

**Cartografía Evolutiva de la cárcava del barrio Nhama en Saurimo, Lunda Sul, Angola.**

***Evolutionary Cartography of the Nhama neighborhood gully in Saurimo, Lunda Sul, Angola.***

**Dioelis Rafael Guerra-Santiesteban <sup>1</sup>, Marlo Leyva-Tarafa <sup>2</sup>, Aderito Tximaneno Antónia-Manongo <sup>3</sup>, Emiliano Armando-Mualengue <sup>4</sup>**

**DOI:** <https://doi.org/10.61236/ciya.v9i1.1056>

**RESUMEN:**

El presente trabajo, está encaminado a determinar el comportamiento erosivo de la cárcava del barrio Nhama, desde su formación (2014) hasta el año 2021; empleando para ello imágenes satelitales. Los autores confeccionaron un mapa del comportamiento erosivo y lograron determinar la media anual de erosión en el área de estudio. Para eso, primero se hizo una pesquisa del tema en las principales revistas científicas, artículos científicos, libros, monografías, etc. Para el desarrollo de la investigación se realizó un trabajo de procesamiento de imágenes satelitales. Empleándose además un conjunto de programas computacionales especializados (Google Earth Pro, QGIS 3.28, Surfer 14, SAS Planet) para la creación de los mapas de avance de la cárcava, así como la obtención de los datos sobre la extensión de la cárcava y la erosión según los años estudiados. Lográndose diferenciar tres sectores según las direcciones de la erosión en el área, las cuales tienen comportamientos bien diferenciados de manifestar la erosión desarrollada para iguales períodos de tiempo. Fue posible también proyectar como sería el comportamiento de la cárcava para años posteriores, siempre que no sean aplicadas medidas de contención del avance de la cárcava en el barrio Nhama, lo cual ocasionaría numerosas pérdidas económicas y sociales.

**Palabras clave:** Cárcava, Cartografía, Imágenes satelitales, Erosión, Suelos.

**Recibido 16 de octubre de 2024; revisión aceptada 22 de diciembre de 2024**

---

<sup>1</sup> Universidad de Moa, Moa, Holguin; Cuba, [dioelis.guerra6@gmail.com](mailto:dioelis.guerra6@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad de Moa, Moa, Holguin; Cuba,, [marioantonioleyvatarafa@gmail.com](mailto:marioantonioleyvatarafa@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad de Saurimo, Angola; [tximaneno@gmail.com](mailto:tximaneno@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidad de Saurimo, Angola; [Emiliano@gmail.com](mailto:Emiliano@gmail.com)

**ABSTRACT:**

*The objective of this study was to determine the erosive behavior of the gully in the Nhama neighborhood, from its formation to the present time, using satellite images. We also sought to obtain a map of the erosive behavior and to obtain the annual average of erosion in the study area. For this purpose, we first made a research on the subject of the investigation in the main scientific magazines, scientific articles, books, monographs, etc. A set of specialized computer programs (Google Earth Pro, QGIS 3.28, Surfer 14, SAS Planet) was used to create maps of gully advance in the study area, as well as to obtain data on the extent of the gully and erosion according to the years studied. It was possible to differentiate three sectors according to the directions of erosion in the area, which have well differentiated behaviors to show the erosion developed for equal periods of time. It was also possible to project how the gully could behave in the coming years, provided that no measures are taken to contain the advance of the gully in the Nhama neighborhood, which would cause numerous economic and social losses.*

**Key words:** *Gully, Cartography, Satellite images, Erosion, Soils.*

## **1. INTRODUCCIÓN**

El suelo es uno de los recursos más importantes de la biosfera terrestre, así como del patrimonio natural para la humanidad. Puede ser definido como el material mineral u orgánico no consolidado, localizado en la superficie de la corteza terrestre y sirve de soporte al crecimiento y desarrolla vegetal [1].

La erosión de los suelos es un problema que afecta seriamente el ambiente bajo diversos aspectos. Dentro los principales están las pérdidas de los solos (principalmente por medio de erosión laminar), pérdida de nutrientes por lixiviación, la reducción en la capacidad de infiltración y de retención de humedad de los suelos, la sedimentación y la deposición del material derrubiado en las zonas bajas de suelo fértil, reduciendo su fertilidad, desgaste de los suelos [2].

En general, la erosión es un proceso natural continuado que aporta en la modelación de la superficie terrestre, tratándose de un proceso geológico. Mientras, en algunas zonas y sobre unas determinadas condiciones se producen una erosión acelerada, generalmente relacionada con actividades humanas; siendo más evidente en zonas donde los solos presentan un escaso desarrollo. Los factores que condicionan la erosión son varios; como el clima, que controla la cantidad e intensidad de las precipitaciones en una zona, a litología, por tanto, ni todos los materiales presentan la misma facilidad a ser derrubiados y la inclinación, la mayor inclinación, mayor erosión. Las formas de erosión pueden presentar un mayor o menor grado de desarrollo dependiendo de la intensidad, del tiempo y de las características físicas y químicas de los materiales [3].

En Angola, el índice de degradación del suelo es elevado. Varias son las razones que se combinan para ello, entre los más importantes están: la falta de conciencia y el uso hostil de los recursos naturales. La erosión acelerada, o erosión antrópica, es un problema mundial. Vastas áreas están sujetas a la degradación del suelo, a veces de forma irreversible, por una serie de procesos como erosión y desertificación acelerada, compactación y sellamiento, salinización, acidificación, disminución de la materia orgánica y de la fertilidad del suelo y reducción de la biodiversidad, Los suelos arenosos son naturalmente débiles, en especial los suelos jóvenes (Cuarternarios) y poco consolidados, permitiendo que los procesos erosivos lineales se ensañen con ellos con mayor rapidez de lo que en las áreas que contienen latosoles o suelos arcilloso más estables físicamente [4].

## **2. METODOLOGÍA**

La investigación se desarrolló en tres grandes etapas: Revisión Bibliográfica; Obtención y procesamiento de las imágenes; Interpretación de los resultados.

