoformas identificadas



Fuente: (Autores, 2021).

Dentro de la información de campo obtenida se obtuvieron las siguientes coordenadas geográficas, obtenidas mediante un equipo GPS:

Tabla 2.

Sistema de coordenadas área de estudio.

Coordenadas			
10°31'30.82"N	10°31'4.08"N	10°28'38.54"N	10°29'6.77"N
73° 8'34.78"O	73° 7'27.98"O	73°10'4.14"O	73°10'30.32"O

Fuente: (Autores, 2021)

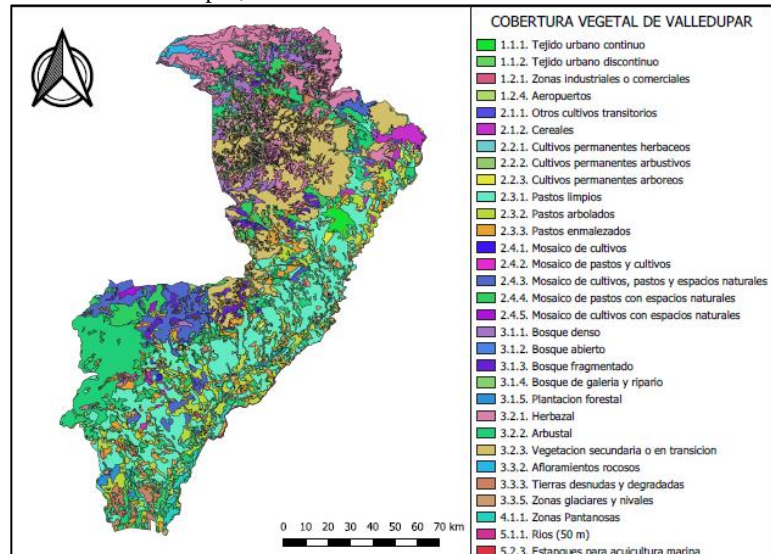
Actividad 1.2: Recopilación de información secundaria (cartografía base).

Se llevó a cabo revisión bibliográfica en geoportales como IDEAM e IGAC, que permitieron obtener información geográfica importante para el procesamiento de los datos en esta fase. En las siguientes figuras se observa el shapefile o capa que se descargó del geoportal del IDEAM del año 2012 (cabe resaltar que, aunque no es una información muy actualizada es la información oficial y por ende se debe trabajar con esta), en primer lugar,

se ubica la cobertura de la tierra del municipio de Valledupar y luego el drenaje de Valledupar.

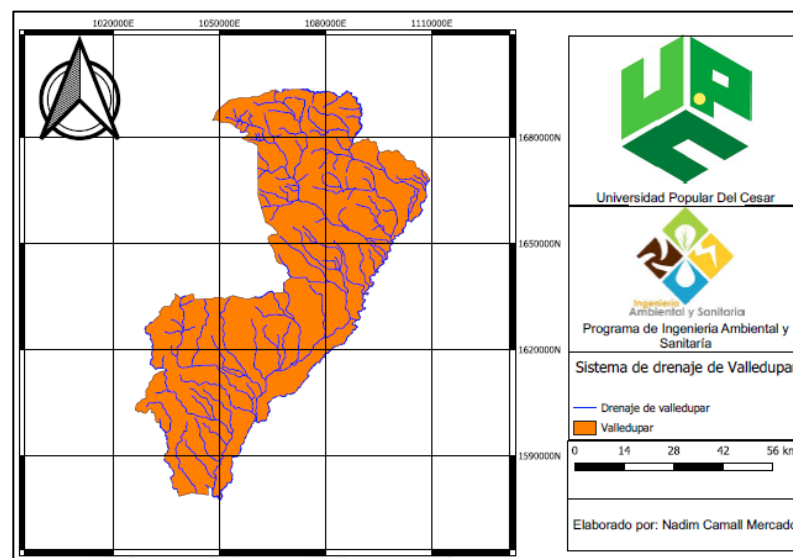
Figura 23.

Cobertura de la tierra de Valledupar, 2012.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 24. Drenaje de Valledupar.



Fuente: (Autores, 2021)

Cabe resaltar que la adquisición de información cartográfica permitió conocer características de la zona de estudio, como la cobertura de la tierra e identificar a través del shapefile de drenajes el curso del río Cesar en el corregimiento de Guacochito.

Actividad 1.3: Crear base de datos que permita cargar, filtrar, administrar y editar dichos datos.

Dentro de la geodatabase se encuentran los dataset, para este caso se crearon cuatro dataset del año 2012, 2016, 2019 y 2021 cada una de estas contiene las unidades geomorfológicas para cada año, identificadas en las imágenes satelitales como son barreras de arena, islas fluviales, meandros abandonados y terrazas aluviales. Luego de esto se procedió con el preprocesamiento y procesamiento de imágenes satelitales mediante el Software ArcGIS en el cual se cargaron las imágenes satelitales Landsat 7 y 8, a las cuales se les realizó previamente el proceso de georreferenciación descrito en la metodología. (ver anexo 2).

Etapas 2: Identificar las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través de imágenes multitemporales.

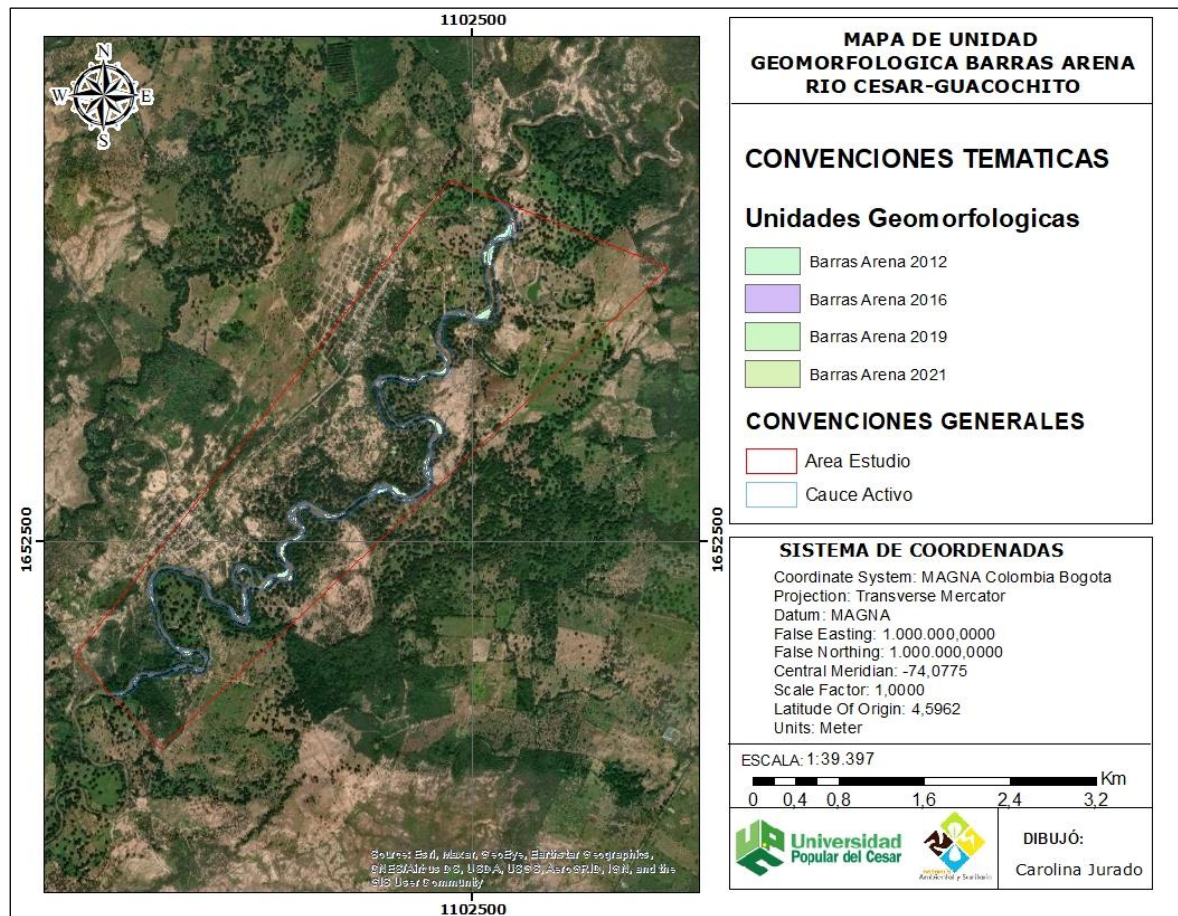
Seguido de lo anterior, se procedió con la identificación de las unidades geomorfológicas del río Cesar en el tramo Guacochito a través de imágenes satelitales, para tal fin se investigaron las características visuales que presentan las geoformas en los ambientes fluviales, permitiéndonos el reconocimiento de estas en las imágenes satelitales utilizando el Software Google Earth y ArcGIS. (Ver anexo 3 en donde se detalla el paso a paso para la identificación de las unidades geomorfológicas)

A continuación, en la figura 25, se presentan la unidad geomorfológica barras de arena utilizando las imágenes satelitales de los años 2012, 2016, 2019 y 2021 y delimitada

por polígonos; esta unidad se caracteriza por hacer presencia en los cauces y orillas del río como cuerpos arenosos debido a la sedimentación y erosión que presente el cuerpo hídrico.

Figura 25.

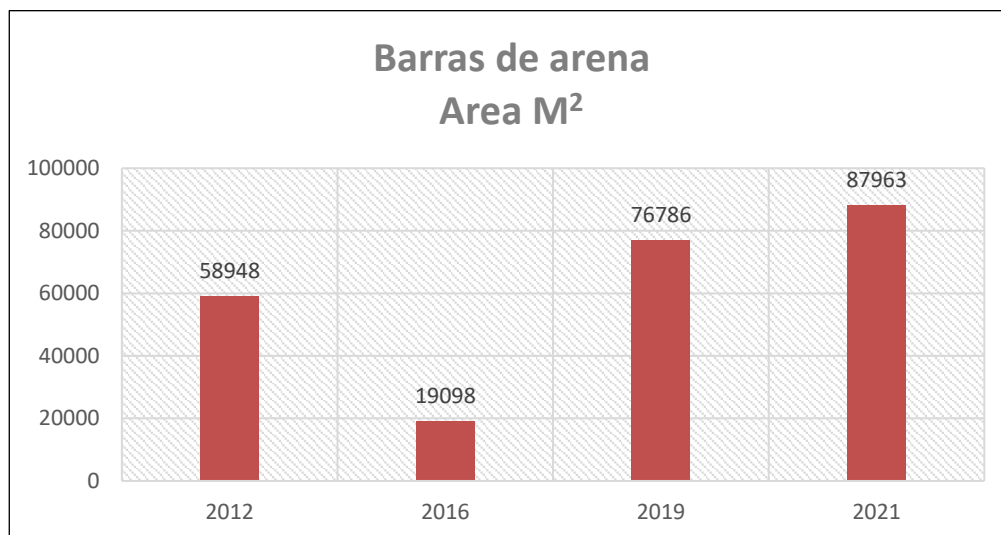
Unidad Geomorfológica barras de arena, río Cesar -Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 26

Unidad Geomorfológica, Barreras de Arena.



