

# Regiones Altoandinas y su vulnerabilidad socioeconómica: caso zona urbana de Puno

## High Andean regions and their socioeconomic vulnerability: the case of the urban area of Puno

Nancy Zevallos<sup>1,2\*</sup>

### Resumen

En los últimos tiempos se han incrementado los riesgos de desastres causados por eventos naturales a consecuencia del cambio climático. La magnitud de un desastre a consecuencia del impacto de un peligro natural sobre un sistema humano depende no solo del tipo e intensidad del peligro, depende también de las condiciones socioeconómicas de la comunidad. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de vulnerabilidad socioeconómica a los desastres naturales en la zona urbana de la ciudad de Puno, región altoandina del sur del Perú. Esto se logró mediante el uso de la técnica del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en combinación con los sistemas de información geográfica (SIG). Se realizó un cuestionario semiestructurado a una muestra aleatoria de 256 personas. Se recopiló datos de vulnerabilidad a cinco tipos distintos de peligros a los cuales está expuesta la población: inundaciones, erosión, caída de rocas, deslizamientos y suelos inestables. Se trabajó con catorce indicadores en las dimensiones de exposición, fragilidad y resiliencia. Como resultado se obtiene un mapa de vulnerabilidad socioeconómica, mostrando niveles de vulnerabilidad correspondiente a una alta y muy alta vulnerabilidad de las zonas periféricas de la zona de estudio. Los hallazgos de esta investigación serán útiles para que los encargados de la formulación de políticas en gestión de riesgo de desastres tomen decisiones informadas para reducir la vulnerabilidad e incrementar de la resiliencia de la población altoandina de Puno.

**Palabras clave:** Exposición, resiliencia, Proceso Analítico Jerárquico, evaluación de la vulnerabilidad.

### Abstract

In recent times, the risks of disasters caused by natural events have increased as a result of climate change. The magnitude of a disaster resulting from the impact of a natural hazard on a human system depends not only on the type and intensity of the hazard, but also on the socioeconomic conditions of the community. The objective of this research was to determine the level of socioeconomic vulnerability to natural disasters in the urban area of the city of Puno, in the High Andean region of southern Peru. This was achieved by using the Analytical Hierarchical Process (AHP) technique in combination with Geographic Information Systems (GIS). A semi-structured questionnaire was applied to a random sample of 256 people. Vulnerability data was collected for five different types of hazards to which the population is exposed: floods, erosion, rockfall, landslides, and unstable soils. Fourteen indicators were used in the dimensions of exposure, fragility and resilience. As a result, a socioeconomic vulnerability map was obtained, showing levels of vulnerability corresponding to the levels of high and very high vulnerability of the peripheral areas of the study area. The findings of this research will be helpful for those in charge of policy-formulation in disaster risk-management to take informed decisions in reducing the vulnerability and increasing the resilience of the High Andean population of Puno.

**Keywords:** Exposure, resilience, Hierarchical Analytical Process, vulnerability assessment.

**Recibido:** 21/06/2023

**Aceptado:** 01/08/2023

**Publicado:** 08/08/2023

**Sección:** Artículo original

\*Autor correspondiente: [nzevallos@unap.edu.pe](mailto:nzevallos@unap.edu.pe)

### Introducción

Como resultado del cambio climático, nos encontramos ante la probabilidad de que ocurran eventos naturales extremos (IPCC et al., 2022; Zhang et al., 2022) como inundaciones, terremotos, deslizamientos, entre otros, con consecuencias desastrosas (Hunt et al., 2017). Un desastre ocurre siempre y cuando exista un sistema social expuesto y vulnerable, puesto que si ocurre el impacto de una amenaza natural y no hay una población afectada entonces no se genera un desastre. Es así que Wilches (1989) considera a los desastres como un fenómeno social con origen en las actividades humanas, donde las condiciones sociales y económicas previas son determinantes.

La exposición de las personas, asentándose en lugares peligrosos, el crecimiento exponencial de la población, el cambio en el uso del suelo (Yu, 2022) el

desconocimiento y desinterés de los gobernantes de turno y de la población en general son los principales factores que ponen a las comunidades en alto riesgo de sufrir pérdidas materiales, económicas y hasta humanas.

El riesgo es una función del peligro por la vulnerabilidad (Aversa et al., 2020). El peligro o amenaza es un evento natural extremo difícil de predecir y controlar con diferentes intensidades y grados de severidad, el cual es considerado como un agente externo del riesgo; en cambio la vulnerabilidad

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2221-8513>

<sup>2</sup> Universidad Nacional Federico Villarrea, Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2221-8513>

**Como citar:** Zevallos, N. (2023). Regiones Altoandinas y su vulnerabilidad socioeconómica: caso zona urbana de Puno. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 25(3), 179–189. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.543>



de un sistema social es un agente interno definiéndose como su predisposición a ser afectado adversamente, incluyendo su incapacidad para adaptarse y recuperarse (IPCC, 2014; Sharma & Ravindranath, 2019; Hejazi et al., 2022); sin embargo, no se llega a un consenso en su definición por ser multidisciplinaria. De acuerdo a Mileti (1999), desde el enfoque riesgo amenaza se entiende a la vulnerabilidad como la mezcla de factores sociales, económicos y biofísicos. El estudio de la vulnerabilidad proporciona la base científica para la aplicación de políticas de mitigación de desastres (Cutter, 2009).

