

Propuesta de medidas preventivas ante inundaciones. Caso Barrio Reina del Cisne de Cariamanga, Provincia de Loja

Proposal of flood prevention measures. Case study: Reina del Cisne neighborhood, Cariamanga, Loja Province

Jessica Maza¹, Maritza Ochoa^{1,*}, Hernán Castillo¹ y Jimmy Paladines¹

¹ Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

* Autor para correspondencia: maritza.ochoa@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 05/04/2023

Fecha de aceptación del manuscrito: 31/05/2023

Fecha de publicación: 30/06/2023

Resumen—Las inundaciones son los fenómenos naturales más peligrosos debido a su recurrencia, y a los efectos dejados en los sectores sociales y económicos, lo que genera un retraso en el desarrollo de una comunidad o de una nación. La presente investigación realiza la propuesta de dos medidas preventivas ante inundaciones, la primera enfocada en fortalecer la resiliencia de la población, mediante el diseño y socialización de un plan comunitario de gestión de riesgos; y la segunda enfocada a la implementación de una estación hidrométrica, con el fin de realizar el monitoreo a la quebrada Totoras y prevenir de manera oportuna a la población expuesta sobre las posibles inundaciones generadas por un aumento de caudal y desbordamiento de la quebrada. Para proponer la ubicación de la estación hidrométrica fue necesario realizar la zonificación de amenazas por inundaciones de la microcuenca las Totoras, mediante un análisis multicriterio empleado el modelo jerárquico de Saaty; e identificar los elementos expuestos, para determinar el lugar idóneo de su ubicación.

Palabras clave—Inundaciones, Prevención, Amenaza, Elementos expuestos.

Abstract—Floods are the most dangerous natural phenomena due to their recurrence and the effects they have on social and economic sectors, which result in a setback for the development of a community or a nation. This research proposes two flood prevention measures. The first focuses on strengthening the population's resilience by designing and disseminating a community risk management plan. The second measure aims to implement a hydrometric station to monitor Totoras creek and provide timely warnings to the exposed population about possible floods caused by an increase in water flow and creek overflow. To propose the location of the hydrometric station, it was necessary to carry out flood hazard zoning of the Totoras micro-watershed using a multicriteria analysis based on the Saaty hierarchical model. Additionally, elements exposed to flooding were identified to determine the ideal location for the station.

Keywords—Floods, Prevention, Hazard, Exposed Elements.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que debido a sus particularidades geográficas, climáticas, factores geológicos y tectónicos, presentan regularmente fenómenos catastróficos de origen hidrometeorológico (inundaciones), geológico, entre otros. (Toulkeridis, 2015). En el país la respuesta del Estado ante los desastres producidos por fenómenos naturales, en las últimas décadas ha sido de carácter reactivo, focalizando en la atención post-evento en situaciones de emergencia o desastre, centrado en las labores de rehabilitación y reconstrucción de viviendas e infraestructura afectada por fenómenos naturales.

De las diferentes amenazas que afectan el territorio ecuatoriano, las inundaciones son las que han generado mayores desastres, cuyo origen puede estar asociado al Fenómeno del Niño, o a las altas precipitaciones durante períodos prolon-

gados de tiempo, lo que ocasiona aumento del caudal y por ende el desbordamiento de quebradas y ríos durante la temporada invernal. De igual forma, se debe considerar que las lluvias desencadenan otro tipo de eventos peligrosos como: deslizamientos, flujos, aluviones, entre otros; y quienes resultan más afectados son las personas o comunidades que viven cerca de cuerpos de agua o en zonas de inundación.

De acuerdo con los datos históricos tomados del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) entre los años 2017 al 2019, el cantón Calvas se ha visto afectado por dos tipos de amenaza de carácter natural como son las inundaciones y el déficit hídrico/sequía; para el caso de las inundaciones, el riesgo es considerado alto, en base a los daños y pérdidas, tanto sociales como económicas de eventos históricos de inundaciones, han sido de una considerable magnitud, sin dejar de lado los riesgos residuales que influyen directamente sobre la comunidad y los territorios produc-

tivos de la zona, que han afectado al desarrollo y la economía de los pobladores.

En la parroquia Cariamanga del cantón Calvas, las inundaciones dejaron graves escenarios de daños y pérdidas, como el producido el 26 de marzo del 2017, tras dos horas de intensas precipitaciones, ocasionó la crecida y desbordamiento de la quebrada “Las Totoras”, lo que provocó la evacuación de alrededor de 90 personas de sus viviendas hacia hogares de refugio, pérdidas económicas y daños a la infraestructura urbana de las calles 24 de mayo y en los barrios “Reina del Cisne” y “La Fragua”. Así mismo, otros eventos importantes se desarrollaron el 4 de octubre del 2018, lo que conllevó que alrededor de cuatro familias fueran damnificadas y se presentaron daños en infraestructuras; así como el evento producido el 3 de marzo del 2019, en donde las inundaciones provocadas por las fuertes precipitaciones inhabilitaron el sistema de alcantarillado en varias zonas, entre los cuales se encuentra el barrio “Reina del Cisne”.

En cuanto al desarrollo e implementación de medidas preventivas ante inundaciones es importante mencionar que, la prevención dentro del contexto de la Gestión de Riesgos se analiza con enfoque prospectivo, como lo cita el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012), implica abordar medidas y acciones de prevención en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo. Es por ello que, generar propuestas de prevención es crucial para abordar situaciones de riesgo ocasionadas por las inundaciones; estas propuestas no solo promueven la conciencia social sobre las amenazas locales, sino también evitan el desarrollo de actividades productivas en zonas vulnerables.

Para fortalecer y desarrollar comunidades preparadas, conscientes y resilientes en cuanto a la gestión de riesgos asociados a las inundaciones por lluvias torrenciales, resulta fundamental elaborar propuestas de prevención, las cuales deben tener un enfoque tanto prospectivo como correctivo, con el objetivo de garantizar una respuesta adecuada ante estos eventos, a través de la zonificación de las áreas amenazadas por inundaciones, la identificación de los elementos expuestos y la elaboración de medidas preventivas específicas; y de esta manera, tratar de minimizar tanto las pérdidas económicas y humanas ocasionadas por inundaciones y contribuir significativamente tanto al bienestar social como al económico en la zona de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La Microcuenca las Totoras se ubica en la parroquia Cariamanga, cantón Calvas, provincia de Loja, al sur del Ecuador, la extensión territorial de la microcuenca es de 9,61 km², y la altitud oscila entre los 1932 y 2180 m.snm como se muestra en la Figura 1. Para el planteamiento de propuestas de medidas preventivas, se desarrolló en los barrios Reina del Cine y la Fragua de la parroquia Cariamanga.

La zona de estudio yace sobre la Unidad geológica Ahuaca, está constituida principalmente de tobas dacíticas de color gris claro a blanco con tonos rosa. Las tobas se encuentran estratificadas, con leve buzamiento hacia el noreste y con ángulos moderados al noroeste en otros sectores, con lo que se asume un espesor de aproximadamente 300 a 500 m para esta

unidad, dentro del área de estudio.