Fuente: (Autores, 2021)

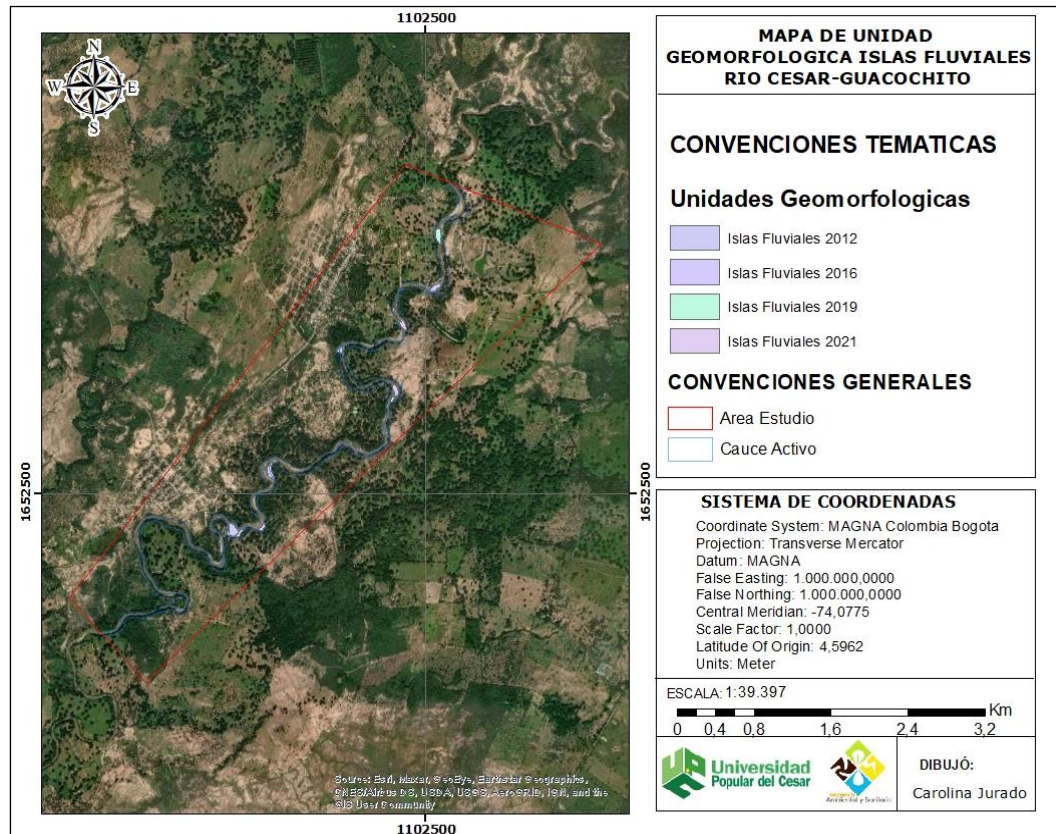
De acuerdo con Pantevis y Torres (2020), las barras de arena hacen referencia a intercalaciones de capas gruesas de granos de arena finos/muy finos no consolidadas, con capas de lodos y arcillas de grisáceas, hacia el techo con capas delgadas/medias de turba; estas barras tienen estructuras internas estratificadas con forma de pescado, inclinadas, plano paralelas y ondulita.

Por otro lado, la figura 25 muestra la unidad geomorfológica islas fluviales en las imágenes satelitales, las cuales se encuentran delimitadas con polígonos. Cabe mencionar que las islas fluviales se pueden definir como acumulaciones de sedimento colonizadas por la vegetación, situadas en el interior de un curso fluvial (río o arroyo). Delimitadas por el canal activo, presentan cierto grado de estabilidad a pesar de que en condiciones de crecida a nivel de cauce lleno quedan expuestas al flujo de la corriente. Las islas fluviales resultan de gran importancia tanto desde el punto de vista morfológico como ecológico, pues

representan el estado natural de los sistemas fluviales y presentan por ello un alto grado de alteración ante la acción antrópica. (Picco, 2014).

Figura 27.

Unidad Geomorfológica Islas Fluviales, río Cesar -Guacochito.

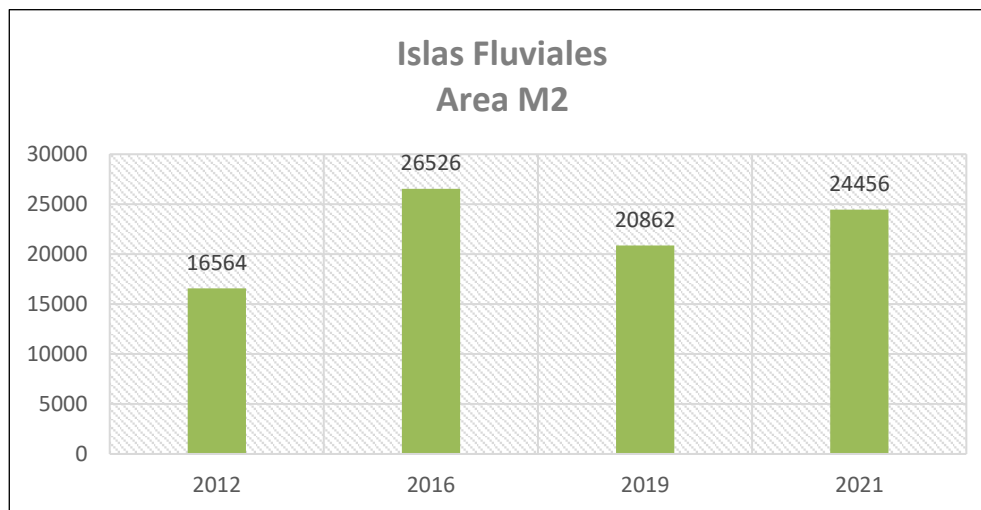


Fuente: (Autores, 2021)

Unidad Geomorfológica, Islas Fluviales.

Figura 28

Unidad Geomorfológica, Islas Fluviales.

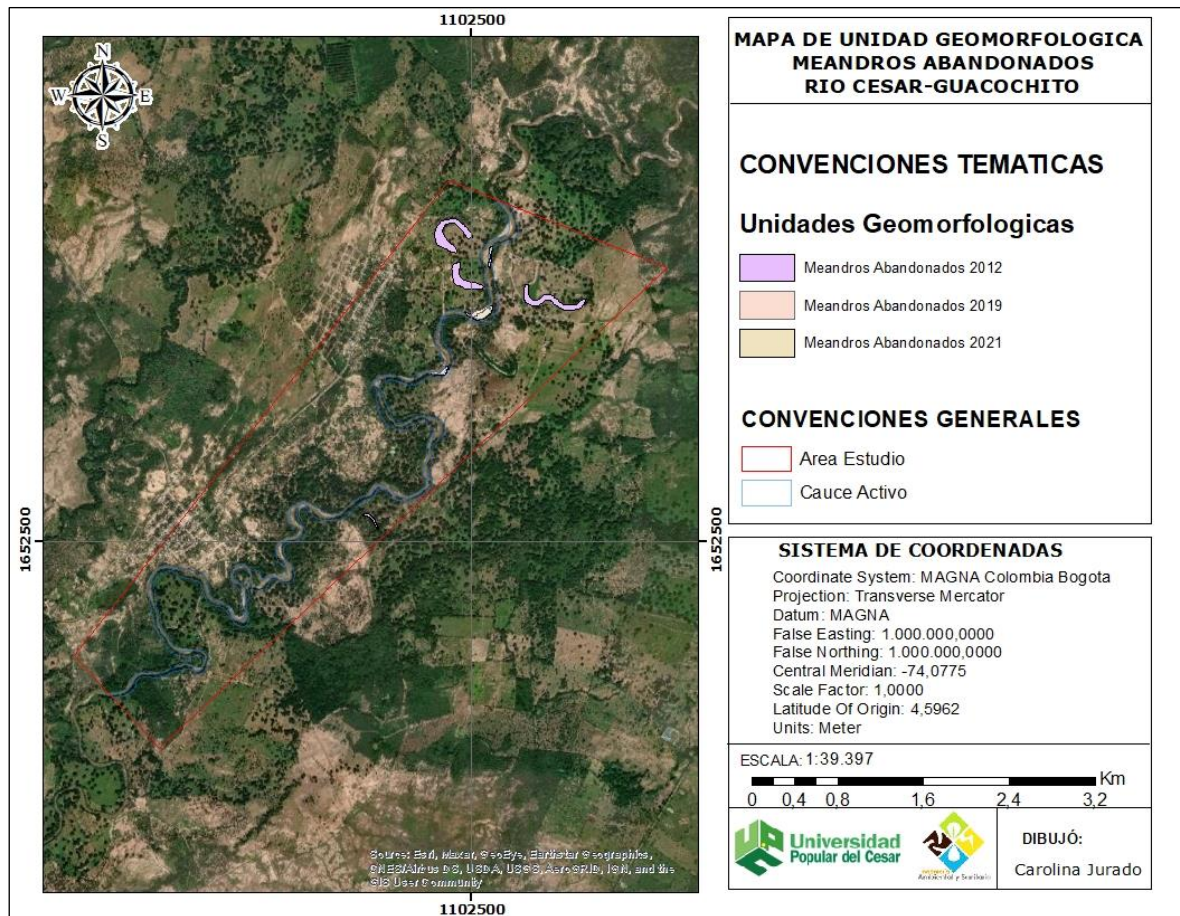


Fuente: (Autores, 2021)

La figura 27 muestra la unidad geomorfológica meandros abandonados en las imágenes satelitales, las cuales se encuentran delimitadas con polígonos, hay que mencionar que los ríos de planicie aluvial se caracterizan por un continuo desplazamiento lateral y por la presencia de meandros, comportamiento que según Schumm, (Citado por Rodríguez, 2010) es el resultado de un incremento en la carga de sedimentos y reducción en su pendiente, induciendo la metamorfosis del cauce de recto a meandrónico, con los consecuentes fenómenos de erosión, deposición y corte de cuello de meandro. Este corte, da lugar a una madre vieja, con una creciente colmatación en la parte inicial del meandro por medio de un bucle y un estrechamiento del cuello del meandro, hasta que finalmente se corta dicho cuello y la pendiente del río aumenta.

Figura 29.

Unidad geomorfológica, meandros abandonados.

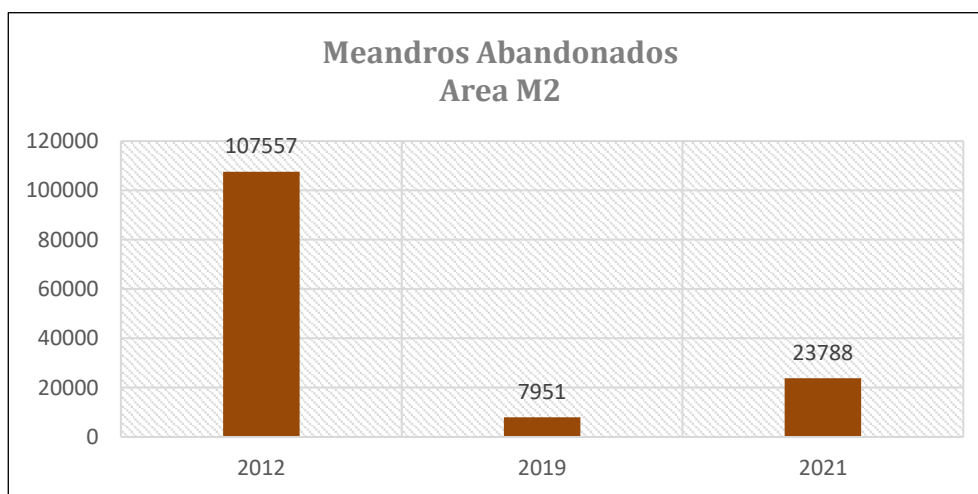


Fuente: (Autores, 2021)

Unidad Geomorfológica, Meandros Abandonados.