Los estudios de la vulnerabilidad social como eje central en la reducción de riesgo de desastres son considerados desde inicios de 1980 (Gaillard, 2019). La vulnerabilidad inicia y se acumula en las comunidades, incrementándose continuamente en el tiempo y está directamente relacionada con su nivel de desarrollo social y económico (Cardona, 2010). La vulnerabilidad está íntimamente relacionada con la pobreza y marginación de cierto grupo de personas, siendo un factor determinante para una mayor vulnerabilidad; hay varios indicadores que lo caracterizan como viviendas sin acceso a servicios básicos, dependencia social, bajo nivel de educación, hogares numerosos (Roncancio et al., 2020), bajos ingresos, género, etnicidad, edad (Fekete & Rufat, 2023; Apotsos, 2019); es así que se habla de una construcción social de la vulnerabilidad (Travieso et al., 2023) con procesos económicos, sociales, políticos e históricos particulares (Cutter, 2009).

Recientemente la comunidad internacional reconoce que el género conduce a una desigualdad estructural recomendando la inclusión de la perspectiva de género para reducir la vulnerabilidad en las mujeres (Petraroli & Baars, 2022), así mismo los niños (Niazi et al., 2022), ancianos y discapacitados resultan siendo los grupos más vulnerables (Gaillard, 2010). Según los estudios de la vulnerabilidad social en la población, los grupos con mayor vulnerabilidad son más propensos a sufrir mayores daños e inclusive morir, con pocas posibilidades de recuperarse en un tiempo corto de las pérdidas sufridas luego del desastre, razón por la cual es fundamental la identificación de la población expuesta para su rápida recuperación luego del impacto del peligro (Assis Dias et al., 2020).

Para una efectiva reducción del riesgo, se deben identificar, comprender y analizar las características socioeconómicas de la población que incrementan su vulnerabilidad, conocer cómo estos sistemas están preparados para anticipar, responder y recuperarse del impacto negativo, (Assis Dias et al., 2020; Kashyap & Mahanta, 2021), es decir enfocarse en la vulnerabilidad más que en el peligro como un agente generador de riesgo (Travieso et al., 2023), teniendo en consideración

que a mediano y largo plazo resulta más efectivo invertir en la mitigación del riesgo.

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones sobre reducción de riesgo de desastres, sin embargo, aún no se logra garantizar el desarrollo de las comunidades con una debida planificación urbana, garantizando el uso adecuado de las normas de construcción y planificación del uso de la tierra, las ciudades siguen creciendo rápidamente sin integrar la reducción de riesgo de desastres en la planificación de las ciudades (Kalaycıoğlu et al., 2023). Para un desarrollo sostenible a nivel urbano y regional es fundamental la evaluación de la vulnerabilidad y resiliencia frente a amenazas naturales (Arvin et al., 2023), la resiliencia de una comunidad ante un desastre es esencial para minimizar los efectos adversos de este (Choi & Song, 2022; Nejat et al., 2022)

La cuantificación de la vulnerabilidad es una herramienta útil a las autoridades en la preparación de planes y proyectos destinados a mitigar el riesgo de desastres y reducir las pérdidas especialmente en el ámbito social (Eini et al., 2020; Hofflinger et al., 2019), así mismo, tener mapeado las zonas con alta vulnerabilidad mejora la toma de decisiones (Ha-Mim et al., 2022).

El objetivo del estudio fue determinar la vulnerabilidad socioeconómica de la zona urbana de la ciudad altoandina de Puno, como herramienta para la toma de decisiones de los encargados de formular las políticas públicas en nuestro país; esta investigación podría aplicarse a regiones altiplánicas para la integración de planes de mitigación y reducción de riesgo de desastres.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

En la zona altiplánica sur del Perú, a orillas del Lago Titicaca, se ubica la ciudad de Puno, capital del departamento de Puno, a una altura de 3810 m.s.n.m. en la parte baja de la ciudad. Geográficamente se ubica entre las coordenadas 15°50'32" latitud sur y 69°49'52" longitud oeste (Boulangé & Aquize Jaen, 1981). De acuerdo al INEI, para el año 2022, el departamento de Puno está dentro de las cuatro regiones más pobres a nivel nacional con un 41% de pobreza total y una de las tres primeras en extrema pobreza con un 10,8% a nivel nacional. Se reporta una tasa de 8,6% de analfabetismo de la población con más de 15 años en la región Puno, con una diferencia marcada entre la tasa de analfabetismo de las mujeres respecto al de los hombres 16% y 4,7% respectivamente.

