

Nivel de Riesgo ante Inundación Fluvial aplicando la Metodología Cenepred en el Sector Magllanal -Jaén - Cajamarca

Fluvial Flood Risk Level Applying the Cenepred Methodology in the Magllanal Sector - Jaén - Cajamarca

Yeni Muñoz ¹* y Lady Yamunaque²

RESUMEN

La población del sector Magllanal es una zona amenazada por el desborde de la zanora Magllanal a causa de eventos de altas precipitaciones pluviales, ocasionando la activación de esta con movimiento de flujos de agua y lodo a gran velocidad, trayendo consigo daños en la población, la infraestructura pública y vial. El objetivo fue determinar el nivel de riesgo ante inundación fluvial aplicando la metodología CENEPRED 2014, la cual consistió en identificar el parámetro de evaluación y susceptibilidad del peligro, analizar el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos en función de la fragilidad, exposición y resiliencia y determinar el nivel de riesgo. Se obtuvo como resultado que el Nivel de Peligro es medio y el Nivel de Vulnerabilidad es alto, por ende, el Nivel de Riesgo por inundación un 1.47 % (1 lote) se encuentran en un Nivel Muy Alto, un 69.12 % (47 lotes) se encuentran en un Nivel Alto, un 29.41 % (20 lotes) en un Nivel Medio. Concluyendo que el Nivel de Riesgo por inundación fluvial se encuentra en un Nivel Alto, para lo cual se propuso medidas estructurales y no estructurales adecuadas con planes eficaces que permitan controlar el riesgo ante inundación fluvial.

Palabras clave: Riesgo, peligro, vulnerabilidad e inundación fluvial.

ABSTRACT

The problem identified is that the population of the Magllanal sector is an area threatened by the overflow of the Magllanal ditch due to high rainfall events, causing the activation of this with the movement of water and mud flows at high speed, causing damage to the population, public and road infrastructure. The objective was to determine the level of risk to river flooding by applying the CENEPRED 2014 methodology, which consisted of identifying the hazard assessment and susceptibility parameter, analyzing the level of vulnerability of the exposed elements in terms of fragility, exposure and resilience, and determining the level of risk. It was obtained as a result that the Hazard Level is medium and the Vulnerability Level is high, therefore, the Flood Risk Level 1.47% (1 lot) are in a Very High Level, 69.12% (47 lots) is at a High Level, 29.41% (20 lots) in a Medium Level. The conclusion is that the risk level for fluvial flooding is high, for which adequate structural and non-structural measures were proposed with effective plans to control the risk of fluvial flooding.

Keywords: Risk, hazard, vulnerability, fluvial flood.

Recibido: 07/10/2023 Aceptado: 15/11/2023

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú. Email: yeni.munoz@est.unj.edu.pe

2. Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú. Email: lady.yamunaque@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones representan uno de los peligros naturales más frecuentes y destructivos que afectan a la población. En los últimos años se han registrado más de 50 inundaciones graves que han ocasionado pérdidas económicas en diferentes sectores, industriales, comerciales, agrarias, infraestructuras y servicios públicos en general, así como también un gran número de pérdidas de vidas humanas (Swiss Re, 2022). Como lo sucedido en Europa provocando US\$ 54.000 millones de pérdidas económicas y más de 220 pérdidas de vidas humanas, así mismo en Estados Unidos, el huracán Ida provocó graves inundaciones generando daños en las infraestructuras y las redes eléctricas ocasionando US\$ 65.000 millones de pérdidas económicas y 114 pérdidas humanas (Munich RE, 2022). Por ello a lo largo del siglo XXI más de 250 millones de personas se han visto afectadas por las inundaciones debido al cambio climático y demográfico (Tellman et al., 2021).

En el Perú, las regiones como Tumbes, Lambayeque, La Libertad y Cajamarca se han visto sujetas a inundaciones debido a los eventos intensos de la serie hidrológica de cuencas y frecuencia iterativa de precipitaciones, ocasionando el incremento del caudal en un 24 % generando una mayor demanda en los riesgos de desastres ante inundaciones, afectando a la población, áreas de cultivo e infraestructura pública y vial (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018). Asimismo, en el año 2017 debido a las inundaciones se ocasionaron US\$ 3, 124 millones pérdidas económicas, 101 pérdidas humanas, 449 puentes y 234 051 km de carreteras dañados, 131 611 hectáreas de cultivo, 4 184 establecimientos de salud y educación, 413 983 viviendas y por consiguiente dejando a muchos sin hogar; debido a ello se generó la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios en coordinación con las Autoridades Subnacionales (Defensoría del Pueblo, 2018).

El Sector Magllanal, es una zona amenazada por desborde de la zanora Magllanal a causa de eventos de altas precipitaciones pluviales, ocasionando la activación de esta con movimiento de flujos de agua y lodo a gran velocidad. Además, la zanora del sector no cuenta con medidas estructurales adecuadas y con planes eficaces que permitan analizar y controlar los riesgos por inundación. Asimismo, las estructuras con las que cuenta actualmente presentan deterioro, entre los cuales tenemos: defensas ribereñas, badenes de concreto y un puente peatonal.

Con efecto de ello, tenemos las constantes inundaciones, trayendo consigo daños en la infraestructura de las viviendas, la infraestructura de la casa comunal de Magllanal, la red de agua potable, la red de desagüe, vías de comunicación y a la vez poniendo en riesgo la vida de la población. Por otro lado, el sector cuenta con un aproximado de 600 habitantes y 120 viviendas expuestas a un alto nivel de riesgo.

Ante esta problemática diversos autores han determinado el nivel de riesgo por inundación fluvial; García et al. (2021), usó la Evaluación Multicriterio con el objetivo de estimar las áreas susceptibles a inundaciones mediante el sistema de información geográfica (SIG) para el análisis de factores físicos como textura del suelo, pendiente topográfica, obteniendo una susceptibilidad a inundaciones media y alta por estar ubicada en zonas con drenaje del suelo deficiente y en pendientes topográficas de 1 %. Asimismo, Fraga et al. (2021), sostiene que el riesgo de inundación muestra una mejor predicción en las cuencas de mayor tamaño; además, mediante la herramienta Modelo de Evaluación del Riesgo Local de Inundación (MERLIN) estima el riesgo de inundación a partir de modelos meteorológicos, hidrológicos e hidráulicos, demostrando ser una herramienta fiable y precisa para delimitar la extensión de la inundación esperada.