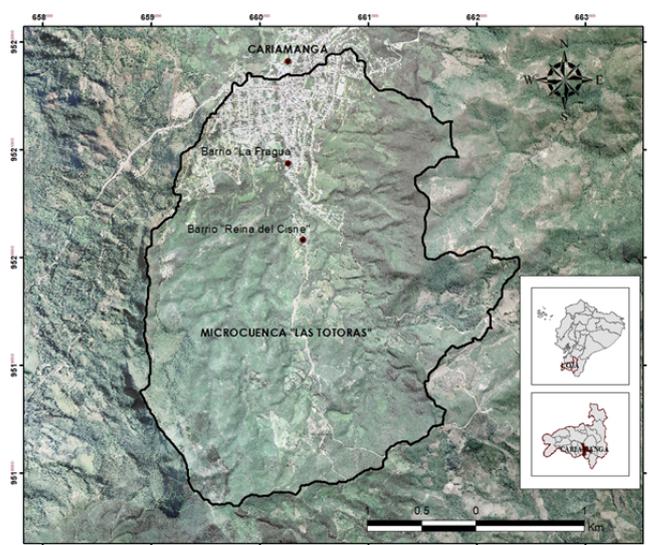


Fig. 1: Ubicación de la zona de estudio

Para realizar la propuesta de medidas preventivas ante inundaciones, en los barrios Reina del Cisne y la Fragua de Cariamanga, fue necesario elaborar la zonificación de la amenaza ante inundaciones y la identificación de elementos expuestos, como insumos para generar la propuesta de implementación de medidas preventivas ante inundaciones en la zona de estudio.

Recopilación de información secundaria

A continuación, en la Tabla 1 se detallan la información preliminar utilizada para la presente investigación, como insumos previos para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 1: Información preliminar empleada en la investigación

Ítem	Escala	Fuente	Año
Ortofotos Calvas	1:5 000	SIGTIERRAS	2013
Base de datos de intensidades máximas de precipitación		INAMHI	2015
Hoja Geológica Macará	1:100 000	Instituto Nacional de investigación geológico minero metalúrgico	2018
Hoja Geológica Cariamanga	1:100 000	Instituto Nacional de investigación geológico minero metalúrgico	2018
Mapa de Uso de Suelo del cantón Calvas	1: 25 000	Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS)	2020
Modelo Digital del Terreno (MDT)	3 x 3 m	SIGTIERRAS	2013

Información de Variables.

En cuanto al análisis de variables empleadas para la zonificación de la amenaza por inundaciones, se utilizaron seis variables las cuales fueron: Pendiente, Geomorfología, Litología, Uso de Suelo, Densidad de drenaje e Intensidad máxima de precipitaciones, estos parámetros permitieron identificar la probabilidad de ocurrencia de la amenaza por inundación.

Para la determinación de la amenaza a inundaciones en la microcuenca “Las Totoras” se asignaron pesos para cada variable, asignando valores de 1-4 usando la escala de Saaty. A continuación, se describe la metodología para generar cada variable antes citada, así como el peso asignado.

Pendientes

La pendiente de la zona de estudio fue obtenida a partir del MDT 3x3. Seguidamente, se realizó una reclasificación en cinco categorías de acuerdo al grado de inclinación establecida por Demek (1972), como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de Pendientes.

Clase	Rango (°)	Peso
Ligeramente inclinado	0-5	4
Muy inclinado	15-May	3
Fuertemente inclinado	15-35	2
Empinado	35-55	2
Vertical	>55	1

Nota: Obtenido de Demek (1972)

Densidad de drenaje

La densidad de drenaje son el resultado de la dinámica fluvial y de la propia geomorfología del terreno, es por ello que, para la construcción de la red de drenaje se partió del MDT para aplicar las herramientas FLOW DIRECTION y FLOW ACCUMULATION en el software ArcGIS 10.4.1® para establecer el volumen acumulado de las celdas que drenan hacia un punto específico e identificar ríos o quebradas.

A partir de la red hídrica se determinaron las zonas de acumulación o la concentración de flujo de agua. El proceso consistió en calcular las longitudes de drenajes y posteriormente obtener la densidad de drenaje, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Densidad de drenaje de la zona de estudio

Acumulación	Peso
Muy alto	4
Alto	3
Moderado	2
Bajo	2
Muy Bajo	1

Geomorfología

A partir de la información descrita en el documento “Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25 000”, componente “Geopedología y amenazas geológicas”, subcomponente “Geomorfología” elaborado en febrero del año 2012 por SENPLADES se determinaron las unidades geomorfológicas del sector mediante la clasificación propuesta por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) en el año 2011, por medio de la categorización de los niveles relativos, puntualizando que la información que se procesó para determinar esta variable se encuentra a una escala de 1:10 000. En la Tabla 4 se describe la clasificación de unidades geomorfológicas o geoformas empleadas en el siguiente estudio:

Uso suelo

La determinación del uso de suelo se lo realizó a partir de información base obtenida por el GAD cantonal de Calvas,

Tabla 4: Clasificación de unidades Geomorfológicas.

Unidad geomorfológica	Código	Peso
Coluvio Aluvial antiguo	Co	4
Relieve colinado muy bajo	R2	4
Relieve colinado bajo	R3	3
Relieve colinado medio	R4	2
Relieve colinado alto	R5	1
Relieve colinado muy alto	R6	1
Relieve colinado montañoso	R7	1

Obtenido de CLIRSEN (2011), modificado por los autores (2022).

en el documento “Plan de Uso y Gestión del Suelo” de Calvas, elaborado en el año 2020, la información preliminar fue el mapa de uso de suelo a escala 1:25000, el mismo que sirvió de base para su actualización y posterior generación de un mapa de uso de suelo a escala 1:10 000, mediante la utilización de Ortofotos de la parroquia Cariamanga a escala 1:5.000 del año 2013. La clasificación de Uso de Suelo empleada fue adaptada en base a la clasificación propuestas por el GAD cantonal de Calvas (2020) como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: Clasificación de uso de suelo

Uso de suelo	Descripción	Peso
Urbano	Viviendas, comercio, se desarrollan actividades cotidianas	4
Pecuario	Crianza de animales pecuarios.	4
Agropecuario mixto	Crianza de animales pecuarios y actividades agrícolas	3
Conservación y producción	Zonas con poca actividad agrícola	2
Conservación y protección	Zonas de protección y áreas verdes	1

Obtenido de GAD cantonal de Calvas y modificado por los autores (2022).

Litología

La determinación de la litología se la realizó mediante trabajo de campo, el cual consistió en la descripción de afloramientos de la zona de estudio cada 100 metros en zonas accesibles y cada 200-300 metros cuando existía la presencia de similar litología. Se tomaron 69 puntos de afloramiento en el área de estudio entre zonas accesibles y zonas con la presencia de litología similar. La elaboración del mapa litológico fue generada a partir del mapa topográfico, la hoja geológica de Macará y la información descrita en campo, en donde se identificó el tipo de rocas existentes, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Litología del área de estudio

Litología	Peso
Tobas riolíticas a dacíticas meteorizadas rosas y rojizas	3
Tobas dacíticas meteorizadas grises	2
Tobas dacíticas meteorizadas con presencia de andesitas piroxénicas	1

Intensidad máxima de precipitaciones

El factor intensidad máxima de precipitaciones expresa la influencia de las lluvias como factor causal preparatorio o desencadenante de las inundaciones, se expresa como la cantidad de agua que cae a la superficie durante un tiempo determinado. Para la determinación de las intensidades en el presente trabajo se consideraron las intensidades máximas de precipitación en 24 horas para un tiempo de retorno de 2 años, de las estaciones Cariamanga, El Lucero y Colaisaca. La información fue obtenida y calculada a partir del documento “Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación” elaborado por el INAMHI en 2019, considerando las tres estaciones antes descritas, se empleó una serie de datos que van desde el año 1982 al 2011, obteniendo un total de 29 años analizados, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Niveles de intensidades de precipitaciones máximas en 24h para cada estación

Código	Estación	Este	Norte	Altura	Intensidad
M146	Cariamanga	660425	9520865	1968	2,92
M433	El Lucero	670140	9513320	1204	1,39
M544	Colaisaca	644952	9522561	2480	2,48

Nota. Obtenido de INAMHI (2019).

