



*Mapa de vulnerabilidad por inundaciones en el sector el cerrito del cantón
Rocafuerte-Manabí*

*Flood vulnerability map in the El Cerrito sector of the Rocafuerte-Manabí
canton*

*Mapa de vulnerabilidade a inundações no setor El Cerrito do cantão Rocafuerte-
Manabí*

Horacio Antonio Cedeño-Muñoz ^I
horacioantonio_3@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6799-5979>

Alex Geovany Junqui-Cedeño ^{II}
alexjunqui@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9994-579X>

Roddy Eduardo Alava-Ocampo ^{III}
alava-roddy@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9691-5939>

Kevin Fausto Lemache-Calle ^{IV}
lemache-kevin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4768-5177>

Correspondencia: horacioantonio_3@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de octubre de 2022 * **Aceptado:** 28 de noviembre de 2022 * **Publicado:** 09 de diciembre de 2022

- I. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Investigador de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.
- IV. Ingeniero Civil, Investigador de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Resumen

La presente investigación se basa sobre las inundaciones ocasionadas por la época invernal en el sector El Cerrito del Cantón Rocafuerte – Manabí, en 1997 y 1998 (hace 25 y 24 años) presencio inundaciones por pendiente y desbordamiento por consecuencia del Fenómeno del niño, donde se evidencio un alto grado de amenaza a los recintos. Se inició una recolección información y la conceptualización general del tema de las crecientes, los antecedentes históricos para la determinación de las amenazas por inundaciones, las mediciones de campo y el marco conceptual de la amenaza. Partiendo de estos antecedentes se inició el presente estudio, donde se aplicó un modelo de amenaza de inundación que permitirá identificar las zonas y los grados de amenaza a los que se encuentra expuesta la parroquia. Para llevar a cabo el presente proyecto se tuvieron en cuenta varios análisis previos realizados referentes al sector, ya que esta es una de las zonas más propensas a sufrir inundaciones, por la cantidad de tributarios que hay y los caudales de los mismos. El objetivo general de esta investigación es desarrollar un mapa de vulnerabilidad por inundaciones en el sitio El Cerrito del cantón Rocafuerte. Por último, la metodología, la metodología de investigación para este trabajo de tipo descriptivo exploratorio se realizó la zonificación de inundaciones en el sector El Cerito del Cantón Rocafuerte, la cual se obtuvo resultados favorables para dicha investigación.

Palabras clave: Vulnerabilidad; Amenazas; Geomorfología; Inundaciones; Zonificación.

Abstract

The present investigation is based on the floods caused by the winter season in the El Cerrito sector of the Rocafuerte Canton - Manabí, in 1997 and 1998 (25 and 24 years ago) I witnessed slope flooding and overflow as a consequence of the El Niño Phenomenon, where evidenced a high degree of threat to the enclosures. A collection of information and the general conceptualization of the subject of floods, the historical background for the determination of threats due to floods, field measurements and the conceptual framework of the threat began. Based on this background, the present study began, where a flood threat model was applied that will allow the identification of the zones and the degrees of threat to which the parish is exposed. To carry out this project, several previous analyzes carried out regarding the sector were taken into account, since this is one of the areas most prone to flooding, due to the number of tributaries

and their flows. The general objective of this research is to develop a flood vulnerability map at the El Cerrito site in the Rocafuerte canton. Finally, the methodology, the research methodology for this exploratory descriptive work, flood zoning was carried out in the El Cerito sector of the Rocafuerte Canton, which obtained favorable results for said investigation.

Keywords: Vulnerability; threats; Geomorphology; floods; Zoning.

Resumo

A presente investigação baseia-se nas inundações causadas pela temporada de inverno no setor El Cerrito do Cantão Rocafuerte - Manabí, em 1997 e 1998 (25 e 24 anos atrás). , onde foi evidenciado alto grau de ameaça aos recintos. Iniciou-se a recolha de informação e conceptualização geral do tema das cheias, o enquadramento histórico para a determinação das ameaças de cheias, as medições de campo e o enquadramento conceptual da ameaça. Com base neste enquadramento, iniciou-se o presente estudo, onde foi aplicado um modelo de ameaça de inundação que permitirá identificar as zonas e os graus de ameaça a que a freguesia se encontra exposta. Para a realização deste projeto foram tidas em conta várias análises anteriores realizadas ao nível do setor, uma vez que esta é uma das zonas mais propensas a inundações, devido ao número de afluentes e respetivas caudais. O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver um mapa de vulnerabilidade a inundações no sítio El Cerrito no cantão de Rocafuerte. Finalmente, a metodologia, a metodologia de pesquisa para este trabalho descritivo exploratório, o zoneamento de inundação foi realizado no setor El Cerito do cantão de Rocafuerte, que obteve resultados favoráveis para a referida investigação.

