

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACIÓN**



**Análisis multitemporal de la evolución espacial del Río Talgua, Catacamas, Honduras**

**TESIS**

presentado como requisito para obtener el título de  
**Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales**

POR:

**Saul Antonio Alvarado Funez**

Catacamas, Olancho

Septiembre de 2024

Análisis multitemporal de la evolución espacial del río Talgua, Catacamas, Honduras

POR:

**Saul Antonio Alvarado Funez**

**Erlin Vianney Escoto, M. Sc.**

**Director de Tesis**

**TESIS**

presentada como requisito para obtener el título de  
**Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales**

Catacamas, Olancho

septiembre de 2024

## **ACTA DE SUSTENTACIÓN**

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de Trabajo de investigación certificamos que:

El estudiante **SAUL ANTONIO ALVARADO FUNEZ** del IV Año de Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales presentó su informe intitulado:

### **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA EVOLUCIÓN ESPACIAL DEL RÍO TALGUA, CATACAMAS, HONDURAS**

El cual, a criterio de los evaluadores \_\_\_\_\_ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los \_\_\_\_\_ días del mes de septiembre de dos mil veinticuatro.

---

M.Sc. Erlin Vianney Escoto  
Director de Tesis

---

M.Sc. Ramon Leon Canaca  
Jurado de Tesis

---

M.Sc. Jorge Cardona  
Jurado de Tesis

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, le dedico esta tesis a **Dios todo poderoso**, por haberme acompañado hasta donde he llegado, brindo sabiduría, entendimiento y capacidad durante mi carrera universitaria de igual manera la fortaleza para seguir adelante y lograr alcanzar mis metas

A mi madre **Iris Rosario Funez Escoto** y a mi hermana **Iris Waleska Alvarado Funez**, por todo el apoyo que me han dado durante mi formación a lo largo de mi vida, enseñándome disciplina y de más valores que han servido para ser la persona que he llegado a ser. Su inquebrantable fe en mí y sus sacrificios han sido mi mayor inspiración.

A mi alma mater **“UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA”** por ser mi hogar, darme educación, sustento y protección durante cuatro años de mi formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios todo poderoso por iluminarme durante este proceso dándome la sabiduría y la guía para seguir adelante a pesar de las dificultades que han presentado. Te doy las gracias por darme la oportunidad de aprender y mostrarle a las demás personas la importancia de este trabajo de investigación.

A mi madre por ser el motor principal y por apoyo incondicional que me ha dado a lo largo de mi vida para alcanzar mis metas y nunca me dejó de la mano.

Al M.Sc. Erlin Escoto por ser mi asesor principal de tesis y ser un buen guía para el desarrollo de mi trabajo de investigación. De igual manera a M.Sc. Ramón Canaca y al M.Sc. Jorge Cardona por ser mis asesores auxiliares y brindar su apoyo y orientación durante el proceso del trabajo de investigación.

A mis amistades y compañeros que han estado dispuestos a brindarme su apoyo durante mi proceso de formación profesional.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1.    Objetivo general .....	2
2.2.    Objetivos específicos.....	2
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	3
3.1.    Hipótesis nula .....	3
3.2.    Hipótesis alterna .....	3
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
4.1.    Ciclo hidrológico y las cuencas.....	4
4.2.    Red hidrológica de una cuenca.....	5
4.3.    Geomorfología fluvial y evolución natural de los ríos.....	5
4.4.    Acciones antrópicas que modifican la evolución natural de los ríos.....	6
4.5.    Influencia del área de recarga sobre los cauces principales de los ríos .....	7
4.6.    Teledetección y uso en las cuencas.....	7
4.7.    Plataformas de visualización y descarga de imágenes de satélite .....	9
4.7.1.    Plataforma Earth Explorer USGS.....	9

4.7.2.	Plataforma Copernicus Open Access Hub.....	9
4.8	Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI).....	11
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
5.1.	Descripción del sitio del estudio.....	12
5.2.	Materiales y equipos.....	13
5.3.	Método.....	13
5.4.	Caracterización espacial del área de escurrimiento de Talgua .....	14
5.4.1.	Área de escurrimiento superficial.....	14
5.4.2.	Características geométricas del cauce principal .....	14
5.5.	Descarga y visualización de imágenes de satélite de la plataforma USGS .....	14
5.5.1.	Análisis de imágenes Landsat .....	15
5.6.	Aplicación del Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI) .....	15
5.7.	Modelación multitemporal de la evolución espacial del río Talgua .....	15
5.8.	Puntos de resalte en la modelación multitemporal .....	15
5.9.	Puntos y áreas potenciales de influencia antrópica en la variación espacial .....	15
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>17</b>
6.1	Características del curso principal y su área colindante.....	17
6.1.1	Área de escurrimiento de la subcuenca .....	17
6.1.2	Cauce principal .....	18
6.2	Modelación multitemporal del río Talgua .....	19
6.3	Puntos de resalte y áreas con influencia antrópica .....	26
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>30</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>32</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>35</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio. ....	13
<b>Figura 2</b> Área de escurrimiento de la subcuenca de Talgua. ....	17
<b>Figura 3</b> Cobertura forestal en la subcuenca de Talgua.....	18
<b>Figura 4</b> Modelación espacial del río en el año 1997.....	19
<b>Figura 5</b> Modelación espacial del río en el año 1999.....	20
<b>Figura 6</b> Modelación espacial del río en el año 2003.....	20
<b>Figura 7</b> Modelación espacial del río en el año 2007.....	21
<b>Figura 8</b> Modelación espacial del río en el año 2009.....	21
<b>Figura 9</b> Modelación espacial del río en el año 2020.....	22
<b>Figura 10</b> Modelación espacial del río en el año 2021.....	22
<b>Figura 11</b> Modelación espacial del río en el año 2023.....	23
<b>Figura 12</b> Primeros años donde el río tuvo variación espacial.....	24
<b>Figura 13</b> Años antes y después del fenómeno meteorológico conocido como Tormenta 16.....	24
<b>Figura 14</b> Últimos años donde el río tuvo cambios en su dinámica.....	25
<b>Figura 15</b> Modelación espacial del río durante todo el tiempo de estudio.....	25
<b>Figura 16</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos año 1997.....	26
<b>Figura 17</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 1999.....	26
<b>Figura 18</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2003.....	27
<b>Figura 19</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2007.....	27
<b>Figura 20</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos para el año 2009.....	28
<b>Figura 21</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos en el año 2020.....	28
<b>Figura 22</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2021.....	29
<b>Figura 23</b> Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2023.....	29

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Río Talgua con su corriente en la comunidad de Guanaja.....	35
<b>Anexo 2</b> Río Talgua en épocas de lluvia. ....	35
<b>Anexo 3</b> Río Talgua a cercanías de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG). ....	36
<b>Anexo 4</b> Río Talgua a cercanías del barrio El Espino. ....	36

**Alvarado Funez, SA. 2024.** Análisis multitemporal de la evolución espacial del río Talgua, Catacamas, Honduras. Informe Final de Investigación. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 36 p.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Río Talgua, ubicado en el municipio de Catacamas, Olancho, dentro de la subcuenca Talgua. El objetivo de la investigación fue identificar los cambios espaciales en el cauce del río debido a fenómenos naturales y/o intervención humana durante un período de 26 años. Se analizaron imágenes satelitales de los años 1997 hasta 2023, obtenidas a través de la plataforma Earth Explorer USGS, utilizando los datos del servidor de Landsat, esenciales para este estudio. Las imágenes satelitales fueron procesadas en el software QGIS, aplicando el índice NDWI para resaltar las corrientes de agua que forman el trayecto del cauce, desde las zonas de recarga de la subcuenca hasta su desembocadura en el Río Guayape. Este análisis se realizó para cada uno de los años estudiados. Como resultado, se identificaron dos bifurcaciones en la comunidad de La Unión durante el período 1997-1999. La primera, situada aguas arriba, tenía una longitud de 1,658 m y se bifurcaba 430 m, mientras que la segunda bifurcación midió 1,289 m con un ancho de 377 m. Durante el evento extremo conocido como tormenta 16, analizado entre 2007 y 2009, no se observaron bifurcaciones, aunque se registró un desplazamiento del cauce de 41 m hacia el suroeste en un tramo de 461 m en la comunidad de La Unión. En los años 2019 y 2021, correspondientes a la temporada de los huracanes ETA e IOTA en 2020, se identificó una bifurcación de 707 m con una abertura de 174 m en la comunidad de La Unión, una segunda bifurcación a la altura a la Finca Agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura, con una extensión de 309 m y un ancho de 134 m, y otra bifurcación al sur del barrio El Espino, con una longitud de 390 m y una anchura de 177 m. El Río Talgua presentó cambios notables a lo largo de los 26 años de estudio, especialmente después de eventos extremos como el huracán Mitch en 1998, la tormenta 16 en 2008, y los huracanes ETA e IOTA en 2020. Estas transformaciones incluyen la creación de bifurcaciones y la alteración de meandros en el cauce, demostrando un resultado del río ante fenómenos naturales.

Palabras clave: Cambios espaciales, influencia antrópica, NDWI, imágenes de satélite.

## ABSTRACT

This study was conducted on the Talgua River, located in the municipality of Catacamas, Olancho, within the Talgua sub-basin. The research aimed to identify spatial changes in the river's course due to natural phenomena and/or human intervention over a period of 26 years. Satellite images from 1997 to 2023 were analyzed, obtained through the USGS Earth Explorer platform using data from the Landsat server, which were essential for this study. The satellite images were processed using QGIS software, applying the NDWI index to highlight the water currents that form the river's course, from the sub-basin recharge zones to its mouth in the Guayape River. This analysis was performed for each of the studied years. As a result, two bifurcations were identified in the community of La Unión during the 1997-1999 period. The first bifurcation, located upstream, had a length of 1,658 meters and a bifurcation length of 430 meters, while the second bifurcation measured 1,289 meters in length with a width of 377 meters. During the extreme event known as Storm 16, analyzed between 2007 and 2009, no bifurcations were observed; however, a displacement of 41 meters towards the southwest was recorded over a 461-meter section in the community of La Unión. In the years 2019 and 2021, corresponding to the ETA and IOTA hurricane season in 2020, a bifurcation of 707 meters with an opening of 174 meters was identified in the community of La Unión, along with a second bifurcation near the Agroecological Farm of the National University of Agriculture, with an extension of 309 meters and a width of 134 meters, and another bifurcation south of the El Espino neighborhood, with a length of 390 meters and a width of 177 meters. The Talgua River showed notable changes over the 26 years of study, especially after extreme events such as Hurricane Mitch in 1998, Storm 16 in 2008, and Hurricanes ETA and IOTA in 2020. These transformations include the creation of bifurcations and the alteration of meanders in the riverbed, demonstrating the river's vulnerability to natural phenomena.