### 2.2.1 Revisión bibliográfica

Durante la revisión bibliográfica se consultaron numerosos libros, revistas, tesis de doctorado, maestría y de grado, los cuales trataban temas relacionados con los estudios de cárcavas, los procesos erosivos; así como los daños que pudieran causar a comunidades y ciudades [5].

Como resultado de las pesquisas se definieron las características geográficas del área de estudio.

Localización Geográfica da área de estudio.

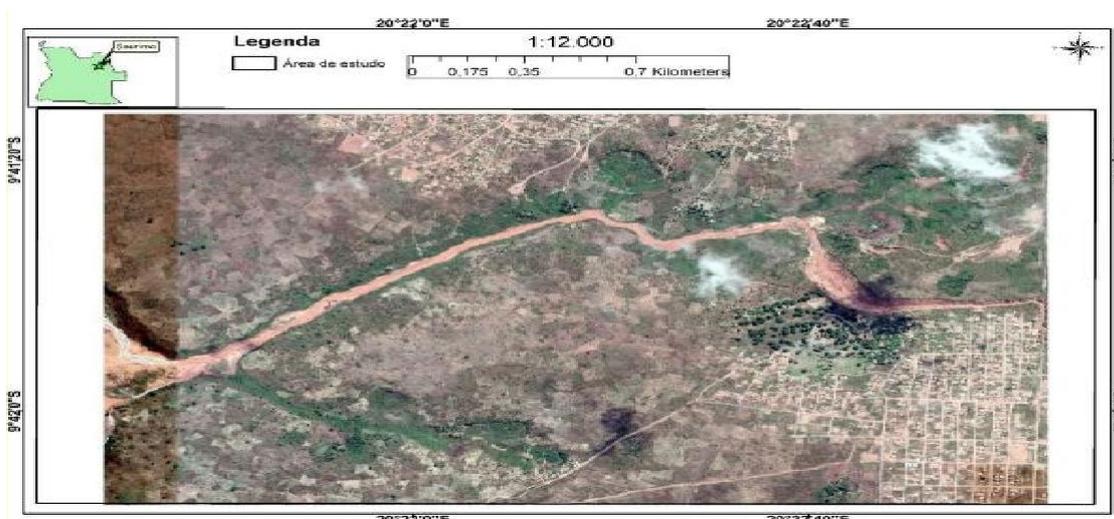
La investigación se desarrolla en la provincia angolana de Lunda Sul, la cual es una provincia de Angola situada en el Nordeste del país. Tiene un área de 77 636 km<sup>2</sup> y su capital es Saurimo.

El área de estudio se encuentra situada en el sector Suroeste de la ciudad de Saurimo (Figura 1). Teniendo como coordenadas las presentadas en la tabla 1.

**Tabla 1.** Coordenadas del área de estudio en la cárcava del barrio Nhama.

Coordenadas del Área de estudio	
Longitud Mínima	20° 35' 60"
Longitud Máxima	20° 38' 58"
Latitud Mínima	-9 ° 70' 41"
Latitud Máxima	-9 ° 68' 65"

La zona de estudio tiene un área de 6,35 km<sup>2</sup>, limita al Norte con el barrio Passa Bem, al Sur y Este con el barrio Nhama y al Oeste con el rio Chicapa. El rio Nhama es un afluente del rio Chicapa.

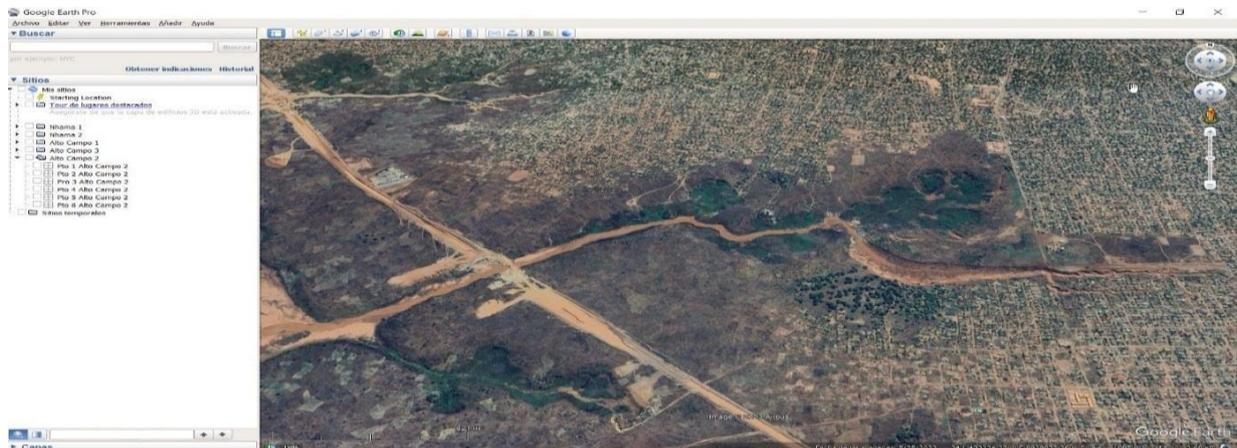


**Figura.1.** Mapa de localización geográfica del área de estudio.

### 2.2.2 Procesamiento de la información.

En la investigación la segunda etapa estuvo dedicada a la obtención de los datos, así como su procesamiento.