Figura 30

Unidad Geomorfológica, Meandros Abandonados.



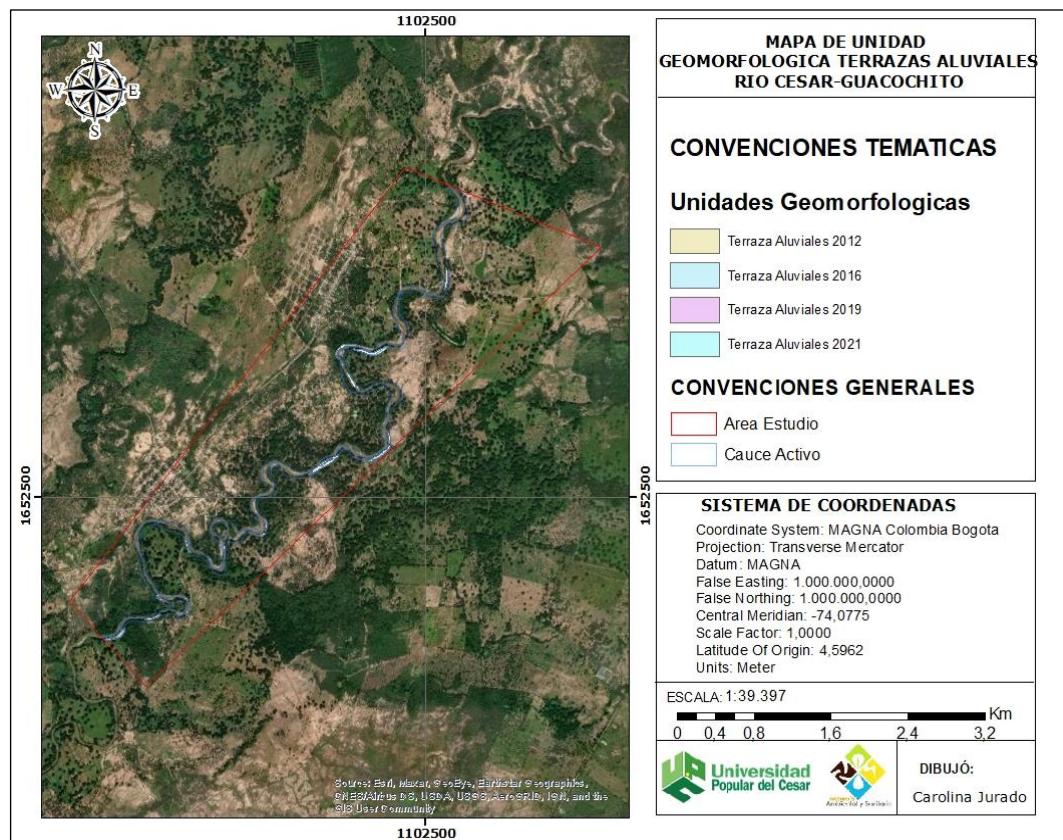
Fuente: (Autores, 2021)

Además, Rodríguez (2010), plantean que “En cada curva se originan dos componentes de la corriente: Uno de velocidad aguas abajo que se lanza con fuerza contra la orilla externa, y otro más débil que se dirige hacia la orilla interna. Este tipo de flujo produce el socavamiento, desplome y erosión de la margen externa de cada meandro, y deposición en la banca interna. El doble proceso de erosión – sedimentación suele ser poco activo cuando el caudal y la carga de aluviones son escasos; en cambio, este alcanza su máxima eficiencia cuando el nivel de las aguas se aproxima a su tope, sin salirse del cauce, razón por la cual se denomina caudal formativo”.

Asimismo, en la figura 29 se observa la unidad geomorfológica terrazas aluviales en las imágenes satelitales, las cuales se encuentran delimitadas con polígonos.

Figura 31.

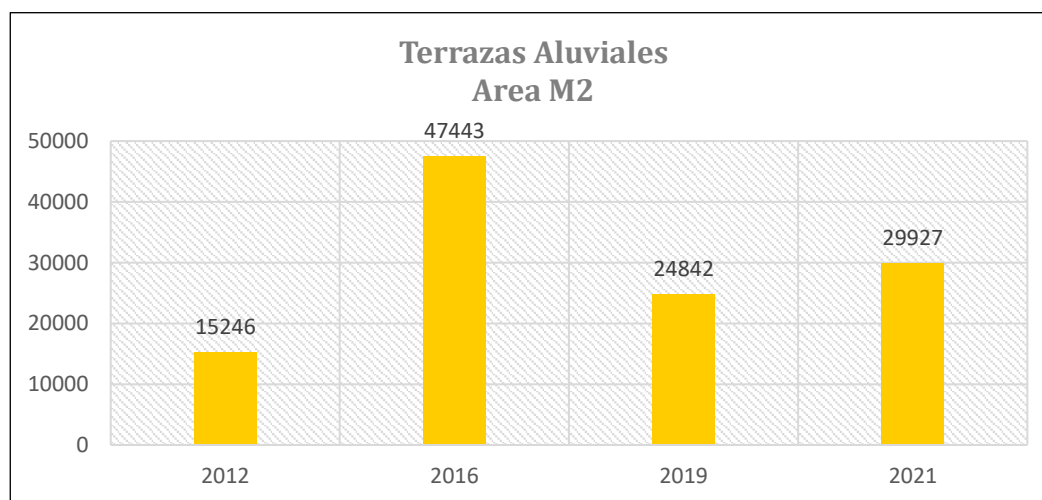
Unidad Geomorfológica terrazas aluviales, río Cesar -Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

Figura 32

Unidad Geomorfológica, Terrazas Aluviales.



Fuente: (Autores, 2021)

Las terrazas aluviales son relieves geomorfológicos de superficies planas o casi planas, es decir presentan una pendiente relativamente suave a muy suave (0-5%), formadas por un relleno superficial y un escarpe (Gutiérrez, 2008). Se forman a partir de una llanura de inundación antigua, que se encuentra por encima del nivel máximo de aguas del cauce del río, a consecuencia de su incisión (Pedraza, 1996). Las terrazas aluviales presentan litologías formadas por depósitos aluviales (Sigtierras, 2015). Las terrazas aluviales son plataformas recortadas por la incisión lineal de un curso de agua, correspondientes a depósitos originados en etapas pretéritas que reflejan las distintas alturas alcanzadas por la corriente en cada una de ellas. La descripción de sus niveles, incluyendo forma, tamaño y altura, el estudio de sus facies sedimentarias, el análisis morfométrico y mineralógico de sus materiales, contribuyen significativamente a su interpretación morfogenética, y

permiten deducir, por consiguiente, algunas consideraciones acerca de las condiciones climáticas e hidrológicas que controlaron su formación en el pasado. (Conesa, 1990)

Etapas 3: Evaluar las características de las unidades geomorfológicas a través del procesamiento de imágenes multitemporales de sensores remotos.

Actividad 3.1: Evaluar las características de las unidades geomorfológicas en los años 2012, 2016, 2019 y 2021.

Una vez identificadas las unidades geomorfológicas se procedió con la evaluación de las características de cada una de ellas a través del procesamiento de imágenes de sensores remotos, para los años 2012, 2016, 2019 y 2021 como se muestra a continuación.

Con la ayuda de la aplicación de ArcGIS y teniendo delimitadas todas las unidades geomorfológicas presentes en el ambiente fluvial, se procede a encontrar los siguientes parámetros físicos: cantidad de unidades geomorfológicas, área y el perímetro con el objetivo de comparar y evaluar el crecimiento o disminución de las unidades manifestadas a lo largo del tiempo (2012, 2016, 2019 y 2021):

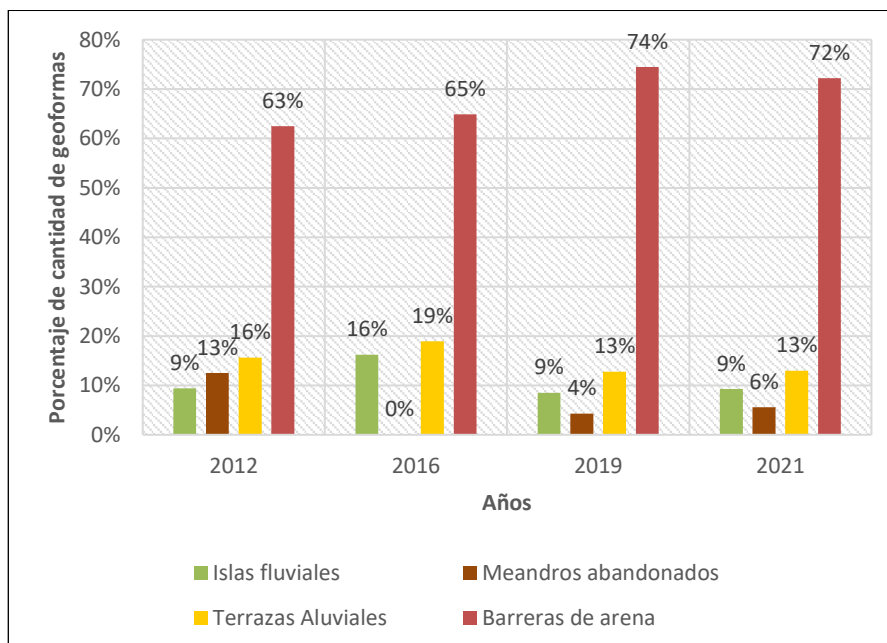
La **Tabla 3.**Tabla 3 muestra la cantidad de unidades geomorfológicas identificadas en las imágenes satelitales para cada periodo de estudio. Se identificaron 32, 37, 47 y 54 unidades geomorfológicas en las imágenes satelitales de los años 2012, 2016, 2019 y 2021 respectivamente.

Tabla 3.
Cantidad de unidades geomorfológicas identificadas.

Unidad Geomorfológica	2012	2016	2019	2021
Islas fluviales	3	6	4	5
Meandros abandonados	4	0	2	3
Terrazas Aluviales	5	7	6	7
Barreras de arena	20	24	35	39
Total	32	37	47	54

Fuente: (Autores, 2021)

Figura 33.
Comparación unidades geomorfológicas por años.



Fuente: (Autores, 2021)

De acuerdo con la Tabla 3 y figura 33; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en todos los años de estudio la unidad geomorfológica que se encuentra en mayor cantidad son las barreras de arena, seguido de las terrazas fluviales, en tercer lugar, las islas fluviales y, por último, los meandros.

Tabla 4.

Área de las unidades geomorfológicas en el tiempo.

Unidad Geomorfológica	Área (Ha)			
	2012	2016	2019	2021
Islas fluviales	1.5	2.6	2	2.4
Meandros abandonados	10.7	0	0.7	2.4
Terrazas Aluviales	1.5	4.7	2.4	3
Barreras de arena	5.9	1.9	7.6	8.8
Total	19.7	9.3	13	16.6

Fuente: (Autores, 2021)

De acuerdo con la tabla 4, en el caso de la unidad geomorfológica islas fluviales se encuentra un aumento del área en el año 2016 llegando a pasar de 1.5 Ha en el 2012 a 2,6 Ha en el 2016, luego se presenta una disminución de su superficie en el 2019 (2 Ha) con respecto al año 2016 y se vuelve a aumentar en el 2021 con 2,4 Ha, de lo anterior se puede decir entonces que en los años 2016 y 2021 hubo mayor presencia de arena, grava y lodo que produjeron la aparición de estas islas fluviales, además, este resultado muestra también la variación del nivel del caudal que ha tenido el río durante los años de estudio lo cual puede ser consecuencia de la actividad antrópica que conduce también a cambios climáticos que se ven reflejado en los niveles del agua.