Estos valores fueron procesados en el software ArcGIS 10.4.1® mediante la herramienta IDW, generando así los rangos de intensidades máximas en 24 horas para un periodo de retorno de 2 años en la microcuenca “Las Totoras”, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Rangos de intensidades máximas de precipitación en la microcuenca “Las Totoras”.

Rangos de intensidades	Peso
2,90-2,92	4
2,87-2,90	3
2,85-287	2
2,82-2,85	2
2,79-2,82	1

Zonificación del grado de amenazas por inundaciones

Para la generación del mapa de amenaza por inundaciones se realizó mediante el método geomorfológico, el cual analiza la disposición y tipología de las formas del terreno y los depósitos generados durante o tras el evento de avenida. Con ello se pueden delimitar las áreas geomorfológicamente activas dentro del cauce fluvial y sus márgenes, y por tanto con amenaza de ser inundadas en el marco de la dinámica natural de la corriente fluvial (Lario et al., 2017). Para el análisis fue necesario recopilar información geológica y geomorfológica, pendiente de la cuenca, red hidrográfica, uso del suelo e intensidad máxima de precipitación, para zonificar las zonas con peligro de inundaciones.

El procesamiento de la información y análisis cartográfico se realizó mediante un análisis multicriterio del modelo matemático de Saaty, el cual consistió en ponderar el peso de cada variable para establecer el nivel de importancia de éstas, y obtener el mapa de susceptibilidad a inundaciones (factores

condicionantes: Pendiente, Densidad de drenaje, Geomorfología, Uso de Suelo, Litología), y posterior, este resultado se procesó con el factor desencadenante (Intensidades máximas de precipitaciones), para obtener como resultado final el mapa de amenaza ante inundaciones.

Procedimiento para realizar la ponderación Saaty

Los pasos empleados para la ponderación de las variables analizadas, se basaron en lo establecido por Thomas Saaty (1980) y su aplicabilidad dentro del campo de las amenazas por inundaciones en Santos et al. (2021):

- **Parámetros:** Se identifican los parámetros que permitan caracterizar el fenómeno en estudio. En función del número de parámetros identificados se obtuvo el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).
- **Matriz de Comparación de Pares:** Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty. Suma inversa. Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales.
- **Matriz de Normalización:** Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente. Vector priorización. Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.
- **Calcular:** Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios.
- **Calcular λ max:** Sumar todos los valores de λ encontrados.
- **Calcular índice de constancia con la ecuación 1:** Donde n es el número de parámetros optados.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

Determinar la Relación de Consistencia

$$RC = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Donde RI” es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Preadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10. (p. 15).

Para la determinación de la amenaza por inundaciones en la zona de estudio, fueron definidos los factores geomorfológicos que condicionan la amenaza por inundaciones, con la finalidad de generar la susceptibilidad a inundaciones, como se muestra en la ecuación 3.

$$Suscep In. = Ci(Pd) + Ci(DD) + Ci(Gmf) + Ci(US) + Ci(L) \quad (3)$$

Dónde:

Ci= Ponderación obtenida partir de la relación de constancia por el método de Saaty.

Pd= Pendiente.

DD= Densidad de drenaje.

Gmf= Geomorfología.

US= Uso de Suelo

L= Litología.

El nivel de importancia de cada parámetro fue determinado de acuerdo a como las variables estudiadas condicionan la ocurrencia de inundaciones en la zona de estudio. En primer lugar, se encuentra la pendiente del terreno, debido a que por la acción de la gravedad, cuando ocurre copiosa precipitación durante la temporada lluviosa, las aguas escurren y se acumulan en zonas bajas, para el caso de estudio, corresponde a los barrios Reina del Cisne y La Fragua. En segundo puesto se ubica la densidad de drenaje, la cual a partir de la red hídrica de la microcuenca “las Totoras”, desencadenada por las precipitaciones determina las posibles líneas de recorrido del flujo de agua, teniendo en cuenta que a mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por lo cual se considera como un indicador de amenaza. En tercer puesto se ubica la geomorfología, dado que permite el reconocimiento de las principales geoformas y su distribución espacial permite evidenciar procesos morfodinámicos antiguos y recientes para entender la dinámica hídrica y la identificación de zonas propensas a inundación y desborde. En cuarto lugar se ubica el uso de suelo debido a que los cambios de este indicador afectan el régimen hidrológico de la microcuenca y pueden impactar en la frecuencia o el tamaño de eventos de inundaciones en áreas urbanas; y finalmente la litología, puesto que en dependencia del tipo de roca y porosidad, puede contribuir a la escorrentía o infiltración del agua, y desencadenar otro tipo de amenaza, como los deslizamientos.

Para la determinación de la susceptibilidad a inundaciones en la microcuenca “Las Totoras” se asignaron pesos para cada variable a partir de la comparación de pares para la identificación de la importancia relativa, asignando valores de 1-4 usando la escala de Saaty, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Asignación de pesos para determinar la importancia relativa de cada variable para la susceptibilidad por inundación por el método jerárquico de Saaty.

	Pendiente	Geomorfología	Densidad drenaje	Uso suelo	Litología	Wi	CI	LAM
	1	2	2	3	3	2,05	0,36	0,96
Pendiente								
Densidad drenaje	1/2	1	2	2	3	1,43	0,25	1,09
Geomorfología	1/2	1/2	1	2	2	1,00	0,18	1,06
Uso suelo	1/3	1/2	1/2	1	2	0,70	0,12	1,05
Litología	1/3	1/3	1/2	1/2	1	0,50	0,09	0,95
Pi	2,67	4,33	6	8,5	11			
Total						5,67	1	5,114

Los valores ponderados fueron analizados mediante la determinación de la razón de constancia (Cr), el mismo que consiste en la relación entre el cálculo de índice de constancia y el índice de consistencia aleatorio. El resultado obtenido corresponde a 0,024, lo que indica la consistencia en la asignación de valores para cada parámetro es aceptable.

A continuación, de la variable Intensidad de precipitación como factor desencadenante, se obtuvieron los niveles de importancia para cada uno de los rangos de intensidades mediante la matriz de Saaty, con la finalidad de generar un modelo ráster de intensidades de precipitaciones, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Asignación de pesos para determinación de importancia relativa para el factor desencadenante - intensidad máxima de precipitación.

Rangos de intensidades máximas de precipitación	2,90-2,92	2,87-2,90	2,85-287	2,82-2,85	2,79-2,82	Wi	CI	LAM
							Peso	DAJ
2,90-2,92	1	2	2	3	3	1,81	0,33	0,88
2,87-2,90	1/2	1	2	2	3	1,35	0,25	1,06
2,85-287	1/2	1/2	1	2	3	1,07	0,20	1,14
2,82-2,85	1/3	1/2	1/2	1	2	0,74	0,14	1,15
2,79-2,82	1/3	1/3	1/3	1/2	1	0,51	0,09	1,12
Pi	2,67	4,33	5,83	8,5	12			
Total						5,49	1	5,36

De igual manera, los valores de ponderación fueron analizados mediante la determinación de la razón de constancia (Cr), el cual corresponde a 0,07, lo que indica la consistencia en la asignación de valores para cada parámetro es aceptable.