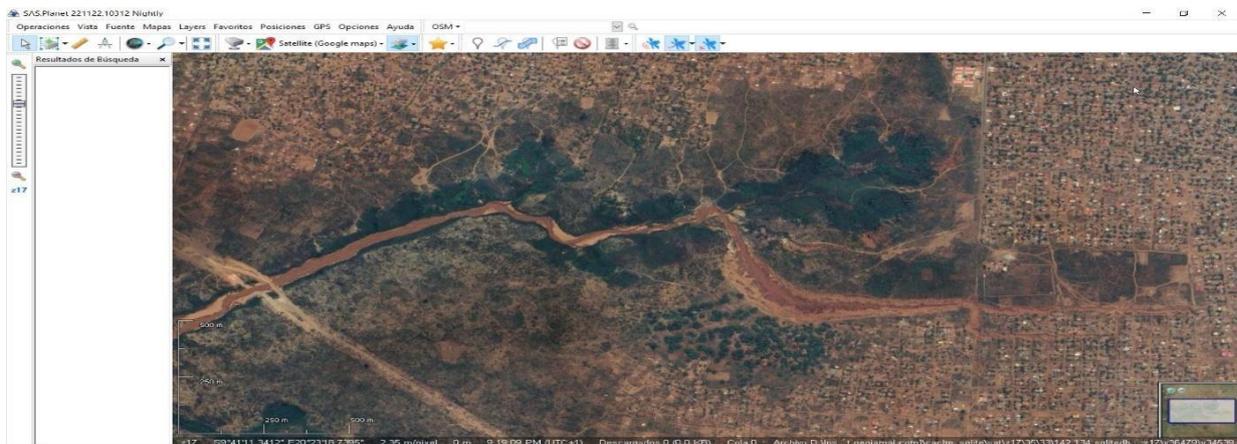
En un primer momento se trabajó con el programa Google Earth Pro (ver figura 2) [5]; para obtener las imágenes satelitales del área abarcada por la cárcava en los años necesarios para estudiar la evolución de la misma. Es importante señalar que, por la extensión de la cárcava y para conservar imágenes con la mejor calidad y proximidad, fue necesario dividir la cárcava en 3 secciones [6]. Las imágenes procesadas cuentan con la mejor calidad disponible por en software Google Earth Pro.



**Figura 2.** Trabajo en el programa Google Earth.

En Google Earth Pro también fueron señalados los puntos principales para obtener coordenadas que servirían para georreferenciar las imágenes [7].

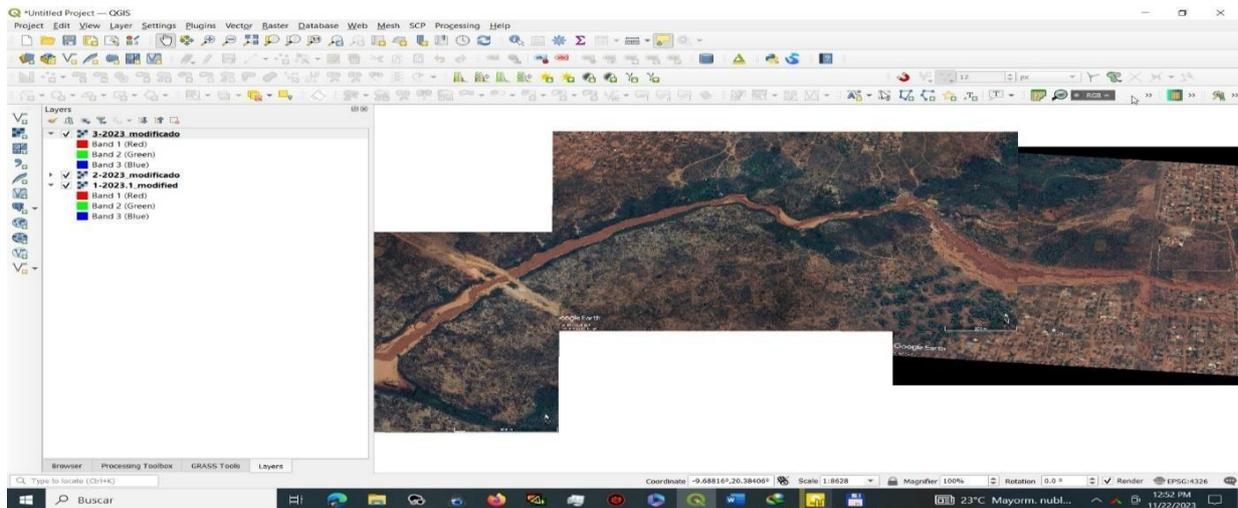
Una vez descargadas las imágenes correspondientes a los años de interés, pasamos al trabajo con el programa SaS Planet. En nuestro caso empleamos la versión: SAS Planet 221122.10312 Nightly (ver figura 3).



**Figura 3.** Trabajo en el software SAS Planet.

SAS Planet es un software que permite, entre otras cosas, descargar un mapa georreferenciado de un área seleccionada. Por lo tanto, se posibilitó la obtención de un mapa del área de estudio, completamente georreferenciado, que serviría de base, para obtener las coordenadas de todos los puntos del área en análisis.

El mapa descargado con SAS Planet fue trabajado a su vez en QGis donde se concluyó el proceso de georreferenciado con la mayor confiabilidad posible de las imágenes descargadas de Google Earth (ver figura 4).



**Figura 4.** Trabajo en el software QGis 3.28.

Para el georreferenciamiento fue necesario combinar la información obtenida de los puntos seleccionados en Google Earth [8]; [9], además de la ubicación de puntos que no sufrieron variaciones a lo largo de los años (infraestructuras creadas a inicios de los 2000 y árboles que tienen más de 1 o 2 décadas de vida). Una vez georeferenciadas las imágenes, es posible unir las 3 secciones en que se dividió la cárcava, según los años.

Seguidamente fue posible pasar al momento de la elaboración de archivos con la cartografía de la cárcava, según los años estudiados. Para realizar esta tarea, se empleó el software Surfer 14 (ver figura 5); por ser una herramienta mucho más amigable en la creación de información, por ser más ligero y flexible en cuanto a las características del hardware empleado.