Palavras-chave: Vulnerabilidade; ameaças; Geomorfologia; inundações; Zoneamento.

Introducción

En la actualidad se evidencian factores que alteran y afectan directamente al planeta tierra y al comportamiento de los cambios climáticos. Una de las problemáticas más evidenciadas en nuestro país son las amenazas por inundación, debido al fenómeno de la Niño, el cual incrementa las precipitaciones en diferentes zonas y auspicia el desbordamiento de ríos o algún cuerpo de agua expuesto, que pueda ocasionar catástrofes en las poblaciones colindantes a los mismos.

De lo anteriormente descrito parte la preocupación por hacer buen uso de las bases de datos y saber cómo interpretar cada una de ellas, con el fin de dar soluciones a las problemáticas que son ocasionadas por diferentes amenazas es primordial enunciar al sector El Cerrito es un área afectada por eventos adversos de origen natural y la incidencia de la acción del hombre.

También será de gran importancia tomar como base datos estadísticos, meteorológicos e históricos del cantón que constantemente ha sufrido inundaciones desde muchos años atrás en las diferentes temporadas invernales siendo vulnerable el sector de El Cerrito. En cuanto a la hidrografía del cantón Rocafuerte; ésta se encuentra representada por los ríos Portoviejo, Chico, Bachillero y los esteros Ojo de Agua y La Papaya.

La presente memoria realiza un estudio para determinar las áreas de riesgos de inundación en el sector El Cerrito del cantón Rocafuerte, para reducir o mitigar los daños ocasionados en las áreas afectadas por dicho evento natural.

Actualmente en Ecuador y en otros países del mundo se están evidenciando alteraciones en los cambios climáticos, existe un importante vacío en el desarrollo de herramientas para el manejo de los riesgos por eventos naturales en el territorio por parte de las autoridades competentes, lo cual posiblemente podría explicar, en parte, el aumento de la frecuencia de desastres de diferente índole. Es evidente que cada vez más existe preocupación por parte de diferentes administraciones y organismos, públicos y privados, en materia de riesgos naturales. (Ayala, 2009).

Manabí se localiza expuesta cíclicamente al Fenómeno El Niño y a fenómenos sísmicos de alta violencia; por lo tanto, se debe aceptarlos y prevenirlos. Cuando los asentamientos humanos no toman en cuenta las circunstancias geográficas e históricas del sitio, los eventos naturales se convierten en desastres.

Para los últimos años se ha dado declaración de alertas naranjas y rojas en la provincia de Manabí, debido a las intensas lluvias registradas en el país que superaron los niveles promedio, esto ha generado afectaciones producidas por inundaciones y deslizamientos (Riesgos, Secretaría Nacional de, 2019).

Desde siempre las amenazas por inundación han estado presentes en zonas del país que geográficamente son propensas a dichos fenómenos. La cual se evidencia un aumento potencial en el riesgo de amenazas por inundación en las llamadas zonas vulnerables, debido al crecimiento demográfico desmedido de sociedades que no aseguran la prevención ambiental y la equidad

social, sino que potencian la ocurrencia de desastres y dejan amplios sectores con baja capacidad de respuesta ante eventos catastróficos.

En la actualidad se dispone de diferentes metodologías para establecer y clasificar la amenaza por inundaciones provocadas por el desbordamiento de ríos. Los estudios hidrológicos e hidráulicos, soportados en herramientas hidroinformáticas, permiten determinar la extensión de las inundaciones y las características de los flujos en las áreas afectadas.

La población que habita en Rocafuerte al 2010 presentaba una población cantonal de 33.469 habitantes. El 27,5% de sus habitantes reside en el área urbana, mientras el 72,5% en el área rural, repartidos en 54 comunidades. No posee ninguna parroquia rural. La densidad poblacional del cantón es de 89 hab /km².

Con la implementación de este proyecto de investigación se aporta al desarrollo de una metodología para el estudio de la amenaza por inundación que se encuentran expuestos los habitantes del sector El Cerrito y sus propiedades, lo que generaría menos demandas a los diferentes organismos del Estado, por los daños generados en posibles pérdidas humanas y daños en sus propiedades.

Por medio de este trabajo, la identificación de zonas inundables en el sitio El Cerrito, permitirá elaborar un mapa de crecidas en los sectores vulnerables. Lo que permite afirmar que el objetivo general de esta investigación es desarrollar un mapa de vulnerabilidad por inundaciones en el sitio El Cerrito del cantón Rocafuerte.