El propósito de esta investigación se basó en determinar el nivel de riesgo ante inundación fluvial con el fin de proponer medidas estructurales y no estructurales para reducir el riesgo, garantizando la seguridad de la población y la infraestructura en general, favoreciendo al ambiente, así como también para mejorar el Plan de Desarrollo en la Provincia de Jaén en este sector. Además, esta investigación nos ayudará para que las autoridades puedan realizar una inversión pública para la mitigación de este problema, por ese motivo se tiene como objetivo general determinar el nivel de riesgo ante inundación fluvial aplicando la Metodología CENEPRED en el Sector Magllanal -Jaén-Cajamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es básica debido a que busca determinar el nivel de riesgo aplicando la Metodología CENEPRED en el sector Magllanal de la ciudad de Jaén, la cual de los resultados obtenidos se difundirán y permitirán que las autoridades u otras entidades se informen y puedan tomar acciones preventivas en el futuro para mitigar este problema y así garantizar la seguridad de la población y la infraestructura en general. El diseño de investigación es no experimental, debido a que no se hizo la modificación de la variable en estudio, la cual a partir de la realización de evaluación de los diferentes factores de vulnerabilidad y peligrosidad sirvió para determinar el nivel de riesgo en el sector Magllanal de la ciudad de Jaén.

La población en estudio considerada fue el Sector Magllanal la cual cuenta con un área de 31.03 ha. La muestra estuvo conformada por las áreas próximas a la zanora Magllanal, desde la calle Dos de Mayo hasta finalizar la calle José Balta, con un área de 3.95 ha, ubicadas dentro del área de mayor peligrosidad siendo las más propensas a inundaciones fluviales por activación de la zanora Magllanal (ver Figura 1).

Es de tipo no probabilístico por conveniencia. Además, como técnicas de investigación se emplearon revisión documental, observación científica, trabajo de campo y encuestas.

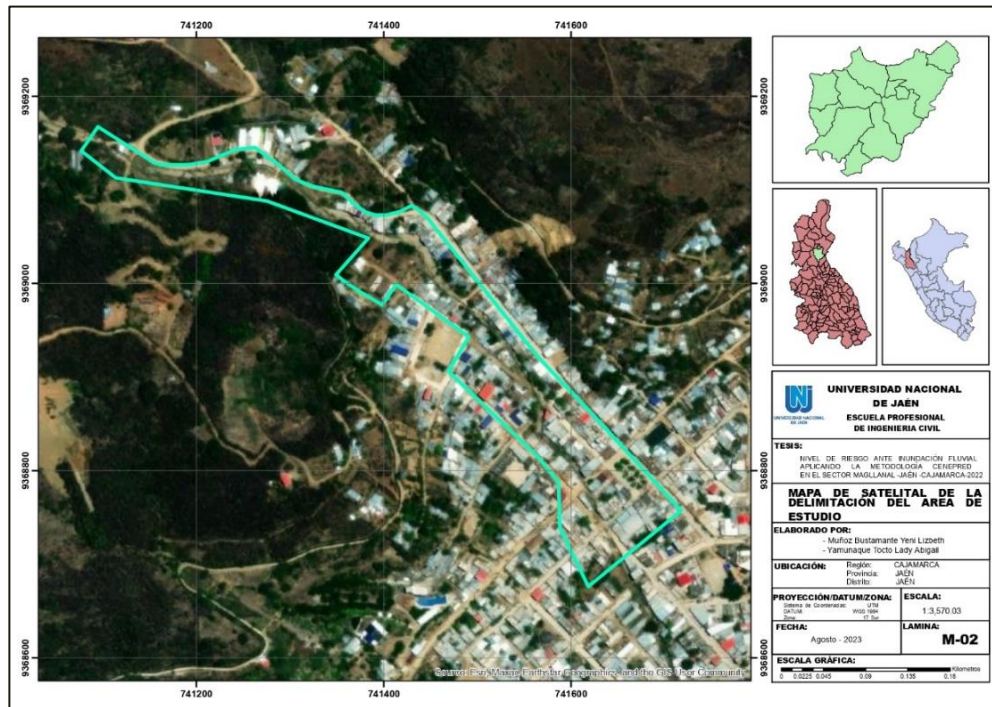


Figura 1. Delimitación del área en estudio.

Materiales y equipos

Software ArcGIS 10.8, Software Google Earth Pro, Software Excel, y encuestas.

Metodología

Para la presente investigación se determinó el nivel de riesgo ante inundación fluvial aplicando la metodología CENEPRED, 2014.

Procedimiento

Para determinar el riesgo se realizó el siguiente procedimiento: recopilación de información y visita a campo, análisis de los elementos expuestos, identificar el nivel de peligro, analizar el nivel de vulnerabilidad y determinar el nivel de riesgo ante inundación fluvial.

- Se recopiló información mediante visitas a campo en el área de estudio que comprende las Calles Dos de Mayo, Pedro Ruiz Gallo, José Carlos Mariátegui, Túpac Amaru, Manuel Gonzales Prada, Lolo Fernández y la Calle José Balta para conocer más a fondo la situación problemática, familias perjudicadas y estructuras que se encuentran en mal estado.
- Se identificaron mediante la observación los elementos expuestos ante una inundación fluvial; como son el cauce de la zanora Magllanal, muros de contención de la zanora, badenes, situación

actual del puente peatonal y construcciones de viviendas en la ribera de la zanora Magllanal exponiendo a la población a sufrir daños por inundación fluvial.