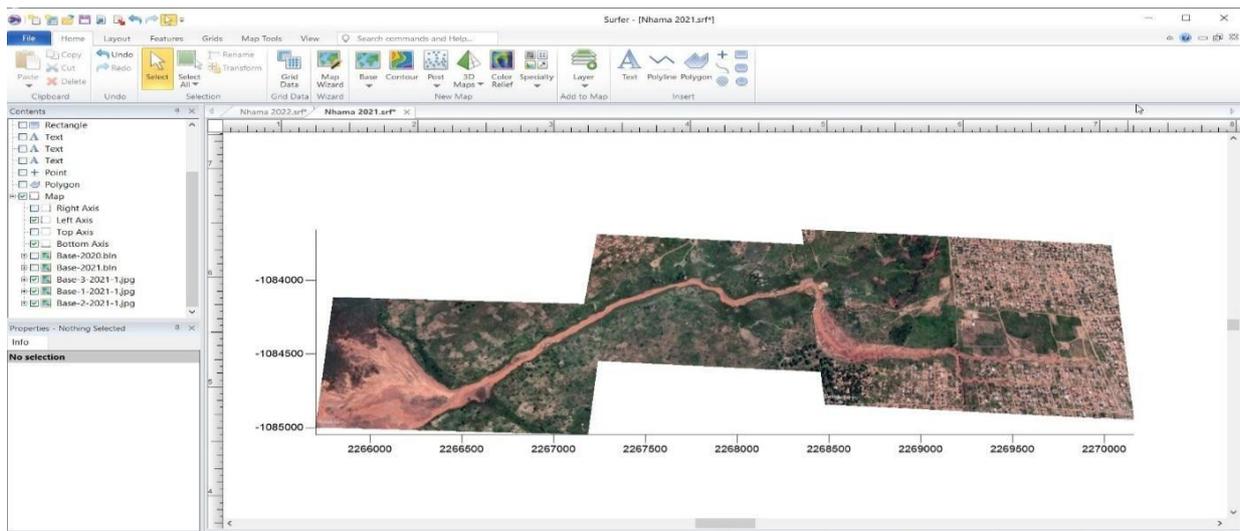


Figura 5. Trabajo en el software Surfer 14.

La etapa final del procesamiento de la información consistió en la combinación de los archivos de años sucesivos, para poder visualizar las diferencias cartográficas de la cárcava, a medida que evolucionaba de un año con respecto al anterior. De esta manera se facilita la localización de las zonas de mayor erosión de un año con respecto al otro.

También se crearon las tablas con los datos de erosiones anuales, además de las velocidades de erosión calculadas. Así como se confeccionó el mapa de erosión futura de la cárcava, según una proyección de 5 y 10 años.

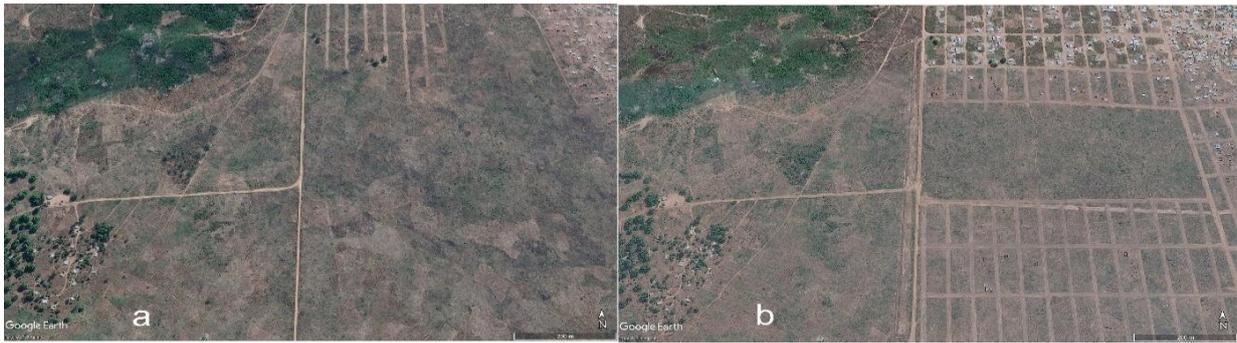
### 2.2.3 Interpretación de los resultados

Al tener toda la información procesada se procedió a realizar la interpretación de los esquemas generados. Fueron analizadas imágenes satelitales desde el año 2010, anterior al surgimiento de la cárcava, hasta el 2021, que fue el último año analizado, pues no se cuenta con imágenes más recientes de la región en la plataforma de Google Earth Pro. La resolución de las imágenes procesadas es la máxima (4800\*4800 píxeles).

Fue posible destacar las zonas de mayor erosión, así como la variación de la misma según avanzaba el tiempo. A pesar de no analizar todos los factores y agentes involucrados en la evolución de la cárcava, se pudo deducir el agente detonante del surgimiento de la cárcava; el cual, sigue siendo uno de los principales agentes causantes del crecimiento continuo de la forma de relieve.

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el caso de la cárcava de Nhama fue posible encontrar imágenes en momentos anteriores al surgimiento de la cárcava (ver figura 6). Por lo tanto, se posibilita la creación de una teoría sobre el surgimiento de la misma.



**Figura 6.** Área del barrio Nhama en los años: 2010 (a) y 2013 (b).

Como podemos observar en la figura 6a en el año 2010 no existía cárcava desarrollada en el área de estudio. Ni siquiera existía un asentamiento poblacional en la zona. Solo se aprecian caminos de tierra y un pequeño asentamiento a la izquierda de donde hoy se encuentra el asentamiento del barrio Nhama. Para el año 2013 (figura 6b) el barrio tenía mayor desarrollo, pero aún no se había extendido hasta la zona donde hoy localizamos la cárcava. Sin embargo, ya se aprecian las labores humanas, con demarcaciones de áreas, para la construcción de posteriores viviendas. Aun no se aprecia ninguna deformación erosiva asociada al desarrollo de una cárcava.

Se hace necesario analizar años más recientes, para encontrar el origen de la cárcava de Nhama, por lo tanto, se usarán imágenes de los años siguientes (ver figura 7).



**Figura 7.** Área del Barrio Nhama en los años: 2014 (a) e 2016 (b).

En el año 2014, aun no se muestran evidencias del proceso erosivo en el área de estudio (figura 7a), pero es posible definir las primeras construcciones de viviendas en las inmediaciones. Aparece la cárcava de Nhama, por primera vez, en las imágenes del 2016 (figura 7b).