Por otro lado, en el caso de los meandros, la mayor área de esta unidad fue en el 2012 con 10,7 Ha, sin embargo, su presencia fue muy poca llegando incluso a ser nula en el 2016 y de ocupar solo el 0,7 ha en el 2019, de estos resultados se puede inferir que en el 2012 y 2021 hubo una mayor carga de sedimentos y reducción de la pendiente lo cual produjo la modificación del cauce del río llegando de pasar de ser recto a meandrónico lo que a su vez produce erosión en el cauce.

Siguiendo el orden, las terrazas aluviales presentaron las mayores áreas en el 2016 y 2019 con 4,7 Ha y 2,4 Ha respectivamente lo cual indica que en estos años la presencia de sedimentos fue mayores logrando depositarse a los lados del cauce en los lugares en los que la pendiente de este se hace menor, con lo que su capacidad de arrastre también se hace menor. Por último, las barras de arena ocuparon la mayor área en el 2012 (19,7 Ha) y en el 2021 con 16,6 Ha por tanto en estos años hubo mayor presencia de arena que produjeron la aparición de estas barras de arena.

Actividad 3.2: Calcular el grado de susceptibilidad a la erosión hídrica

Teniendo la imagen satelital cargada del año 2021, las capas de cauce activo y ronda hídrica, a través de la observación se identificó la vegetación presente en cada cuadrícula dentro del área de ronda hídrica, y luego se procedió con a calcular el porcentaje de cobertura vegetal para categorizar el grado de susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos según la vegetación, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$$\text{Porcentaje de Cobertura Vegetal (PCV)} = (0.25 + 0.1 + 0.1 + 0.6 + 0.9 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0.8 + 1 + 1 + 1) * 6.25\%$$

$$\text{Porcentaje de Cobertura Vegetal (PCV)} = 73.44\%$$

De acuerdo con el resultado de la Ecuación 1, la cual arrojo un porcentaje de cobertura vegetal de 73.44%, y teniendo en cuenta la tabla 5 (ver a continuación).

Tabla 5.

Grado de susceptibilidad

Grado de Susceptibilidad	N° de estratos vegetación arbórea	% de cobertura	Tipo de vegetación
Nulo a leve	2	95%-100% de cobertura Bosque muy denso	Selva montana
Leve	2	85%-95% de cobertura Bosques denso	Selva de transición
Moderado	1-2	50%-85% de cobertura Bosques semidenso	Zona ecotonal Bosque montano, Bosque

Severo	1	25%-50% de cobertura Bosques abierto	Bosque degradado
Muy severo	Sin estratos	25% de cobertura Muy abierto	pastizales

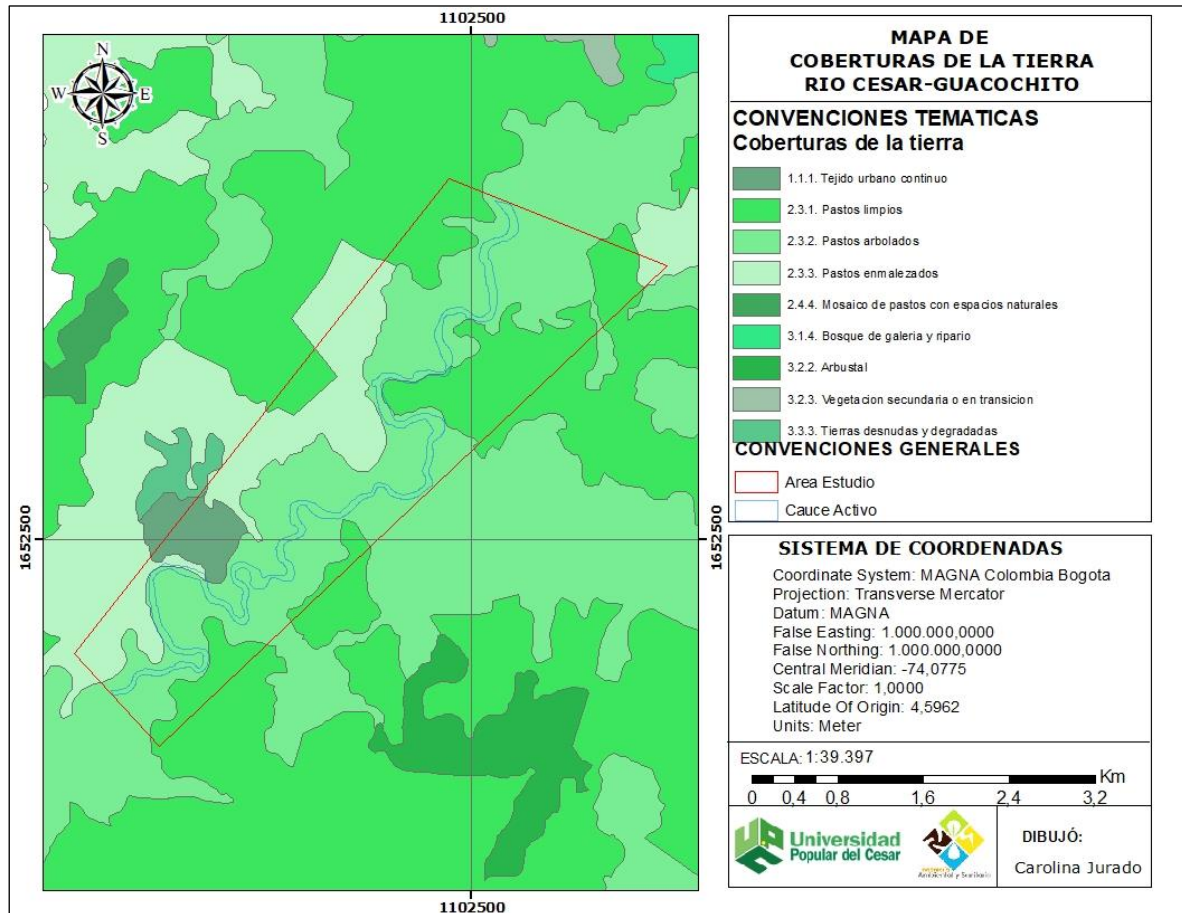
Fuente: (Autores, 2021)

Consecuente con lo anterior se encontró que para el 73% se encuentra dentro del % de cobertura de 50% - 85% de cobertura bosque semidenso, se clasifica el tipo de vegetación como bosque chaqueño; el cual está caracterizado por árboles de madera dura, cuyas hojas se desprenden durante la estación seca, también se encuentran en menor cantidad algunos pastizales a lo largo de la ronda hídrica. Con base a lo anterior, N° de estratos de vegetación arbórea 1-2, indicando que el grado de susceptibilidad a la erosión del terreno es moderado.

Adicionalmente, la figura 34 muestra las coberturas de la tierra que utiliza la metodología Corine Land Cover para su clasificación en donde se detalla que en la ronda hídrica la cobertura existente es 2.3.2 Pastos arbolados, que se caracteriza por ser tierras cubiertas por pastos en las cuales se han estructurado potreros, con presencia de árboles con alturas superiores a cinco (5) metros distribuidos de forma dispersa.

Figura 34.

Coberturas de la tierra, río Cesar – Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

Después de haber identificado el grado de susceptibilidad a la erosión del terreno se determinó el tipo de afectación al que este se ve expuesto. Las unidades geomorfológicas pueden incidir de manera potencial en las pérdidas del suelo, reducción en la productividad de suelo, pérdidas del valor de las tierras y de manera actual en el descenso del nivel freático debido a que el río se caracteriza por presentar suelos arenosos no consolidados; produciendo una erosión en el fondo del cauce, lo que genera filtración y por ende disminución del nivel freático (ver tabla 6).

Tabla 6.

Tipos de afectaciones del terreno.

Tipos de afectaciones del terreno		
	Potenciales	Actuales
Reducción en la productividad de suelo	X	
Pérdidas de suelo	X	
Pérdidas del valor de las tierras	X	
Descenso del nivel freático		X

Fuente: (OAS, 2015)

8. Conclusiones

En el río Cesar a la altura de Guacochito hay presencia de tres unidades geomorfológicas las cuales fueron barras de arena, islas y terrazas aluviales, asimismo por medio de las imágenes satelitales se confirmaron la presencia de las unidades mencionadas, así como de los meandros abandonados. La unidad geomorfológica que se encuentra en mayor cantidad son las barreras de arena con un total de 118 unidades, en segundo lugar, se ubican las terrazas aluviales con 25 unidades, luego, en tercer lugar, se hallan 18 unidades de islas fluviales que se presentan en un 9%, 16%, 9% y 9% en los años 2012, 2016, 2019 y 2021 respectivamente; por último, la unidad geomorfológica que se presenta en menor cantidad son los meandros abandonados con 9 unidades identificadas.

El análisis de estas unidades permitió ver el comportamiento variable que tienen las mismas a lo largo de los periodos estudiados (2012, 2016, 2019 y 2021), en el año 2012 y 2021 se presentaron las mayores áreas ocupadas por las unidades geomorfológicas estudiadas con 19,7 Ha y 16,6 Ha respectivamente; además, las islas fluviales ocuparon mayor terreno en el 2021 con 2,4 Ha lo cual se debe a procesos de sedimentación y erosión presentes en el río, en el 2012 los meandros ocuparon un área de 10.7 Ha siendo estas su mayor extensión, las terrazas fluviales en el 2016 ocuparon 4.7 Ha y las barras de arena en el 2021 con 8.8 Ha. De manera general se comprueba que hubo cambios a lo largo del tiempo con un comportamiento muy variable en todas las unidades geomorfológicas lo cual obedeció a cambios naturales y antrópicos (procesos de erosión y sedimentación).

La ronda hídrica presenta un Porcentaje De Cobertura Vegetal (PCV) de 73.44%, esto debido a los bosques riparios o de galería presentes en dicha área, por lo cual el río Cesar en el tramo de estudio presenta un grado de erosión moderado. Además, este estudio ha evidenciado la disminución del área de los bosques de galería, y con la ausencia de estos incrementa la erosión del terreno aledaño afectando así el cuerpo hídrico.

Con los resultados obtenidos, el proyecto expuesto servirá como línea base para profundizar en estudios que determinen la relación con diferentes variables para conocer causa y efectos de la presencia de las geoformas que se presentan en todo el río Cesar.

9. Recomendaciones

El estudio y el análisis de imágenes satelitales por sensores remotos sean considerados en los instrumentos de planificación de los diferentes territorios con el fin de poder generar una adecuada gestión del riesgo en las zonas.

Socializar a la comunidad de las afectaciones que genera el uso del suelo en las rondas hídricas.

Se propone que la articulación de los actores estratégicos involucrados en la gestión municipal consolide sus mecanismos de comunicación y disponibilidad de información referente para futuros estudios.

Se recomienda realizar investigaciones que permitan establecer la correlación entre las unidades geomorfológicas y la oferta de agua en términos de establecer balances hídricos del municipio.

Se recomienda profundizar en investigaciones que permitan identificar y modelar posibles daños que puedan presentarse en periodos futuros por la presencia de las unidades geomorfológicas encontradas en la zona de estudio.

A la CAR correspondiente, realizar seguimientos periódicos a las rondas hídricas verificando el estado de la cobertura vegetal perteneciente a la misma.