Posteriormente se tomó en consideración el factor desencadenante (Intensidad de precipitaciones máximas) para la generación de cartografía de amenazas por inundaciones en la microcuenca “Las Totoras”, como se muestra en la Ecuación 4.

$$Amenaza In. = Ci(SuscepIn) + Ci(P) \quad (4)$$

Dónde:

Ci= Ponderación obtenida a partir de la relación de factores condicionantes y desencadenantes.

Suscep In = Susceptibilidad

P= Intensidad de precipitación máxima.

El mapa de amenaza por inundaciones fue obtenido a través de dos modelos ráster: ráster de susceptibilidad por inundaciones (factores condicionantes) y ráster de intensidades máximas en 24 horas de la zona (factor desencadenante), teniendo como resultado cinco clases de amenaza a inundación: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Determinación de los elementos expuestos frente a inundaciones en el barrio “Reina del Cisne”

Los elementos expuestos hacen referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su exposición o ubicación geográfica pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza (Ley 1523, 2012).

Se recopiló información de la zona de estudio que por su exposición se encuentren en alto y muy alto nivel de amenaza ante inundaciones, esto en base al criterio establecido el SNGRE, el cual indica que los diagnósticos de vulnerabilidad o de exposición de infraestructuras vitales o esenciales se centrará en aquellas que presenten un alto nivel de exposición. (SNGRE, 2019). Los datos levantados corresponden a infraestructura educativa, residencial y económica, vías, agua potable, alcantarillado pluvial y sanitario; y en cuanto a la población expuesta se determinó el número de habitantes por grupos específicos: hombres, mujeres, niños, personas con discapacidad, adultos mayores y mujeres embarazadas, con

el fin de establecer los grupos poblacionales que necesiten atención prioritaria/especial en caso de suscitarse un evento como las inundaciones.

Propuesta de medidas preventivas a inundaciones en el barrio Reina del Cisne, Parroquia Cariamanga, Cantón Calvas

Una vez realizado el mapa de amenazas por inundación y la determinación de los elementos expuestos en la microcuenca "Las Totoras", se describen a continuación los procedimientos seguidos para la propuesta de medidas preventivas ante inundaciones para el caso de estudio: Barrio Reina del Cisne.

Medidas preventivas no estructurales: Elaboración de Plan Comunitario

Para cumplir con la propuesta de medidas preventivas no estructurales se ha empleado como metodología la "Guía para la conformación de Comités Comunitarios de Gestión de Riesgo" emitida por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) mediante resolución N°SGR-116-2018, el mismo que norma los lineamientos para la conformación del Comité Comunitario de Gestión de Riesgos (CCGR), el cual fue indispensable para la propuesta de implementación del Sistema de Alerta Temprana (SAT).

El plan Comunitario de Gestión de Riesgos, como medida preventiva, fue trabajado en la zona de estudio los días 26 de noviembre del 2020 y 24-25 de junio del 2021, con los moradores del barrio "Reina del Cisne", en el cual se conformó el Comités Comunitarios de Gestión de Riesgo (CCGR), conjuntamente con la participación de funcionarios del Proyecto de Gestión de Riesgos Sin Fronteras – Gobierno Provincial de Loja y Secretaría de Gestión de Riesgos, el mismo que, una vez diseñado se encargará del correcto desenvolvimiento de los habitantes de la comunidad en caso de presentarse un evento peligroso.

Medidas preventivas estructurales: Propuesta de un Sistema de Alerta Temprana (SAT)

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO), los SAT comunitarios se utilizan en cuencas hidrográficas medianas y pequeñas, los instrumentos utilizados son básicos y no requieren de técnicos especializados, estos sistemas comunitarios requieren que la población esté bien organizada, la participación es realizada de manera voluntaria (UNESCO, 2011).

Para el presente caso de estudio se planteó un sistema de alerta temprana frente a inundaciones, para lo cual se diseñó el plan operativo del SAT que consiste en los siguientes pasos, como se muestra en la siguiente Figura 2.

Conocimiento del riesgo.

Definir el escenario: Como parte fundamental de la propuesta se desarrollaron talleres de sensibilización a la población de la microcuenca "Las Totoras", con el objetivo de promover conocimiento, generar capacidades y actitudes dirigidas a reducir los riesgos y actuar de manera adecuada y oportuna en situaciones de emergencia, haciendo uso y pro-

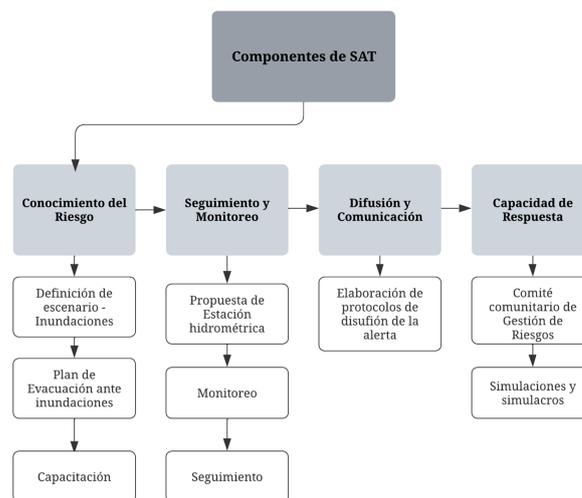


Fig. 2: Flujograma de pasos seguidos para la propuesta del SAT

moción de los Sistemas de Alerta Temprana.

Plan de evacuación: Se estableció un protocolo de evacuación de la comunidad, para lo cual se realizó un análisis de las amenazas presentes en la localidad, se identificaron grupos expuestos (niños, niñas, mujeres embarazadas, personas con capacidades especiales y adultos mayores), puntos de encuentro, alarmas comunitarias, zonas seguras y albergues temporales, además se ubicó en la microcuenca "Las Totoras" la señalización de emergencia.

Capacitación: Para el proceso de capacitaciones se desarrollaron talleres considerando las siguientes temáticas: Aspectos básicos de la Gestión de Riesgos, herramientas de gestión del Riesgo comunitario, temas de prevención y respuesta, y Sistemas de Alerta Temprana.

Seguimiento y monitoreo del evento peligroso.

Propuesta de estación hidrométrica: Comprende la definición de equipos que se implementaran para el seguimiento y monitoreo.

Monitoreo: Para el cumplimiento de esta fase, se procedió a proponer la implementación del SAT para la quebrada Las Totoras, la cual su ubicación e instrumentos utilizados se definieron en la presente investigación.

Seguimiento: Como parte del proceso de seguimiento del SAT, se establecieron equipos de trabajo de la siguiente manera: administradores del SAT, brigadas de emergencia y Comité de Operaciones de Emergencia.

Difusión y comunicación de la alerta

Se desarrolló un protocolo de difusión y comunicación de la alerta, la cual comprende: conocimiento de la alerta, alerta a la comunidad y activación de la sirena comunitaria.

Capacidad de respuesta

Se desarrollaron protocolos a realizarse en caso de suscitarse un evento peligroso como las inundaciones.

RESULTADOS

La primera fase de la investigación, se centró en la zonificación de la amenaza por inundaciones de la zona de estu-

dio, como resultado el mapa de peligrosidad por inundaciones (Figura 3), el cual fue obtenido a través de dos modelos ráster: ráster de susceptibilidad por inundaciones (factores condicionantes) y ráster de intensidades máximas en 24 horas de la zona (factor desencadenante).