Keywords: Spatial changes, Meteorological phenomena, Satellite images, NDWI, Anthropogenic influence

## 1. INTRODUCCIÓN

El río Talgua se ubica en el municipio de Catacamas, Olancho, el cual ha sido afectado por fenómenos que han ocurrido en la zona como las temporadas de sequía y las inundaciones, procesos hidrológicos e hidráulicos que son de origen natural, pero también tiene intervención por parte de los pobladores ya que de este se extrae materiales como piedra y arena. También influyen los efectos de fenómenos naturales que han ocurrido en la República de Honduras, los cuales cambiaron parte de la dinámica del río.

Los fenómenos meteorológicos pueden tener una influencia significativa en la dinámica fluvial, afectando el caudal de los ríos, la sedimentación y la erosión, como por ejemplo, las lluvias intensas y tormentas pueden causar aumento rápido del caudal de los ríos, lo que lleva a inundaciones y a movilización de grandes cantidades de sedimento alterando el perfil del río, así mismo provocan erosión de las riberas, al haber un aumento del caudal se afecta la forma del cauce y su biodiversidad acuática (Pielke, 2000).

El análisis multitemporal es un método utilizado para interpretar imágenes de satélite para estudiar los cambios en la superficie de la tierra a lo largo del tiempo. Se utilizan imágenes de diferentes fechas para comparar y analizar cambios en factores como la vegetación, la urbanización y la degradación del suelo (Ochoa, 2023), en base a lo anterior se pueden utilizar datos de la plataforma de EarthExplorer USGS, cuya plataforma trabaja en complementación con la NASA, para la recolección de imágenes satelitales, haciendo uso de un conjunto de satélites.

Basado en lo anterior, se realizó un análisis multitemporal de la dinámica espacial y su influencia en el territorio colindante del río Talgua en Catacamas, Honduras para identificar los cambios morfológicos que ha tenido éste, empezando desde 1997 hasta el año 2023.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1. Objetivo general

Análisis multitemporal de la dinámica espacial y su influencia en el territorio colindante del río Talgua en Catacamas, Honduras

### 2.2. Objetivos específicos

Caracterizar el curso principal y área colindante del río Talgua en Catacamas, Honduras.

Realizar una modelación multitemporal de 26 años de la evolución espacial del río Talgua en Catacamas, Honduras.

Identificar puntos y áreas potenciales de influencia antrópica que hayan causado cambios en la evolución natural del río Talgua.

### **3. HIPÓTESIS**

#### 3.1.Hipótesis nula

No hay variación espacial a través del tiempo en los años de estudio en el curso principal del río Talgua.

#### 3.2.Hipótesis alterna

En algún punto del recorrido hay variación espacial dado a través del tiempo del curso principal de río Talgua.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Ciclo hidrológico y las cuencas

El agua circula continuamente entre la tierra y la atmósfera como parte del ciclo del agua, también conocido como ciclo hidrológico. Los procesos más significativos del ciclo del agua son la evaporación, la transpiración, la condensación, la precipitación y la evaporación. También hay muchos más procesos involucrados. A pesar de que la cantidad total de agua dentro del ciclo permanece esencialmente constante, su distribución a través de los diversos procesos cambia continuamente (Briceño, 2018).

El ciclo mantiene la tierra funcionando, específicamente a través del transporte, distribución, almacenamiento y purificación del agua. Estos se conocen como servicios ecológicos que evitan que la cantidad de agua en la Tierra cambie simplemente permitiendo su circulación (Osorio, 2022).

Una cuenca hidrográfica es una depresión en el suelo rodeada de terrenos más altos donde converge el agua que viene de precipitación o el derretimiento. A medida que el agua llega a las cuencas hidrográficas desembarca en un mar, río, lago, océano u otro cuerpo de agua. En pocas palabras, las cuencas hidrográficas son un sistema de drenaje natural (Bordino, 2021).

Cuando se trata de cómo se forman las cuencas hidrográficas, están vinculadas al ciclo del agua. Durante la precipitación, el agua pluvial puede evaporarse, infiltrarse en el suelo o circular por debajo de la superficie a través de las cuencas; lo mismo es cierto para el agua que proviene del derretimiento del hielo, cuando la presión en un lago es lo suficientemente grande, puede ocurrir un flujo permanente de agua, alimentado por corrientes superficiales y subterráneas (precipitaciones, hielo y ríos), formando un lago hidrográfico (Bordino, 2021).

#### 4.2. Red hidrológica de una cuenca

Una red hidrológica es un sistema de circulación lineal, jerarquizado y estructurado que asegura el drenaje de una cuenca; específicamente una cuenca hidrográfica. Las redes hidrográficas también se clasifican por la manera de combinarse sus elementos (Amparo, 2021).

En cambio McDonnell y Mark (2015) hacen mención afirmando que una red hidrológica es el conjunto de corrientes de agua, como ríos, arroyos y sus afluentes que forman un sistema interconectado en una región específica. Esta red representa como el agua se mueve a través de un paisaje y se conecta a un sistema mayor.

Sin embargo, una cuenca está formada por una red de ríos, arroyos y/o barrancos de mayor o menor tamaño que dirigen el agua hacia un cauce principal, lo que a menudo da nombre a la cuenca. El sistema fluvial o red de drenaje de la cuenca es el agua que se mueve por toda la superficie o el subsuelo de una cuenca hidrográfica hasta llegar a formar la red de canales (Ramón et al. 2018).

#### 4.3. Geomorfología fluvial y evolución natural de los ríos

Según Maldonado (2020) el campo de las ciencias de la tierra conocido como "geomorfología" es responsable de examinar las características físicas que ocurren en la superficie y la topografía de la tierra, así como sus causas, en otras palabras, investiga las formas y relieves ocasionados por la acción de los ríos sobre la superficie terrestre.

Uno de los agentes de modelado más importantes para el paisaje es el fluvial, o las aguas de las redes fluviales que unen el drenaje superficial es la "máquina geomórfica", así se le denomina a la es responsable de transformar las superficies continentales arqueadas y dislocadas en formas geométricas complejas (Bocanegra, 2019).

Es propulsado principalmente por la gravedad, debido a la atracción gravitacional de la Tierra, tanto las rocas que se han elevado para formar cadenas montañosas como el agua que se evapora de los océanos a la atmósfera a lo largo del ciclo hidrológico. La energía necesaria para que esto ocurra proviene del calor interno de la tierra y la radiación solar donde este último influye en la erosión de los suelos además que es un elemento clave en el ciclo del agua (Bocanegra, 2019).

La evolución natural de los ríos trata de mostrar una calidad variada según su curso o grado de decadencia. El agua que contienen se altera desde el momento en que se producen hasta el momento en que se evaporan porque arrastran y disuelve sustancias. Además, la temperatura, que exhibe estratificación vertical al final por la caudal más grande (Richardson, 2015)

Márquez (2021) comenta que en muchas ocasiones el origen y la evolución de los ríos se debe por el movimiento de las placas tectónicas de manera directa o indirecta ya que estas se encuentran en constante movimiento afectando la superficie terrestre.

#### 4.4. Acciones antrópicas que modifican la evolución natural de los ríos

La evolución natural de un río puede verse afectada por actividades antropogénicas como la construcción de carreteras, la canalización y la corrección de cauces, la explotación intensiva de acuíferos y la contaminación en áreas urbanas y rurales (Borzi, 2018).

#### 4.5. Influencia del área de recarga sobre los cauces principales de los ríos

Las zonas de recarga son aquellas donde el agua que proviene de las precipitaciones se infiltra en el suelo hasta el acuífero en las partes más profundas de la cuenca debido a sus características geográficas y climáticas (Delgado, 2019).

Un río puede ser influenciado por varios motivos cuando se habla de zonas de recarga, uno de los más significativos es por las aguas subterráneas ya que forma parte del ciclo del agua, ahí es donde entran los acuíferos, donde estos hacen que las aguas subterráneas pasen por un afloramiento pasando a ser parte del agua superficial siendo ríos, arroyos, entre otros. (Induanalisis, 2019).

#### 4.6. Teledetección y uso en las cuencas

La teledetección es un conjunto de herramientas que permite el escaneo a distancia de un objeto para obtener información sobre él sin entrar en contacto con él. Los usos y aplicaciones de la telemetría basada en el espacio están aumentando en número e incluyen cada vez más campos, que van desde la agricultura hasta la oceanografía, el trabajo humanitario y las fuerzas armadas (Kogut, 2021). Los avances producidos en los últimos años en tecnologías de teledetección satelital abren todo un abanico de posibilidades a las Administraciones Hidráulicas para comprobar y vigilar los consumos de agua.

Actualmente, la Teledetección se considera una fuente de información más a un SIG, aunque también puede abordarse de forma independiente. Los SIG más modernos poseen la capacidad de combinar imágenes de Teledetección (formato ráster) con datos vectoriales (Martí y Llastarri, 2005).

La Agencia Espacial Europea ESA (2009) hace mención que en la teledetección hay cuatro elementos esenciales, éstos son:

- Una plataforma para sostener el instrumento
- Un objeto que se va a observar
- Un instrumento o sensor para observar el objetivo. Por ejemplo, cuando se toma una foto de una casa, el fotógrafo es la plataforma, la cámara es el sensor y la casa es el objeto.
- La información que se obtiene con los datos de la imagen y cómo se emplea y almacena esta información.

García y Pérez (2006) enuncian que, mediante el uso de la teledetección, la existencia de imágenes desde los inicios de los años setenta permite hacer un seguimiento multitemporal y analizar los cambios ocurridos en los últimos cincuenta años, por lo que en cada década estos sistemas han implementado nuevas técnicas que facilitan el acceso a datos espaciales en cuencas y cuerpos de agua.

Debido a la energía electromagnética que emite el agua, esta permite un mapeo preciso de las cuencas hidrográficas y la identificación de algunas de sus características clave como:

- Precipitación
- Escorrentía
- Evaporación y transpiración
- Infiltración
- Aguas superficiales: humedad del suelo, reservorios y almacenamiento de aguas subterráneas.

## 4.7. Plataformas de visualización y descarga de imágenes de satélite

### 4.7.1. Plataforma Earth Explorer USGS

Earth Explorer (EE) permite buscar, navegar, exportar información y descargar datos de ciencias de la tierra de los archivos en línea desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Utiliza tecnologías modernas para ofrecer una experiencia de usuario mejorada para encontrar, mostrar y descargar datos (EROS, 2021).

### 4.7.2. Plataforma Copernicus Open Access Hub

García y Sitjar (2019) comentan que, Copernicus es una plataforma civil de observación de la Tierra coordinada y gestionada por la Comisión Europea y la Agencia Europea del Medio Ambiente con el objetivo de proporcionar información precisa y actualizada en seis áreas temáticas:

- Cambio climático
- Seguridad
- Gestión de emergencias
- Atmósfera
- Medio marino
- Ámbito terrestre

### 4.7.3. Otras Plataformas

Planet

Planet Platform es una plataforma de imágenes y análisis totalmente automatizada y basada en la nube que proporciona acceso al conjunto de datos diario completo capturado por las constelaciones de PlanetScope y SkySat (Planet, s. f.).