- c) Para identificar el nivel de peligro en el área de estudio se consideró el parámetro de evaluación (altura del tirante de agua), esto debido a evidencias de marcas que se observó en los muros de contención de la zanora y para la susceptibilidad a inundación fluvial en el área de estudio se identificaron los factores condicionantes como la pendiente, geomorfología, litología y tipo de suelo que fueron recopilados del SIG (Sistema de Información Geográfica); y como factor desencadenante se consideró la precipitación.
- d) Se realizaron encuestas para el análisis del nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos en función de los factores de exposición, fragilidad y resiliencia de 68 lotes para la dimensión social, económica y ambiental, comprendidos por las calles Dos de Mayo, Pedro Ruiz Gallo, José Carlos Mariátegui, Túpac Amaru, Manuel Gonzales Prada, Lolo Fernández y la Calle José Balta.
- e) Para determinar el nivel de riesgo por inundación fluvial en el área de estudio del Sector Magllanal, se identificó el nivel de peligro y se analizó el nivel de vulnerabilidad tomando en consideración la posibilidad de que la población o su entorno que lo habita sufran daños y pérdidas debido al impacto de una inundación fluvial. Para su determinación se aplicó la metodología CENEPRED; en cual se utilizó el proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1980) para hallar los rangos de niveles de peligro y vulnerabilidad; para luego realizar la combinación entre el peligro y vulnerabilidad y obtener el nivel de riesgo por lote (ver tabla 1).

Finalmente, se estratificaron los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo; y se mapearon en el software ArcGIS 10.8.

Tabla 1. Matriz de Riesgo

MATRIZ DEL RIESGO					
PELIGRO	0.422	0.073	0.102	0.141	0.235
	0.294	0.051	0.071	0.098	0.164
	0.172	0.030	0.042	0.057	0.096
	0.075	0.013	0.018	0.025	0.042
		0.174	0.242	0.335	0.557
	VULNERABILIDAD				

RESULTADOS

Resultados de los elementos expuestos

Dentro del área de estudio se identificaron 68 lotes expuestos ante una inundación fluvial, se observó la situación actual del cauce la cual presenta vegetación y residuos sólidos que la población arroja dentro de la zanora, muros de contención de 2 m de alturas agrietados y erosionados, badenes con tirante hidráulico menor a 0.50 m que están entre las calles, Dos de Mayo, Pedro Ruiz Gallo y Lolo Fernández, se encontraron obstruidos por desmonte desviando el flujo del agua por las calles; el puente peatonal se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento; y se observó columnas y muros de las viviendas construidas dentro de la zanora Magllanal exponiendo a las viviendas y a la población a sufrir daños por inundación fluvial.

Resultados de la identificación del Peligro por inundación fluvial

Se identificó y caracterizó el parámetro evaluación mediante el reconocimiento del área estudiada, en el cual se evidenció que la zanora Magllanal presenta erosión de agua y presencia de residuos sólidos dentro del cauce, siendo susceptibles de obstrucción para la vía fluvial aumentando la altura máxima de tirante de agua hasta 2 m por las precipitaciones pluviales. Las evidencias de marcas en campo nos permitieron considerar la altura de tirante de agua como parámetro de evaluación.

Para el factor desencadenante, la precipitación se recopiló información de datos históricos de la Estación de Jaén el cual fue utilizado para la caracterización del peligro por deslizamiento del cauce de la zanora debido la altura máxima del tirante de agua. Como resultado del factor precipitación mostraron como escenario alto a la categoría extremadamente lluvioso con umbrales de precipitación de $RR > 44.8\text{mm}$ con percentil de $RR/\text{día} > 99\text{p}$.

En la Tabla 2, se muestra los percentiles por umbral de precipitación en la provincia de Jaén, se consideró los descriptores de la precipitación, desde lo más crítico (extremadamente lluvioso) a lo menos crítico (normal).

Tabla 2. Factor desencadenante por inundación fluvial

Parámetro	Descriptores				
Precipitación	$RR/\text{día} > 99\text{p}$ Extremadamente lluvioso	$95\text{p} < RR/\text{día} \leq 99\text{p}$ Muy lluvioso	$90\text{p} < RR/\text{día} \leq 95\text{p}$ (Lluvioso)	$75\text{p} < RR/\text{día} \leq 90\text{p}$ Moderadamente lluvioso	$RR/\text{día} \leq 75\text{p}$ (Normal)

Para evaluar el comportamiento del área estudiada de los factores que condicionan ante una inundación por el aumento de la altura del tirante de agua a causa del fenómeno de lluvias intensas, se consideró aspectos de pendiente, unidades geomorfológicas, litología y tipo de suelo, en la cual para cada uno de

ellos resultó cinco descriptores según las características que presenta el área estudiada, la cual fueron ubicados desde el más crítico al menos influyente como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores condicionantes por inundación fluvial

Parámetro	Descriptores				
Pendiente	>50°	31° - 50°	21°-30°	11°-20°	0°-10°
Geomorfología	Vertiente o piedemonte aluvial	Montaña en roca volcano-sedimentaria	Colina en roca sedimentaria	Llanura o planicie inundable	Montaña en roca sedimentaria
litología	Rocas de grano fino	Depósito aluvial	Fluvial-lacustre	Roca caliza	Fluvial-aluvial
Tipo de suelo	Gravoso, arenoso, limoso y arcilloso	Calizas arenosas	Conglomerado	Areniscas cuarzosas	Limolitas

Estratificación de los niveles de peligro

De la evaluación del parámetro de evaluación, factores condicionantes y desencadenante, se procesó la información en el software ArcGIS para realizar el mapa de zonificación de peligro (ver Figura 2); en el cual se obtuvo como resultado del área estudiada que conforman los 68 lotes estratifica en rangos de peligro muy alto $0.294 \leq P \leq 0.422$ con un 1.47% (1lote), alto $0.172 \leq P < 0.294$ con un 80.88 % (55 lotes) y medio $0.075 \leq P < 0.172$ con un 19.12 % que representa (13 lotes) ante inundación fluvial por la zanora Magllanal. Como resultado general el área de estudio presenta un nivel de peligro medio.

En la Tabla 4, se muestra los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 4. Niveles de peligro del área estudiada

Nivel de peligro	Rango
Muy alto	$0.294 \leq P \leq 0.422$
Alto	$0.172 \leq P < 0.294$
Medio	$0.075 \leq P < 0.172$
Bajo	$0.038 \leq P < 0.075$

En la Tabla 5, se muestra la estratificación del peligro para los niveles de peligro muy alto, alto, medio y bajo.