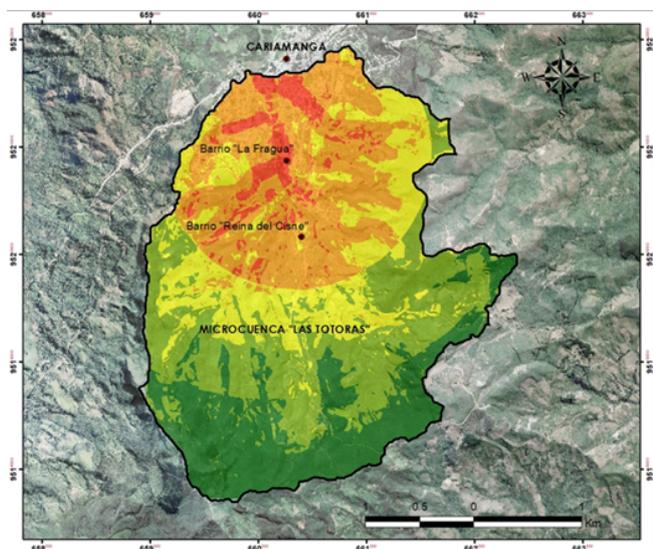


Fig. 3: Depresión como rasgo por género Mapa de peligrosidad por inundaciones de la microcuenca “Las Totoras”

A partir del análisis y procesamiento de los modelos ráster para la determinación del nivel de amenaza por inundaciones presente en la microcuenca “Las Totoras”, y como se puede evidenciar en la Tabla 11, se han obtenido los siguientes resultados: Nivel de amenaza Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto, dentro de los cuales, los niveles de muy baja amenaza ocupan un área de 2,06 km², representa un 21,42% del total de la zona de estudio; el nivel de amenaza baja se encuentra presente en 2,56 km², representa el 26,67%. Por otro lado, el nivel medio de amenaza por inundaciones abarca una superficie de 1,97 km², representa el 20,45% del total de la microcuenca. Finalmente, los niveles alto y muy alto ocupan una superficie de 2,50 km² y 0,53 km² respectivamente.

Tabla 11: Descripción de nivel de amenaza ante inundaciones en la microcuenca "Las Totoras"

Nivel de amenaza	Área (km ²)	Porcentaje
Muy Bajo	2,06	21,42
Bajo	2,56	26,67
Medio	1,97	20,45
Alto	2,50	26,01
Muy Alto	0,53	5,46
Total	9,61	100

Estos resultados demuestran el alto y muy alto nivel de amenaza directa a la que se enfrentarían los pobladores del barrio “La Fragua”, y de manera indirecta a los demás moradores de la parroquia Cariamanga en caso de suscitarse un evento por inundaciones, como se puede ver en la Figura 4.

En la segunda fase de la investigación, se procedió a identificar los elementos expuestos a inundaciones, utilizando criterios basados en la ubicación geográfica de dichos elementos en las zonas de alta y muy alta peligrosidad. Estas áreas incluyen los barrios “La Fragua” y “Reina del Cisne”, la ciudadela “Amazonas” y una parte de la zona central y sur de la



Fig. 4: Zonas con peligro a inundaciones de los barrios Reina del Cisne y La Fragua

parroquia Cariamanga.

En infraestructura esencial, hace referencia a edificaciones o servicios básicos que permitan el correcto desenvolvimiento y desarrollo de los habitantes de una comunidad, dentro de este componente se analizó: alcantarillado pluvial, alcantarillado sanitario, agua potable, los mismos que se encontrarían expuestos al suscitarse un evento peligroso como una inundación, generando malestar en la comunidad.

A partir del mapa de amenaza se determinó que las zonas de alta y muy alta peligrosidad por inundaciones podrían afectar a 3.497,59 m de tubería alcantarillado pluvial, las mismas que en caso de existir desbordamientos podrían afectar 3.497,59 m de tubería de agua potable de estas zonas. Además, se verían afectados 3.237,73 m de tubería de alcantarillado sanitario como se muestra en la Figura 5.

Las infraestructuras destinadas al comercio, educación y residencia se verían afectadas, especialmente las que se encuentran ubicadas en la calle 18 de noviembre; alterando considerablemente el bienestar de los pobladores y sus medios de subsistencia.

A través del trabajo realizado en campo, se pudo constatar que cerca de 145 de 317 edificaciones tienen exposición directa ante la amenaza por inundaciones, entre las cuales se encuentran residencias, comercios, institución educativa “Unidad Educativa Cariamanga” y el “Sindicato de choferes Calvas”. Adicionalmente, se pudo determinar que un número significativo de viviendas han sido deshabitadas, debido a los daños y pérdidas que han ocasionado las inundaciones ocurridas en el pasado. Por otro lado, no se han encontrado instituciones municipales ni gubernamentales que podrían verse afectados. Sin embargo, se ha observado la presencia de centros de salud como el IESS Unidad de Atención Ambulatoria Cariamanga y el Hospital del día “Tamayo”, los mismos que se ubican en zonas de muy alta peligrosidad a inundaciones.

A continuación, en la Tabla 12 y Figura 6 se resume las edificaciones expuestas a inundaciones de la zona de estudio:

Tabla 12: Edificaciones expuestas

Edificaciones	Número
Unidades educativas	1
Comercial y Residencial	363
Producción (Agricultura)	11
Residencial (Viviendas)	825
Residencial y producción	46
Turístico y comercial	8
Total	1.254

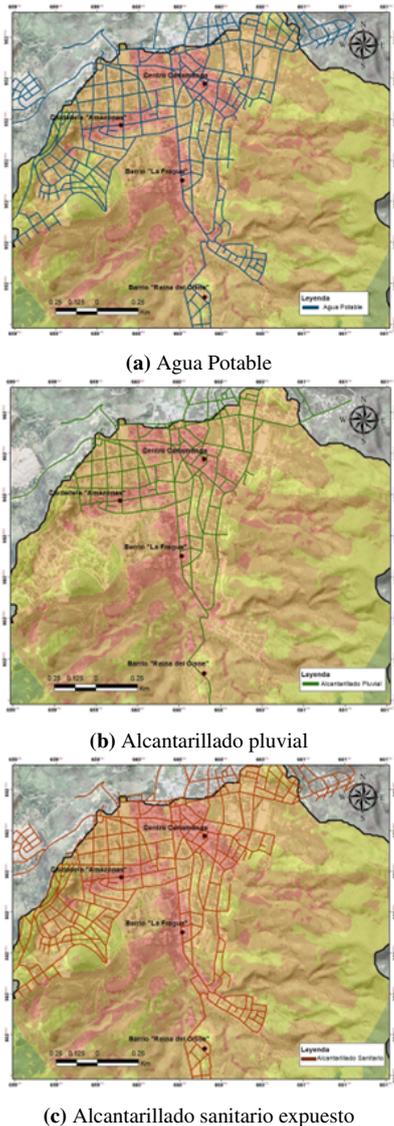


Fig. 5: Tipos de alcantarillado posiblemente afectado

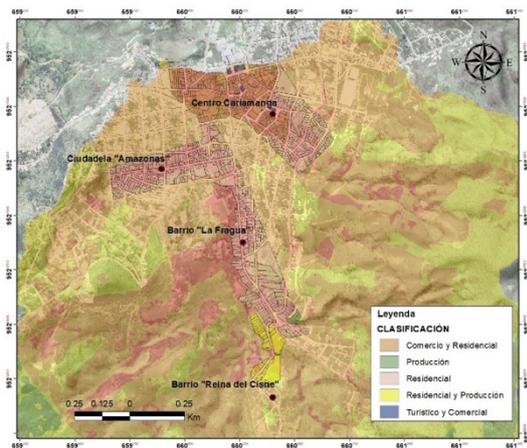


Fig. 6: Edificaciones expuestas

En cuanto a infraestructura vial, como se muestra en la Figura 7, demuestra que al producirse una inundación, las vías mayormente afectadas serían la calle 18 de noviembre, Gerónimo Carrión, Daniel Ojeda, Eloy Alfaro, calle José Ángel Palacios y parte de la Av. Del ejército y Clotario Paz, abarcando 4.100,98 m de vías que posiblemente podrían verse afectadas; ocasionando molestias a los moradores del barrio

citados en el apartado anterior y limitando el acceso a barrios como “Reina del Cisne”.