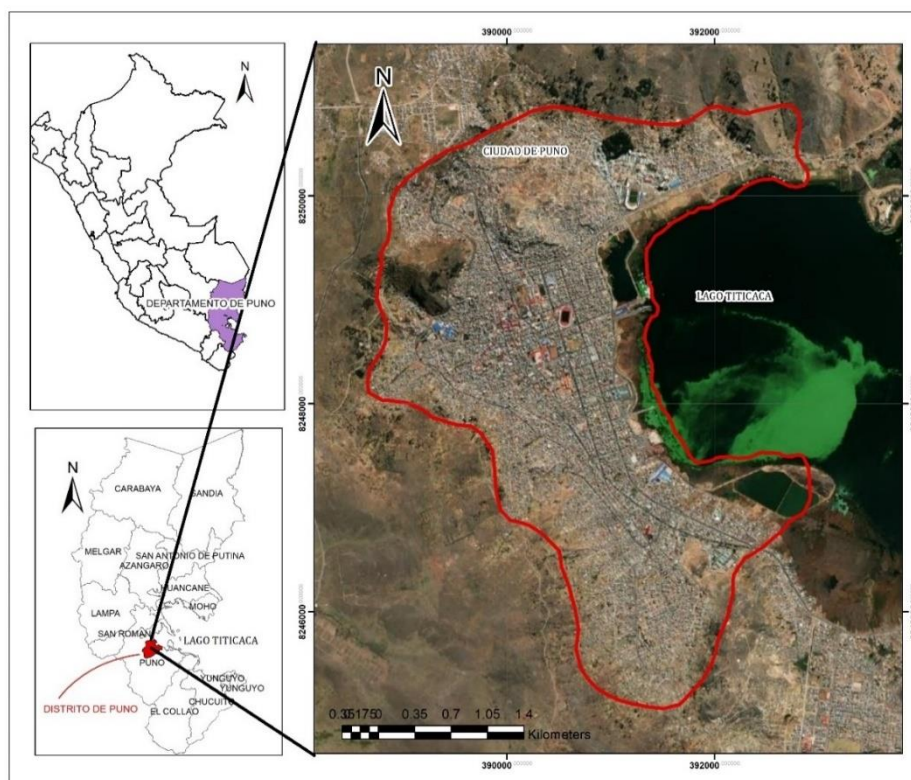


Figura 1. Ubicación del área de estudio

### Recolección de datos, metodología y muestreo

Los criterios para determinar la vulnerabilidad socioeconómica se basaron en una extensa revisión bibliográfica. Para los datos socioeconómicos se recurre al Instituto nacional de estadística e informática (INEI) y para los datos meteorológicos al servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI).

De la revisión de la literatura y la verificación en campo, se identificó cinco tipos de peligros a los cuales está expuesta en forma recurrente la ciudad altoandina de Puno, estos son: inundaciones, erosión, suelos inestables y en menor magnitud caída de rocas y deslizamientos.

Los mapas de pendiente realizados a partir del modelo de elevación digital (DEM) Alos Palsar 12,5, muestran las pendientes escarpadas en la parte alta de la ciudad y casi nulas en la parte baja, cerca al lago Titicaca. Se contrasta la información bibliográfica de la geología y geomorfología de la zona con los mapas tomados del instituto geográfico nacional (IGN) y del instituto geológico, minero y metalúrgico del Perú (INGEMMET).

Para obtener el mapa de vulnerabilidad se usó técnicas geoespaciales, combinando el Sistema de información Geográfico (SIG) con la técnica de criterios múltiples denominada Proceso Analítico Jerárquico (AHP). El mapeo de la vulnerabilidad socioeconómica a los peligros identificados, se realizó a partir de 14

indicadores, seleccionados bajo una exhaustiva revisión bibliográfica. Al ser la vulnerabilidad social el resultado de la desigualdad social y territorial, se puede cuantificar usando indicadores de vulnerabilidad social (Cutter et al., 2012), así mismo, se debe tener en consideración que la selección de los indicadores son particulares en cada localidad y sociedad (Mavhura et al., 2017), los pesos de cada uno de los indicadores se obtuvieron por el método del AHP, verificando para cada matriz la respectiva consistencia, se generó valores de la vulnerabilidad en cuatro niveles los que son procesados en el Arc Gis V 10.8 generando valores espaciales y el mapa de vulnerabilidad.

Se seleccionó una muestra probabilística, con un nivel de confianza de 95% y margen de error de 5%; mediante muestreo aleatorio simple, en una etapa, de 256 personas mayores de 18 años, jefes de hogar, residentes en la ciudad de Puno, a quienes se aplicó un cuestionario semiestructurado para determinar su condición socioeconómica. Como marco de muestreo, se tuvo el plano catastral la ciudad de Puno con representación de manzanas y numeración de viviendas.

### Ponderación de criterios en la técnica del Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

Una de las técnicas de decisión multicriterio más usadas para la ponderación de los factores de la vulnerabilidad y riesgos es el AHP (Fatemi et al., 2017), debido a su flexibilidad y coherencia durante todo el

proceso (Radwan et al., 2019; Ha-Mim et al., 2022; Das, 2020), para su aplicación se usó la escala de valoración del uno al nueve de Saaty, donde uno refiere a una importancia equivalente de dos criterios de comparación y nueve, la importancia extrema de un elemento sobre otro (Saaty, 1980). Se aplicó las ecuaciones (1) y (2) para determinar la consistencia de la matriz, el índice de consistencia (IC) debe ser menor a 0,10, caso contrario sería una matriz inconsistente y sin fiabilidad.

$$\text{Índice de consistencia} \quad IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1)} \quad (1)$$

$$\text{Ratio de consistencia} \quad RC = \frac{IC}{IA} \quad (2)$$

Donde,  $\lambda_{\max}$  representa al promedio de la suma del vector suma ponderado entre el vector de priorización,  $n$  es el tamaño de la matriz y  $IA$  es un índice aleatorio (Saaty, 1980).

## Resultados

### Factores condicionantes y desencadenantes de peligros

Los factores que condicionan los peligros en la ciudad de Puno son: la geomorfología característica del altiplano, rodeada de montañas con altitudes de hasta 4250 m.s.n.m. En la parte baja se tiene la unidad geomorfología denominada llanura de inundación. Otro factor son las unidades geológicas de depósitos aluviales en toda la franja baja que incrementa la probabilidad de inundaciones. El tipo de suelo es otro factor importante, en toda la zona aledaña al lago se tiene una capacidad portante del suelo que va de 0 a 1,4 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo suelos muy inestables entre arcillas de baja plasticidad, limos de baja y alta plasticidad con estratos de arena, en algunas zonas hay presencia de materia orgánica, además, el nivel freático que va desde 0,6 a 0,8 metros desde la superficie, ha originado asentamientos en algunas viviendas mayores a 10 cm., al ser construidos muchas veces sobre rellenos de basura y sin un adecuado direccionamiento técnico. Respecto a la litología, en la parte alta de la ciudad se tiene la presencia de rocas sedimentarias y volcánicas con fuerte fracturamiento.

La pendiente, es otro factor condicionante; se tiene pendientes muy pronunciadas en la parte alta que van desde 15 a 45 grados originando erosión y colmatación del sistema de drenaje, la fuerte pendiente ha ocasionado en algunas zonas el desprendimiento de rocas y deslizamientos. En cambio, en la parte baja de la ciudad se presentan pendientes menores a 5 grados que condicionan esas áreas a inundaciones. La pendiente es un factor muy importante que incrementa el riesgo de inundaciones y deslizamientos (Arvin et al., 2023).