Tabla 5. Estratificación de los niveles de peligro en el área estudiada

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	En la zona estudiada predomina una altura del tirante de agua de 1.40m - 2m. Pendientes de 31°-50°. Ubicada en unidades geomorfológicas vertiente o piedemonte aluvial y montaña en roca volcano-sedimentaria, litología rocas de grano fino y depósitos aluviales, presenta una geología con un tipo de suelo gravoso, arenoso, limoso, arcilloso y calizas arenosas. Con estaciones extremadamente lluviosas y muy lluviosas.	$0.294 \leq P \leq 0.422$
ALTO	En la zona estudiada predomina una altura del tirante de agua de 0.80m - 1.10m. Pendientes de 21° - 30°. Ubicada en unidades geomorfológicas colina en roca sedimentaria, litología fluvial-lacustre, presenta una geología con un tipo de suelo conglomerados. Con estaciones lluviosas.	$0.172 \leq P < 0.294$
MEDIO	En la zona estudiada predomina una altura del tirante de agua de 0.50m - 0.80m. Pendientes de 11° - 20°. Ubicada en unidades geomorfológicas llanura o planicie inundable, litología roca caliza, presenta una geología con un tipo de suelo areniscas cuarzosas. Con estaciones moderadamente lluviosas.	$0.075 \leq P < 0.172$
BAJO	En la zona estudiada predomina una altura del tirante de agua de 0m - 0.50m. Pendientes de 0° - 10°. Ubicada en unidades geomorfológicas montaña en roca sedimentaria, litología fluvial-aluvial, presenta una geología con un tipo de suelo limolitas. Con estaciones normales.	$0.038 \leq P < 0.075$

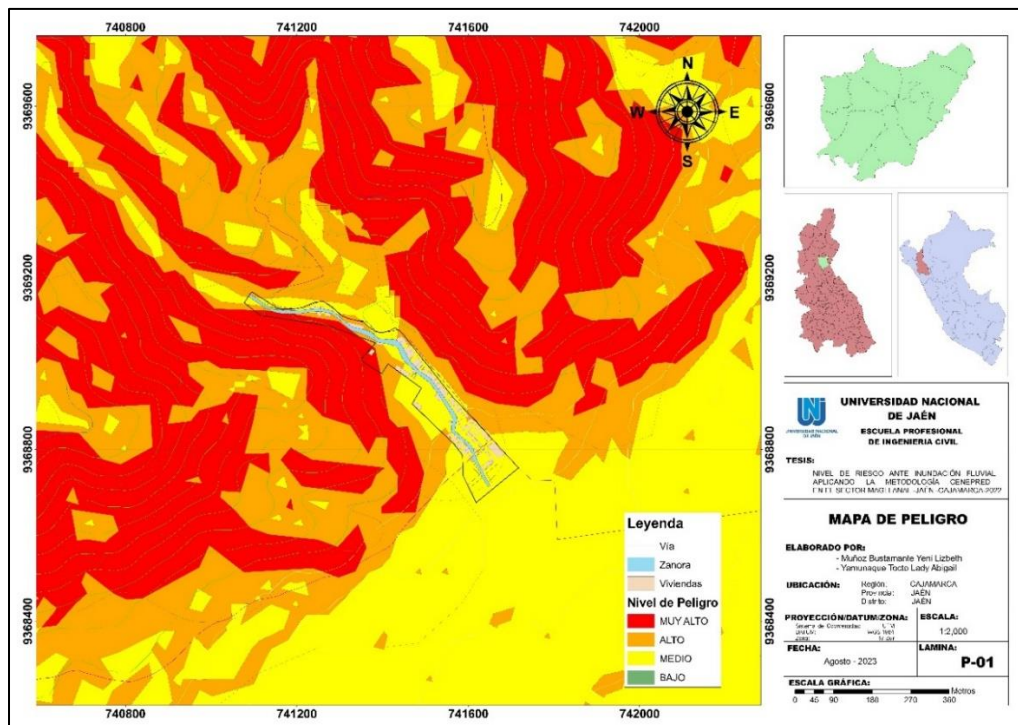


Figura 2. Mapa de zonificación del nivel de peligro del área estudiada.

Resultados del Análisis de la vulnerabilidad por inundación fluvial

Se realizaron encuestas a los 68 lotes del área estudiada comprendidos por las calles Dos de Mayo, Pedro Ruiz Gallo, José Carlos Mariátegui, Túpac Amaru, Manuel Gonzales Prada, Lolo Fernández y la Calle José Balta, se establecieron 5 alternativas para cada pregunta sobre los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, para la dimensión social, económica y ambiental.

En el análisis de la dimensión social, en el factor exposición se consideró en la encuesta los parámetros número de personas a nivel de lotes y tiempo de exposición de su vivienda por inundación; en el factor fragilidad, se consideró los parámetros grupo etario, % de población afectada, acceso a servicios básicos; y en el factor resiliencia, se consideró parámetros como capacitación en temas de GRD, conocimiento sobre algún desastre por inundación, actitud frente a una inundación y campañas de difusión sobre temas de GRD.

En el análisis de la dimensión económica, en el factor exposición se consideró los parámetros cercanía de la zanora a nivel de lotes, servicio básico de agua potable y desagüe expuesto ante una inundación; en el factor fragilidad, se consideró los parámetros material predominante en la estructura de la vivienda, estado de conservación de la vivienda, antigüedad de construcción de la vivienda; y en el factor resiliencia, se consideraron parámetros como la infraestructura cuentan con drenaje, ocupación, cuál es su ingreso promedio familiar y si cuentan con capacitación en temas económicos.

En el análisis de la dimensión ambiental, en el factor exposición se consideró el parámetro cercanía de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario a la zanora, en el factor fragilidad se consideró los parámetros disposición de residuos sólidos, disposición de excretas y en el factor resiliencia, se consideraron parámetros manejo de residuos sólidos y conocimiento en temas ambientales.

Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

Se obtuvo como resultado de las encuestas realizadas a los 68 lotes de la zona estudiada que estratifica en niveles de vulnerabilidad muy alto ($0.335 \leq V \leq 0.557$), alto ($0.242 \leq V \leq 0.335$) y medio ($0.174 \leq V < 0.242$) ante inundación fluvial por la zanora Magllanal. De los 68 lotes tenemos que el 1.47 % (1lote) se encuentra en un nivel muy alto, 72.06 % (49 lotes) se encuentra en un nivel de vulnerabilidad alto y 26.47 % (18 lotes) en un nivel de vulnerabilidad medio.

La Tabla 6 muestra los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de Análisis Jerárquico en el que se realizó la ponderación de los parámetros en la matriz SAATY.

Tabla 6. Niveles de vulnerabilidad del área estudiada

NIVEL DE LA VULNERABILIDAD	RANGO
MUY ALTO	$0.335 \leq V \leq 0.557$
ALTO	$0.242 \leq V < 0.335$
MEDIO	$0.174 \leq V < 0.242$
BAJO	$0.117 \leq V < 0.174$

En la Tabla 7, se muestra la estratificación de la vulnerabilidad para los niveles de peligro muy alto, alto, medio y bajo.

Tabla 7. Estratificación de los niveles de la vulnerabilidad del área estudiada

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Número de personas a nivel de lotes: mayor a 25 habitantes. Tiempo de exposición de su vivienda por inundación: mayor a 4 horas. Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Porcentaje de población afectada: mayor a 50%. Acceso a servicios básicos: no cuenta con ningún servicio. Capacitación en temas de GRD: la población no se capacita con ningún tipo de programa. Conocimiento sobre algún desastre por inundación: sin conocimiento. Actitud frente a una inundación: actitud fatalista. Campañas de difusión sobre temas de GRD: no hay publicidad. Cercanía de la zanora a nivel de lotes: muy cercana 0 km -0.2 km. Servicio básico de agua potable y desagüe expuesto ante una inundación: mayor al 75% del servicio expuesto. Material predominante en la estructura de la vivienda: triplay. Estado de conservación de la vivienda: muy malo. Antigüedad de construcción de la vivienda: de 40 a 50 años. La infraestructura cuenta con drenaje: inexistencia de drenaje. Ocupación: desempleado. Ingreso promedio familiar: mayor a 3000. Capacitación en temas económicos: sin capacitación. Cercanía de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario a la zanora: menor de 25 m. Disposición de residuos sólidos: desechar en quebradas y cauces.	$0.335 \leq P \leq 0.557$
ALTO	Número de personas a nivel de lotes: de 15 a 25 habitantes. Tiempo de exposición de su vivienda por inundación: de 2.5 a 4 horas. Grupo etario: de 6 a 12 años y de 60 a 65 años. Porcentaje de población afectada: de 35 a 50%. Acceso a servicios básicos: tiene red de agua y alcantarillado. Capacitación en temas de GRD: la población esta escasamente capacitada. Conocimiento sobre algún desastre por inundación: escaso conocimiento. Actitud frente a una inundación: actitud escasamente previsor. Campañas de difusión sobre temas de GRD: escasa publicidad. Cercanía de la zanora a nivel de lotes: cercana 0.2 km -1 km. Servicio básico de agua potable y desagüe expuesto ante una inundación: de 50% a 75% del servicio expuesto. Material predominante en la estructura de la vivienda: madera y quincha. Estado de conservación de la vivienda: malo. Antigüedad de construcción de la vivienda: de 30 a 40 años. La infraestructura cuenta con drenaje: drenaje deteriorado. Ocupación: muy poca permanencia a un empleo. Ingreso promedio familiar: de 1200 a 3000. Capacitación en temas económicos: escasa capacitación. Cercanía de los componentes del sistema	$0.242 \leq P < 0.335$

	<p>de alcantarillado sanitario a la zanora: de 25m a 50m. Disposición de residuos sólidos: desecha en el cauce de la zanora. Disposición de excretas: letrina con arrastre. Manejo de residuos sólidos: deposita en un solo envase. Conocimiento en temas ambientales: conocimiento erróneo.</p>	
<p>MEDIO</p>	<p>Número de personas a nivel de lotes: de 4 a 15 habitantes. Tiempo de exposición de su vivienda por inundación: de 0.5 a 2.5 horas. Grupo etario: de 12 a 15 años y 50 a 60 años. Porcentaje de población afectada: de 10 a 35%. Acceso a servicios básicos: tiene red de agua y alumbrado_ alcantarillado y alumbrado. Capacitación en temas de GRD: la población se capacita con regular-mayor frecuencia. Conocimiento sobre algún desastre por inundación: regular conocimiento. Actitud frente a una inundación: actitud previsor. Campañas de difusión sobre temas de GRD: publicidad masiva y poco frecuente. Cercanía de la zanora a nivel de lotes: alejada 1 km -5 km. Servicio básico de agua potable y desagüe expuesto ante una inundación: de 10% a 50% del servicio expuesto. Material predominante en la estructura de la vivienda: adobe. Estado de conservación de la vivienda: regular. Antigüedad de construcción de la vivienda: de 10 a 30 años. La infraestructura cuenta con drenaje: drenaje operativo sin limpieza. Ocupación: regular permanencia a un empleo. Ingreso promedio familiar: de 149 a 1200. Capacitación en temas económicos: regular capacitación. Cercanía de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario a la zanora: de 50m a 250m. Disposición de residuos sólidos: desecha en vías, calles y botaderos. Disposición de excretas: letrina tipo pozo seco unidad básica de saneamiento. Manejo de residuos sólidos: selecciona orgánico e inorgánico o reuso y compostage. Conocimiento en temas ambientales: conocimiento limitado o conocimiento, pero sin interés.</p>	<p>$0.174 \leq P < 0.242$</p>
<p>BAJO</p>	<p>Número de personas a nivel de lotes: menor a 4 habitantes. Tiempo de exposición de su vivienda por inundación: menor a 0.5 horas. Grupo etario: de 15 a 50 años. Porcentaje de población afectada: menor a 10%. Acceso a servicios básicos: Tiene red de agua, alcantarillado y alumbrado. Capacitación en temas de GRD: la población es capacitada constantemente. Conocimiento sobre algún desastre por inundación: total conocimiento. Actitud frente a una inundación: actitud totalmente previsor. Campañas de difusión sobre temas de GRD: publicidad totalmente masiva y frecuente. Cercanía de la zanora a nivel de lotes: muy alejada mayor a 5km. Servicio básico de agua potable y desagüe expuesto ante una inundación: menor al 10% del servicio expuesto. Material predominante en la estructura de la vivienda: ladrillo. Estado de conservación de la vivienda: muy bueno. Antigüedad de construcción de la vivienda: de 5 a 10 años. La infraestructura cuenta con drenaje: drenaje óptimo. Ocupación: estable permanencia a un empleo. Ingreso promedio familiar: menor a 149. Capacitación en temas económicos: muy bien capacitados. Cercanía de los componentes del sistema de alcantarillado sanitario a la zanora: mayor de 250 m. Disposición de residuos sólidos: desechan en carro recolector. Disposición de excretas: con instalación conectada a la red. Manejo de residuos sólidos: clasificación por material. Conocimiento en temas ambientales: conocimiento erróneo.</p>	<p>$0.117 \leq P < 0.174$</p>