## Land Viewer

LandViewer es una interfaz fácil de usar que facilita el análisis espacial de una extensa colección de imágenes satelitales. Desarrollada por EOS (Earth Observing System), que también ha creado EOS Processing y EOS Storage, esta herramienta se destaca como una de las opciones más avanzadas para la búsqueda, almacenamiento y visualización de datos geospaciales (Wilson, 2021)

Herramienta online capaz de integrar imágenes provenientes de varios satélites, analizar sus bandas para generar imágenes multiespectrales RGB a color real y falso color y descargar al instante (Gis&Beers, 2017).

## Crop Monitoring

Una plataforma agrícola en línea que ayuda a los agricultores a supervisar sus cultivos fácilmente, sin utilizar instalaciones específicas, basándose en las últimas imágenes de satélite, manteniendo todos los datos en un solo lugar, ahorrando tiempo y reduciendo costos, EOSDA Crop Monitoring es un completo sistema web de monitorización de cultivos por satélite de EOS Data Analytics, proveedor mundial de análisis de imágenes de satélite impulsados mediante IA (EOS, 2015).

Funciona como una solución todo en uno, incorporando diversos tipos de datos, incluyendo la salud de los cultivos, las condiciones meteorológicas, la rotación de cultivos, las operaciones agrícolas, la elevación, la humedad del suelo y más, para proporcionar un único y cómodo punto de acceso a toda la información necesaria.(EOS, 2015).

#### 4.8 Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI)

BrioAgro (2020) comenta que el Índice Diferencial Normalizado de Agua proporcionará información sobre la hidratación de la vegetación, permitiendo conocer qué zonas sufren problemas de estrés hídrico, mediante una imagen ráster.

- Para los datos de Landsat 5:

- $$\text{NDWI} = \frac{(\text{Band 2} - \text{Band 4})}{(\text{Band 2} + \text{Band 4})}$$

Ecuación 1. Fórmula para encontrar el NDWI.

- Para los datos de Landsat 7 y 8:

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{Band 3} - \text{Band 5})}{(\text{Band 3} + \text{Band 5})}$$

Ecuación 2. Fórmula para encontrar el NDWI.

Valores entre -1 y 0: indican superficies sin vegetación o agua.

Valores cercanos a 0: indican zonas con baja cobertura vegetal o alto estrés hídrico.

Valores entre 0 y 1: indican zonas con cobertura e hidratación creciente.

Cada fórmula tiene su número de bandas diferente debido a que cada satélite posee un orden distinto en sus bandas espectrales para el Landsat-8 en la banda 3 tiene el color verde y la banda 5 es infrarrojo cercano, en cambio el landsat-7 y 5 la banda 2 es del espectro verde y la 4 es el infrarrojo cercano (EROS 2021).

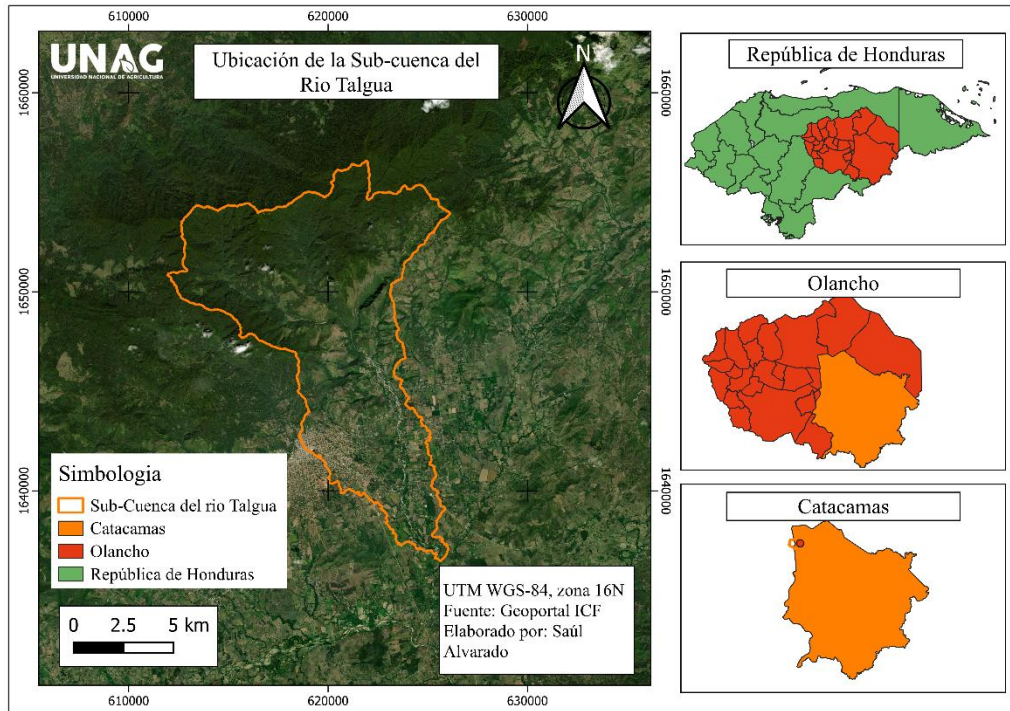
## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Descripción del sitio del estudio

El río Talgua pertenece a la subcuenca Talgua, ubicada en el municipio de Catacamas, Olancho (figura 1). Cuenta con una altitud máxima de 2344 msnm y una altitud mínima de 453 msnm. La subcuenca es un lugar de mucha importancia por su capacidad de regulación del clima en la región ya que la zona posee un bosque tropical, así mismo cuenta con una rica diversidad de flora y fauna por sus humedales, ríos y arroyos, Talgua tiene una importancia en el sector socioeconómico ya que los habitantes de la subcuenca realizan actividades agrícolas y ganaderas (FUNDER 2017). El estudio se realizó en el río Talgua el cual proviene del área de escurrimiento de la subcuenca Talgua, la cual empieza en la zona norte de las cuevas de Talgua y va a desembocar al río Guayape, que se ubica geográficamente en el municipio de Catacamas, Olancho.

La subcuenca de Talgua que tiene la mayor parte de captación de agua en la Sierra de Agalta, es uno de los bienes más importantes para los agricultores, ganaderos e incluso para la ciudad de Catacamas ya que su principal proyecto de agua potable es de una vertiente de ésta (Quebrada de Agua). Además, se aprovechan otros recursos naturales como ser la biomasa, el sedimento, lo que ha impulsado a la economía local.

El recorrido del río Talgua (cauce principal) es 15.58 km que en su mayoría es sobre el Valle de Guayape con pendientes menores al 15%. En su escurrimiento, pasa por poblados rurales que comprende dos comunidades La Unión y Guanaja y por el barrio El Espino de la ciudad de Catacamas.



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio.

## 5.2. Materiales y equipos

Los materiales que se utilizaron para la investigación son los siguientes: Lápiz grafito, cuaderno, computadora.

Equipos y software que también ayudaron a la recolecta de información de datos son los siguientes: Plataforma USGS Earth Explorer (satélites Landsat), QGIS, internet.

## 5.3. Método

En el presente estudio se utilizó el método cuantitativo, donde se descargaron imágenes satelitales Landsat (5, 7 y 8) de la plataforma Earth Explorer USGS, las cuales fueron analizadas en el programa QGIS. cada imagen tenía un numero diferentes de bandas espectrales debido a los diferentes satélites de Landsat, para Landsat 5 mantenía siete bandas espectrales, Landsat 7

tenía ocho bandas espectrales, en cambio Landsat 8 mantenía un total de once bandas espectrales, cuyos satélites estuvieron dentro de tiempo de estudio, en el software se analizaron las diferentes imágenes de cada año.

#### 5.4. Caracterización espacial del área de escurrimiento de Talgua

La caracterización espacial se hizo mediante el software de QGIS donde previo se delimitó la subcuenca en estudio para su posterior análisis. La delimitación incluyó desde la convergencia del río Talgua con el río Tinto (próximo a tributar sus aguas en el río Guayape) hasta el parteaguas de escurrimiento en la Sierra de Agalta.

##### 5.4.1. Área de escurrimiento superficial

Mediante la capa creada (delimitación) y cargada en el programa computacional de QGIS se calcularon valores de área y perímetro además de incluir la red hidrológica para identificar la estructura de escurrimiento del área comprendida por la subcuenca.

##### 5.4.2. Características geométricas del cauce principal

Haciendo uso siempre del programa computacional, se hizo una visualización espacial del río en donde se identificaron las características geométricas, como ser la longitud, pendiente media, y el recorrido que tiene desde la cuenca hasta su convergencia con río Tinto.

#### 5.5. Descarga y visualización de imágenes de satélite de la plataforma USGS

Las imágenes satelitales fueron tomadas de forma gratuita en la plataforma de Earth Explorer USGS disponible en el enlace [EarthExplorer \(usgs.gov\)](https://earthexplorer.usgs.gov), donde se registró un usuario como requisito para acceder a los datos necesarios para la investigación.

### 5.5.1. Análisis de imágenes Landsat

Dentro de la plataforma de Earth Explorer en las opciones de conjunto de datos se seleccionó el satélite de Landsat, debido a que el presente estudio se realizó desde el año 1997. Se seleccionó el Landsat-5, ya que en ese año estaba en servicio dicho satélite. Para los años de 1999 hasta el 2012 se hizo uso del satélite Landsat-7 y del año 2013 hasta la fecha se utilizó el satélite Landsat-8. Después de la descarga de todas las imágenes satelitales se cargaron al Software de QGIS, donde se utilizaron las bandas adecuadas para el análisis.

### 5.6. Aplicación del Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI)

Para aplicar el índice diferencial normalizado de agua en Landsat-8 se utilizaron las bandas 3 y 5, para Landsat-7 se tomaron las bandas 2 y 4 y para Landsat-5 se extrajeron las bandas 2 y 4. Se aplicó una ecuación para cada producto de satélite y se procesó utilizando la calculadora ráster del programa con la formula 1 para Landsat-5, formula 2 para Landsat 7 y 8.

### 5.7. Modelación multitemporal de la evolución espacial del río Talgua

Para llevar a cabo la modelación se necesitaron las imágenes que dieron como resultado en la calculadora ráster. El índice diferencial normalizado de agua en cada superficie ráster fue la referencia para representar el agua en cada imagen.

### 5.8. Puntos de resalte en la modelación multitemporal

La aplicación del NDWI (Índice Diferencial Normalizado de Agua) dio como resultado imágenes que resaltan el cauce, donde se creó una capa tipo archivo de forma con geometría de línea, seguidamente se digitalizó el río como vector por cada uno de los 26 años.