Los factores que desencadenan los peligros en área de investigación son las extremas precipitaciones pluviales, de acuerdo al SENAMHI el umbral de precipitación diaria de la estación Puno es extremadamente lluvioso con una cantidad acumulada de precipitación máxima en 24 horas de 31,4 mm. La mayor inundación registrada en Puno fue en marzo del año 1986 con intensas precipitaciones pluviales que fueron recargando el lago desde setiembre de 1985 y consecuentemente se produjo el incremento extraordinario del nivel promedio y desborde del lago Titicaca por encima de dos metros de su nivel promedio, inundando todas las zonas aledañas al lago, con cuantiosas pérdidas económicas y materiales (Sztorch et al., 1989). Otro factor desencadenante son los sismos, de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú, Puno se encuentra en la zona tres, teniendo reportes de actividad sísmica en menor magnitud y frecuencia originado por las deformaciones corticales en la zona subandina.

### Características socioeconómicas

Los cuestionarios realizados han servido de base para determinar la vulnerabilidad socioeconómica, éstos indican que un 38% de la población es de sexo masculino y un 38,9 % de sexo femenino, hay un 23,1% de niños, siendo los más vulnerables las mujeres y niños que en total ascienden a un 62% de la población.

Respecto a la educación, se verifica que las mujeres entre 28 y 37 años tienen un nivel de instrucción superior, que representa el 9,7%, mientras que las mujeres entre 38 y 47 años han completado la secundaria representando un 12,1% y mujeres de entre 58 y 67 años tienen solo primaria completa que son el 3,5% de la población. Se considera que a menor grado de instrucción hay una mayor vulnerabilidad.

Para la exposición social y económica se observa que las viviendas e infraestructura y la población proveniente en su mayoría de zonas rurales, se han asentado en lugares inundables, muy cercanos al lago Titicaca entre las cotas 3810 a 3812 msnm., teniendo además suelos en esta zona de muy mala calidad, lo que ha originado el fisuramiento de elementos estructurales de las edificaciones y la rápida falla de la infraestructura construida, tal es el caso de la avenida Simón Bolívar, se presentan fallas estructurales de leves a muy fuertes en más de 60 viviendas que comprometen a más del 50% de la estructura en los casos más críticos, estando algunas de las viviendas inhabitables en la urbanización San Valentín.

En la parte alta de la ciudad, la expansión de la población ocupa hasta la parte alta de los cerros que rodean a la ciudad, exponiendo a los pobladores



a los peligros de caída de rocas y deslizamientos, especialmente en la zona de Alto Huascar, Machallata y Azoguine.

Los datos de la fragilidad se han determinado mediante el acceso a servicios básicos teniendo un 96,5% y un 98,1% de viviendas con acceso al servicio de agua potable y alcantarillado dentro de su vivienda respectivamente, mientras que un 100% de la población tiene acceso al servicio de energía eléctrica. Se ha considerado además los datos del tipo de material en muros y techos de las viviendas y su estado de conservación, teniendo un 56,4% de viviendas con muros de ladrillo tarrajeados, un 29,6% de muros construidos con ladrillo artesanal y sin tarrajear. Un 84,4% de las viviendas tienen techo de losa aligerada de concreto, un 11,7% de calamina o material similar y un 3,1% construido con losa maciza. El estado de conservación de las viviendas, en un 51,8% es bueno, sin lesiones visibles, un 48,2% tiene presencia de fisuras de entre 2 mm y mayores de 2 mm. Se tiene además que un 42,4% de las viviendas tiene una antigüedad mayor a 30 años. Un 51,8% de las viviendas son de 1 y 2 niveles y un 42,8% han sido construidos de 3 a 4 pisos. Se debe destacar que un 78,6% de la población refiere que su vivienda ha sido autoconstruida por lo que en muchas ocasiones no se han respetado las normas de construcción y se han usado materiales de mala calidad.

Las vías en mal estado u obstruidas es un factor que agudiza la situación en caso de un desastre, se tiene un 47,9% de las vías en malas condiciones y un 2,3% de vías están obstruidas.

La resiliencia de la población se ha determinado con el grado de conocimiento y percepción a los riesgos, un 77% de los pobladores manifiestan que no saben

nada sobre temas de gestión de riesgo de desastres, solo un 25,7% sabe dónde acudir en caso de un desastre y un 26,8 % señala que es consciente que puede ocurrir algún desastre de origen natural en la zona, respecto al tipo de peligro, un 12,1% manifiesta que ocurrieron inundaciones, un 1,2% caída de rocas y deslizamientos, un 1,2% erosión y otro 1,2% sismos; es decir el 84,4% desconoce la ocurrencia de desastres pasados. La actitud de la población frente a un desastre es conformista al tener un 73,2% de habitantes que consideran que no se puede hacer nada ante la ocurrencia de un desastre. Los ingresos, la actividad laboral y la ocupación también nos indican el nivel de vulnerabilidad de los ciudadanos; el ingreso familiar promedio es igual al salario mínimo, 1025 soles, la actividad laboral preponderante en la zona es el comercio informal, donde mujeres en un 28,8% se dedican a esta actividad, y la ocupación laboral reportada es el de docentes en un 10,1%.

### **Determinación de la vulnerabilidad**

En las tablas 1 y 2 se muestra el valor del vector de priorización de la matriz de normalización y los valores ponderados de los 14 indicadores usados; todas las matrices aplicando AHP mostraron ser suficientemente consistentes con  $IC < 0,10$ .