En la Figura 3, se muestra el mapa de vulnerabilidad por inundación fluvial en el área estudiada del Sector Magllanal, encontrado a partir de los elementos expuestos la cual se obtuvo a través del proceso de información en el software ArcGIS.

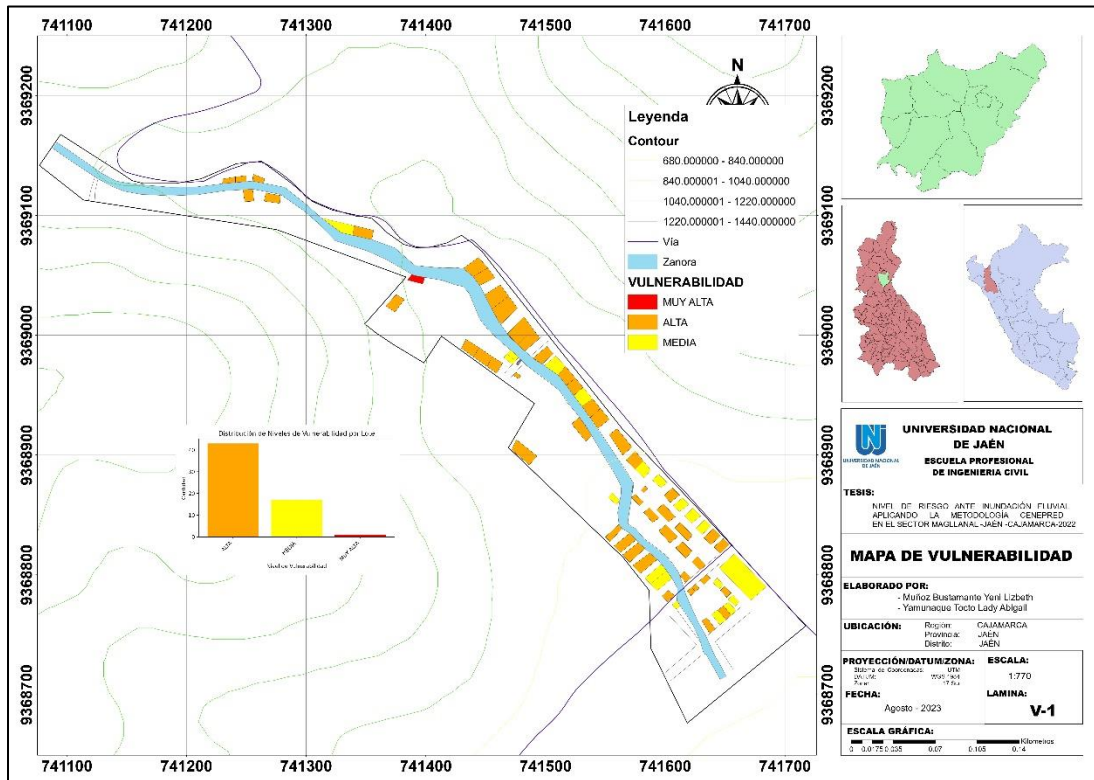


Figura 3. Mapa de zonificación del nivel de vulnerabilidad del área estudiada.

Determinación del nivel de riesgo por inundación fluvial

Se realizó la combinación entre peligro y vulnerabilidad obteniéndose el nivel de riesgo de los 68 lotes por inundación fluvial en el área de estudio del Sector Magllanal, en el cual 1.47% (1lote) tiene un riesgo muy alto, el 69.12% (47 lotes) tienen un riesgo alto y 29.4% (20 lotes) tienen un riesgo medio frente a inundación fluvial de la zanora Magllanal. Como resultado general el área estudiada presenta un nivel de riesgo alto.

Estratificación de los niveles de riesgo

En la tabla 8, se muestra los niveles de riesgo muy alto, alto medio y bajo por inundación fluvial en los 68 lotes del área estudiada, y en la tabla 9 se muestra la estratificación de los niveles de riesgo.