Materiales y métodos

Para comprender la magnitud del trabajo, es menester repasar algunos conceptos claves para esta investigación. Los cuales no tendrán un orden de importancia, sino una recopilación que permita ir comprendo este tema.

Para ello se comenzará con la Amenaza, que es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencial desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. La amenaza, es un fenómeno de origen natural o humano que se produzca en un determinado tiempo y región que no esté adaptada para afrontarlo sin traumatismos (Ulloa, 2011). La amenaza natural puede considerarse según su origen en dos grupos: geológica e hidrometeorológica.

Amenaza Geológica: Pueden ser ocurridas por procesos endógenos, exógeno o combinación de ambos, se dan porque el planeta está formado por muchos procesos geológicos diferentes. Incluye

a fenómenos como los sismos y los terremotos, las erupciones volcánicas, entre otros (Barrionuevo, C. A., Ayuso, B. A., Becerra, N. A., & Baldovino, Á. A., 2014)

Amenaza Hidrometeoro-lógicos o Climática: Es el producto directo de las condiciones climático-atmosféricas, incluye a los huracanes, tormentas tropicales, tornados, granizadas, inundaciones, desbordamientos de cauces, entre otras (Barrionuevo, C. A., Ayuso, B. A., Becerra, N. A., & Baldovino, Á. A., 2014).

También están la amenaza antrópica, que son eventos generados por la acción humana sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua y tierra), que pone en peligro la integridad física y/o la calidad de vida de las comunidades cuando entran en complicidad con los factores de vulnerabilidad. (Ayala, 2009)

Ahora bien, un fenómeno natural puede caracterizarse como amenaza en relación con tres variables que permiten identificarlo como peligroso que consiste en lo siguiente:

Ubicación.- La información generada por registros bibliográficos e históricos con su diferente ambiente físico – natural, tales como: Terrenos, topografía, drenaje, pistas sobre fenómenos anteriores y fuentes de amenazas.

Severidad.- Se pudo determinar la severidad de la zona estudios por registros naturales y documentales, para lo cual su extensión y tipo de los efectos visibles o por comparación de las regiones.

Recurrencia.- Se sujeta a variedad de limitaciones; teniendo con gran frecuencia los fenómenos ocurren en lapsos de tiempo promedio logrando abarcar desde varias generaciones hasta miles de años. (Martínez, 2011)

Otro factor importante es la vulnerabilidad, la cual es la cualidad de vulnerable frente a un presente de un fenómeno amenazante, o la imposibilidad para restaurarse después de que ha ocurrido un desastre, por ejemplo, las personas que viven en la planicie son más vulnerables ante las inundaciones que los que viven en lugares más altos, Según (Martínez, 2011), la vulnerabilidad está determinada por diferentes factores definido así:

Factores ambientales.- Aquellos que se relacionan con la manera como unas comunidades explotan los elementos de su entorno.

Factores físicos.- Ubicación física de los asentamientos, calidades y condiciones técnicas-materiales de ocupación o aprovechamiento del ambiente y sus recursos.

Factores económicos.- Se refieren tanto a la ausencia de recursos económicos de los miembros de una comunidad, como a la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo.

Factores sociales.- Conjunto de relaciones, comportamientos, creencias, formas de organización (institucional y comunitaria) y maneras de actuar de las personas y las comunidades que las colocan en condiciones de mayor o menor exposición (Martínez, 2011).

De la misma manera está el riesgo. Que remite a la probabilidad de una comunidad a sufrir daños sociales, ambientales y económicos, en un determinado tiempo, en función de la amenaza y la vulnerabilidad. Una buena gestión riesgo permite minimizar aquellos potenciales que causan unos daños, actuando oportunamente antes, durante y después de un desastre. (Ulloa, F., 2011).

Para el anterior factor existe la Gestión de Riesgo, que es el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad, con el fin de mitigar los riesgos existentes. La gestión del riesgo tiene como objetivo particular plantear, analizar y establecer los diferentes tipos de intervención, dándole un papel principal a la prevención y mitigación sin abandonar la preparación para la respuesta en caso de desastre, la cual se vincula al desarrollo de las políticas preventivas que en el largo plazo conduzcan a disminuir de manera significativa las necesidades de intervenir sobre los desastres ya ocurridos. Una política de gestión de riesgos no sólo se refiere a la acción de las entidades del Estado, sino, por su propósito, a la articulación de las diversas fuerzas sociales, políticas, institucionales, públicas y privadas. (Cardona, 2019)

Al respecto, las inundaciones se deben catalogar como eventos naturales y recurrentes en los ríos la cual se presenta como consecuencia de lluvias fuertes o continuas que superan la capacidad de transporte de los ríos y la capacidad de absorción del suelo, debido a esto el nivel del agua supera el nivel de banca llena y se produce la inundación de las tierras adyacentes. Algunas de las clasificaciones que se tiene para las inundaciones se describen a continuación (Ulloa, F., 2011).