Al observar las imágenes analizadas, podemos concluir que la cárcava Nhama surgió en algún momento entre finales del 2014 y mediados del 2016. Asociando en nuestra opinión el surgimiento de la cárcava al desarrollo de un emplazamiento habitacional, sin una correcta

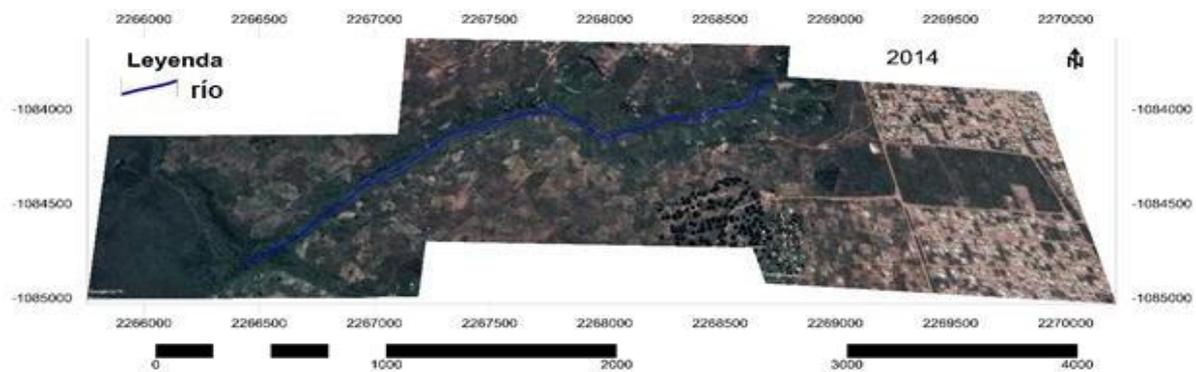
planificación constructiva, al no tener en cuenta las condiciones y características del suelo y el acuífero existente con anterioridad en la zona.

Debemos destacar también que, en su etapa inicial la cárcava tiene sus mayores dimensiones en puntos alejados del centro del asentamiento poblacional. Esto se debe a que es allí donde el nivel erosivo profundizo de tal manera que llega a encontrarse con el nivel freático del acuífero; provocando de esta manera la salida de agua a la superficie.

### 3.1. Comparación del carcavamiento de un año con respecto al anterior

Luego de definir el intervalo de tiempo, en el cual se origina la cárcava Nhama, nos encaminamos a analizar la evolución que ha tenido la misma de un año al siguiente.

En el epígrafe anterior se destaca como momento de origen de la cárcava, un periodo comprendido entre los años 2014 y 2016. Por lo tanto, para comenzar el análisis del carcavamiento, vamos a mostrar las condiciones existentes en el área de estudio durante estos años iniciales de la misma (ver las figuras 8 y 9)



**Figura 8.** Área de estudio 2014.

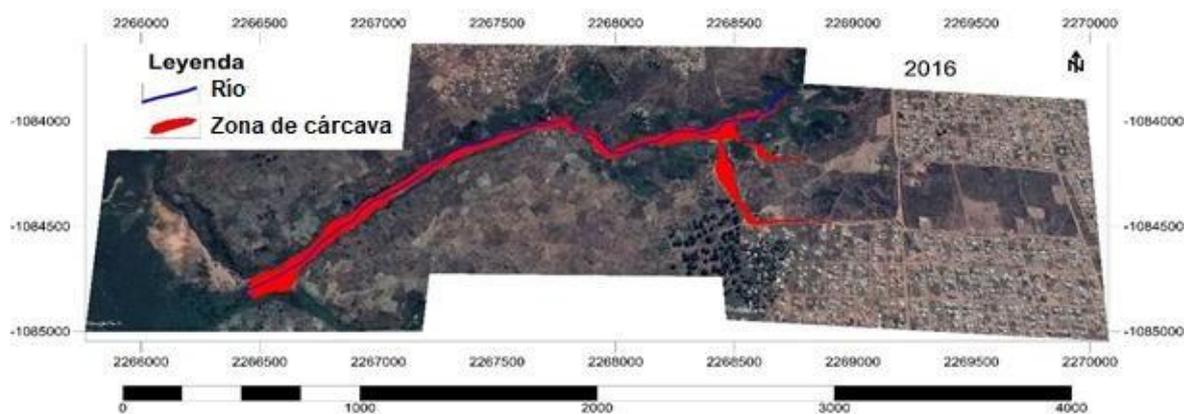
Como podemos apreciar en la figura 8 para el año 2014 no existía aun la cárcava en el área de estudio. Pero hemos destacado una zona, donde se localizaba un arroyo en las inmediaciones del área. Sin relación ninguna con procesos de carcavamiento, ya que es posible observar en los alrededores de su cauce, una abundante vegetación, que impedía la acción intensamente erosiva, vinculada con las cárcavas.



**Figura 9.** Área de estudio 2016.

En la figura 9 podemos notar fácilmente como se ha desarrollado un intenso cárcavamiento, el cual ha transformado notablemente toda la microcuenca alrededor del cauce del arroyo preexistente, al erosionar toda la vegetación que allí existía, modificar el relieve y afectar a la fauna asociada al arroyo. Llegando a modificar también la desembocadura del arroyo al río Chicapa, donde desemboca.

Para mayor comodidad y entendimiento de la evolución histórica de la cárcava, las imágenes siguientes destacaran las áreas de cárcavamiento visiblemente notables (ver figura 10).



**Figura 10.** Área de estudio 2016.

En el caso de la figura 10 se destaca la zona del arroyo existente en el año 2014, así como la zona de la cárcava para el año 2016. Teniendo como base las imágenes del propio año 2016.

A partir del año 2017 ya será posible establecer una comparación entre la cárcava en el año anterior (estará destacada en color azul en las imágenes), superpuesta a la cárcava del año del cual se tome la imagen como fondo (el área estará destacada en color rojo).

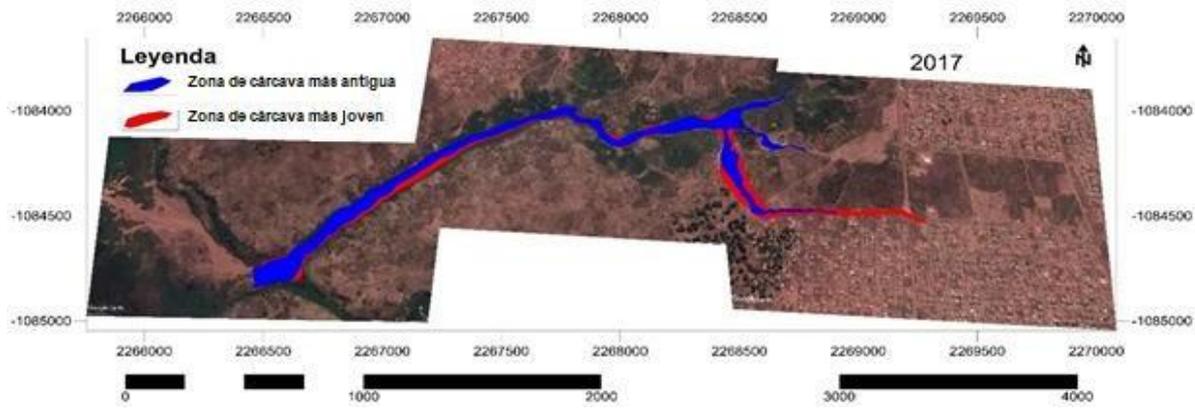


Figura 11. Área de estudio 2017.