Fomentar en la población cercana a la zona de estudio, la conservación de los bosques dentro de las rondas hídricas.

10. Referencias bibliográficas

Aleph., (2021). ¿Que son los sensores remotos y para qué sirven? Disponible en: <https://aleph.org.mx/que-son-los-sensores-remotos-y-para-que-sirven>

Ávila., D., (2015). Análisis multitemporal de imágenes Landsat para evaluar las variaciones de la cobertura vegetal emergente en la laguna Leonero, Granma, Cuba. *Revista del Jardín Botánico* (36).

ArcGIS Explorer., (2020). Ayuda de ArcGIS Explorer. Disponible en: http://webhelp.esri.com/arcgisexplorer/2500/es/index.html#add_raster_data.htm

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad – CONABIO, (2020). Monitoreo de la cobertura de suelo. México, D.F.

Corporación autónoma regional del Cesar-CORPOCESAR., Universidad del Atlántico., (2007). Componente socio-económico: Uso del suelo en la cuenca del río Cesar y sus actividades socioeconómicas de sus pobladores. Recuperado de: <https://www.corpocesar.gov.co/files/13Componente%20socio.pdf>

Chuvieco, Emilio. *Teledetección Ambiental “La observación de la tierra desde el espacio”*. Tercera Edición. Editorial Ariel S.A. Barcelona-España, 2008.

Díaz, L. (2018). Caracterización de los suelos en los municipios de La Jagua de Ibirico y Becerril centro del departamento del Cesar. *Revista Agunkuyâa*, 8(2).

ESA Climate Change Initiative - Land Cover led by UCLouvain (2017).

Esri.,(2003). Conceptos basicos y ARCSDE. Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/negrete_l_ga/capitulo2.pdf

Esri. (2019). *Datasets de entidades en ArcGIS Pro*. Obtenido de
<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/data/feature-datasets/feature-datasets-in-arcgis-pro.htm>

Edgar Peña Herrera - *Exposicion "Introduccion a la Percepcion Remota, 2010*.

Guia de usuario QGIS., (2004). Una ligera introducción a GIS. Disponible en:
https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html

ICONTEC, NORMA TECNICA COLOMBIANA, NTC 1486. Documentación, Presentación de tesis, Trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C. (2008).

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2007. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

Jensen, Jens Fink. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*, Third Ed, New Jersey: Prentice Hall, 2004.

Lillesand, T. and R, Kiefer. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Tercera Edición Jhon Wiley & Sons. Inc, 1994.

Montaño, D., Rottman, A., (2019). Análisis dinámico multitemporal del río Piura aplicando teledetección, en el distrito de Piura, provincia de Piura, departamento de Piura. Repositorio Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. DISPONIBLE EN : <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10532>

Olaya. V. (2011). SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. Recuperado de: http://wiki.osgeo.org/wiki/Libro_SIG

Reuter,F., (2009). principios de teledetección. Serie didáctica n°33. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de : <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-33-Principios-teledeteccion-REUTER.pdf>

Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. (2014). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica. *Ecosistemas*, 22(3), 117-123. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-3.16>

Stieve, T. (2012). *Creating a File Geodatabase*. Obtenido de <http://sites.tufts.edu/gis/files/2013/11/Creating-a-File-Geodatabase.pdf>

Universidad de Ciencias y Humanidades, (2018). ¿Qué son las imágenes satelitales?. Lima, Perú.

Vargas , G. (2015). Guía y catálogo de unidades geomorfológicas en Colombia por sensores remotos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Velandia, O. F. (2019). Análisis multitemporal para determinar los cambios en la cobertura vegetal y en el cauce principal del río Cauca producido por el proyecto Hidroeléctrico Ituango, en los años 2009 y 2019, empleando imágenes satelitales. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/32062>.

11. Anexos

Anexo 1. Evidencia del trabajo de campo

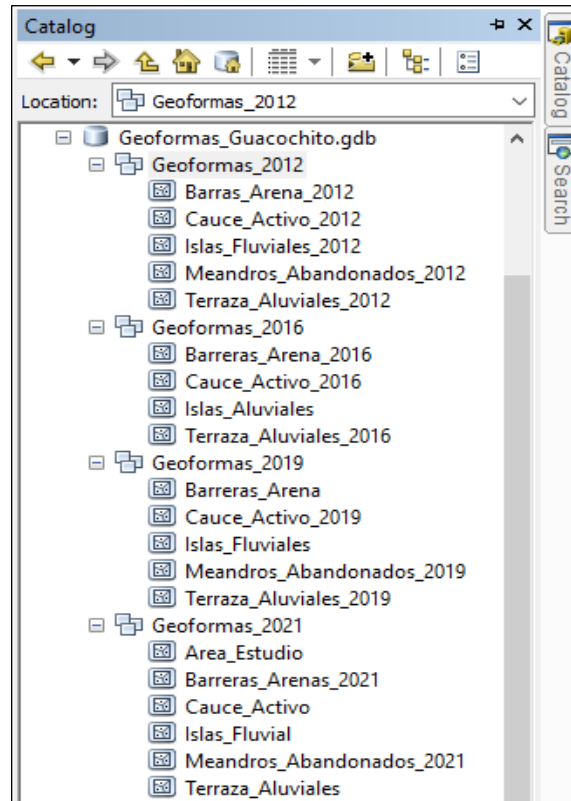






**Anexo 2. Evidencia de la creación de la base de datos que permita cargar,
filtrar, administrar y editar dichos datos.**

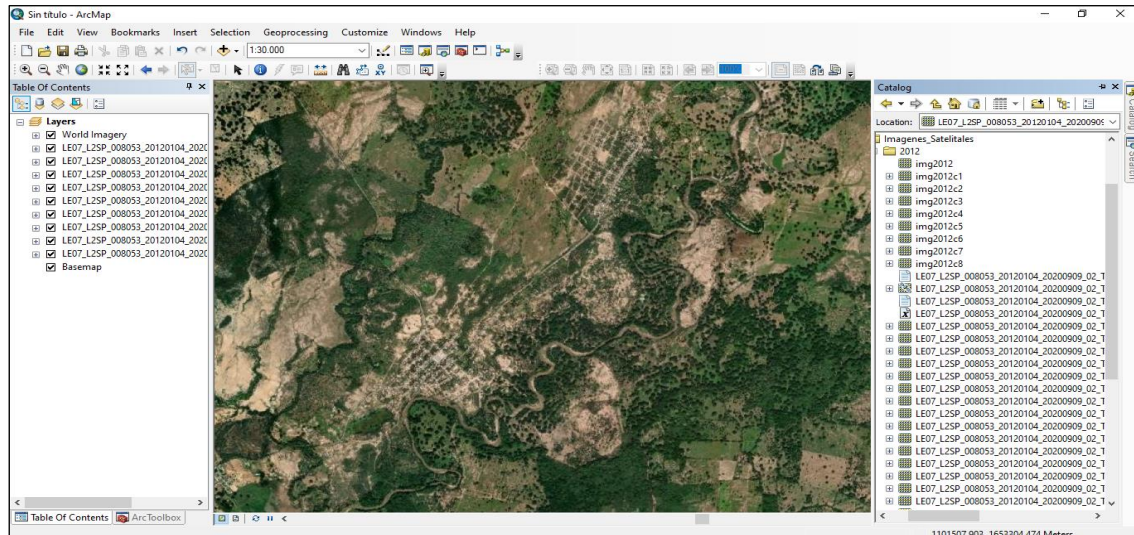
La siguiente figura muestra la ventana de árbol de catalogo donde se observa que la geodatabase contiene 4 dataset, que son Geoformas_2012, Geoformas_2016, Geoformas_2019 y Geoformas_2021.



Fuente: (Autores, 2021)

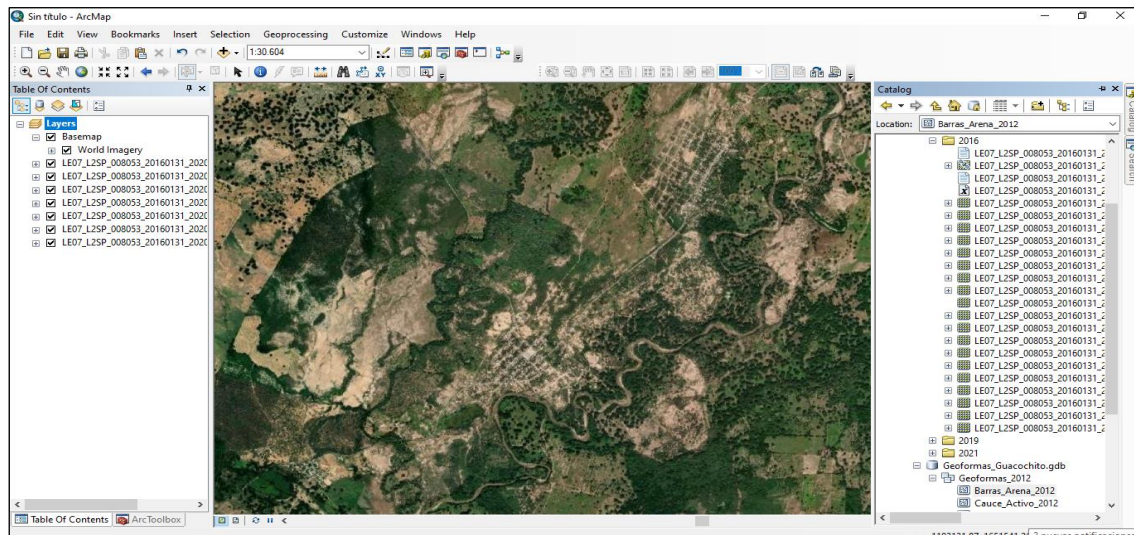
A continuación, se presentan las imágenes satelitales Landsat 7 y 8, a las cuales se les realizó previamente el proceso de georreferenciación descrito en la metodología, por medio del Software ArcGIS:

Imagen satelital Landsat 7 de 2012, ArcGis.



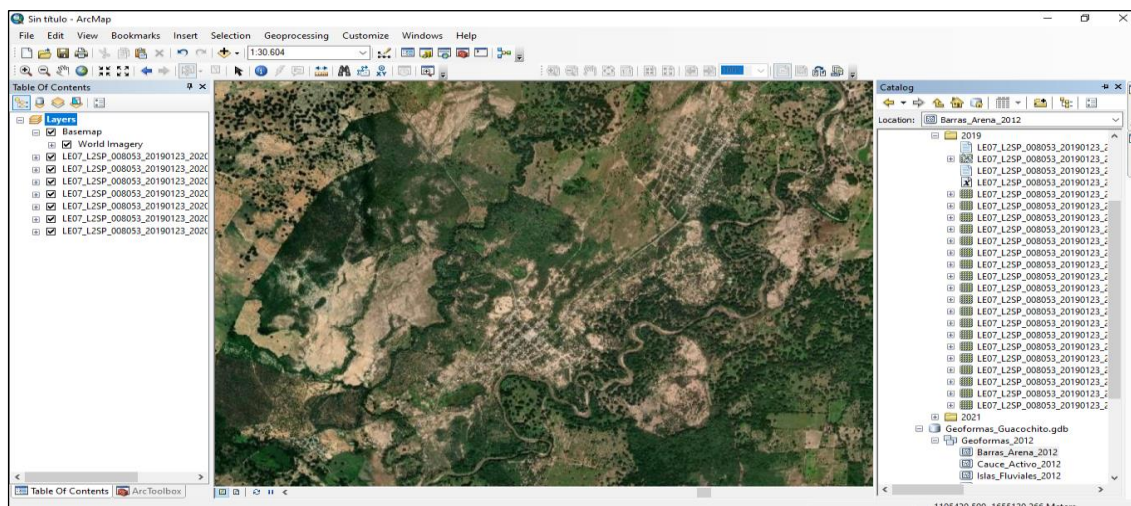
Fuente: (Autores, 2021)

Imagen satelital Landsat 7 de 2016, ArcGis.