Inundaciones por precipitaciones in situ, que son las que se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo (Peñaherrera, 2014).

También están las inundaciones por desbordamientos de los ríos, causadas por los desbordamientos de los ríos y los arroyos, lo cual se atribuye, en primera instancia, a un excedente de agua, al igual que la sequía se atribuye al efecto contrario, es decir, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada, un mayor aumento del volumen es la causa de la inundación (Aparicio, 2003).

Ahora bien, para las alertas sobre estas emergencias está la información sobre Hidrología de Eventos Históricos, las cuales son generadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que determina los eventos históricos ocurridos en cantón Rocafuerte.

En cuanto a la hidrografía del cantón Rocafuerte; ésta se encuentra representada por los ríos Portoviejo, Chico, Bachillero y los esteros Ojo de Agua y La Papaya. (MAGAP, 2012)

En los eventos históricos reflejo un alto porcentaje de amenaza en los años de 1997 y 1998 por el Fenómeno del niño, aunque la llegada de la época invernal cada año afecta directamente a toda la zona baja del cantón provocando inundaciones.

Para estos eventos catastróficos, se cuentan con metodologías utilizadas para la determinación de los niveles de Amenaza por inundaciones desarrolladas a partir de los criterios para clasificar dichas amenazas para la elaboración de los mapas de amenaza por inundación. Estas metodologías generalmente se basan en la determinación de valores límites para la profundidad del agua, la velocidad del flujo o una combinación de estos dos parámetros. Además, tienen en cuenta la frecuencia de los eventos en términos de los periodos de retorno. Sin embargo, las metodologías difieren entre sí en los requerimientos de información y los criterios establecidos para la zonificación de la amenaza, en los que principalmente se varían los rangos de amenaza debido a la diferencia entre valores límites adoptados (Univalle, 2010).

Entre estas, se presentan algunas metodologías que han sido desarrolladas:

Metodología establecida por la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones de España, 1995:

Propuesta en España (1995), considera las características de vulnerabilidad de la población y de los elementos (edificios, instalaciones, infraestructuras y elementos naturales o ambientales), su ubicación y las características hidráulicas de la creciente que genera el desbordamiento (profundidad del agua, velocidad del flujo, caudal sólido transportado y duración de la inundación). En esta metodología las zonas potencialmente inundables, de acuerdo con la

amenaza de inundación se clasifican en: Zonas A de alto riesgo, Zonas B de riesgo significativo, Zonas C de riesgo bajo.

Metodología adoptada por la Agencia Catalana del Agua, 2003:

Se presenta en la guía “Recomendaciones Técnicas para los Estudios de Inundabilidad Locales” (Agencia Catalana de Agua, 2003) y propone la siguiente clasificación de las zonas potencialmente inundables: Zonas de Inundación Alta, Zonas de Inundación Media y Zonas de inundación baja.

Metodología planteada por el Plan de Acción Territorial de Carácter Sectorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana, PATRICOVA, 2002:

Donde se define 6 niveles de amenaza de acuerdo con la frecuencia de ocurrencia del evento que genera el desbordamiento y la profundidad que alcanza la columna de agua en la llanura de inundación. Para la definición de los niveles de amenaza deben considerarse tres frecuencias de ocurrencia de crecientes: Frecuencia Alta, Frecuencia Media y Frecuencia Baja, y dos profundidades de la columna de agua en la planicie: Profundidades Altas y Profundidades Bajas.

Metodología aplicada en el cono aluvial del cauce Jones Creek y propuesta por Kerr Word Leital Associates Limited para el Departamento de Obras Públicas del Condado de Whatcom (Estados Unidos, 2004).

La metodología empleada en el proyecto MIDAS para la Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales, del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, el Cairo y la Unión fue la propuesta por (Rodríguez, J.J. y O'Brien, J.S., 2001)

Metodología propuesta por R. García, J.J. Rodríguez Y J.S. O'Brien (2001)

La metodología desarrollada por García et al. (2003-2005), que se propuso por primera vez en el proyecto PREVENE (2001), en el cual la metodología se aplicó a dos abanicos aluviales en Caracas, Venezuela, y luego se adaptó y aplicó a otro abanico aluvial urbanizado para la delimitación de mapas de amenaza. Esta metodología se basa en normas de Suiza y Austria que establecen tres zonas para la delineación del nivel de amenaza por inundaciones: alta, media y baja.