### 5.9. Puntos y áreas potenciales de influencia antrópica en la variación espacial

Para este paso se creó un ráster virtual para cada imagen satelital, donde se sumaron todas las bandas que posee cada imagen, posteriormente se realizó una combinación de banda para que el ráster virtual cambiara a color natural. La combinación de bandas que se usó fue la 8,7,6 para Landsat-8, en cambio para landsat-5 y 7 se usaron las bandas 5,4,3.

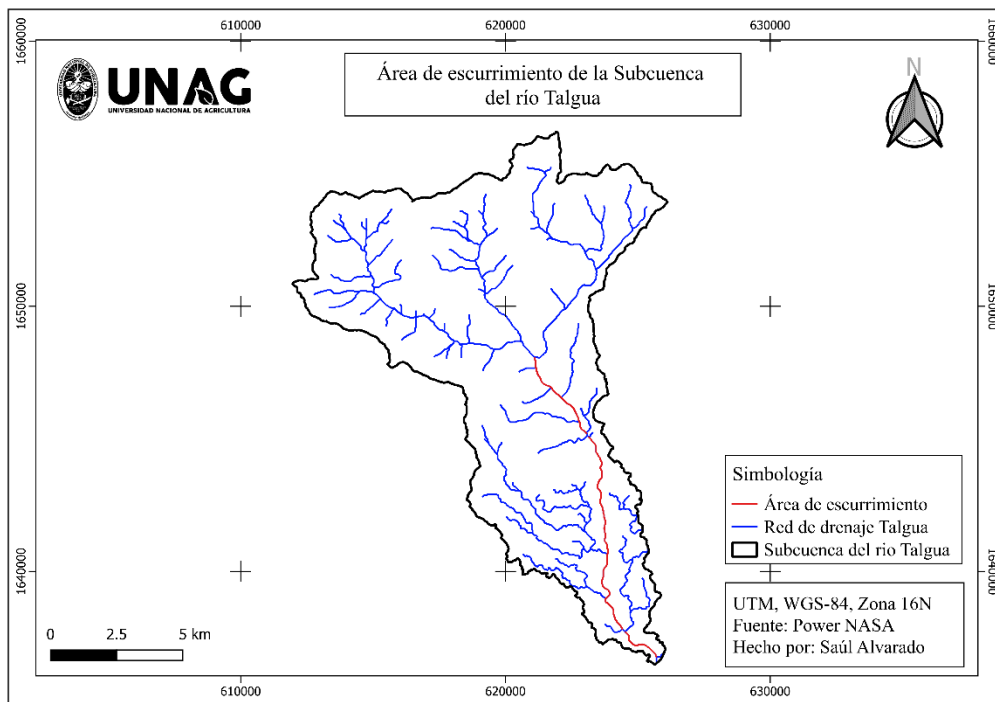
Con la combinación de bandas se observó en que lugares del río tenía mayores cambios significativos, posteriormente se marcó cada infraestructura que podría tener una influencia significativa para el curso de este.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Características del curso principal y su área colindante

#### 6.1.1 Área de escurrimiento de la subcuenca

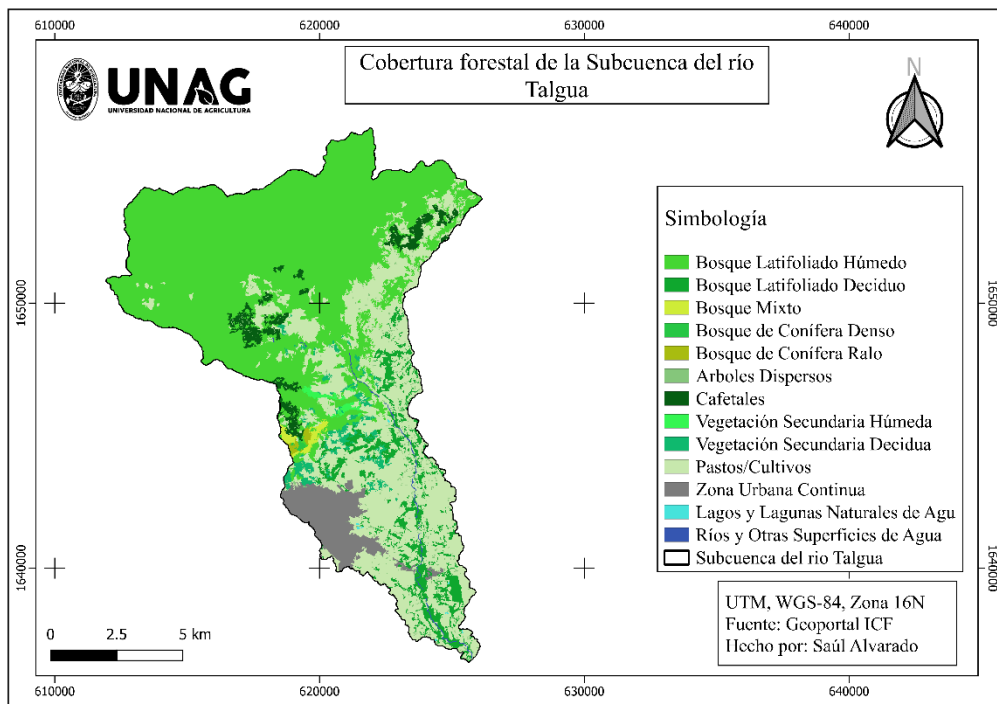
La subcuenca de Talgua tiene un área de 129 km<sup>2</sup>. Cuenta con tres vertientes principales que son los ríos: Seco, Quebrada de Agua y Pinabetal que constituyen más de la mitad del área de recarga de la subcuenca (figura 2). Posee una pendiente media de 40% y en cuanto al cauce principal, la altitud mayor es de 1,976 msnm y su altitud menor es de 454 msnm.



**Figura 2** Área de escurrimiento de la subcuenca de Talgua.

En cuanto al clima es tropical lluvioso, cuenta con una temperatura media anual de 24.2 °C y una precipitación anual de 1,404 mm con un promedio mensual de 117 mm. La temporada lluviosa normalmente inicia en junio de cada año por estar en la vertiente del atlántico y finaliza en noviembre.

En la figura 3 se muestra el uso actual de la cobertura forestal de la zona que pertenece la subcuenca del río Talgua, donde se observa que la mayor parte del suelo esta cubierto de bosque latifoliado húmedo y por zonas con cultivos o con forraje.



**Figura 3** Cobertura forestal en la subcuenca de Talgua

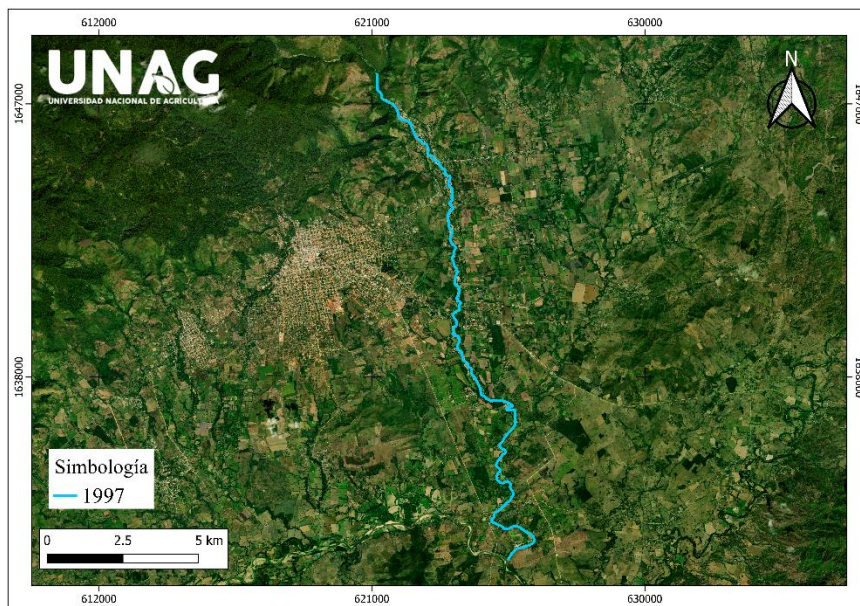
### 6.1.2 Cauce principal

El cauce principal tiene una longitud de 15.58 km que inicia después de la unión de las tres corrientes que se forman en la parte norte de la cuenca (media-alta). Este pasa por las cuevas de Talgua, seguidamente llega a la comunidad de La Unión y Guanaja aguas abajo, pasando finalmente por el barrio El Espino y la Universidad Nacional de Agricultura. En su parte final

del recorrido pasa por la escuela agrícola El Sembrador y converge al río Tinto. Ambos ríos (Talgua + Tinto) desembocan sus aguas en el río Guayape.

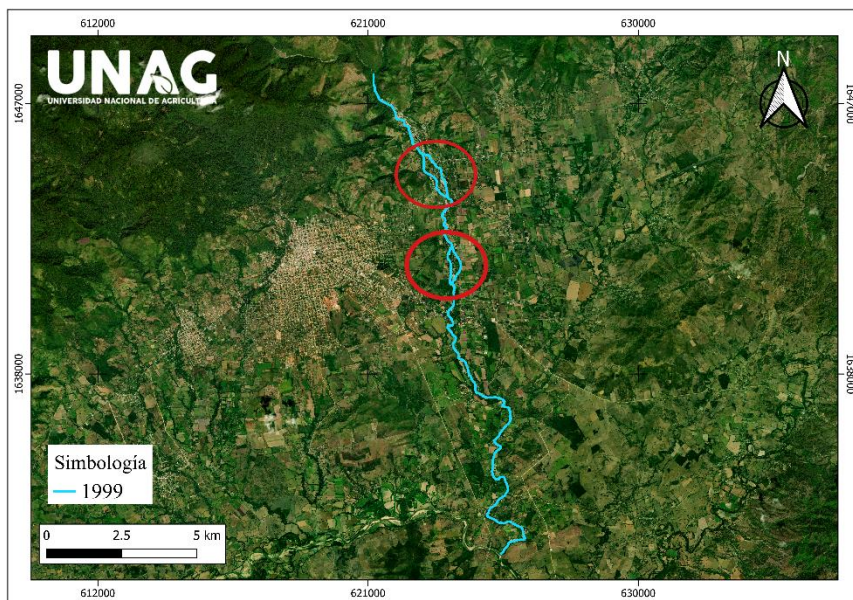
## 6.2 Modelación multitemporal del río Talgua

La modelación inició en el año 1997 para conocer las condiciones previas al huracán Mitch y en este año el río no presentaba bifurcaciones y se pudo observar que tenía meandros (figura 4).