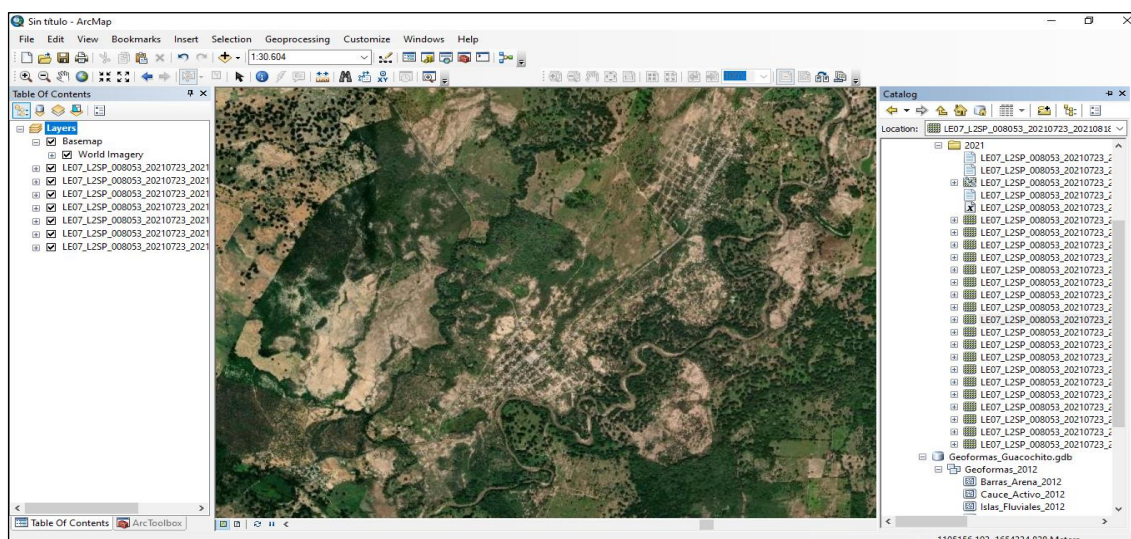
Fuente: (Autores, 2021)

Imagen satelital Landsat 7 de 2019, ArcGis.



Fuente: (Autores, 2021)

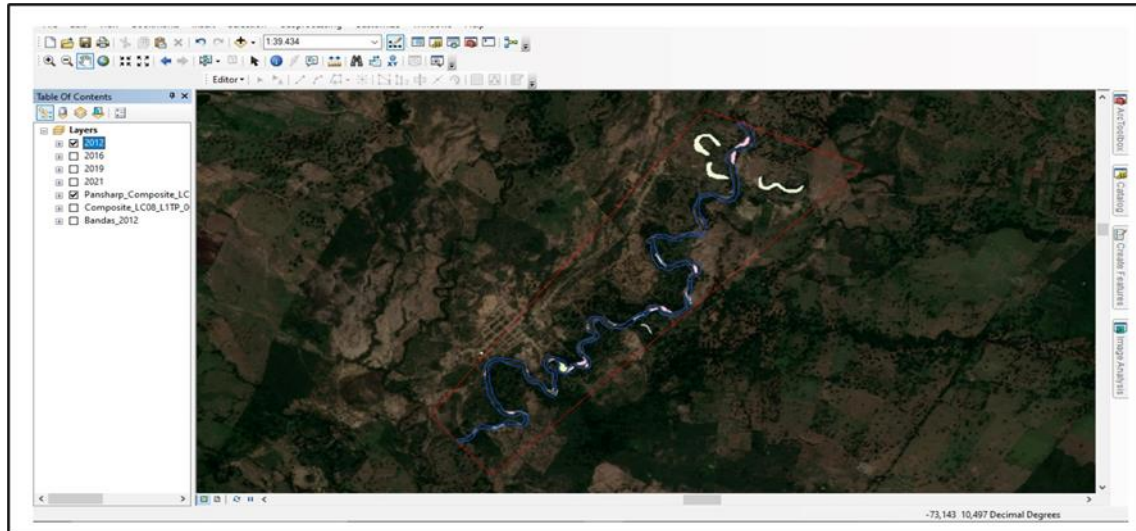
Imagen satelital Landsat 7 de 2021, ArcGis.



Fuente: (Autores, 2021)

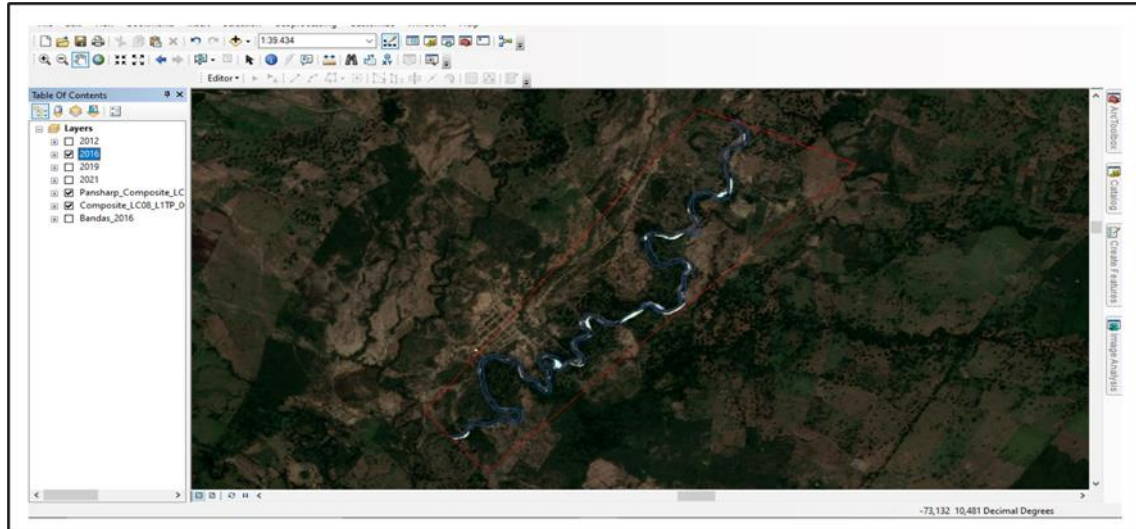
Anexo 3. Evidencias de las unidades geomorfológicas en imágenes satelitales.

Unidades geomorfológicas en imagen satelital 2012.



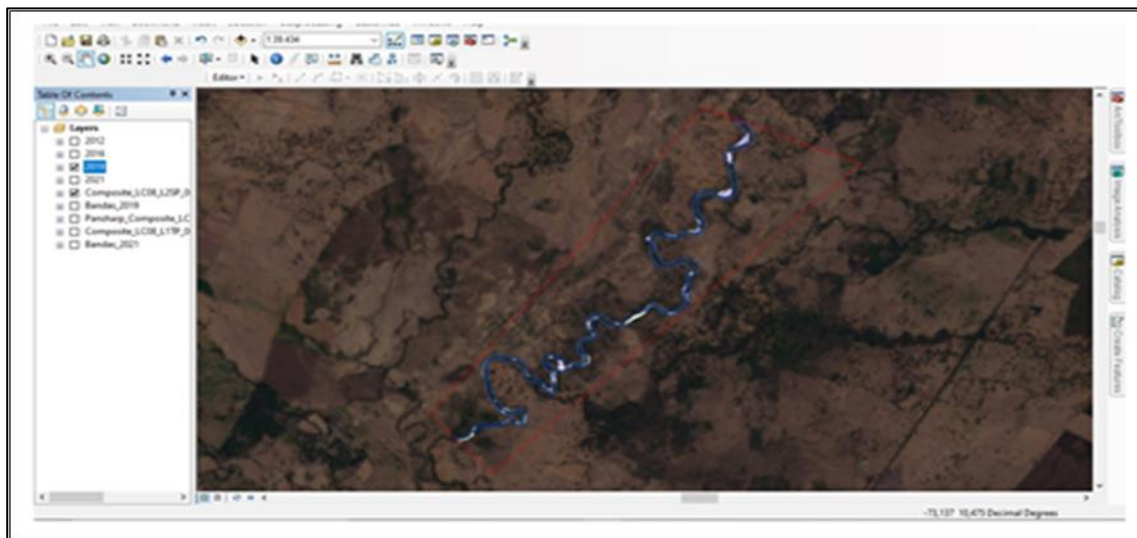
Fuente: (Autores, 2021)

Unidades geomorfológicas en imagen satelital 2016.



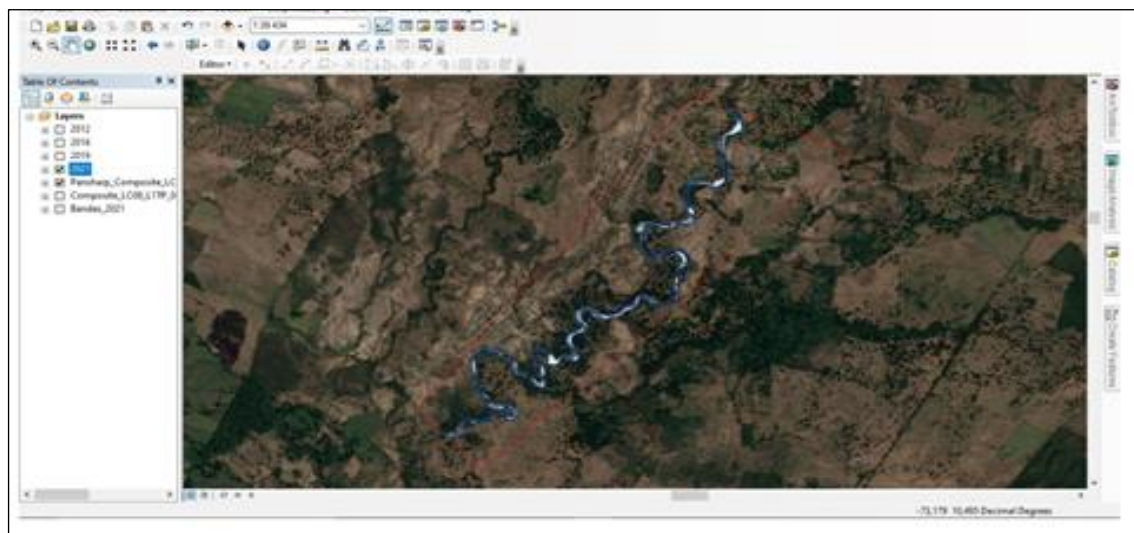
Fuente: (Autores, 2021)

Unidades geomorfológicas en imagen satelital 2019.



Fuente: (Autores, 2021)

Unidades geomorfológicas en imagen satelital 2021.



Fuente: (Autores, 2021)

Anexo 4. Evidencias de las características físicas de las unidades geomorfológicas.

Atributos unidades geomorfológicas, 2012.