El nivel de amenaza en un lugar determinado está en función tanto de la intensidad como de la probabilidad de la inundación. La intensidad de la inundación está definida por la profundidad y el producto de profundidad por la velocidad del flujo. La probabilidad es inversamente

proporcional a la magnitud de la inundación. Por eso, los grandes eventos ocurren con menor frecuencia pero poseen alta intensidad relativa a la profundidad y a la velocidad del flujo, mientras que los eventos pequeños son más frecuentes pero menos dañinos. El nivel de la amenaza se define, entonces, como una función discreta que combina la intensidad (magnitud del evento) y el periodo de retorno (frecuencia), un mapa de amenaza se basa en tres colores para definir el nivel de amenaza: nivel alto (rojo), nivel medio (naranja) y nivel bajo (Amarillo). (Rodríguez, J.J. y O'Brien, J.S., 2001)

Por último, la metodología, la metodología de investigación para este trabajo de tipo descriptivo exploratorio se realizó la zonificación de inundaciones en el sector El Cerito del Cantón Rocafuerte, la cual se obtuvo resultados favorables para dicha investigación.

Análisis y discusión de resultados

Características de la zona de estudio

Dentro de las características de la zona de estudio se puede decir que el cantón Rocafuerte está situado en la parte occidental del territorio ecuatoriano, zona centro norte de la Provincia de Manabí, en la Micro Región Central o Metropolitana, Zona 4 según la planificación nacional y forma parte junto con el cantón Tosagua el Distrito 13D12. No tiene parroquias rurales, cuenta con la cabecera cantonal que se la denomina zona urbana y la zona rural se encuentra distribuida en 54 comunidades repartidas en 2 zonas, alta y baja. Tiene una Población: 37.127 habitantes según la Proyección INEC 2019. (GAD Rocafuerte, 2019)

Sus límites son al Norte con los cantones Sucre y Tosagua, al Sur con el Cantón Portoviejo, al Este con el cantón Junín y al Oeste con el Cantón Portoviejo, todos ellos pertenecientes a la provincia de Manabí. Cuenta con una sola parroquia cuya cabecera cantonal lleva su mismo nombre. (GAD Rocafuerte, 2019)

El cantón Rocafuerte se encuentra en el interior de la cuenca de Manabí, al noroccidente del cantón se encuentra el límite etiológico entre el miembro Villigota hacia el norte y el miembro dos bocas hacia el sur, conformando la mayor parte del cantón. Una gran porción del cantón es representada por el medio aluvial con la presencia de terraza, producto de la erosión y de depósitos del río Portoviejo y tributarios con una tendencia NW-SE, se encuentra rodeado en esta área por el miembro dos bocas excepto en los extremos con la dirección NW y SE lugares donde se presenta el miembro Villigota y sus respectivos contactos y una mínima parte ubicada al

extremo suroriental del cantón, está presente la formación Borbón. Ver fig.1. (GAD Rocafuerte, 2019)

La principal cuenca hidrográfica es la del río Portoviejo que pasa por Rocafuerte y que se une con el río Chico antes de desembocar en el Océano Pacífico (a la altura del sector de 2 Bocas en la comunidad Sosote). En el extremo Norte del cantón aparecen otros sistemas fluviales temporales como la microcuenca de ojo de Agua, estero Danzarín, Guarango, mientras que el Suroeste lo hace la cuenca del río Jaramijo. (GAD Rocafuerte, 2019)

Ahora bien, para el desarrollo del presente trabajo se realizó la búsqueda de información que ayude a modelar el área de interés, para lo cual se necesitó:

Información cartográfica topográfica de libre acceso a través del portal IGM,

Imágenes satelitales a través del servidor del Global Mapper, IEE y SRTM.

Imágenes georreferenciadas a través del programa SAS.Planet.

Dentro de la adquisición de las imágenes satelitales del área de estudio, para realizar el DEM (Modelo Digital de Elevación), se utilizó el satélite SRTM, a 1" de arco que es equivalente a 38.76m por pixel y se contrasta con la base cartográfica del IGM de Rocafuerte.

Para la realización de este estudio fue necesaria la recopilación de antecedentes sobre inundaciones en el cantón Rocafuerte. En la investigación bibliográfica se obtuvo eventos históricos sobre inundaciones, en el año 1997 y 1998 por el Fenómeno del niño la cual tuvo un alto grado de amenaza en el sector, por lo que se recurrió a la aplicación del método de observación participante, en el cual colaboraron personas que habitan en el sector El Cerrito.