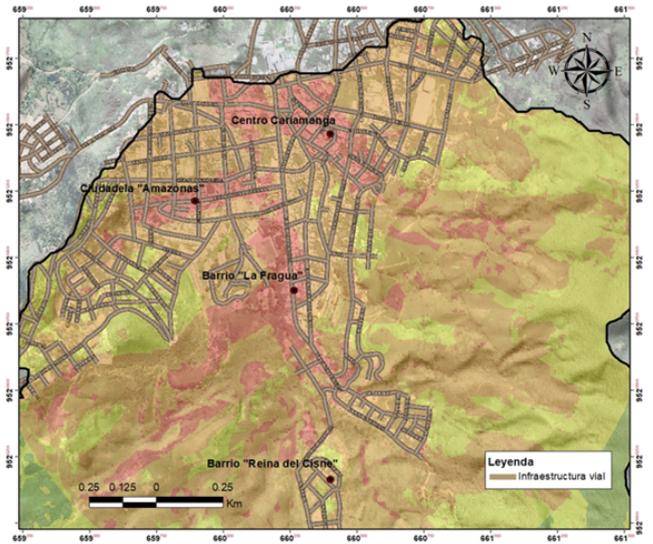


Fig. 7: Infraestructura vial expuesta

La población expuesta en el barrio “La Fragua”, ciudadela “Amazonas” y parte del centro de la parroquia Cariamanga, cuenta con un aproximado de 823 personas (ver Tabla 13), siendo estos las zonas de mayor afectación ante la amenaza de inundaciones. Por otro lado, el barrio “Reina del Cisne” cuenta con una población aproximada de 140 habitantes entre hombres, mujeres, niños y adultos mayores con los cuales se pretende incorporar medidas preventivas no estructurales ante inundaciones.

Tabla 13: Grupos específicos en barrio "La Fragua", ciudadela “Amazonas” y parte del centro de Cariamanga

Grupos específicos	N° habitantes
Hombres	272
Mujeres	257
Niños	176
Personas con discapacidad	24
Adulto Mayor	88
Mujeres embarazadas	6
Total	823

En la tercera fase, con la información de amenaza y elementos expuestos ante inundaciones, se realizaron las propuestas de medidas preventivas a inundaciones, focalizándose en las zonas de alta y muy alta amenaza, así como a los elementos expuestos ante este fenómeno peligroso.

La propuesta de medidas preventivas se realizó en dos enfoques, el primero que corresponde a medidas preventivas no estructurales, las cuales se centran en la población y se orientan en aumentar el conocimiento para reducir el riesgo y aumentar la resiliencia; y el segundo enfoque, que corresponden a medidas preventivas estructurales, que hace referencia a la implementación de equipos, instrumentos o construcción física para evitar los posibles impactos que generen las amenazas.

En cuanto a las medidas preventivas no estructurales, se diseñó y ejecutó el Plan comunitario de Gestión de Riesgos, en el cual se desarrollaron actividades vinculadas con los po-

bladores de los barrios expuestos, quedando definido el plan con el siguiente esquema:

1. Datos Generales
2. Organización del comité comunitario de gestión de riesgos
3. Componente de análisis del riesgo
 - a) Antecedentes de eventos
 - b) Identificación de la amenaza
 - c) Descripción de las vulnerabilidades
 - d) Identificación del riesgo
 - e) Diagnóstico de capacidades y/o conocimientos ancestrales de la comunidad
 - f) Identificación de recursos de la comunidad
4. Componente de reducción de riesgos
5. Componente de respuesta
 - a) Actividades de respuesta frente a la amenaza
 - b) Mecanismos de alarma para situaciones de emergencia
 - c) Zona de seguridad/ evacuación
 - d) Personas que necesitan ayuda especial
 - e) Mapa de recursos
 - f) Registro de miembros de las brigadas

Este plan fue socializado con los moradores de la zona de estudio, los cuales han participado de manera activa y su seguimiento estará en manos de las instituciones pertinentes (GAD Calvas y SGR), con el fin de tener comunidades preparadas ante inundaciones.

La propuesta de medida preventiva estructural, se la realizó mediante el análisis de los eventos históricos de inundaciones en la zona de estudio, considerado que este fenómeno se ha desencadenado principalmente por las lluvias torrenciales, lo que genera un aumento significativo del caudal de la quebrada las Totoras y por ende su desbordamiento; es por ello que la medida preventiva propuesta corresponde a una estación hidrométrica, la cual está conformada por estructuras que permite medir el aforo, a partir de escalas hidrométrica que registra el nivel (altura), del cuerpo de agua en todo momento un punto fijo.

Esta estación se propone sea ubicada en las coordenadas: Este = 660512 m; Norte = 9520242 m, como se muestra en la Figura 8. El sitio seleccionado para la ubicación del sistema de monitoreo presenta una pendiente entre 15° y 35°. Esta elección se basa en la consideración de que esta área en particular, correspondiente al tramo natural de la quebrada "Las Totoras", y es representativa debido a la confluencia de las vaguadas, lo que genera un flujo constante en condiciones generales de la microcuenca. Además, existe buena accesibilidad del lugar, lo que permitirá realizar el monitoreo y seguimiento correspondiente.

La estación hidrométrica propuesta debe tener como mínimo los siguientes elementos:

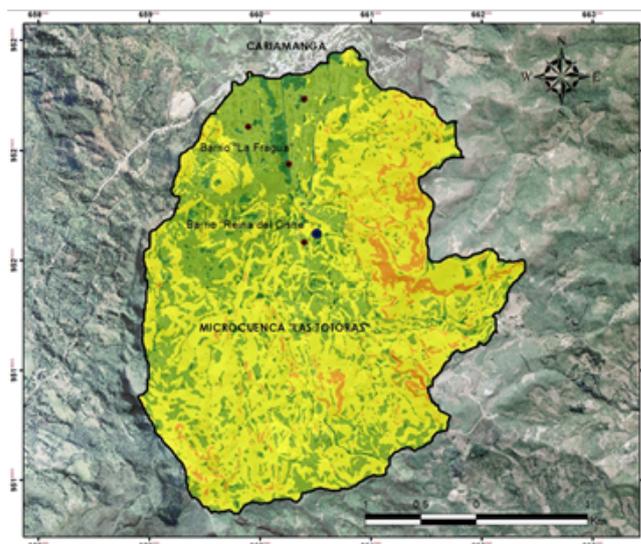


Fig. 8: Propuesta de ubicación de Estación hidrométrica en microcuenca "Las Totoras"

Estación de Monitoreo: Comprende una estación tipo sensor de radar y sensor de lluvia, con sus respectivos componentes y accesorios: gabinete para equipos, panel de conectores; registrador de datos; controlador de carga; panel solar de 100W, batería seca; gabinete para almacenamiento y revisión de cables; modem celular 4G; sensor de nivel tipo radar; sensor de precipitación tipo balancín; torre de soporte, brazo de soporte del radar fabricado de aluminio; sistema de pararrayos y sistema de puesta a tierra de 5 ohm; sistema de puesta a tierra; instalación y cerramiento.