Ponderando cada resultado con un peso de 50% en la dimensión económica y social respectivamente, se obtiene como resultado el valor de la vulnerabilidad en cuatro niveles (ver tabla 3), donde los niveles muy altos se ubican en el mapa de vulnerabilidad (ver figura 2) en color rojo, correspondientes a toda la zona periférica que representa el 11% de las viviendas, los niveles altos con un total de 22%, el nivel con un 35% y bajo con un 32% de las viviendas vulnerables.

**Tabla 1.** Coeficientes de vulnerabilidad en la dimensión de exposición, fragilidad y resiliencia social

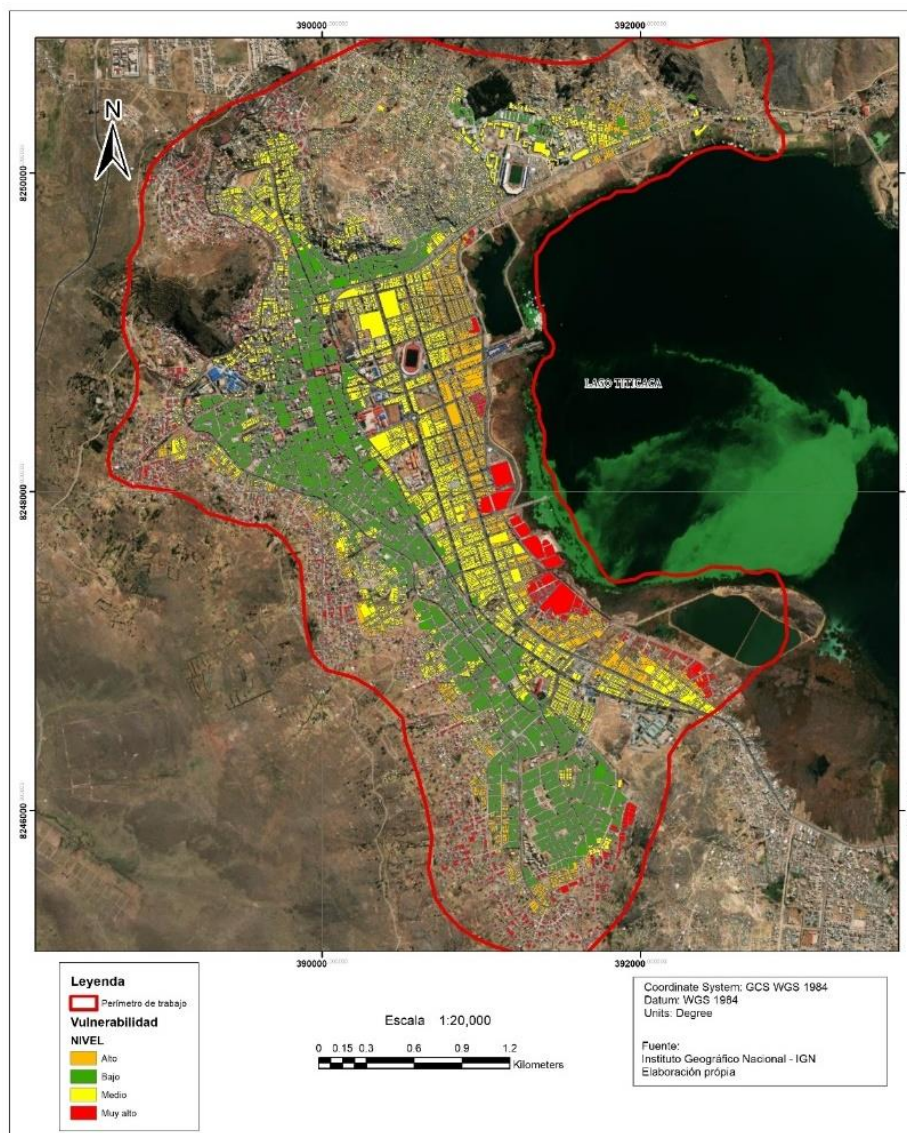
<b>EXPOSICION SOCIAL</b>				<b>Valor Exposición Social</b>		<b>Peso Exposición Social</b>	
<b>Localización de la población frente al peligro</b>		<b>Peso descriptor</b>					
<b>Peso parcial</b>		<b>Peso descriptor</b>					
1,000		0,439		0,439		0,539	
1,000		0,255		0,255		0,539	
1,000		0,156		0,156		0,539	
1,000		0,092		0,092		0,539	
1,000		0,058		0,058		0,539	
<b>FRAGILIDAD SOCIAL</b>							
<b>Abastecimiento de agua</b>		<b>Alcantarillado sanitario</b>		<b>Tipo de alumbrado</b>		<b>Valor Fragilidad Social</b>	<b>Peso Fragilidad Social</b>
<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>		
0,539	0,426	0,297	0,426	0,164	0,418	0,425	0,297
0,539	0,259	0,297	0,259	0,164	0,266	0,260	0,297
0,539	0,159	0,297	0,159	0,164	0,176	0,162	0,297
0,539	0,097	0,297	0,097	0,164	0,095	0,097	0,297
0,539	0,059	0,297	0,059	0,164	0,044	0,056	0,297
<b>RESILIENCIA SOCIAL</b>							
<b>Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres</b>		<b>Capacitación en temas de GRD</b>		<b>Actitud frente a la ocurrencia de desastres</b>		<b>Valor Resiliencia Social</b>	<b>Peso Resiliencia Social</b>
<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>		
0,539	0,457	0,297	0,444	0,164	0,454	0,453	0,164
0,539	0,257	0,297	0,262	0,164	0,267	0,260	0,164
0,539	0,150	0,297	0,153	0,164	0,149	0,151	0,164
0,539	0,087	0,297	0,089	0,164	0,082	0,087	0,164
0,539	0,049	0,297	0,053	0,164	0,049	0,050	0,164