La información de campo fue generada a partir de las visitas correspondientes en la zona del estudio, mediante la determinación in situ de las zonas de inundación. Por otro lado, la información bibliográfica que se reunió en el trabajo de gabinete permitió la generación de mapas sobre las zonas propensas a inundación, las visitas de campo a estas zonas nos permite corroborar si la información generada en oficina coinciden en condiciones físicas y/o geomorfológicas del lugar que se encuentran propensas a estos eventos.

Por su parte, para poder observar la mayor afectación de la zona en el área de estudio, debido a la falta de información de imágenes satelitales de eventos históricos específicos del sector, se procedió a la captura fotográfica del territorio usando un UAV (Drone), con el cual durante un periodo de vuelo establecido se pudo disponer de imágenes de alta calidad así como videos que nos ayudan a deducir el territorio del sector "Las Jaguas".

Para una mejor visualización de la zona con mayor afectación en el área de estudio y debido a la falta de información de imágenes satelitales de eventos históricos específicos del sector, se procedió a la captura fotográfica del territorio usando un UAV (Drone), con el cual durante un periodo de vuelo se pudo disponer de imágenes de alta calidad así como videos que nos ayudan a interpretar el sector El Cerrito.

De igual manera. Para medir el comportamiento sobre las amenazas a inundaciones del sector que se encuentran expuestos a este evento, se aplicaron métodos de investigación social cualitativa (entrevistas y observador participante) para constatar las inundaciones que en el mapa de campo fueron identificados, y tener información sobre la frecuencia a la que se exponen los sectores en las inundaciones, mientras que las entrevistas fueron dirigidas a 7 personas seleccionadas del sector.

A partir de la información obtenida a través del P.D O.T. Del Cantón Rocafuerte y las visitas a las zonas, se corroboró que el uso de suelo es agrícola, ganadería y se desarrollan actividades turísticas en la zona.

De igual forma en la investigación se pudo determinar los principales cauces en la zona de estudio, que debido a su ubicación geográfica el sector rural El Cerrito se encuentra dentro del sistema hidrográfico denominado la Cuenca Baja del Río Portoviejo que cubre la totalidad del área del suelo parroquial.

Al respecto, la cuenca del Río Portoviejo está localizada en la provincia de Manabí. Comprende los cantones Portoviejo (45%), Santa Ana (27%), Rocafuerte (11%), 24 de Mayo y Jipijapa (17%) y en menor área en los cantones Pichincha y Junín, Aguirre y Chávez (2009) y ocupa una extensión de más de 2.100 km² (Thielen et al., 2016, p.37). La cuenca limita al norte con la cuenca del río Chone, al sur con las cuencas del río Jipijapa, Bravo y Manta; al este con la demarcación hidrográfica del Guayas y al oeste con el océano Pacífico y las cuencas del río Jaramijó y Pajonal (Moreira, 2015, p.16). Geo astronómicamente, se localiza entre las coordenadas: 1° 04' de latitud sur y 80° 26' longitud oeste. Además, “la cuenca está formada por la subcuenca del río Portoviejo que tiene trece microcuencas, la subcuenca de río Chico formada por siete microcuencas y la subcuenca del río Bachillero constituida por tres microcuencas” (Gobierno Provincial de Manabí, 2014)

Ahora bien, para poder identificar las probabilidades de ocurrencia de un evento independiente, es necesario aplicar un modelo matemático, entendiéndose que probabilidad: “es una medida de

la creencia de que un evento futuro pueda ocurrir". (Dennis Wackerly, William Mendenhall & Richard Scheaffer, 2010)

De igual forma, en la investigación se identificaron cinco variables independientes que son: Hidrología, Geomorfología, Litología, Uso de Suelo y Red hídrica, estas derivan parámetros que tienen como objeto identificar el aporte de la probabilidad de ocurrencia de la amenaza modelada, se ponderó el peso de cada variable dentro del modelo matemático:

Hidrología. Se enfoca en el estudio del ciclo del agua y los procesos involucrados en el mismo, para este caso, de la gama de aspectos de la hidrología se considerarán los siguientes:

- a. Pluviosidad. - definido como el aspecto que determina la cantidad de precipitación en un punto geográfico y un tiempo determinado.
- b. Valores anómicos. - este aspecto permitirá determinar el comportamiento de la precipitación mediante métodos estadísticos.
- c. Intensidad. - es el grado fuerza con el que se manifiesta un fenómeno, en este caso la precipitación. (Alonso Aguilo, Magua Aramburu, M. P., & Blanco Andray, 2004).

Geomorfología. Estudia la estructura del suelo, e identifica los tipos geomorfológicos y tipos fisiográficos. (Alonso Aguilo, Magua Aramburu, M. P., & Blanco Andray, 2004):

- a. Planicies. - son relieves bajos, o de mínima altitud cercanos al nivel del mar, y con determinados ecosistemas y predominación de vegetación.
- b. Cuencas hidrográficas. - Es una unidad de drenaje natural, donde confluyen los ríos con sus afluentes, fluyendo hacia a un mismo cuerpo de agua.
- c. Pendiente. - Es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal.