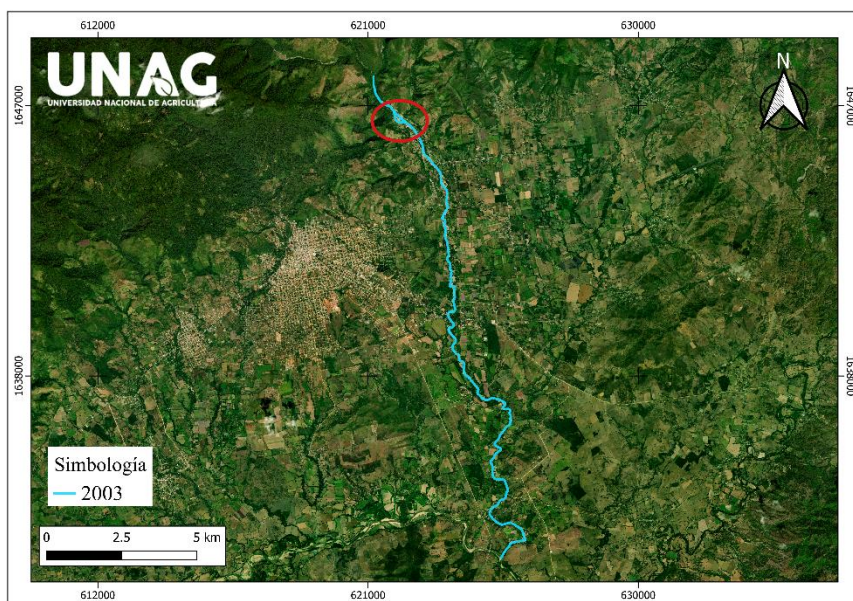
**Figura 4** Modelación espacial del río en el año 1997.

Para el año 1999 el río presentó los primeros cambios significativos (figura 5) en donde se pudo observar que este presenta dos bifurcaciones, la primera de 1,658 m de largo se bifurco 430m en la localidad de La Unión y la otra midió 1,289 m y su bifurcación midió 377 m cerca del barrio El Espino que podría ser a causa de las crecidas provocadas por el ciclón.



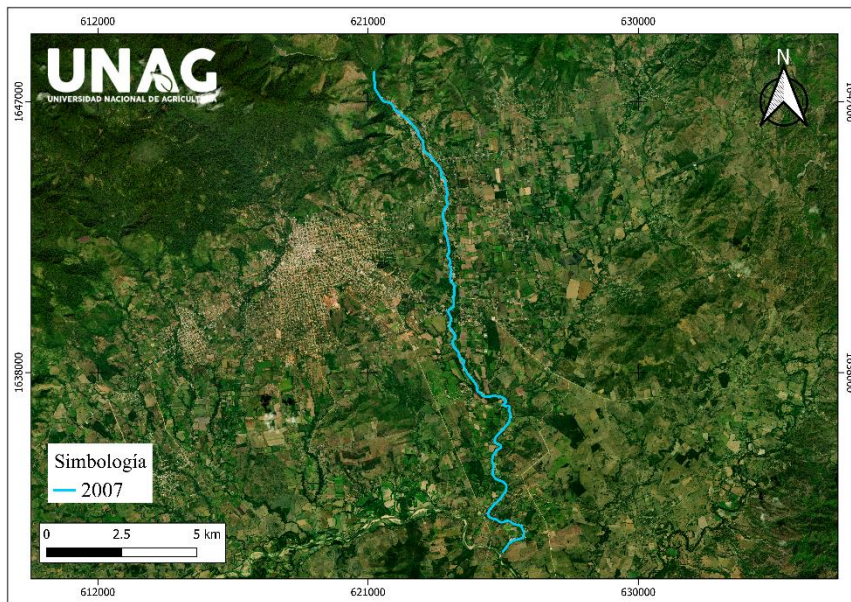
**Figura 5** Modelación espacial del río en el año 1999.

El río presentó el mismo comportamiento hasta el año 2003 según la figura 6, se muestra que el río presentó solo una bifurcación de 517 m a 163 m de ancho en la zona norte de Talgua.



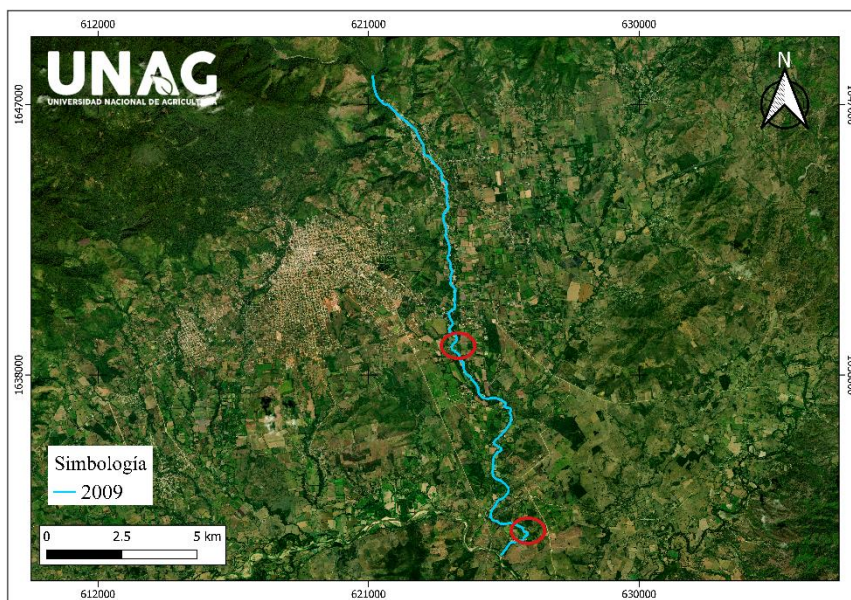
**Figura 6** Modelación espacial del río en el año 2003.

En el año 2007 el río no tuvo un cambio significativo, sin embargo, se tomó debido al fenómeno meteorológico que ocurrió en el siguiente año.



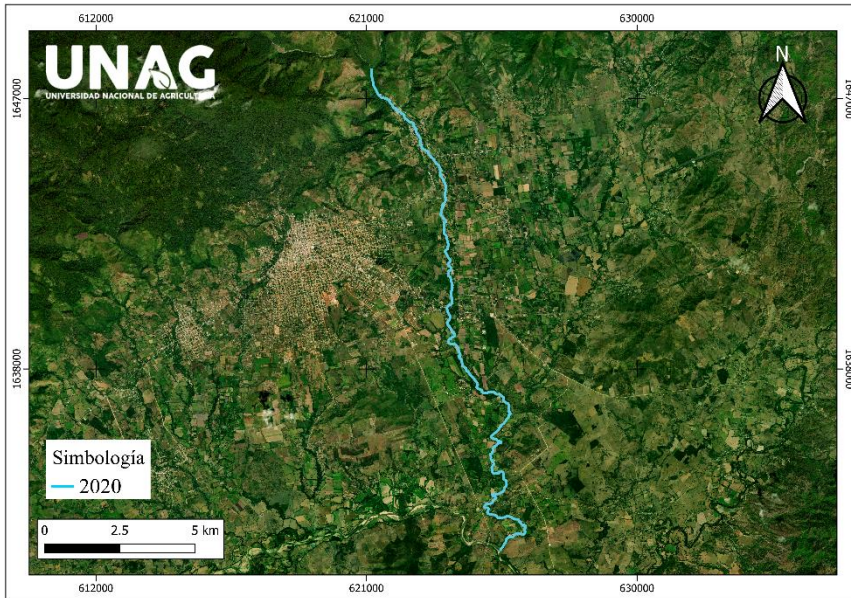
**Figura 7** Modelación espacial del río en el año 2007

Para el año 2009 siendo un año después del evento meteorológico Tormenta 16, el río no presentó bifurcación en cambio sí tubo variación en su recorrido, en el sur del barrio El Espino se abrió 74 m en 336 m, así mismo al norte de Azacualpa tuvo un movimiento de 98m en 166 m de largo.

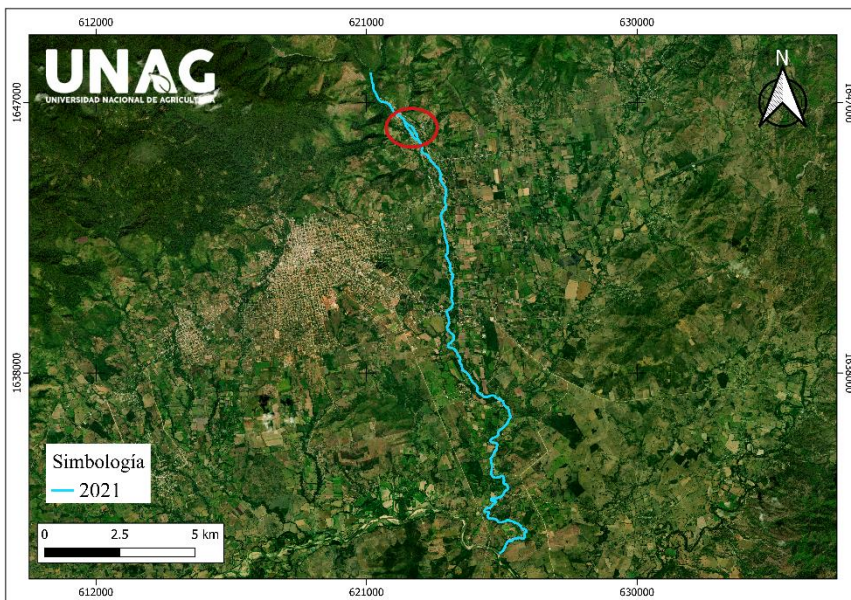


**Figura 8** Modelación espacial del río en el año 2009

En el año 2020 el río como se puede observar en la figura 9 el río presento meandros más definidos mostrando un recorrido diferente, esta imagen es tomada antes de los eventos causados por los huracanes ETA e IOTA en el presente año.