Sistema de transmisión de datos: Comprende modem celular 4G que envía las lecturas en el sensor hacia el software de recepción, interpretación y emisión de alerta, se complementa el sistema con el servicio de datos a través de una operadora celular con cobertura en el área de implementación de la estación.

Centro de recepción de datos: En dicho centro se deberá equipar con un servidor en el cual se encontrará instalado el software para la recepción, interpretación y emisión de alerta en función de los umbrales de alerta establecidos en el modelamiento hidrológico, dicho servidor deberá contar conexión permanente de internet a través del cual el software enviará mensajes de texto a los administradores del sistema contemplados en el componente dos.

Mecanismos de activación de la alerta: Se deberá implementar un sistema sonoro de aviso (sistema de alerta bono 100; autodiagnóstico on/off; módulo para conexión GSM; kit de conexión por red celular para control de mensajes; unidad de control; instalación de sirena de alerta).

Mecanismos de apoyo en campo: Se deberá contar con dos radios, megáfonos, pitos entre otros, los cuales estarán bajo responsabilidad de los miembros del Comité de Gestión de Riesgos Comunitario.

DISCUSIÓN

Crear conciencia en materia de Gestión de Riesgos debería ser de gran importancia entre las instituciones gubernamentales, organismos de respuesta y comunidades, de este modo los habitantes estarán preparados en caso de suscitarse even-

tos peligrosos de origen geológico-hidrometeorológico y así tener una comunidad preventiva y resiliente ante diferentes amenazas.

Las inundaciones que históricamente han afectado al barrio Reina del Cisne de la parroquia Cariamanga, es un indicio para que la comunidad técnica y científica centre sus esfuerzos en aplicar el conocimiento y la técnica desde la ingeniería para prevenir el riesgo que afectan tanto social como económicamente esta parroquia.

La presente investigación inició a partir de información preliminar y de la generación cartografía temática como base técnica para la ubicación de las medidas preventivas ante inundaciones dentro de la microcuenca “Las Totoras”.

La determinación de la amenaza ante inundaciones fue mediante la asignación de ponderaciones de acuerdo al nivel de importancia para cada una de las variables: Pendiente, Densidad de drenaje, Geomorfología, Uso de Suelo, Litología, Intensidad máxima de precipitaciones; y para cada uno de los parámetros de dichas variables. Este procedimiento fue posible mediante el análisis multicriterio desarrollado por Saaty, en donde los resultados obtenidos han sido consistentes tanto para los niveles de susceptibilidad y amenaza.

De acuerdo a la información presentada por DesInventar durante los años 2012 hasta 2017, describen que han ocurrido eventos peligrosos como inundaciones en la parroquia Cariamanga en sectores como: barrio “La Merced”, barrio “La Fragua”, en el barrio “El Dorado”, ciudadela “Amazonas” y sectores céntricos de la parroquia Cariamanga. Entre los eventos peligrosos más importantes ocurridos en la zona de estudio, tenemos el ocurrido el 21 de enero del 2012 en el Convento ubicado en el barrio “La Merced”, debido a las intensas precipitaciones se produjo el colapso del sistema de alcantarillado provocando inundaciones y generando molestias a los habitantes del sector; el 04 de enero del 2012 se produjo una inundación en el barrio “La Fragua” debido al colapso del sistema de alcantarillado ocasionando afectaciones en dos viviendas y directamente sobre cinco habitantes. Asimismo, se registraron inundaciones debido a las intensas precipitaciones con una duración aproximada de una hora el 26 de marzo del 2013 en sectores céntricos de la parroquia Cariamanga, afectando a una vivienda y seis personas. El 04 de marzo del 2016 se produjeron inundaciones en el barrio “El Dorado” afectando directamente a ocho personas y ocasionando daños en dos viviendas. Finalmente, el 24 de marzo del 2017, se presentaron inundaciones en varios sectores de la parroquia, como en la ciudadela “Amazonas” y barrio “La Fragua”, destruyendo seis viviendas y afectando a otras 54 casas, además de presentarse daños en 5 m de vías y de dejar damnificadas a 24 personas; 237 habitantes afectados y 76 evacuados.

Las zonas de alta y muy alta peligrosidad identificados en el mapa de amenaza por inundaciones, coinciden con los sectores en donde se han producido inundaciones de acuerdo a los datos de antecedentes históricos presentados por DesInventar, por lo cual se demuestra que el geoprocesamiento y la correlación de cada uno de los factores condicionantes y desencadenantes fueron desarrollados con una eficacia del 100%. Cabe mencionar que no existen investigaciones previas sobre amenaza a inundaciones en la microcuenca “Las Totoras”, por tal motivo, no se pudo realizar la correlación de los resultados obtenidos en la presente investigación con los

datos de otros estudios realizados.

En referencia a otros estudios de amenaza implementados a nivel local y nacional, es importante mencionar que en su mayoría ha sido desarrollados a escalas pequeña, donde los datos no ayudan a la identificación de elementos expuestos, así como al diseño de medidas de prevención ante inundaciones. Un ejemplo donde pudiera aplicarse este tipo de metodologías es en todas las cuencas y microcuencas que generan inundaciones en temporada lluviosa por desbordamiento de ríos y quebradas, como el caso ocurrido el viernes 17 de marzo de 2023, por causas de las lluvias se produjo el desbordamiento del río Quindigua provocando inundaciones en viviendas y la afectación del puente en el Deseo en los cantones de la Mana y Pangua de la provincia de Cotopaxi, en la cual el 20 de marzo de 2023 se declaró en estado de emergencia para realizar acciones inmediatas que se requieran para proteger a la ciudadanía y afrontar cualquier situación negativa que se pudiera generar por la situación de emergencia por inundaciones (SGR, 2023).

A nivel regional, la metodología propuesta ha sido desarrollada para evaluar peligrosidad y riesgo por inundaciones en el río Pichari en la provincia La Convención – Cusco (2020), en cuyos resultados muestra una certeza del 98% en referencia al análisis de inundaciones pasadas en este sitio, determinando así que esta metodología pudiese ser aplicable para la zonificación de amenazas, y aportar como herramienta para la toma de decisiones en temas relacionados a la gestión de riesgos y planificación territorial.

Posterior a la identificación de la amenaza y los elementos expuestos, como base técnica para la propuesta de implementación de un sistema de alerta temprana, se determinó que el lugar idóneo para establecer las medidas preventivas estructurales y no estructurales fue en el barrio “Reina del Cisne”, en él se llevó a cabo la conformación del Comité Comunitario de Gestión de Riesgos y el Plan Comunitario de Gestión de Riesgos gracias a la organización de los habitantes. Finalizada la etapa de la elaboración del plan comunitario de GR fue realizada la propuesta para la implementación de un sistema de alerta temprana ante inundaciones, para la cual ha sido pertinente estructurarla de la siguiente manera: Como primer punto se encuentra el conocimiento del riesgo, abarcando temas de capacitación, planes de evacuación, gestión y articulación con entidades cantonales; como siguiente punto contempla temas de seguimiento (administradores del SAT, brigadas de emergencia, comités de operaciones de emergencia) y monitoreo (estación hidrométrica); seguidamente, se abordaron temas de difusión y comunicación, finalizando con la capacidad de respuesta por parte del comité, COE cantonal y la propuesta de un simulacro.

Las medidas preventivas estructurales (estación hidrométrica y equipos necesarios para su monitoreo) fueron presupuestados en 25.525,44 dólares, gasto que sería cubierto por las entidades competentes. La propuesta del sistema de alerta temprana desarrollada en la presente investigación cuenta con lo siguiente:

- Plan comunitario de Gestión de Riesgos
- Administradores del SAT (GAD Calvas y Comité comunitario de Gestión de Riesgos)
- Mapa de recursos

- Protocolos de alerta y activación de los equipos de trabajo
- Conocimiento del riesgo y capacidad de respuesta de la población e instituciones vinculantes.