**Tabla 2.** Coeficientes de vulnerabilidad en la dimensión de exposición, fragilidad y resiliencia económica

<b>EXPOSICIÓN ECONÓMICA</b>				<b>Valor Exposición Económica</b>		<b>Peso Exposición Económica</b>	
<b>Ubicación de viviendas frente al peligro</b>		<b>Peso descriptor</b>					
<b>Peso parcial</b>		<b>Peso descriptor</b>					
1,00		0,424		0,424		0,539	
1,00		0,272		0,272		0,539	
1,00		0,166		0,166		0,539	
1,00		0,095		0,095		0,539	
1,00		0,043		0,043		0,539	
<b>FRAGILIDAD ECONÓMICA</b>							
<b>Material Paredes</b>		<b>Material Techos</b>		<b>Estado de conservación</b>		<b>Valor Fragilidad Económica</b>	<b>Peso Fragilidad Económica</b>
<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>		
0,164	0,416	0,297	0,434	0,539	0,444	0,437	0,297
0,164	0,262	0,297	0,257	0,539	0,261	0,260	0,297
0,164	0,161	0,297	0,157	0,539	0,153	0,155	0,297
0,164	0,099	0,297	0,096	0,539	0,093	0,095	0,297
0,164	0,062	0,297	0,056	0,539	0,049	0,053	0,297
<b>RESILIENCIA ECONÓMICA</b>							
<b>Ingreso familiar promedio</b>		<b>Actividad laboral</b>		<b>Ocupación Laboral</b>		<b>Valor Resiliencia Económica</b>	<b>Peso Resiliencia Económica</b>
<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>	<b>Peso parcial</b>	<b>Peso descriptor</b>		
0,539	0,456	0,297	0,416	0,164	0,426	0,439	0,164
0,539	0,290	0,297	0,262	0,164	0,308	0,285	0,164
0,539	0,148	0,297	0,161	0,164	0,159	0,154	0,164
0,539	0,065	0,297	0,099	0,164	0,069	0,076	0,164
0,539	0,040	0,297	0,062	0,164	0,039	0,046	0,164

**Tabla 3.** Rangos de los coeficientes de vulnerabilidad socioeconómica

NIVEL		RANGO	
<b>Muy alto</b>	0,264	$< V \leq$	0,433
<b>Alto</b>	0,159	$< V \leq$	0,264
<b>Medio</b>	0,092	$< V \leq$	0,159
<b>Bajo</b>	0,052	$\leq V \leq$	0,092

**Figura 2.** Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la ciudad de Puno.

## Discusión

De acuerdo a los resultados la vulnerabilidad socioeconómica en las zonas periféricas es muy alta, donde, en su mayoría no tienen acceso a todos los servicios básicos, predomina la autoconstrucción con materiales de mala calidad y sin respetar el reglamento nacional de edificaciones, los habitantes son en su mayoría mujeres, madres de familia, dedicadas a actividades de comercio eventual con ingresos menores al salario mínimo, con un nivel de educación de las más adultas que solo llega a la culminación y primaria y las más jóvenes con secundaria completa, todas estas

personas no tienen ningún conocimiento sobre gestión de riesgo de desastres y no tienen conciencia sobre la exposición de sus hogares a los peligros identificados.

La ocurrencia de un peligro individual no ocasiona un desastre; el contexto social y su vulnerabilidad son determinantes en la magnitud del desastre (Birkmann et al., 2022); estos autores también señalan que existe una significativa correlación entre mortalidad a causa de un evento peligroso y los componentes de la vulnerabilidad tales como capacidad económica, desigualdad, infraestructura y desarrollo, servicios médicos, ausencia de información y gobernanza, con lo que se refuerza

la muy alta vulnerabilidad que presentan las zonas periféricas del área de estudio.

El acceso por la avenida el Sol al Hospital Manuel Núñez Butrón, es inadecuada por estar en una zona inundable, anualmente esta avenida queda completamente inundada, especialmente en el barrio Magisterial; se suma a ello el colapso del sistema de desagüe en la zona, mezclándose las aguas servidas con las aguas pluviales por la colmatación con sedimentos de tierra y basura de ambos sistemas. El proceso de desarrollo se vuelve muy lento por la baja resiliencia de la infraestructura crítica (Ojo et al., 2018) como los hospitales, siendo prioritario la construcción de hospitales en áreas con el menor riesgo de inundaciones y deslizamientos (Norazam, 2018), debiendo mejorar estos aspectos para afrontar de mejor manera la ocurrencia de algún desastre. El alto porcentaje de vías obstruidas y en inadecuadas condiciones de transitabilidad en Puno también afectan negativamente las acciones de escape y rescate en caso de desastres

Teniendo un alto porcentaje de población femenina en los lugares con mayor vulnerabilidad de la zona urbana de Puno, se afirma que las mujeres son más vulnerables a los peligros que los hombres, teniendo problemas económicos y sociales, más aún si son las que sostienen el hogar, que no les permiten afrontar un desastre (Llorente-Marrón et al., 2020; Tran et al., 2017; Dilshad et al., 2019)

Se considera además que las comunidades con un mayor nivel de educación, es decir con un mayor desarrollo de sus capacidades, están más preparadas para una respuesta oportuna y recuperación rápida en caso de desastres, así mismo, influye indirectamente en la reducción de la pobreza y mejora su salud, se tiene un mayor acceso a información (Shaji, 2021), mejorando su nivel de vida.

A pesar de la existencia de diversos estudios sobre el cambio climático y la ocurrencia de desastres a nivel mundial, aún no se logra crear conciencia y se continúa con el crecimiento urbano sin previa planificación del uso de la tierra, con entidades municipales y regionales miopes ante la presencia de nuevos asentamientos humanos y construcciones carentes de dirección técnica, incumplimiento constante de las normas y códigos de arquitectura y construcción.