En la figura 11 podemos observar el área cubierta por el área de la cárcava del 2016 (azul) al área de la cárcava en el año 2017 (rojo). Según la presente figura, podemos notar tres zonas diferenciadas en el objeto de estudio.

Un primer sector, localizado en toda la zona Oeste de la figura, siendo el área más próxima a la desembocadura en el río Chicapa; este sector se muestra caracterizado por un carcavamiento "normal", donde se observan pequeños incrementos laterales de la cárcava, sin evidenciarse muchas variaciones del relieve y con poca superficie expuesta al futuro carcavamiento. Se podría definir como una zona de erosión lateral fundamentalmente.

El segundo sector estaría localizado en la parte central y ligeramente hacia el Este en el área de estudio, podríamos marcar su límite hacia el este con el final del asentamiento poblacional desarrollado en el área, destacándose por ser la zona de mayor carcavamiento lateral, a partir de la surgencia de aguas subterráneas.

El tercer sector delimitable de la cárcava, estaría hacia el Este del área de estudio, vinculándose directamente con la zona de desarrollo poblacional. Este sector de la estructura geológica es el menos extenso, donde la cárcava presenta un menor diámetro, pero es el área donde presenta un mayor crecimiento longitudinal, pues se puede apreciar la movilidad del punto inicial de la misma de un año para el siguiente, fenómeno que debe estar relacionado con la actividad antrópica. En este sector la erosión es predominantemente vertical.

Es importante señalar que para el año 2017 dejamos de diseñar las zonas de carcavamiento desarrolladas hacia el Noreste del área de estudio, vinculadas con el antiguo arroyo existente en la zona para los años 2013 y 2014. Estas zonas, para el 2017 comienzan a mostrar desarrollo de vegetación y pierden la conexión con la cárcava, por lo tanto, las destacamos como zonas de recuperación natural del relieve. De esta manera, podemos observar, como

zonas afectadas por cárcavamiento, puedes recuperarse de forma natural, siempre que la acción erosiva no incremente desmesuradamente.

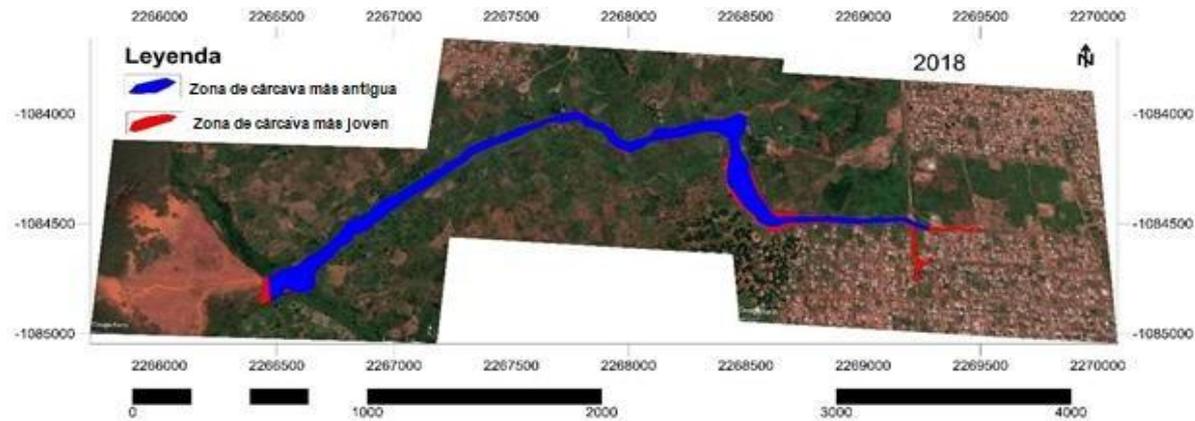


Figura 12. Área de estudio 2018.

Entre los años 2017 y 2018 las variaciones de la cárcava en el sector I no son notables, continúa creciendo dentro de los parámetros normales para ella (figura 12). Sin embargo, en el caso del sector II se observan grandes extensiones laterales de la cárcava, muy destacables con respecto al sector anteriormente mencionado. En el caso del sector III no solo se aprecia una extensión de la estructura hacia el Este (acercándose aún más al asentamiento poblacional), sino que podemos destacar el surgimiento de una ramificación de la misma.



Figura 13. Área de estudio 2019.

Para el año 2019 el comportamiento para los sectores I y II se mantiene de forma bastante similar a los años anteriores (figura 13); con pocas variaciones laterales para el sector I y grandes incrementos laterales para el sector II. El tercer sector sigue destacándose por un continuo avance de la cárcava, en dirección del asentamiento poblacional, llegando a afectar viviendas y construcciones aledañas a las mismas, pero aún se observan nuevas construcciones, indicativas del incremento poblacional en el área de estudio.