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Isla_Fluvia1	9912,92871	0,991293	430,312594
2	Polygon Z	Isla_Fluvia2	1637,306394	0,163731	256,754604
3	Polygon Z	Isla_Fluvia3	5014,709079	0,501471	309,544479

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Mean_Aban1	26681,675226	2,668168	934,529904
2	Polygon Z	Mean_Aban2	40623,636969	4,062364	1464,462287
3	Polygon Z	Mean_Aban3	35832,153386	3,583215	1606,442322
4	Polygon Z	Mean_Aban4	4419,761291	0,441976	452,25703

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Dique_Alu1	2997,897357	0,29979	371,82794
2	Polygon Z	Dique_Alu2	1631,595559	0,16316	321,78801
3	Polygon Z	Dique_Alu3	2506,133578	0,250613	327,558817
4	Polygon Z	Dique_Alu4	2377,653421	0,237765	286,192626
5	Polygon Z	Dique_Alu5	5732,791341	0,573279	487,523588

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Barras_Arena1	628,080237	0,062808	194,541013
2	Polygon Z	Barras_Arena2	400,511348	0,040051	117,928085
3	Polygon Z	Barras_Arena3	2579,445735	0,257945	275,163625
4	Polygon Z	Barras_Arena4	1055,532248	0,105553	168,753081
5	Polygon Z	Barras_Arena5	744,135316	0,074414	123,224368
6	Polygon Z	Barras_Arena6	1665,307512	0,166531	252,828847
7	Polygon Z	Barras_Arena7	535,952416	0,053595	129,21289
8	Polygon Z	Barras_Arena8	941,997635	0,0942	173,352213
9	Polygon Z	Barras_Arena9	1817,374039	0,181737	215,595499
10	Polygon Z	Barras_Arena10	3383,267951	0,338327	311,624752
11	Polygon Z	Barras_Arena11	6325,70854	0,632571	413,275273
12	Polygon Z	Barras_Arena12	1887,78465	0,188778	170,752053
13	Polygon Z	Barras_Arena13	1408,464337	0,140846	184,129624
14	Polygon Z	Barras_Arena14	1328,424847	0,132842	262,516514
15	Polygon Z	Barras_Arena15	3517,004365	0,3517	268,337571
16	Polygon Z	Barras_Arena16	5360,476488	0,536048	380,615244
17	Polygon Z	Barras_Arena17	2158,396403	0,21584	291,049818
18	Polygon Z	Barras_Arena18	4664,378369	0,466438	289,577932
19	Polygon Z	Barras_Arena19	8513,205094	0,851321	447,065376
20	Polygon Z	Barras_Arena20	10032,826277	1,003283	541,11009

Fuente: (Autores, 2021)

Atributos de las unidades geomorfológicas, 2016

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Isla_FLuvia1	8824,180232	0,882418	389,091124
2	Polygon Z	Isla_FLuvia2	7033,760267	0,703376	456,251129
3	Polygon Z	Isla_FLuvia3	2047,431477	0,204743	224,75164
4	Polygon Z	Isla_FLuvia4	1740,338809	0,174034	160,69647
5	Polygon Z	Isla_FLuvia5	992,594799	0,099259	151,283155
6	Polygon Z	Isla_FLuvia6	5887,849718	0,588785	345,699351

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Dique_Alu1	5524,685894	0,552469	519,817804
2	Polygon Z	Dique_Alu2	2426,399964	0,24264	377,997941
3	Polygon Z	Dique_Alu3	2448,091736	0,244809	388,327079
4	Polygon Z	Dique_Alu4	13085,739884	1,308574	746,773767
5	Polygon Z	Dique_Alu5	8309,461366	0,830946	727,898314
6	Polygon Z	Dique_Alu6	10781,554149	1,078155	814,438729
7	Polygon Z	Dique_Alu7	4867,067365	0,486707	468,480659

OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro
1	Polygon Z	Barras_Arena1	667,36929	0,066737	104,16088
2	Polygon Z	Barras_Arena2	683,182764	0,068318	116,251985
3	Polygon Z	Barras_Arena3	268,938314	0,026894	74,030647
4	Polygon Z	Barras_Arena4	258,689376	0,025869	69,367712
5	Polygon Z	Barras_Arena5	259,079075	0,025908	78,571402
6	Polygon Z	Barras_Arena6	355,169734	0,035517	94,115958
7	Polygon Z	Barras_Arena7	541,771738	0,054177	140,391379
8	Polygon Z	Barras_Arena8	619,580114	0,061958	105,286719
9	Polygon Z	Barras_Arena9	676,91762	0,067692	148,239712
10	Polygon Z	Barras_Arena10	319,3707	0,031937	106,569063
11	Polygon Z	Barras_Arena11	751,334291	0,075133	136,558752
12	Polygon Z	Barras_Arena12	962,096053	0,09621	133,4837
13	Polygon Z	Barras_Arena13	368,672691	0,036867	77,479291
14	Polygon Z	Barras_Arena14	404,922116	0,040492	89,343955
15	Polygon Z	Barras_Arena15	381,039548	0,038104	88,118523
16	Polygon Z	Barras_Arena16	140,924517	0,014092	77,017618
17	Polygon Z	Barras_Arena17	174,163715	0,017416	53,405952
18	Polygon Z	Barras_Arena18	349,259987	0,034926	83,05606
19	Polygon Z	Barras_Arena19	982,6074	0,098261	141,145631
20	Polygon Z	Barras_Arena20	5053,310591	0,505331	406,306765
21	Polygon Z	Barras_Arena21	1754,76171	0,175476	199,595297
22	Polygon Z	Barras_Arena22	1080,872717	0,108088	203,891546
23	Polygon Z	Barras_Arena23	90,935037	0,009094	36,188895
24	Polygon Z	Barras_Arena24	1953,058542	0,195306	226,034819

Fuente: (Autores, 2021)

Atributos de las unidades geomorfológicas, 2019.

Barreras_Arena_2019						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro	
1	Polygon Z	Barras_Arena1	1133,529207	0,113353	180,271145	
2	Polygon Z	Barras_Arena2	349,501031	0,03495	79,24171	
3	Polygon Z	Barras_Arena3	521,361088	0,052136	142,059046	
4	Polygon Z	Barras_Arena4	1277,820044	0,127782	161,646885	
5	Polygon Z	Barras_Arena5	352,733037	0,035273	94,907923	
6	Polygon Z	Barras_Arena6	2959,399128	0,29594	366,641317	
7	Polygon Z	Barras_Arena7	399,391154	0,039939	97,62783	
8	Polygon Z	Barras_Arena8	744,948069	0,074495	241,211779	
9	Polygon Z	Barras_Arena9	1192,017842	0,119202	274,289495	
10	Polygon Z	Barras_Arena10	628,26237	0,062826	117,224199	
11	Polygon Z	Barras_Arena11	930,670861	0,093067	246,526427	
12	Polygon Z	Barras_Arena12	738,604354	0,07386	132,022183	
13	Polygon Z	Barras_Arena13	2212,745768	0,221275	262,365364	
14	Polygon Z	Barras_Arena14	475,689738	0,047569	103,409908	
15	Polygon Z	Barras_Arena15	4112,465366	0,411247	376,69931	
16	Polygon Z	Barras_Arena16	1061,591166	0,106159	147,640601	
17	Polygon Z	Barras_Arena17	1419,034722	0,141903	223,504203	
18	Polygon Z	Barras_Arena18	806,963806	0,080696	134,731774	
19	Polygon Z	Barras_Arena19	261,396528	0,02614	113,266448	
20	Polygon Z	Barras_Arena20	642,338719	0,064234	161,037455	
21	Polygon Z	Barras_Arena21	662,926694	0,066293	114,480466	
22	Polygon Z	Barras_Arena22	3324,29824	0,33243	352,595389	
23	Polygon Z	Barras_Arena23	1500,777014	0,150078	176,593192	
24	Polygon Z	Barras_Arena24	1122,248094	0,112225	192,173657	
25	Polygon Z	Barras_Arena25	1703,847071	0,170385	306,46596	
26	Polygon Z	Barras_Arena26	1768,870088	0,176887	259,7299	
27	Polygon Z	Barras_Arena27	2004,631438	0,200463	256,772381	
28	Polygon Z	Barras_Arena28	3247,635348	0,324764	402,033108	
29	Polygon Z	Barras_Arena29	1493,900704	0,14939	161,116372	
30	Polygon Z	Barras_Arena30	3036,047629	0,303605	328,639288	
31	Polygon Z	Barras_Arena31	5092,701264	0,50927	390,083763	
32	Polygon Z	Barras_Arena32	1711,760688	0,171176	232,294776	
33	Polygon Z	Barras_Arena33	9853,25727	0,985326	431,308981	
34	Polygon Z	Barras_Arena34	3793,979445	0,379398	317,445052	
35	Polygon Z	Barras_Arena35	14249,081922	1,424908	643,945905	

Meandros_Abandonados_2019						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro	
1	Polygon Z	Mean_Aban1	5306,725018	0,530673	469,033427	
2	Polygon Z	Mean_Aban2	2645,262227	0,264526	365,48572	

Islas_Fluviales_2019						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro	
1	Polygon Z	Isla_Fluvia1	9780,195974	0,97802	458,906165	
2	Polygon Z	Isla_Fluvia2	1665,076766	0,166508	177,126831	
3	Polygon Z	Isla_Fluvia3	1726,470183	0,172647	180,917565	
4	Polygon Z	Isla_Fluvia4	7690,303558	0,76903	412,399135	

Fuente: (Autores, 2021)

Atributos de las unidades geomorfológicas, 2021

Islas_Fluviales_2021						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro	
1	Polygon Z	Isla_Fluvia1	12247,334804	1,224733	551,757888	
2	Polygon Z	Isla_Fluvia2	2626,519184	0,262652	243,983261	
3	Polygon Z	Isla_Fluvia3	1827,691007	0,182769	235,961881	
4	Polygon Z	Isla_Fluvia4	3462,086441	0,346209	323,480057	
5	Polygon Z	Isla_Fluvia5	4292,439747	0,429244	319,610478	

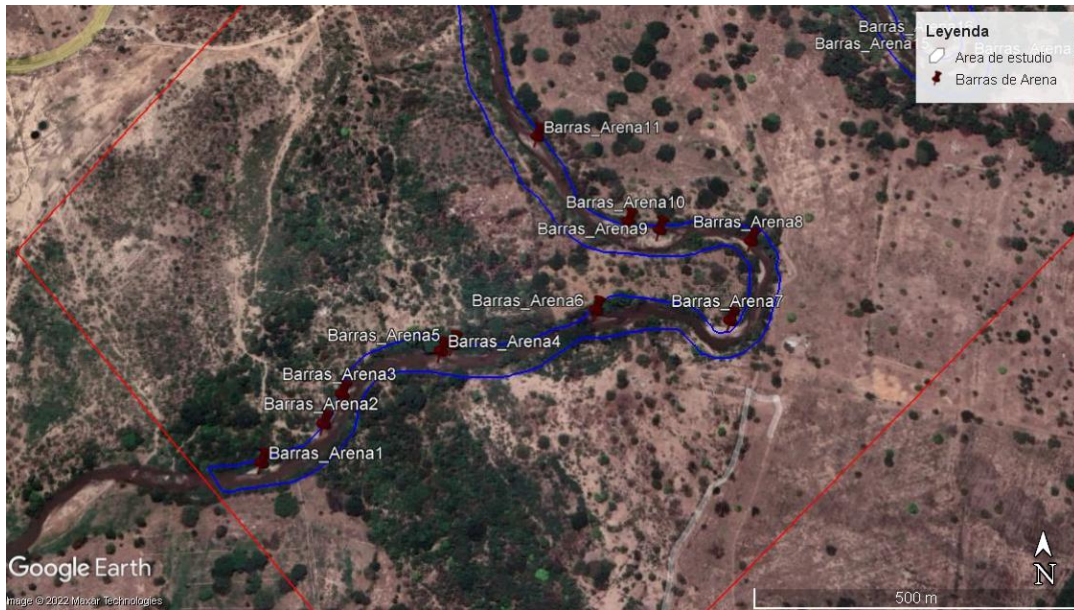
Meandros_Abandonados_2021						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Area Ha	Perimetro	
1	Polygon Z	Mean_Aban1	6185,173784	0,618517	458,642681	
2	Polygon Z	Mean_Aban2	13699,706647	1,369971	683,836061	
3	Polygon Z	Mean_Aban3	3903,269373	0,390327	438,165834	