Es prioritario tomar medidas para incrementar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad, de este modo, minimizar el sufrimiento de las personas y las pérdidas económicas, empoderando a todos los involucrados, desde el estado en todos sus niveles, entidades públicas

y privadas, familias e individuos (Fatemi et al., 2017). Todas las acciones que tienden a la reducción de brechas entre grupos sociales, generación de mejores condiciones económicas y conocimiento son claves para la resiliencia. Es esencial que se realice una toma de conciencia de los peligros y vulnerabilidad y trabajar con alianzas estratégicas en diferentes sectores, salud y educación entre las principales, para una adecuada respuesta y recuperación en caso de desastre.

## Conclusiones

En zonas altoandinas como el departamento de Puno, el rápido crecimiento de la población y migración de las zonas rurales hacia la ciudad, no ha dado lugar a la planificación para el desarrollo, las débiles políticas y alianzas estratégicas entre los sectores públicos y privados, así como el desinterés de los gobernantes de turno y falta de conciencia de la población son factores que agudizan la situación de exposición y vulnerabilidad a peligros de origen natural.

El mapeo de la vulnerabilidad socioeconómica para la ciudad altoandina de Puno, se logró usando el método del Proceso analítico Jerárquico, teniendo resultados consistentes; en combinación con los sistemas de información geográfica GIS. Se usó catorce indicadores en las dimensiones exposición, fragilidad y resiliencia. Los resultados demuestran que un 33% de la población tiene una vulnerabilidad muy alta y alta y 35% una vulnerabilidad media a los peligros de inundaciones, erosión, caída de rocas, deslizamientos y suelos inestables.

Los hallazgos presentados, brindan información, imprescindible para los encargados de planificar, administrar y tomar decisiones para una eficiente asignación de recursos tendientes a promover la reducción de la vulnerabilidad zonificada en el mapa presentado y generar condiciones para incentivar una mayor resiliencia.

## Referencias

- Apotsos, A. (2019). Mapping relative social vulnerability in six mostly urban municipalities in South Africa. *Applied Geography*, 105, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.012>
- Arvin, M., Beiki, P., Hejazi, S. J., Sharifi, A., & Atashafrooz, N. (2023). Assessment of infrastructure resilience in multi-hazard regions: A case study of Khuzestan Province. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103601>



- Assis Dias, M. C. de, Saito, S. M., Alvalá, R. C. dos S., Seluchi, M. E., Bernardes, T., Camarinha, P. I. M., Stenner, C., & Nobre, C. A. (2020). Vulnerability index related to populations at risk for landslides in the Brazilian Early Warning System (BEWS). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101742>
- Aversa, M., Rotger, D., & Senise, F. (2020). Living in the margins of risk. Flood and resilience in la Plata. In *Bitacora Urbano Territorial* (Vol. 30, Issue 3, pp. 219–232). Universidad Nacional de Colombia. <https://doi.org/10.15446/BITACORA.V30N3.86792>
- Birkmann, J., Jamshed, A., McMillan, J. M., Feldmeyer, D., Totin, E., Solecki, W., Ibrahim, Z. Z., Roberts, D., Kerr, R. B., Poertner, H. O., Pelling, M., Djalante, R., Garschagen, M., Leal Filho, W., Guha-Sapir, D., & Alegría, A. (2022). Understanding human vulnerability to climate change: A global perspective on index validation for adaptation planning. *Science of the Total Environment*, 803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150065>
- Boulangé, B., & Aquize Jaen, E. (1981). MorphoEogic, hydrographie et climatologie du lac Titicaca et de son bassin versant(I). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 14(4), 269–287. [https://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins\\_textes/cahiers/hydrob-tr](https://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/cahiers/hydrob-tr)
- Cardona, O. (2010). *La necesidad de pensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo “Una Crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión.”* [https://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr\\_may-08-2003.pdf](https://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf)
- Choi, E., & Song, J. (2022). Clustering-based disaster resilience assessment of South Korea communities building portfolios using open GIS and census data. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102817>
- Cutter, S. L. (2009). Social Science Perspectives on Hazards and Vulnerability Science. In *Geophysical Hazards* (pp. 17–30). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3236-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3236-2_2)
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2012). Social vulnerability to environmental hazards. *Hazards Vulnerability and Environmental Justice*, 143–160. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Das, S. (2020). Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (AHP). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100379>
- Dilshad, T., Mallick, D., Udas, P. B., Goodrich, C. G., Prakash, A., Gorti, G., Bhadwal, S., Anwar, M. Z., Khandekar, N., Hassan, S. M. T., Habib, N., Abbasi, S. S., Syed, M. A., & Rahman, A. (2019). Growing social vulnerability in the river basins: Evidence from the Hindu Kush Himalaya (HKH) Region. *Environmental Development*, 31, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.12.004>
- Eini, M., Kaboli, H. S., Rashidian, M., & Hedayat, H. (2020). Hazard and vulnerability in urban flood risk mapping: Machine learning techniques and considering the role of urban districts. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101687>
- Fatemi, F., Ardalan, A., Aguirre, B., Mansouri, N., & Mohammadfam, I. (2017). Social vulnerability indicators in disasters: Findings from a systematic review. In *International Journal of Disaster Risk Reduction* (Vol. 22, pp. 219–227). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.09.006>
- Fekete, A., & Rufat, S. (2023). Should everyone in need be treated equally? A European survey of expert judgment on social vulnerability to floods and pandemics to validate multi-hazard vulnerability factors. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103527>
- Gaillard, J. C. (2010). Vulnerability, capacity and resilience: Perspectives for climate and development policy. *Journal of International Development*, 22(2), 218–232. <https://doi.org/10.1002/jid.1675>
- Gaillard, J. C. (2019). Disaster studies inside out. *Disasters*, 43(S1), S7–S17. <https://doi.org/10.1111/disa.12323>
- Ha-Mim, N. M., Rahman, M. A., Hossain, M. Z., Fariha, J. N., & Rahaman, K. R. (2022). Employing multi-criteria decision analysis and geospatial techniques to assess flood risks: A study of Barguna district in Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103081>
- Hejazi, S. J., Sharifi, A., & Arvin, M. (2022). Assessment of social vulnerability in areas exposed to multiple hazards: A case study of the Khuzestan