Tabla 8. Niveles de riesgo del área estudiada

NIVEL DE RIESGO	RANGO
MUY ALTO	$0.098 \leq R \leq 0.235$
ALTO	$0.042 \leq R < 0.098$
MEDIO	$0.013 \leq R < 0.042$
BAJO	$0.004 \leq R < 0.013$

Tabla 9. Estratificación de los niveles de riesgo del área estudiada

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGOS
MUY ALTO	<p>Esta zona presenta una susceptibilidad física muy alta se encuentra ubicada en pendientes de 31°-50°. Ubicada en unidades geomorfológicas vertiente o piedemonte aluvial y montaña en roca volcano-sedimentaria, litología rocas de grano fino y depósitos aluviales, presenta una geología con un tipo de suelo gravoso, arenoso, limoso, arcilloso y calizas arenosas; y existe la probabilidad de posibles inundaciones que pueden ser activadas por precipitaciones pluviales con umbrales de categoría extremadamente lluvioso y muy lluvioso.</p> <p>Se encuentran lotes muy cerca de la zanora, el material de construcción predominantemente es de triplay, su estado de conservación es muy malo, con ningún servicio básico, la disposición de excretas se da sin servicio higiénico; exposición al 50% de habitantes a más de 4 horas por inundación; así mismo predomina el número de habitantes mayor a 25, la población menores a 5 años y mayores a 65, no tienen conocimiento en temas de gestión de riesgo de desastres, la organización social es fatalista ya que no participan en reuniones ni coordinan reuniones con otras agrupaciones vecinales, la familia está desempleada o solo están dedicados al hogar, las viviendas no cuentan con drenaje, la población no maneja los residuos sólidos, desecha residuos en quebradas y cauces; y no tienen conocimiento en temas económicos y ambientales.</p>	$0.098 \leq R \leq 0.235$
ALTO	<p>Esta zona presenta una susceptibilidad física muy alta se encuentra ubicada en pendientes de 21° - 30°. Ubicada en unidades geomorfológicas colina en roca sedimentaria, litología fluvial-lacustre, presenta una geología con un tipo de suelo conglomerados., y existe la probabilidad de posibles inundaciones que pueden ser activadas por precipitaciones pluviales con umbrales de categoría lluvioso.</p> <p>Se encuentran lotes cerca de la zanora, el material de construcción predominantemente es de madera y quinchá, su estado de conservación es malo, con dos servicios básicos, la disposición de excretas se da con letrina con arrastre; exposición de 35° a 50% de habitantes de 2.5 a 4 horas por inundación; así mismo predomina el número de habitantes de 15 a 25, la población de 6 a 12 años y de 60 a 65 años, tienen escaso conocimiento en temas de gestión de riesgo de desastres, la organización social tiene una actitud escasamente previsor, la familia tiene muy poca permanencia a un puesto de trabajo, las viviendas cuentan con drenaje deteriorado, la población deposita los residuos en un solo envase, desecha residuos en el cauce de la zanora; y tienen conocimiento erróneo en temas económicos y ambientales.</p>	$0.042 \leq R < 0.098$
MEDIO	<p>Esta zona presenta una susceptibilidad física muy alta se encuentra ubicada en pendientes de 11° - 20°. Ubicada en unidades geomorfológicas llanura o planicie inundable, litología roca caliza, presenta una geología con un tipo de suelo areniscas cuarzosas., y existe la probabilidad de posibles inundaciones que pueden ser activadas por precipitaciones pluviales con umbrales de categoría moderadamente lluvioso.</p> <p>Se encuentran lotes medianamente cerca y alejada de la zanora, el material de construcción predominantemente es de adobe, su estado de conservación es regular y bueno, con dos</p>	$0.013 \leq R < 0.042$

servicios básicos, la disposición de excretas se da con letrina tipo pozo seco o unidad básica de tratamiento; exponiendo de 10% a 35% de habitantes desde 0.5 a 2.5 horas por inundación; así mismo predomina el número de habitantes de 4 a 15, la población de 13 a 30 años, tienen conocimiento limitado o sin interés en temas de gestión de riesgo de desastres, la organización social es regular ya que tienen una actitud previsora, la familia tiene poca y regular permanencia a un empleo, las viviendas cuentan con drenaje operativo sin limpieza, la población desecha los residuos sólidos en calles, vías y botaderos.; y tienen conocimiento limitado y sin interés en temas económicos y ambientales.

BAJO

Esta zona presenta una susceptibilidad física muy alta se encuentra ubicada en pendientes de 0° - 10°. Ubicada en unidades geomorfológicas montaña en roca sedimentaria, litología fluvial-aluvial, presenta una geología con un tipo de suelo limolitas., y existe la probabilidad de posibles inundaciones que pueden ser activadas por precipitaciones pluviales con umbrales de categoría extremadamente lluvioso.

Se encuentran lotes muy alejados de la zanora, el material de construcción predominantemente es de ladrillo, su estado de conservación es muy bueno, con los tres servicios básicos, la disposición de excretas se da con instalación sanitaria conectada a la red; exponiendo menor a 10% de habitantes en menos de 0.5 horas por inundación; así mismo predomina el número de habitantes de menor a 4, la población de 31 a 54 años, tienen conocimiento y lo aplica en temas de gestión de riesgo de desastres, la organización social es buena ya que tienen una actitud totalmente previsora, la familia tiene estable permanencia a un empleo, las viviendas cuentan con drenaje óptimo, la población desecha los residuos sólidos en el carro recolector; y tienen conocimiento en temas económicos y ambientales.

$$0.004 \leq R < 0.013$$

A través del Software ArcGIS se elaboró el mapa de nivel de riesgo encontrado a partir de los elementos expuestos por inundación fluvial en el área del Sector Magllanal, como se muestra en la Figura 4.