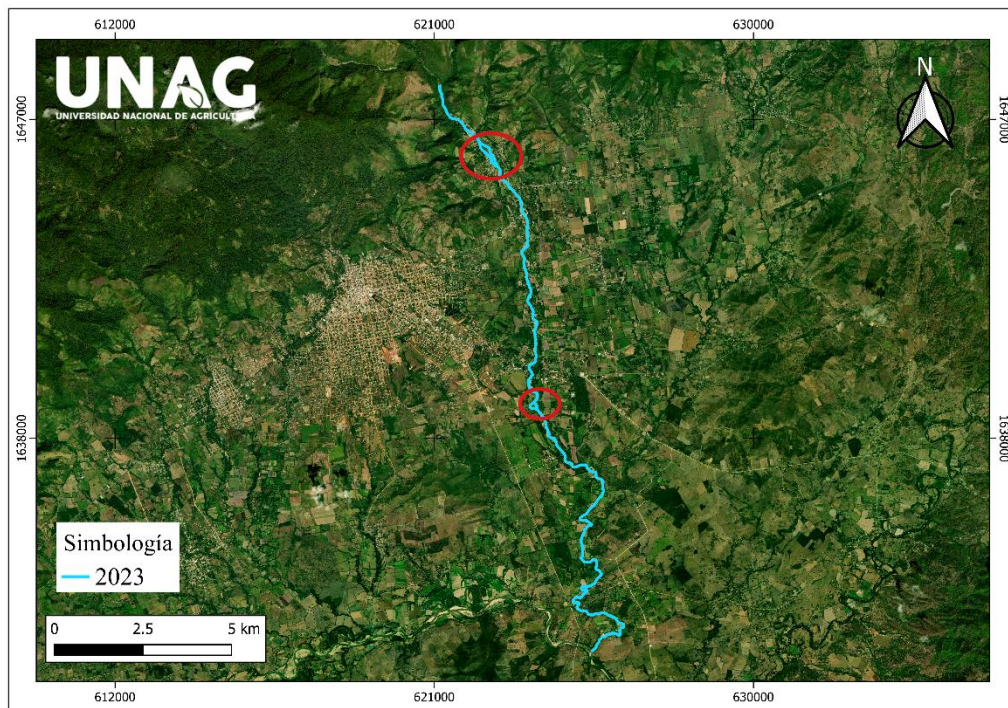
**Figura 9** Modelación espacial del río en el año 2020



**Figura 10** Modelación espacial del río en el año 2021

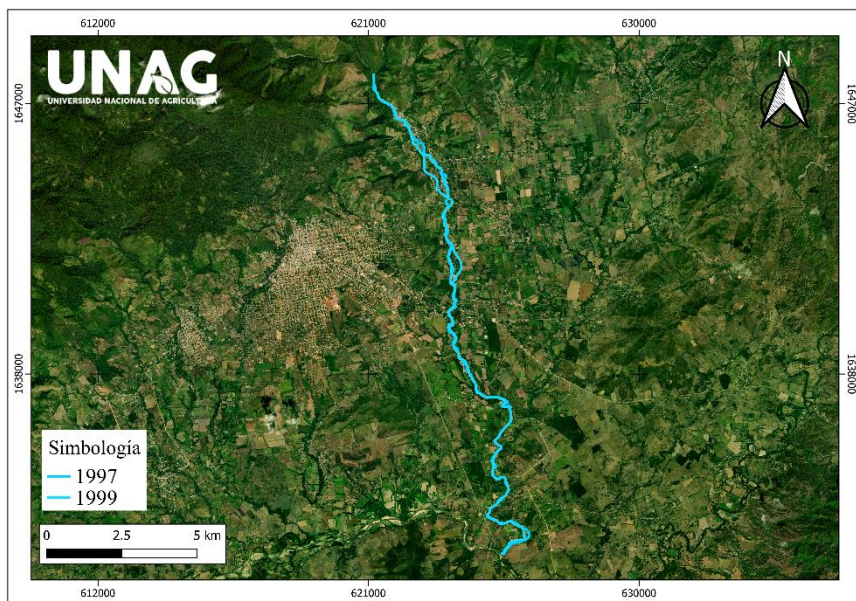
En el año 2021 el río tuvo una nueva variación en su curso (Figura 10), esto a causa de los huracanes ETA e IOTA. La bifurcación vista tiene inicio en la comunidad de la Unión con una longitud de 707 m con una abertura de 174 m, el siguiente cambio en su recorrido lo tubo cerca de la finca agroecológica de la UNAG (1641286.5, 623778.22) en 309 m se abrió 134 m y en el norte del barrio El Espino (1638940.04, 623885.60) en 390 m se abrió 177 m a como estaba en el año anterior, las cual estarían presente hasta la fecha.

Para el año 2023, el curso del río presento pequeños cambios en sus meandros así mismo las bifurcaciones tuvieron una pequeña variación la primera tubo 815 m de largo y 168 m de ancho en la localidad de la Unión y la segunda midió 232 m de largo y 170 m de largo en el barrio El Espino y presentó una más cerca de la UNAG.



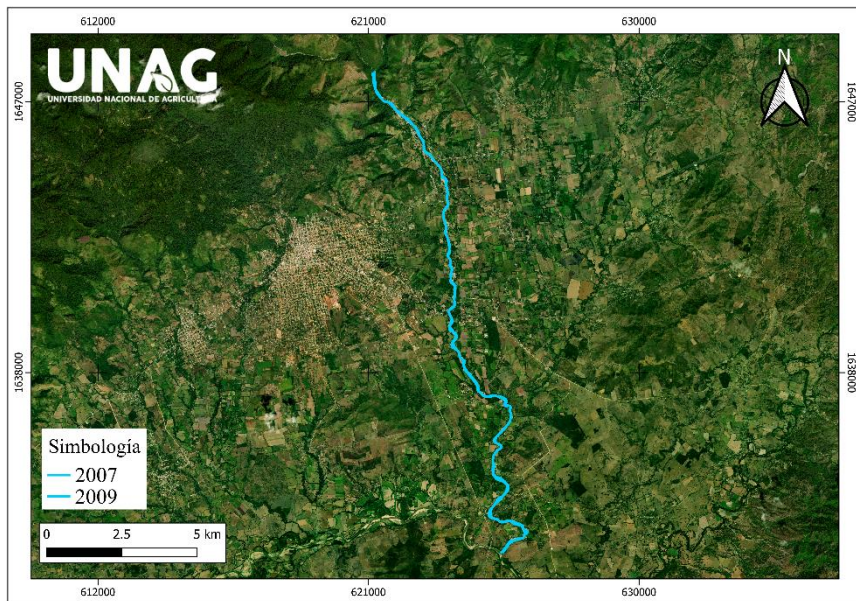
**Figura 11** Modelación espacial del río en el año 2023.

En la figura 12 se muestran los años antes y después del fenómeno meteorológico conocido como el huracán Micht.



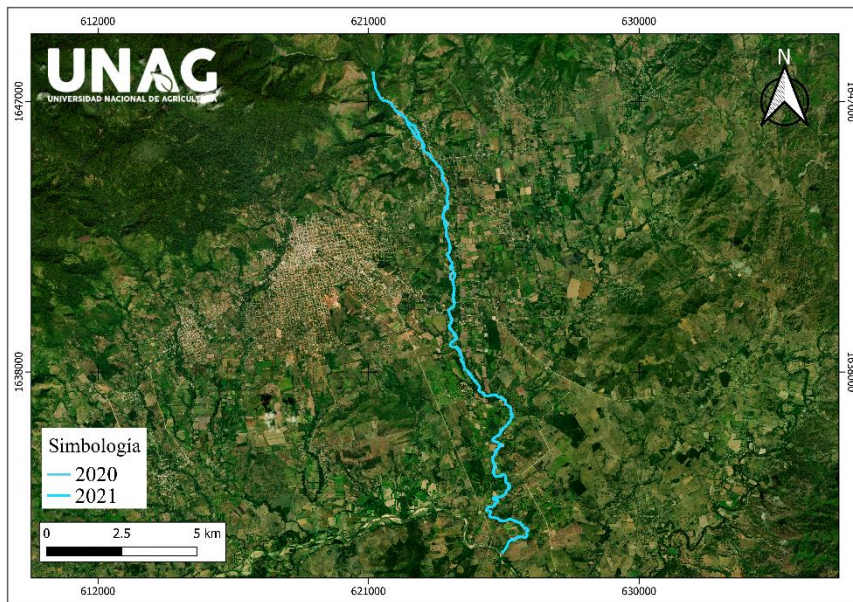
**Figura 12** Primeros años donde el río tuvo variación espacial.

En cambio, la figura 13 muestra los años en que ocurrió la Tormenta 16 evento meteorológico que causó cambios en los meandros del río.



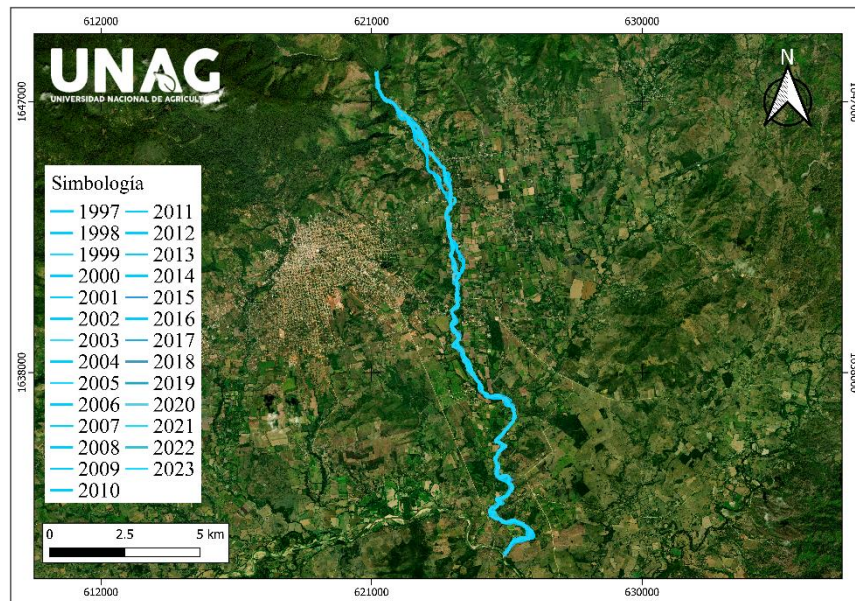
**Figura 13** Años antes y después del fenómeno meteorológico conocido como Tormenta 16.

En la figura 14 se muestra los años donde ocurrieron 2 fenómenos meteorológicos extremos conocidos como huracán ETA e IOTA.



**Figura 14** Últimos años donde el río tuvo cambios en su dinámica.

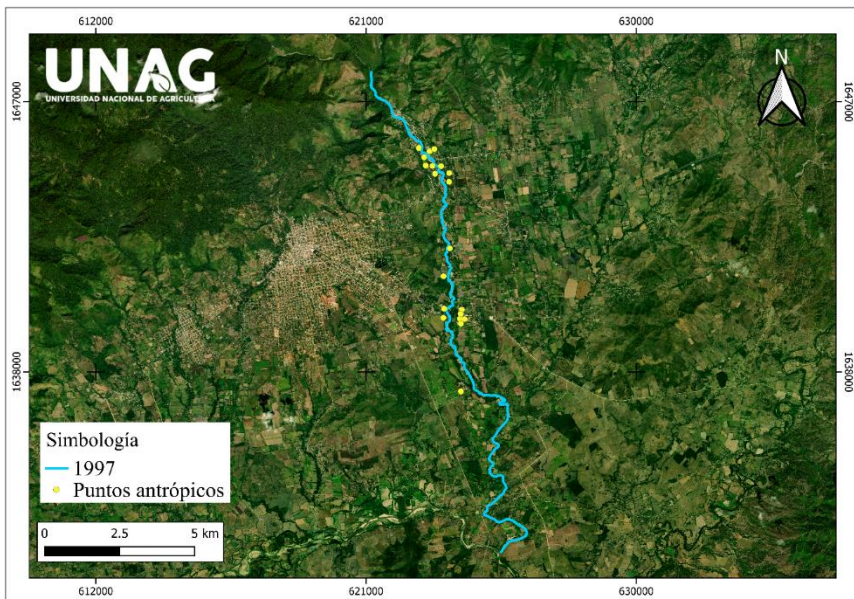
En la figura 15 se pueden observar todas las modelaciones del río desde 1997 hasta el año 2023, a simple vista se puede identificar los cambios que ha tenido el río a lo largo de tiempo analizado.