- Province, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103127>
- Hofflinger, A., Somos-Valenzuela, M. A., & Vallejos-Romero, A. (2019). Response time to flood events using a social vulnerability index (ReTSVI). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19(1), 251–267. <https://doi.org/10.5194/nhess-19-251-2019>
- Hunt, J. C. R., Aktas, Y. D., Mahalov, A., Moustou, M., Salamanca, F., & Georgescu, M. (2017). Climate change and growing megacities: Hazards and vulnerability. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 171(6), 314–326. <https://doi.org/10.1680/jensu.16.00068>
- IPCC. (2014). *Annex II: Glossary*. [http://danida.vnu.edu.vn/cpis/files/IPCC/syr/pdf/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_Glossary.pdf](http://danida.vnu.edu.vn/cpis/files/IPCC/syr/pdf/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf)
- IPCC, Pörtner, H.-O., Roberts, M., Tignor, E., Poloczanska, k, Mintenbeck, A., Alegría, M., Craig, S., Langsdorf, S., Löschke, V., Möller, O., & Okem, B. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Jean. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.002>
- Kalaycıoğlu, M., Kalaycıoğlu, S., Çelik, K., Christie, R., & Filippi, M. E. (2023). An analysis of social vulnerability in a multi-hazard urban context for improving disaster risk reduction policies: The case of Sancaktepe, İstanbul. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103679>
- Kashyap, S., & Mahanta, R. (2021). Socioeconomic Vulnerability to Urban Floods in Guwahati, Northeast India: An Indicator-Based Approach. In *Economic Effects of Natural Disasters* (pp. 457–475). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817465-4.00027-3>
- Llorente-Marrón, M., Díaz-Fernández, M., Méndez-Rodríguez, P., & Arias, R. G. (2020). Social vulnerability, gender and disasters. The case of Haiti in 2010. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/SU12093574>
- Mavhura, E., Manyena, B., & Collins, A. E. (2017). An approach for measuring social vulnerability in context: The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe. *Geoforum*, 86, 103–117. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.09.008>
- Mileti, D. (1999). *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Joseph Henry Press. <https://doi.org/10.17226/5782>
- Nejat, A., Solitare, L., Pettitt, E., & Mohsenian-Rad, H. (2022). Equitable community resilience: The case of Winter Storm Uri in Texas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103070>
- Niazi, I. U. H. K., Rana, I. A., Arshad, H. S. H., Lodhi, R. H., Najam, F. A., & Jamshed, A. (2022). Psychological resilience of children in a multi-hazard environment: An index-based approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103397>
- Norazam, A. S. (2018). Resilient Health Infrastructure: Strengthening hospitals' capacity to respond effectively during disasters and crises. *Procedia Engineering*, 212, 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.034>
- Ojo, A., Papachristodoulou, N., & Ibeh, S. (2018). The Development of an Infrastructure Quality Index for Nigerian Metropolitan Areas Using Multivariate Geo-Statistical Data Fusion. *Urban Science*, 2(3), 59. <https://doi.org/10.3390/urbansci2030059>
- Petraroli, I., & Baars, R. (2022). To be a woman in Japan: Disaster vulnerabilities and gendered discourses in disaster preparedness in Japan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102767>
- Radwan, F., Alazba, A. A., & Mossad, A. (2019). Flood risk assessment and mapping using AHP in arid and semiarid regions. *Acta Geophysica*, 67(1), 215–229. <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0233-z>
- Roncancio, D. J., Cutter, S. L., & Nardocci, A. C. (2020). Social vulnerability in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101872>
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation* (McGraw-Hill International Book Company, Ed.).
- Shaji, J. (2021). Evaluating social vulnerability of people inhabiting a tropical coast in Kerala, south west coast of India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102130>

- Sharma, J., & Ravindranath, N. H. (2019). Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. In *Environmental Research Communications* (Vol. 1, Issue 5). Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab24ed>
- Sztorch, L., Gicquel, V., & Desenclos, J. (1989). The Relief Operation in Puno District, Peru, after the 1986 Floods of Lake Titicaca. *Disasters*, 13(1), 33–43. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.1989.tb00693.x>
- Tran, H., Nguyen, Q., & Kervyn, M. (2017). Household social vulnerability to natural hazards in the coastal Tran Van Thoi District, Ca Mau Province, Mekong Delta, Vietnam. *Journal of Coastal Conservation*, 21(4), 489–503. <https://doi.org/10.1007/s11852-017-0522-8>
- Travieso, A. C., Martínez, O. F., Hernández, M. L., & Morales, J. C. (2023). Comprehensive risk management of hydrometeorological disaster: A participatory approach in the metropolitan area of Puerto Vallarta, Mexico. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103578>
- Wilches, G. (1989). Desastres, ecologismo y formación profesional. In *SENA, Popayán*.
- Yu, I. (2022). Development and application of a model for assessing climate-related disaster risk. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103218>
- Zhang, G., Feng, W., Lei, Y., & Wang, S. (2022). Generation and evolution mechanism of systemic risk (SR) induced by extreme precipitation in Chinese Urban system: A case study of Zhengzhou “7 20” incident. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103401>