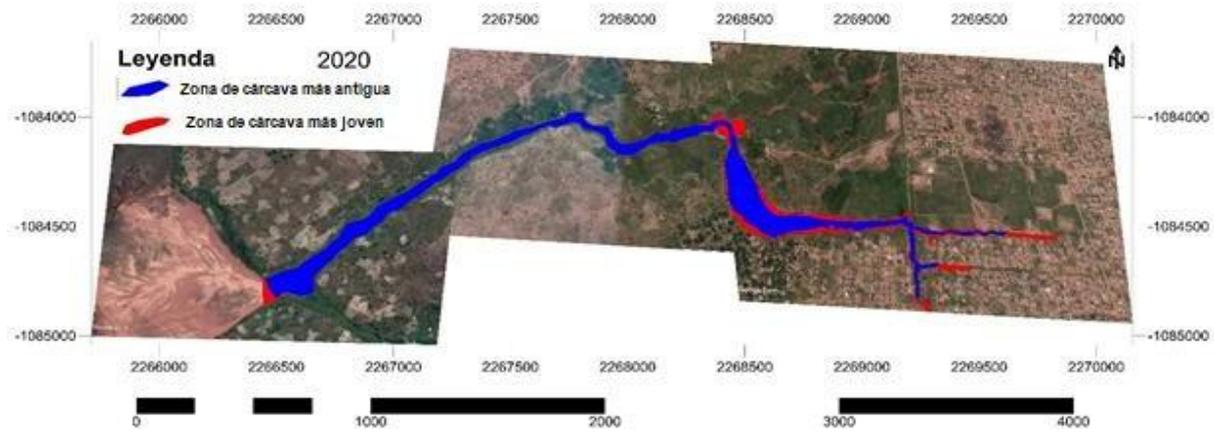


Figura 14. Área de estudio 2020.

El 2020 se destaca por no tener prácticamente alteración en la cárcava en el sector I, casi no manifiesta crecimiento (figura 14). En cambio, el segundo sector aumento notablemente las dimensiones de la cárcava, incluso zonas poco erosionadas en años anteriores dentro de este sector, vuelven a reactivarse como zonas erosionadas. En el caso del sector III continua el avance de la cárcava, apareciendo una nueva ramificación de la misma, siguiendo una vez más las zonas de caminos.

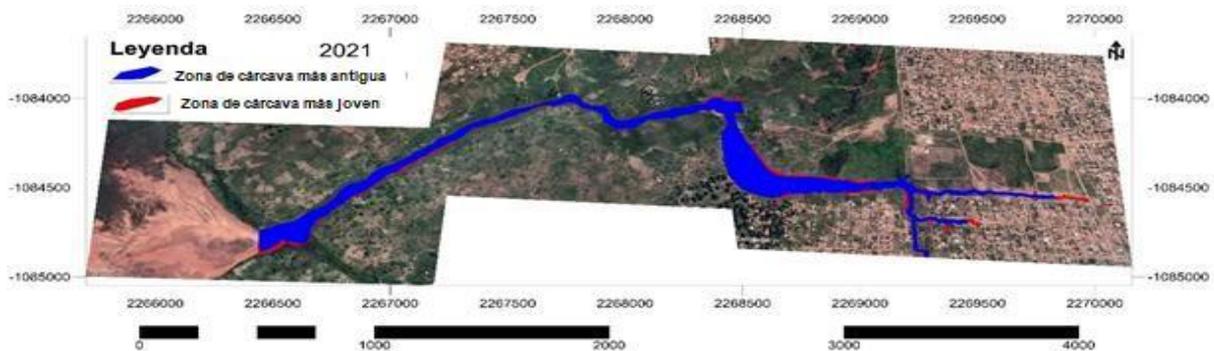
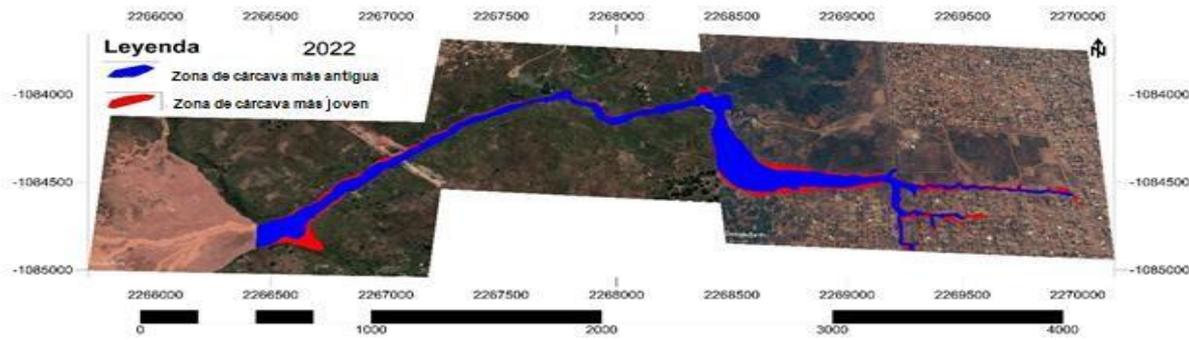


Figura 15. Área de estudio 2021.

En el año 2021 la cárcava manifiesta crecimientos bastante normales en comparación con los años anteriores. Los sectores I y II siguen manifestando sus variaciones características; para el primer sector tenemos muy poco crecimiento lateral de la estructura, en el segundo sector, el crecimiento es mayor, pero no es extraordinario (figura 15). En el sector III continua la extensión de la cárcava, en dirección Este, acercándose cada vez más a otras zonas de viviendas y afectando cada vez más a las zonas que ya había llegado con anterioridad.



**Figura 16.** Área de estudio 2022.

En la imagen del año 2022 (figura 16) podemos observar una continua extensión lateral de la cárcava para el primer sector, el crecimiento no es muy extenso lateralmente, pero se aprecia una gran variación con respecto al comportamiento de la erosión en este sector para los años anteriores. En el sector II la erosión sigue siendo intensa y alcanza sus característicos valores de extensión lateral mayor a los 15 m. El sector III sigue con las mismas características de manifestar un continuo avance de la cárcava hacia zonas habitadas, generando nuevas ramificaciones en las direcciones establecidas por caminos.

### 3.2. Análisis de los datos cuantitativos de erosión

Para determinar la erosión vamos a dividir el área de estudio en los tres sectores que se destacaron en epígrafes anteriores. Es importante realizar esta división, ya que se hace visible el comportamiento diferente de la erosión en cada uno de los sectores señalados.