**Figura 15** Modelación espacial del río durante todo el tiempo de estudio.

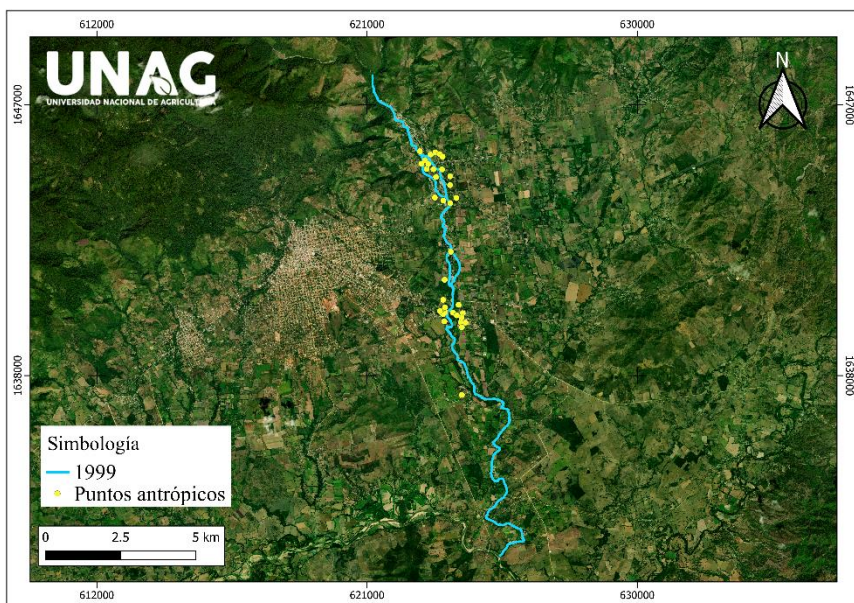
### 6.3 Puntos de resalte y áreas con influencia antrópica

En la figura 16, se puede observar los primeros puntos antrópicos (estructuras urbanas) que se presentaron cerca del río para el año 1997. Estos se observaron en las comunidades de la Unión y en el Barrio El Espino.



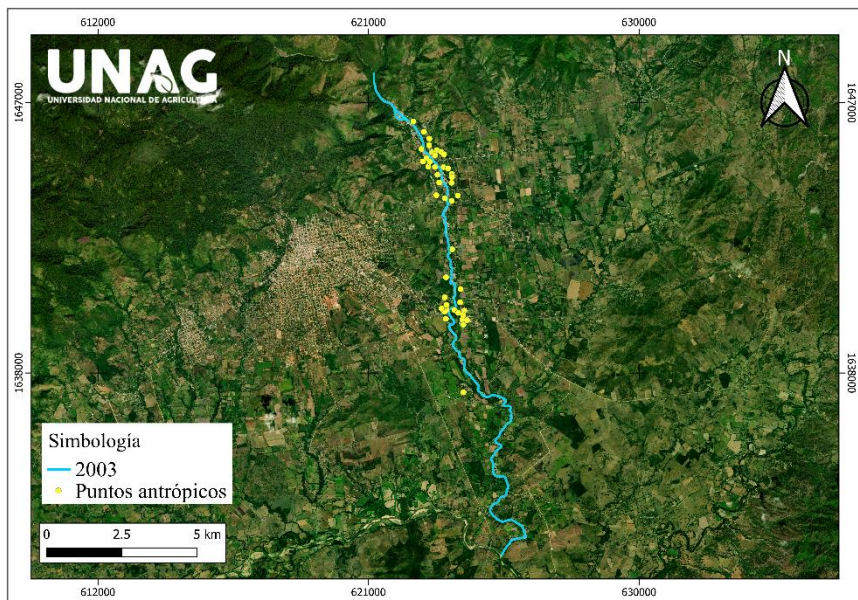
**Figura 16** Modelación espacial de los puntos antrópicos año 1997.

Para el año 1999 se observó que la estructura urbana fue aumentando como resalta en la, y en este año fue donde el río tubo sus primeros cambios, poniendo en riesgo las estructuras cercanas.



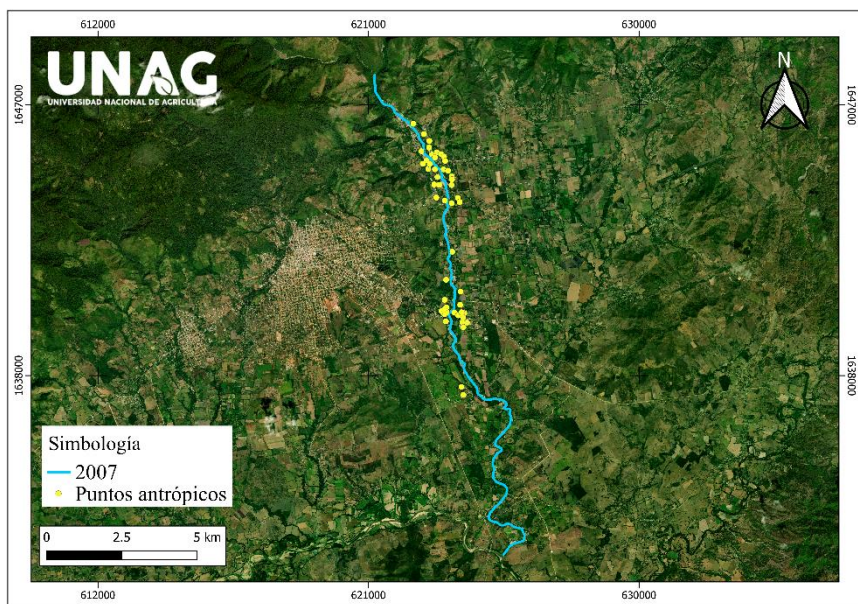
**Figura 17** Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 1999.

Para el año 2003 se observó un mayor número de estructuras urbanas cercanas al río, como se puede notar en la figura 18. En este año, el río presentó cambios al disminuir su bifurcación.



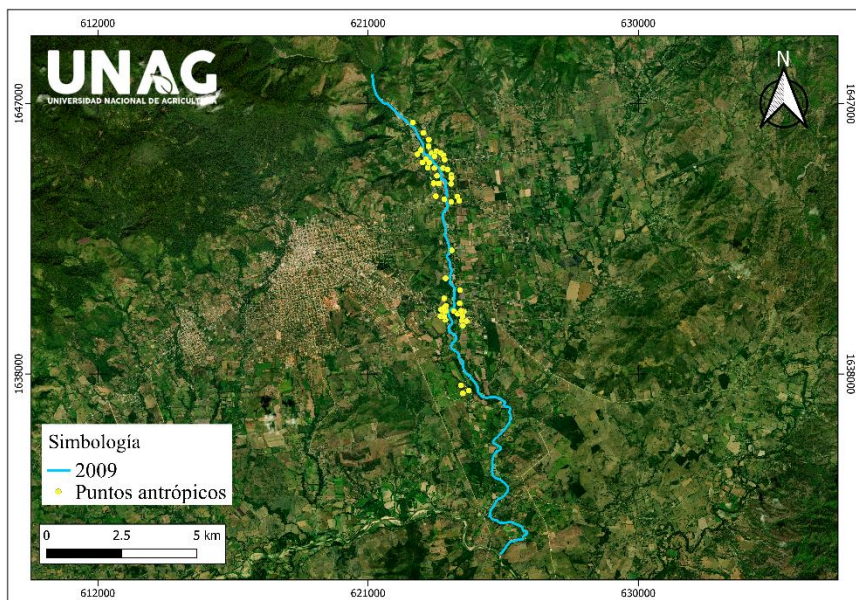
**Figura 18** Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2003.

Seguidamente en el año 2007 y a pesar de que el río si tuvo cambios, los puntos antrópicos tuvieron poca variación como lo muestra la figura 19.



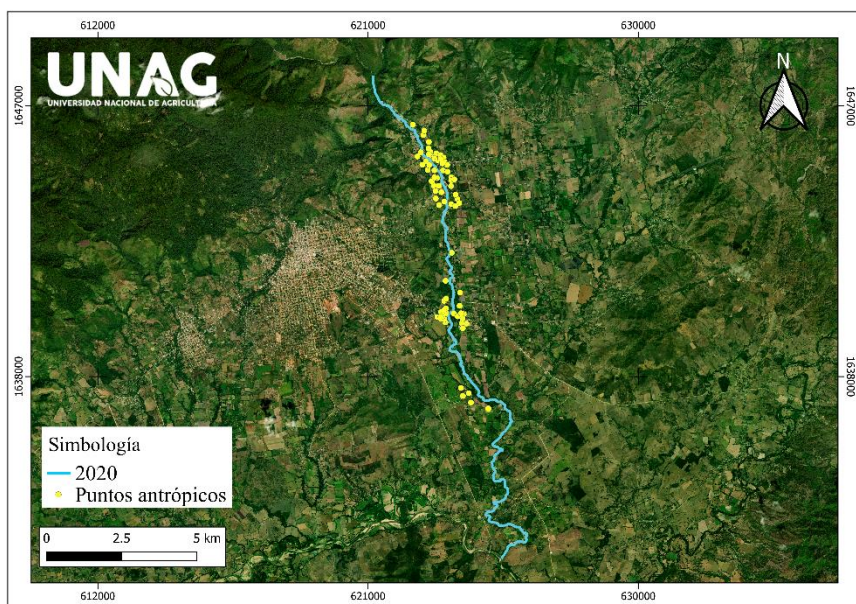
**Figura 19** Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2007.

En el año 2009, un año después de que ocurrió el fenómeno meteorológico conocido como tormenta 16, el río no afecto en su dinámica los puntos antrópicos, como se muestra en la figura 20.