CONCLUSIONES

El mapa de amenaza por inundaciones fue la base técnica que permitió identificar las zonas con muy alta y alta peligrosidad, en donde se determinaron los elementos expuestos y posteriormente se desarrolló la propuesta de implementación de medidas preventivas ante inundaciones, en una zona idónea para la implementación, monitoreo y seguimiento del SAT.

Los elementos expuestos en las zonas de alta y muy alta peligrosidad, que corresponden a infraestructuras esenciales como: unidades educativas, zonas residenciales, de comercio y zonas de producción; además de servicios básicos como el agua potable, alcantarillado pluvial y sanitario; Así mismo se determinó el número de habitantes de los barrios “La Fagua”, ciudadela “Amazonas” y parte del centro de la parroquia Cariamanga que se encontrarían expuestos a inundaciones. Por otro lado, el reconocimiento de los diferentes elementos expuestos ayudará a la determinación de vulnerabilidades en futuros estudios.

La propuesta de medidas preventivas estructurales en la quebrada “Las Totoras”, fue compartida y socializada con funcionarios del GAD de Cariamanga, Cuerpo de Bomberos de Cariamanga y SGR, además de los habitantes del barrio “Reina del Cisne”, los mismos que se gestionarán su adquisición y se encargarán del seguimiento y monitoreo de la estación hidrométrica, cumpliendo así la función más importante, la cual será alertar a los moradores del barrio “La Fragua”, ciudadela “Amazonas” y demás entidades pertinentes en caso de existir un aumento de los niveles de la quebrada “Las Totoras”, con ello reducir daños y evitar eventos catastróficos como personas damnificadas o fallecidos.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Gestión de Riesgos sin Fronteras. Departamento de Planificación Territorial del Consejo Provincial de Loja. Coordinación zonal 7, Secretaría de Gestión de Riesgos.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: MCJ y OTM; metodología: MCJ y OTM; análisis formal: CGH y PJS; investigación: MCJ y OTM; recursos: MCJ, OTM, CGH y PJS; curación de datos: MCJ y OTM; redacción — preparación del borrador original: OTM; redacción — revisión y edición: OTM, CGH y PJS; visualización: OTM, CGH y PJS; supervisión: OTM, CGH y PJS; administración de proyecto: OTM. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Jessica Maza - Collaguazo: MCJ. Maritza Ochoa - Tapia: OTM. Hernán Castillo - García: CGH. Jimmy Stalin Paladines: PJS

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por fondos propios.

REFERENCIAS

- Acosta, J., Winckell, A. (1983). Apuntes sobre la cartografía de las inundaciones en la cuenca del Guayas. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21849.pdf.
- Burbano, N., Becerra, S., Pasquel, E. (2015). Introducción a la Hidrogeología del Ecuador. Quito: INAMHI.
- Cadier, E., Gómez, G., Calvez, R., Rossel, F. (1994). Inundaciones y sequías en el Ecuador. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers10-9/010006883.pdf
- CENEPRED. (2015). Manual para la evaluación de riegos originados por Fenómenos Naturales. Lima.
- CLIRSEN, SENPLADES, UTPL (Febrero, 2012). Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel nacional escala 1:25 000.
- CLIRSEN, SINSAGRO. (2009). Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional.
- Cuba, M., y Santos, E. (2021). Evaluación de riesgos por inundación fluvial en los márgenes del río Pichari en la provincia La Convención - Cusco, 2020. [Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Institucional de la Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60490/Cuba_HMA-Santos_HE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Diario Oficial (2012) Ley No. 1523 la República de Colombia, Bogotá, Colombia. 24 de Abril de 2012.
- GAD Calvas. (2020). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Calvas. Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (25 de Noviembre de 2001). Ecuador en Cifras. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Loja/Fasciculo_Calvas.pdf
- Lario, J., y Bardají, T. (2017). Introducción a los Riesgos Geológicos. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España.
- Lasso, A. K. (2018). Diseño de un Sistema de Alerta Temprana para la prevención de la población frente a inundación en el cantón Milagro. Quito. Obtenido de [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14822/DISE%20%20UN%20SISTEMA%20DE%20ALERTA%20TEMPRANA%20PARA%20LA%20PREVENCI%20%20%20%20%20%20LA%20POBLACI%20%20%20%20%20%20FRENTE%20INUNDACIONES%20EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14822/DISE%20%20UN%20SISTEMA%20DE%20ALERTA%20TEMPRANA%20PARA%20LA%20PREVENCI%20%20%20%20%20LA%20POBLACI%20%20%20%20%20%20FRENTE%20INUNDACIONES%20EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MAGAP. (2014). Cobertura y uso de la tierra. <http://www.sigtierras.gob.ec/cobertura-y-uso-de-la-tierra/>
- Moreno Jimenéz, J. M. (s/f). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), Fundamentos, Metodología y Aplicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Narváez, L., Lavell, A., Pérez Ortega, G. (2009). La Gestión del Riesgo de Desastre. http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/procesos_ok.pdf
- Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de desastres (2023). Base de datos DesInventar. <https://db.desinventar.org/>

- OEA. (2001). Manual para el Diseño e Implementación de un Sistema de Alerta Temprana de inundaciones en Cuencas Menores. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea91s/manual.pdf>
- OMS. (2010). Guía para el desarrollo de simulaciones y simulacros de emergencias y desastres. Panamá.
- PNUD (2012) Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País. https://www.preventionweb.net/files/38050_38050conceptosbsicos.pdf
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill.
- SNGR, PNUD. (2012). Guía de implementación para análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Quito. Ecuador.
- SNGR, PNUD. (2012). Propuesta metodológica para análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal. Quito Ecuador.
- SNGRE. (2012). Ecuador: Referencias básicas para la gestión de riesgos 2013 - 2014. Quito, Ecuador.
- SNGRE. (2017). Informes de situación época lluviosa en Ecuador. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-epoca-lluviosa-2017/>
- SNGRE. (2018). Informes de situación época lluviosa en Ecuador. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/epoca-lluviosa-2018/>
- SNGRE. (2019). Informes de situación época lluviosa en Ecuador. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/epoca-lluviosa-a-nivel-nacional-desde-el-01-de-octubre-del-2019/>
- SNGRE. (2019). Propuesta metodológica para la elaboración de cartografía de amenaza por inundación a escala 1: 50 000. Ecuador.
- SNGRE. (2018). Manual del comité de operaciones de emergencia. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Manual-del-COE.pdf>.
- SNGRE (2019). Lineamientos para incluir la gestión del riesgo de desastres en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT). <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/10/Lineamientos-para-incluir-la-gesti%C3%B3n-del-riesgo-de-desastres-en-el-Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial-PDOT.pdf>
- SGR. (2023). Informe de Situacional Nacional SitRep No. 36 – Época Lluviosa. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/SITREP-Nro.-36-Epoca-Lluviosa-01012023-al-24032023.pdf>
- Solórzano, I. (2018). Determinación primaria de zonas de amenaza por inundación, en la parroquia los lojales del cantón Daule; escala de trabajo 1:50.000. [Tesis de Pregrado Universidad de Guayaquil] Repositorio Digital de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29533/1/Tesis.pdf>
- Toulkeridis, T. (2015). Amenazas de origen natural y gestión de riesgo en el Ecuador. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.