Litología. Es una parte de la geología que comprende el estudio de las características físicas y químicas de la roca, es fundamental para la comprensión de los relieves. (FAO, 2015)

- a. Caracterización del suelo. - Interpreta las propiedades del suelo como: la textura, estructura (floculada, granulada o dispersas), lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua.

Uso suelo. Se refiere a la gestión y modificación del medio ambiente natural para los distintos usos del terreno, que pueden ser agrícola o urbanísticos. (Leopoldo Galicia, Arturo García Romero, Leticia Gómez-Mendoza y M. Isabel Ramírez, 2007)

- a. Cambio en el uso. - Las modificaciones de la estructura inicial de un área geográfica que se originan por necesidades humanas, como el uso agrícola, agropecuarias y principalmente por el crecimiento urbanístico.

Red hídrica. Formación de canales que facilita el drenaje del agua y su aprovechado. (Leopoldo Galicia, Arturo García Romero, Leticia Gómez-Mendoza y M. Isabel Ramírez, 2007)

- a. Desbordamiento. - Son saturación de un río, originado por las combinaciones de los efectos naturales como: precipitaciones, estaciones lunares, desviaciones de cauces de los ríos.

Para desarrollar esta valoración se diseñó una Matriz de Valoración cuantitativa de las amenaza ante inundaciones de ponderación de los factores: frecuencia, intensidad y territorio afectado, fundamentada en la valoración descrita en la Guía Metodológica para la Elaboración de Planes Departamentales para la Gestión del Riesgo de la República de Colombia (UNGRD, 2012) con una adaptación de la Guía para el Análisis de Gestión del Riesgo en Proyectos de Inversión Pública de Guatemala (SEGEPLAN, 2013).

Ya con esta información recopilada se procedió a la aplicar el modelo propuesto, los parámetros que fueron utilizados para la determinación de las áreas o zonas donde se les asignaran valores para la generación de los mapas raster, serán reflejadas zonas de menor y mayor afectación a las amenazas por inundaciones.

Las probabilidades de eventos de inundación en la zona, se base a las áreas de acumulación de flujo en el sitio, donde se logra demostrar que es una zona de categoría 4 en un 60%, categoría 3 en un 30% y categoría 2 en una 10% en los grados de amenaza, por lo cual es un área con una Alta probabilidad de inundaciones.

Basándonos en los resultados de los mapas finales de cada parámetro que fueron generados, las zonas con probabilidades a amenazas a inundaciones y por desbordamiento de río y canales, son de un 90 % del sector El Cerrito obtuvo una categoría entre 3 y 4 que refleja una probabilidad a una amenaza por inundación Muy Alto.

En consecuencia, se propone el Modelo Topográfico de la zona, que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones relativas de los puntos sobre la superficie de la tierra y debajo de la misma, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección.

Se utilizó el ARCMAP junto con un Dem de la extensión georreferenciada del Cantón Rocafuerte, la cual generó una topografía del sector El Cerrito. Junto con la topografía del sitio se reconfirmó con el Dem proporcionado por el GAD-Rocafuerte y un levantamiento topográfico en sitio, con el cual se generó un mapa de elevaciones que permite caracterizar las formas del relieve.

De la misma manera se utilizó la dirección de flujo de la zona que es una herramienta que toma una superficie como entrada y proporciona como salida un Ráster que muestra la dirección del flujo que sale de cada celda. Si se elige la opción Ráster de eliminación de salida, se creará un Ráster de salida con un radio del cambio máximo de elevación desde cada celda a lo largo de la dirección de flujo hasta la longitud de la ruta entre los centros de las celdas y se expresa en porcentajes. Si se elige la opción Forzar todas las celdas de eje para que se desplacen hacia fuera, todas las celdas en el eje del Ráster de superficie se desplazan hacia fuera desde el ráster de superficie.

Conclusiones

En base al trabajo realizado contribuye a visibilizar el problema de las inundaciones, el cual no se ha incluido en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial y que tiene un fuerte impacto sobre la calidad de vida de las personas y bienes y, en general, del progreso del Sector El Cerrito. A partir de las inundaciones generadas en los años 1997 y 1998, se ha empezado a darle más importancia a este fenómeno por los impactos ocasionados sobre los bienes y en el riesgo por pérdida de vidas humanas.

Al comparar los mapas generados se tiene como resultado que la combinación de diferentes parámetros y/o variables que dan un producto final apegado mucho más a la realidad del sector dando un grado considerable alto de exactitud en relación a los mapas con parámetros dispersos.