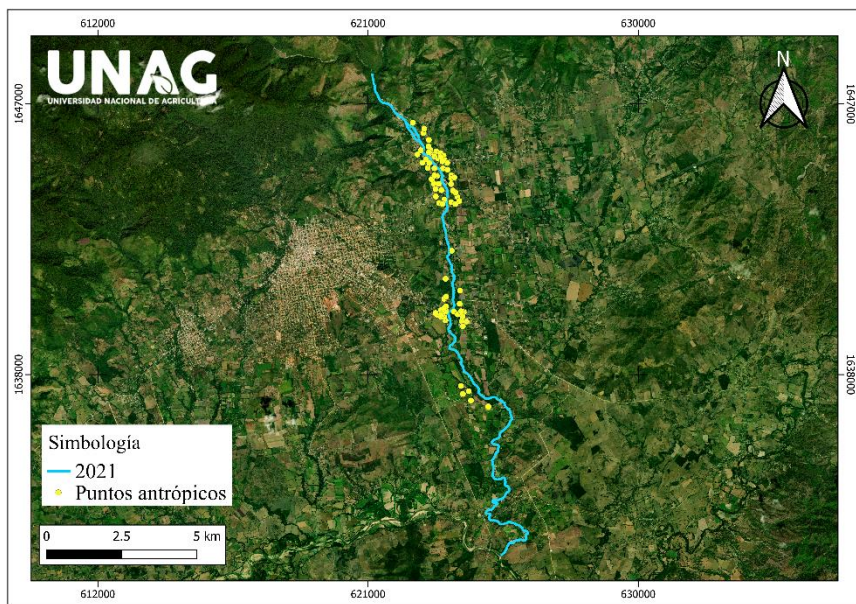
**Figura 20** Modelación espacial de los puntos antrópicos para el año 2009.

En cambio, para el año 2020 las áreas antrópicas se han aumentado casi en un 50 %, como se muestran en la figura 21, justo antes de que ocurrieran los eventos extremos meteorológicos conocidos como los huracanes ETA e IOTA.



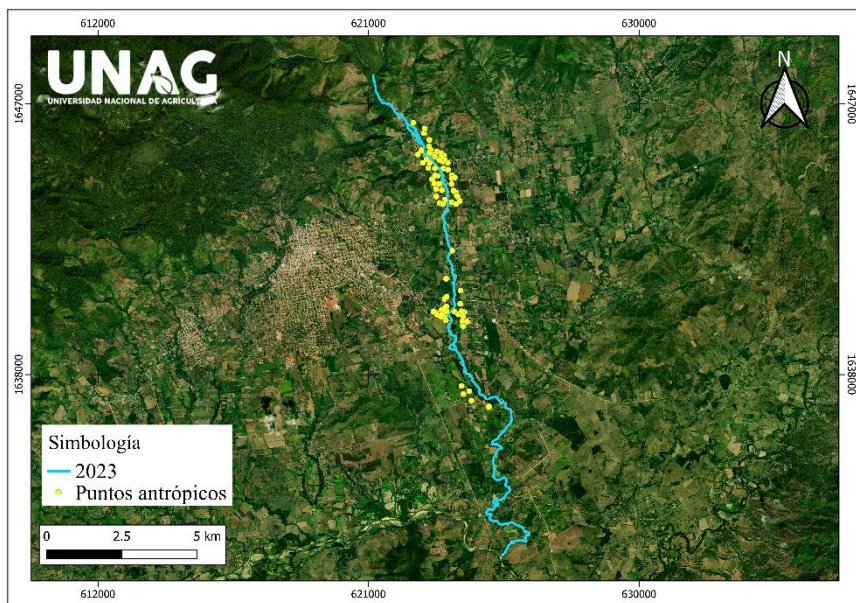
**Figura 21** Modelación espacial de los puntos antrópicos en el año 2020.

Para el año 2021, en la figura 22 se muestra como los puntos hacen que el río cierre su bifurcación, esto se debe a los muros de sedimento que se han instalado a las orillas de este.



**Figura 22** Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2021.

Para el año actual 2023 hubo pocos cambios en los puntos antrópicos como se observa en la figura 23. Por otro lado, se presentan dos bifurcaciones, las cuales no se encuentran entre las estructuras cercanas ya que estas terminan antes de las áreas antrópicas.



**Figura 23** Modelación espacial de los puntos antrópicos del año 2023.

## 7. CONCLUSIONES

El río Talgua ha experimentado variaciones espaciales notables a lo largo de los 26 años estudiados, particularmente después de eventos meteorológicos extremos como el huracán Mitch en 1998, tormenta 16 en 2008 y los huracanes ETA e IOTA en 2020. Estas transformaciones incluyen la formación de bifurcaciones y alteraciones en la forma de los meandros, lo que demuestra la vulnerabilidad del río ante fenómenos naturales.

Las áreas de influencia antrópica, como las comunidades de La Unión y el barrio El Espino, han mostrado un crecimiento en infraestructura cercana al río. Estas actividades, particularmente la extracción de materiales como piedra y arena, han alterado el curso natural, sin embargo, su impacto no es tan notorio como el de un evento meteorológico.

Los cambios en el curso del río Talgua, inducidos por los huracanes ETA e IOTA, han tenido un efecto duradero, con una bifurcación que se mantiene activa hasta 2023. Este fenómeno subraya la influencia a largo plazo que pueden tener los eventos meteorológicos extremos en la configuración fluvial.

La metodología de análisis multitemporal utilizando imágenes de satélite y el Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI) ha demostrado ser efectiva para rastrear y modelar las variaciones espaciales del río Talgua, proporcionando una visión clara de la evolución del río a lo largo del tiempo.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que las autoridades locales y las comunidades establezcan regulaciones claras sobre la cantidad y ubicación de la extracción de materiales del río Talgua y las modificaciones al cauce, esto, para minimizar su impacto en la evolución natural de éste y prevenir futuros cambios adversos en su curso.

Implementar un sistema de monitoreo continuo utilizando imágenes satelitales y teledetección para observar las variaciones espaciales del río en tiempo real. Esto permitirá la toma de decisiones informadas para la gestión del río y sus recursos.

Es crucial fortalecer la gestión ambiental en la subcuenca del río Talgua, enfocándose en prácticas sostenibles que protejan el ecosistema fluvial y minimicen los impactos negativos de las actividades humanas, asegurando así la preservación del río para futuras generaciones.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Amparo, R. 2021. ¿Qué es una red hidrográfica? (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2023. Disponible en <https://aleph.org.mx/que-es-una-red-hidrografica>.
- Anonimo. 2015. Evolución de los ríos – Tareas Universitarias (en línea, sitio web). Consultado 7 may 2023. Disponible en <https://tareasuniversitarias.com/evolucion-de-los-rios.html>.
- Bocanegra, A. 2019. Geomorfología Fluvial. El Modelado de Aguas Corrientes (en línea, sitio web). Consultado 8 may 2023. Disponible en <https://es.scribd.com/document/411469460/2017-geomorfologia-Fluvial-El-Modelado-de-Aguas-Corrientes-texto>.
- Bordino, J. 2021. Cuencas hidrográficas: qué son, tipos e importancia (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2023. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/cuencas-hidrograficas-que-son-tipos-e-importancia-3334.html>.
- Borzi, GE. 2018. Influencia de la actividad antrópica en la geohidrología de la cuenca del río Samborombón (en línea). DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/71746>.
- Briceño, G. 2018. Ciclo hidrológico (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2023. Disponible en <https://www.euston96.com/ciclo-hidrologico/>.
- BrioAgro. 2020. NDWI: Índice Diferencial de Agua Normalizado (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://brioagro.es/ndwi-indice-diferencial-de-agua-normalizado/>.
- Delgado, A. 2019. GEOGRAFÍA PARA TODOS: ¿Qué es un acuífero? zonas de recarga y descarga, composición de formaciones de acuíferos. Acuitardos y Acuiclusos (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://geografiaparatodos-ad.blogspot.com/2019/06/que-es-un-acuifero-zonas-de-recarga-y.html>.
- EOS. 2023. EOSDA Crop Monitoring: Funciones Clave Para La Agricultura (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://eos.com/es/products/crop-monitoring/key-functions/>.
- EROS. 2021. EarthExplorer (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/earthexplorer-help-index>.
- esa. 2009. ¿Qué es la teledetección? . Consultado 9 may 2023.

FUNDER. 2017. Plan de ordenamiento y gestión ambiental de la cuenca del Río Talgua. .

García, C; Sitjar, J. 2019. Copernicus, el programa de observación de la Tierra - UNIGIS (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://www.unigis.es/copernicus-observacion-tierra/>.

García, P; Pérez, M. 2006. Aplicaciones de la teledetección en hidrología (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0606110171A>.

Gis&Beers. 2017. Land Viewer: procesamiento de imágenes multiespectrales (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <http://www.gisandbeers.com/land-viewer-procesamiento-de-imagenes-multiespectrales-online/>.

Induanalisis. 2019. Agua subterráneas y superficial | Publicaciones | Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col. (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/agua\\_subterranas\\_y\\_superficial\\_29](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/agua_subterranas_y_superficial_29).

Kogut, P. 2021. Teledetección: Tipos Y Aplicaciones De Los Sensores Remotos (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>.

Maldonado, Y. 2020. ▷ ¿Qué es la Geomorfología y qué Estudia? Ramas y Tipos (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2023. Disponible en [https://geologiaweb.com/geologia-general/geomorfologia/#Ramas\\_de\\_la\\_geomorfologia](https://geologiaweb.com/geologia-general/geomorfologia/#Ramas_de_la_geomorfologia).

Márquez, A. 2021. ¿Cómo se forman los ríos? (en línea, sitio web). Consultado 7 may 2023. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/como-se-forman-los-rios-3238.html>.

Martí, J; Llastarri, A. 2005. Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG). . Consultado 27 mar. 2023.

McDonnell, J; Mark, M. 2015. Hydrology: Ascience and a practice. 1 ed. s.l., Wiley-Blackwell.

Ochoa, F. 2023. ¿Qué es un análisis multitemporal? | El blog de franz (en línea, sitio web). Consultado 19 feb. 2023. Disponible en <https://acolita.com/que-es-un-analisis-multitemporal/>.

Osorio, U. 2022. Qué es el ciclo hidrológico: etapas e importancia (en línea, sitio web). Consultado 30 abr. 2023. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-ciclo-hidrologico-etapas-e-importancia-3832.html>.

Pielke, RA. 2000. Land use and climate change: A review of impacts on the hydrological cycle. s.l., s.e. p. 25-41.

Planet. 2023. Planet Platform: Access to Satellite Data and Imagery (en línea, sitio web). Consultado 9 may 2023. Disponible en <https://www.planet.com/products/platform/>.

Portillo, N. 2008. Geografía de Honduras. s.l., s.e.

Ramón, M; Blanquer, G; Ml, J. 2018. Morfología de las cuencas hidrográficas. . Consultado 30 abr. 2023.

Wilson, R. 2021. LandViewr descarga de imágenes de satélite (en línea, sitio web). Consultado 25 jul. 2024. Disponible en <https://mastergis.com/blog/landviewr-descarga-de-imagenes-de-satelite>.

## ANEXOS



**Anexo 1** Río Talgua con su corriente en la comunidad de Guanaja.



**Anexo 2** Río Talgua en épocas de lluvia.



**Anexo 3** Río Talgua a cercanías de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG).



**Anexo 4** Río Talgua a cercanías del barrio El Espino.