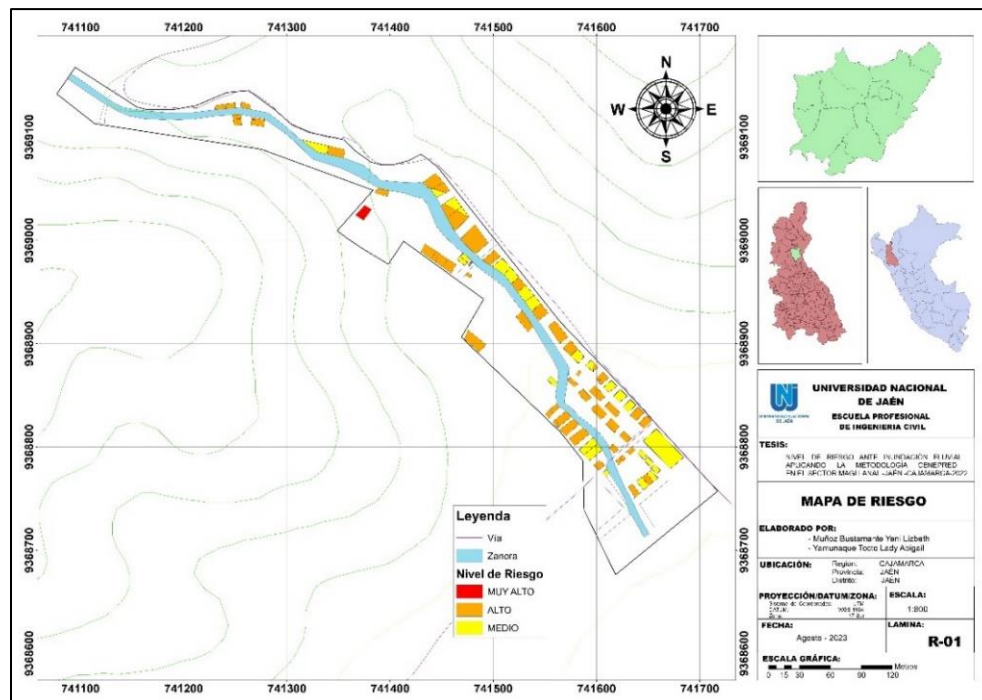


Figura 4. Mapa de zonificación del nivel de riesgo del área estudiada.

DISCUSIÓN

En comparación con la investigación García et al. (2021), utilizó la Evaluación Multicriterio mediante el uso de SIG (Sistema de Información Geográfica) para el análisis de factores condicionantes como tipo de suelo, pendiente topográfica y geomorfología en la cual la susceptibilidad a sufrir inundaciones en la cuenca inferior de Rio Negro Argentina es media y alta por tener un suelo deficiente y pendientes topográficas de 1 %, sin embargo, en nuestra investigación para determinar la susceptibilidad en el área de estudio a sufrir inundaciones por el desborde de la zanora Magllanal a causa del fenómeno de lluvias intensas se utilizó la Metodología CENEPRED en la cual se usó la información Geográfica (SIG), para el análisis y registro de datos de factores condicionantes como pendiente, geomorfología, geología y tipo de suelo; obteniendo una susceptibilidad muy alta y media por tener pendientes entre 11°-30° a sufrir inundaciones por el desborde de la zanora Magllanal. Fraga et al. (2021), sostiene que el riesgo de inundación muestra una mejor predicción en las cuencas de mayor tamaño; además, mediante la herramienta Modelo de Evaluación del Riesgo Local de Inundación (MERLIN) estima el riesgo de inundación a partir de modelos meteorológicos, hidrológicos e hidráulicos, demostrando ser una herramienta fiable y precisa para delimitar la extensión de la inundación esperada, a comparación de nuestra investigación se determinó el nivel de riesgo mediante la metodología CENEPRED, en el cual se identificó el parámetro de evaluación y susceptibilidad del peligro, analizó el nivel de vulnerabilidad de los elementos expuestos en función de la fragilidad, exposición y resiliencia, obteniendo un nivel de riesgo alto, en la cual a pesar de tener una cuenca pequeña, ante lluvias extremadamente intensas el caudal de la zanora aumenta en consecuencia genera desbordamiento por inundación fluvial .

CONCLUSIONES

El presente estudio aplicó la metodología CENPRED 2014, para determinar el nivel de riesgo ante inundación fluvial en el Sector Magllanal, Jaén, Cajamarca. Los resultados revelaron un nivel alto en esta área. En respuesta a esta determinación la investigación proporciona una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de medidas de mitigación.

Las medidas propuestas, tanto estructurales como no estructurales, son fundamentales para reducir la vulnerabilidad de la comunidad a inundaciones durante lluvias extremadamente intensas. Entre estas medidas se incluyen la construcción de obras de drenaje pluvial, muros de contención reforzados, puentes peatonales y alcantarillas para mejorar la movilidad peatonal y vehicular. Además, se recomienda la limpieza del cauce de la zanora Magllanal, la capacitación de la población en materia de riesgos de

desastres, la identificación de rutas de evacuación y la designación de zonas seguras como medidas de alerta temprana. La implementación de estas medidas no solo protegerá a la población y sus viviendas de los riesgos asociados a las inundaciones fluviales, sino que también contribuirá de manera significativa al desarrollo sostenible de la Provincia de Jaén.

Esta investigación proporciona una base sólida para que las autoridades puedan tomar medidas concretas y realizar inversiones públicas necesarias en la mitigación de este problema, mejorando así la seguridad y el bienestar de la comunidad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2018). *Identificación de puntos críticos con riesgo a inundaciones en ríos y quebradas 2017*. Obtenido de file:///C:/Users/Dell/Downloads/ANA0002881_3.pdf
- Defensoría del Pueblo. (2018). *Seguimiento a las Intervenciones del Estado Post Fenómeno el Niño Costero 2017, en el Marco de los Procesos de Rehabilitación y Reconstrucción*. Obtenido de www.defensoria.gob.pe
- Fraga, I., Cea, L., Puertas, J., Mosqueira, G., Quinteiro, B., Botana, S., . . . Taboada, J. (2021). MERLIN: A new tool for flood hazard forecasting at the Galicia-Costa. *Ingeniería del Agua*, 25(3), 215-227. <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/ia.2021.15565>
- García, G., Piccolo, M., & Bohn, V. (2021). Estimación de la susceptibilidad a inundaciones en la cuenca inferior del Río Negro, Argentina. *Finisterra*, 56(118), 51-70. *Finisterra*, 56(118), 51-70. <https://doi.org/10.18055/finis21647>
- Munich RE. (10 de Enero de 2022). *Hurricanes, cold waves, tornadoes: Weather disasters in USA dominate natural disaster losses in 2021*. Obtenido de <https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2022/natural-disaster-losses-2021.html>
- Swiss Re. (2022). *Natural catastrophes in 2021:the floodgates are open*. (1). Obtenido de <https://www.swissre.com/dam/jcr:326182d5-d433-46b1-af36-06f2aedd9d9a/swiss-re-institute-sigma-natcat-2022.pdf>

Tellman, B., Sullivan, J. A., Kuhn, C., Kettner, A. J., Doyle, C. S., Brakenridge, G. R., . . . Slayback, D. A. (2021). Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature*, 596, 80-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41586-021-03695-w>