La combinación entre ArcMap y el Dem de la extensión georreferenciada del Cantón Rocafuerte, generó un mapa topográfico y de elevaciones de una alta calidad que nos da un reflejo exacto del relieve que existe en el sector.

En la realización de los mapas temáticos como factores suelo, pendiente y la precipitación, permitió visualizar índices de susceptibilidad a inundaciones en la zona investigada, dando como resultado el mapa de vulnerabilidad de inundaciones que con las diferentes variables y

parámetros se determinó que el 90% del sector El Cerrito reflejo una probabilidad de amenaza de inundación muy alta.

Referencias

1. Alonso Aguilo, Magua Aramburu, M. P., & Blanco Andray. (2004). Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. En Guía de Elaboración de estudio del medio Físico. España.
2. Aparicio. (2003). Iaem. Obtenido de Lluvias e inundaciones: <http://www.iaem.es/GuiasRiesgos/Lluviaseinundaciones.pdf>
3. Ayala. (2009). Metodología para determinar riesgos de inundación debido al desbordamiento de un cause aluvial. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
4. Barrionuevo, C. A., Ayuso, B. A., Becerra, N. A., & Baldovino, Á. A. (2014). Los movimientos de la tierra. En Estructura en ciencias.
5. Cardona. (2019). Comunidad Andina. (PREDECAN, Ed.) Obtenido de La gestión financiera del riesgo de desastres, instrumentos financieros de retención y transferencia para la Comunidad Andina.
6. Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Ecuador. Obtenido de https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_d_e_bolsillo.pdf
7. Dennis Wackerly, William Mendenhall & Richard Scheaffer. (2010). Estadística Matemáticas con Aplicaciones. Mexico: Cengage Learning.
8. FAO. (2015). Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) – Resumen Técnico. Roma, Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
9. GAD Rocafuerte. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PDOT. Ecuador - Rocafuerte.
10. GAD-ROCAFUERTE. (2014). PDyOT. MANABI-ROCAFUERTE.
11. Gobierno Provincial de Manabí. (2014). Documento técnico de análisis de prioridades de conservación de la cuenca del río Portoviejo. .
12. Leopoldo Galicia, Arturo García Romero, Leticia Gómez-Mendoza y M. Isabel Ramírez. (2007). Cambio de uso de Suelo y Degradación Ambiental. Mexico.

- Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/283353151_Cambio_de_uso_del_suelo_y_de_gradacion_ambiental
13. MAGAP. (2012). MEMORIA TÉCNICA. GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN. Ecuador. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA4/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/MANABI/ROCAFUERTE/IEE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_rocafuerte_clima_e_hidrologia.pdf
 14. Martínez, K. (Enero de 2011). Administración de desastres. Obtenido de Tipos de vulnerabilidad: Martínez, K. (19 de enero de 2011). Administración <http://katiuskagestionderiesgo.blogspot.com/2011/01/tipos-de-vulnerabilidad.html>
 15. Peñaherrera. (09 de Enero de 2014). Diario el telegrafo. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/opinion/2014/01/09/nota/2002126/acerca-caudal-importante-rio-pula>
 16. Riesgos, Secretaria Nacional de. (2019). Secretaria Nacional de Riesgos Ecuador(SGR). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-confirma-la-presencia-del-fenomeno-del-nino-en-ecuador/>
 17. Rodríguez, J.J. y O'Brien, J.S. (2001). Metodología para delimitación de mapas propuesta por R. García.
 18. SEGEPLAN. (2013). ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO EN PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA. Guatemala. Obtenido de [http://snip.segeplan.gob.gt/sche\\$sinip/documentos/An%C3%A1lisis_de_Riesgo_en_Proyectos_de_Inversi%C3%B3n_P%C3%BAblica.pdf](http://snip.segeplan.gob.gt/sche$sinip/documentos/An%C3%A1lisis_de_Riesgo_en_Proyectos_de_Inversi%C3%B3n_P%C3%BAblica.pdf)
 19. Ulloa, F. (2011). Manual de gestion de riesgos de desastre para comunicadores sociales. . Lima.
 20. Ulloa, F. (2011). Manual de Gestión y desastre para comunidades sociales. Lima.
 21. UNGRD. (2012). Guía Metodológica para la elaboración de Planes Departamentales para la Gestión de Riesgo. Colombia. Obtenido de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20871/Guia_elaboracion_plan_departamental_gestion_del_riesgo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

22. Univalle. (2010). Proyecto Midas. Zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales, del área urbana y de expansión de los municipios Buga, agua, el Cairo y la Unión. Cali, Colombia.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).