Las erosiones originadas por crecimiento longitudinal de la cárcava en el sector III tienen valores demasiado dispersos como para ser correlacionable, por lo tanto, no es factible establecer una relación entre ellos. De esta manera se nos imposibilita realizar cálculos estadísticos para el comportamiento de la erosión en este sector. Sin embargo, se mostrarán los valores de erosión en el sector III, solo como evidencia de lo anteriormente expresado.

Es necesario establecer los valores promedios de erosión y velocidad de erosión para la cárcava, según los sectores seleccionados, para definir la erosión promedio de la estructura geológica, según los sectores.

**Tabla 2.3.** Promedios de Erosión y Velocidades de erosión anuales en la cárcava Nhama.

Año	Erosión (m)		Velocidad (m/año)	
	Sector I	Sector II	Sector I	Sector II
2016-2017	17.08	29.81	17.08	29.81
2017-2018	7.97	17.48	7.97	17.48
2018-2019	6.80	21.53	6.80	21.53
2019-2020	4.18	26.11	4.18	26.11

2020-2021	7.93	14.09	7.93	14.09
2021-2022	12.94	26.18	12.94	26.18
Promedios	<b>9.48</b>	<b>22.53</b>	<b>9.48</b>	<b>22.53</b>

### 3.3. Proyección futura de la cárcava

Para la proyección a futuro del crecimiento de la cárcava, vamos a suponer que el comportamiento de la erosión y el crecimiento del área de la cárcava, siguen una distribución lineal. De esta manera podemos predecir las afectaciones, a partir de los valores más grandes de erosión. Por lo tanto, asumiremos para cada sector un crecimiento erosivo a partir de los valores anuales promedios calculados. Suponiendo de esta manera que para el sector I tendremos una velocidad de erosión de 9.48 m/año; mientras para el sector II tenemos una velocidad de erosión de 22.53 m/año.

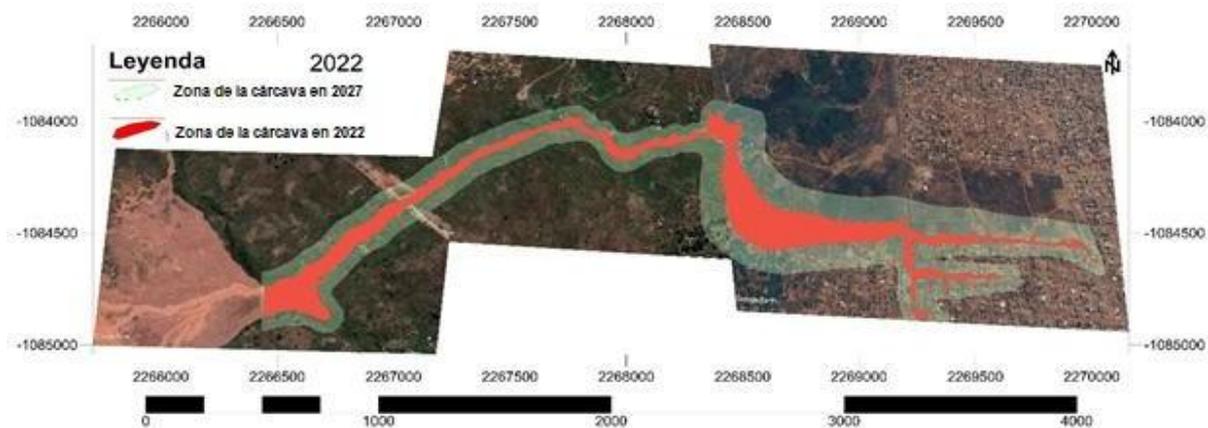


Figura 17. Área de estudio proyectada en 2027.

Al proyectar la cárcava hacia los próximos 5 años, podemos observar como el crecimiento de la misma, para el año 2027 (ver figura 17) podría afectar a gran parte de las viviendas más cercanas a sus inmediaciones. Provocando de esta forma innumerables pérdidas económicas a las familias que habitan en el barrio. También se dañarán algunas zonas utilizadas en la actualidad con fines agrónomos.

## 4. CONCLUSIONES

1. Según la forma de erosión la cárcava fue dividida en tres sectores: en el sector I predomina la erosión lateral; el sector II combina tanto erosión lateral como vertical; mientras el sector III se caracteriza por un predominio de erosión vertical.
2. La erosión anual promedio para el sector I, es de 9.48 m. Para el sector II es de 22.53 m. No fue posible determinar la erosión promedio para el sector III.
3. La proyección de la cárcava Nhama para periodos de 5 y 10 años después del 2022 muestran notables daños a zonas habitacionales y sembrados, así como infraestructuras estatales.

**5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Álvaro Gómez Gutiérrez, Susanne Schnabel, Francisco Lavado Contador. Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la península Ibérica. Boletín de la asociación de Geógrafos Españoles, 2011.
2. Artemi Cerdá. La erosión del suelo y sus tasas en España. Ecosistemas 10(3). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistema.net/index.php/ecosistemas/article/view/268>, 2001.
3. Estela Nadal-Romero, D Reguéz-Muñoz, Carlos Enrique Martí Bono, M P Serrano Muela. Dinámica estacional de los procesos de meteorización en cárcavas de pirineo central. Asociación Española para el estudio del Cuaternario, 2006.
4. Hernan Burbano Orjela. El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Revista de ciencias agrícolas (35), 82-96, 2018.
5. J C González-Hidalgo, M del Luis Arrillaga, J L Peña Monné. Los eventos extremos de precipitación, la variabilidad del clima y la erosión del suelo. Reflexiones entre el cambio del clima en los sistemas mediterráneos. Revista C&G 19 (1-2), 49-62, 2005.
6. M. Bravo-Espinosa, ME. Mendoza, L. Medina-Orozco, T. Sáenz-Reyes. Características y control de las cárcavas. Terra Latinoamerica 28 (3), 281-285, 2010.
7. Maria do Rosário da Silva Franco. Formação de ravinas: significância para a perda de solo por erosão hídrica, 2015.
8. TFC-Avaliação da erosão na região sudoeste da cidade de Saurimo, 2021.
9. Yolanda Canton Castilla. Efectos hidrológicos y morfológicos de la cubierta y propiedades de suelo en paisaje de cárcavas. Universidad de Almería. Tesis de doctorado, 1999.