Terraza_Aluviales_2021						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Perimetro	Area Ha	
1	Polygon Z	Dique_Alu1	4454,58857	526,360964	0,445459	
2	Polygon Z	Dique_Alu2	2047,913899	267,248189	0,204791	
3	Polygon Z	Dique_Alu3	2315,528233	323,089916	0,231553	
4	Polygon Z	Dique_Alu4	1026,968989	269,418848	0,102697	
5	Polygon Z	Dique_Alu5	2469,439605	369,721705	0,246944	
6	Polygon Z	Dique_Alu6	9538,955822	715,056217	0,953896	
7	Polygon Z	Dique_Alu7	8074,025793	964,526281	0,807403	

Barreras_Arenas_2021						
OID *	Shape *	Name	Area M2	Perimetro	Area Ha	
1	Polygon Z	Barras_Arena1	936,296826	163,617956	0,09363	
2	Polygon Z	Barras_Arena2	367,07125	85,082512	0,036707	
3	Polygon Z	Barras_Arena3	494,493118	151,23548	0,049449	
4	Polygon Z	Barras_Arena4	503,515719	108,749736	0,050352	
5	Polygon Z	Barras_Arena5	160,074921	73,535593	0,016007	
6	Polygon Z	Barras_Arena6	623,108562	170,943518	0,062311	
7	Polygon Z	Barras_Arena7	1198,563369	196,050398	0,119856	
8	Polygon Z	Barras_Arena8	1085,237572	241,146877	0,108524	
9	Polygon Z	Barras_Arena9	2076,637947	242,165894	0,207664	
10	Polygon Z	Barras_Arena10	1082,322765	189,415074	0,108232	
11	Polygon Z	Barras_Arena11	1051,638819	178,27703	0,105164	
12	Polygon Z	Barras_Arena12	4562,875208	442,950897	0,456208	
13	Polygon Z	Barras_Arena13	773,281254	173,723798	0,077328	
14	Polygon Z	Barras_Arena14	1489,389237	273,799142	0,148939	
15	Polygon Z	Barras_Arena15	4494,611427	468,78702	0,449461	
16	Polygon Z	Barras_Arena16	1261,274776	166,775934	0,126127	
17	Polygon Z	Barras_Arena17	418,034245	117,429408	0,041803	
18	Polygon Z	Barras_Arena18	4104,641187	370,87929	0,410464	
19	Polygon Z	Barras_Arena19	6431,422925	515,082338	0,643142	
20	Polygon Z	Barras_Arena20	2792,53264	336,666328	0,279253	
21	Polygon Z	Barras_Arena21	4605,213108	535,733938	0,460521	
22	Polygon Z	Barras_Arena22	1576,305365	213,656729	0,157631	
23	Polygon Z	Barras_Arena23	1593,267648	227,96779	0,159327	
24	Polygon Z	Barras_Arena24	5018,617818	536,28309	0,501862	
25	Polygon Z	Barras_Arena25	1188,892653	154,247857	0,118889	
26	Polygon Z	Barras_Arena26	1148,428001	161,789127	0,114843	
27	Polygon Z	Barras_Arena27	1214,904171	200,645615	0,12149	
28	Polygon Z	Barras_Arena28	493,190854	135,764553	0,049319	
29	Polygon Z	Barras_Arena29	617,123791	163,535163	0,061712	
30	Polygon Z	Barras_Arena30	940,963444	155,204466	0,094096	
31	Polygon Z	Barras_Arena31	2078,887836	221,967237	0,207889	
32	Polygon Z	Barras_Arena32	6920,96708	472,640817	0,692096	
33	Polygon Z	Barras_Arena33	341,663401	84,340009	0,034166	
34	Polygon Z	Barras_Arena34	835,927227	181,434393	0,083593	
35	Polygon Z	Barras_Arena35	2928,7146	353,901077	0,292871	
36	Polygon Z	Barras_Arena36	1860,677478	235,518019	0,186068	
37	Polygon Z	Barras_Arena37	1024,905262	187,279176	0,102491	
38	Polygon Z	Barras_Arena38	1487,471088	202,223703	0,148747	
39	Polygon Z	Barras_Arena39	16234,062755	851,438119	1,623406	

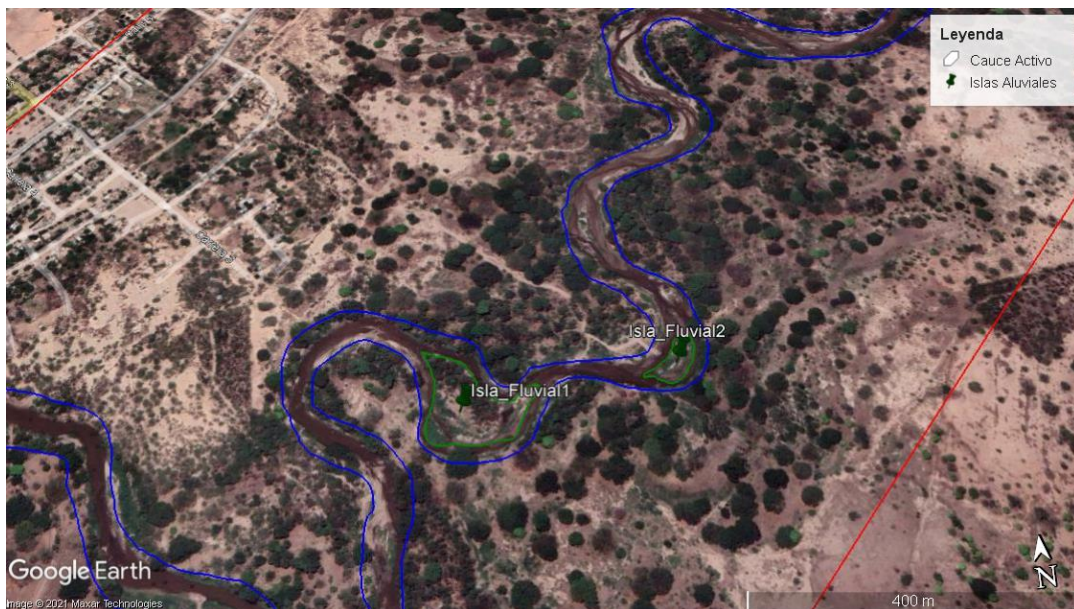
Fuente: (Autores, 2021)

Barreras de arena, río Cesar -Guacochito.



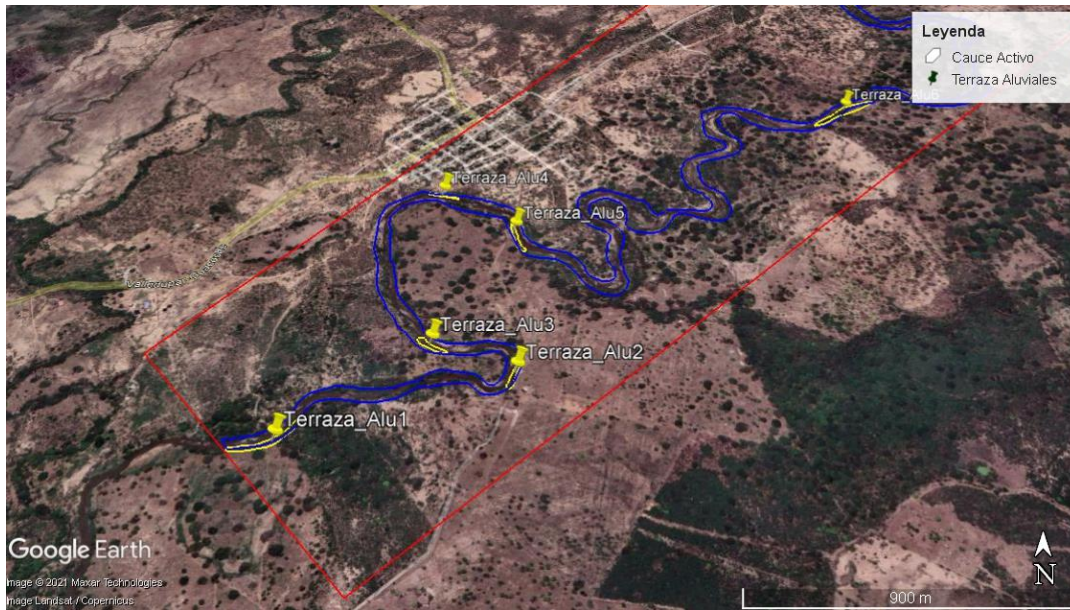
Fuente: (Autores, 2021)

Islas Fluviales, río Cesar -Guacochito.



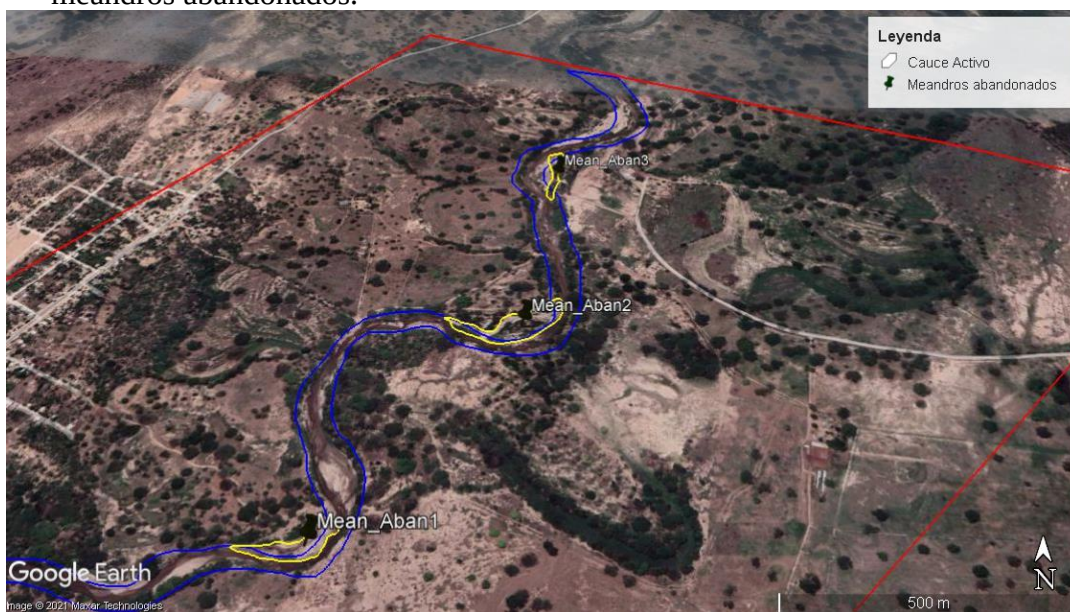
Fuente: (Autores, 2021)

Terrazas aluviales, río Cesar -Guacochito.



Fuente: (Autores, 2021)

meandros abandonados.



Fuente: (Autores, 2021)