

Influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú

Influence of socio-ecological relationships on the risk of rain flooding in the urban area of Puquio district, Lucanas province, Ayacucho, Peru

Luis Ricardo Licla Tomayro¹

Recibido: 07/01/2022 – Aprobado: 19/04/2022 – Publicado: 30/06/2022

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio. Para ello primero se realizó la caracterización socio-ecológica del sistema local que comprende la identificación y valoración de sus relaciones socio-ecológicas, luego se calculó el riesgo de inundación pluvial a través del proceso de análisis jerárquico (Saaty, 1980), por último, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para analizar la correlación entre las variables. Los resultados establecen que existe una correlación negativa moderada de -0.554 entre las variables, lo cual indica que en las zonas de mayor crecimiento económico y desarrollo social, barrios de Ccayao y Pichccachuri, predomina un nivel de riesgo moderado, mientras que, en las zonas de menor desarrollo, barrios de Chaupi y Ccollana, predomina un nivel de riesgo alto.

Palabras claves: inundación pluvial; Puquio; relaciones socio-ecológicas; riesgo; vulnerabilidad.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the influence of socio-ecological relationships on the risk of pluvial flooding in the urban area of Puquio district. For this, the socio-ecological characterization of the local system was first carried out, which includes the identification and assessment of its relationships, then the risk of pluvial flooding was calculated through the hierarchical analysis process (Saaty, 1980), and finally, Spearman's correlation coefficient was used to analyze the correlation between the variables. The results establish that there is a moderate negative correlation of -0.554 between the variables, which indicates that in the areas of greatest economic growth and social development, neighborhoods of Ccayao and Pichccachuri, a moderate level of risk predominates, while in the areas of less development, neighborhoods of Chaupi and Ccollana, a high risk level predominates.

Keywords: Pluvial flooding; Puquio; socio-ecological relations; risk; vulnerability.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Lima, Perú.
Ingeniero Ambiental. E-mail: luis.licla@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8643-5675>

I. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones han sido consideradas como uno de los eventos naturales más perjudiciales a nivel mundial. Desde el año 1990 las inundaciones, tormentas y sequías han afectado a más de 4200 millones de personas alrededor del mundo, aproximadamente el 95% de todas las personas afectadas por desastres, asimismo, el número de estos eventos ha crecido rápidamente, produciendo pérdidas económicas, sociales y ambientales, siendo las regiones más afectadas históricamente, las regiones de Asia, Centro América, y América Latina (Benjamin, 2008; Alcántara Boza & Castro Tenorio, 2021).

Es por ello que, la región de América Latina en las últimas décadas ha sumado esfuerzos con el objeto mitigar los impactos producidos por los desastres de origen natural y antrópico, sin embargo, problemas crónicos de la región como la pobreza, expansión de la brecha social, y la contaminación, han producido un desarrollo urbano disperso y desordenado (sin planificación), lo cual acentúa las condiciones de vulnerabilidad y riesgo en la ciudad (Vargas Arce, 2006; Alvarado Quispe, 2021).

De acuerdo con Castro Mendoza (2014), el Perú es un país vulnerable a la ocurrencia de fenómenos naturales, debido a la diversidad de condiciones climáticas y geográficas de su territorio, como la presencia del anticiclón del Pacífico, la cordillera de los andes, entre otros factores. Esta complejidad del territorio peruano determina una gran variedad de peligros de origen natural, siendo los fenómenos hidrometeorológicos los que registran una mayor ocurrencia a nivel nacional de acuerdo al registro de ocurrencia de peligros del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2019).

La región de Ayacucho ubicado en el centro sur del Perú, es una de las regiones más expuestas ante la ocurrencia de inundaciones, deslizamientos y huaycos, lo cual genera cada año pérdidas de vidas humanas, y también, cuantiosas pérdidas económicas por daños a la infraestructura básica y de servicios. Esta situación viene deteriorando la calidad de vida de diversos sectores rurales y urbanos en la región, siendo las poblaciones más afectadas las que se encuentran en condición de pobreza y extrema pobreza (Ospino Ederly, 2021).

El distrito de Puquio ubicado en la provincia de Lucanas se ha establecido como uno de los principales centros económicos de la región; sin embargo, este auge económico ha perturbado las relaciones socio-ecológicas deteriorando el medio ambiente, e incrementando el riesgo de inundación pluvial. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, en la provincia de Lucanas.

II. METODOS

2.1 Área de Estudio

El área urbana del distrito de Puquio (ciudad de Puquio) se localiza en la provincia de Lucanas, región de Ayacucho.

Administrativamente, se divide en cuatro sectores o barrios denominados: Barrio Ccayao, Barrio Ccollana, Barrio Chaupi y Barrio Pichccachuri (Figura 1).

2.2 Población de Estudio

La población está compuesta por las 255 manzanas catastrales que integran el área urbana de Puquio.

2.3 Metodología para la caracterización del Sistema Socio-Ecológico

Se construyó un modelo del sistema socio-ecológico local (Figura 4), en donde se definieron dos tipos de relaciones socio-ecológicas denominadas actividades antrópicas y servicios ecosistémicos. Luego, se realizó la valoración de estas relaciones mediante el análisis multicriterio, utilizando la siguiente expresión.

$$\text{Valoración (V)} = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^{11} c_i \times p_i \right)$$

Siendo V= Valoración ponderada de las relaciones socio-ecológicas, c_i = Calificación del nivel de interacción del parámetro de evaluación i , en una escala de 1 a 5, p_i = Peso ponderado del parámetro de evaluación i (ponderación). Asimismo, en las Tablas 1, 2 y 3 se presenta la distribución de pesos de las relaciones socio ecológicas del subsistema social y subsistema ecológico.

2.4 Metodología para la determinación del riesgo de inundación pluvial

2.4.1 Determinación del peligro

Para determinar los niveles de peligro por inundación pluvial se utilizó la metodología establecida en la Figura 2, mediante Proceso de Análisis Jerárquico (Saaty, 1980).

2.4.2 Determinación de la Vulnerabilidad

Se evaluó la dimensión económica y social en el área urbana de Puquio a través del Proceso de Análisis Jerárquico (Saaty, 1980). En la Figura 3 se presenta la metodología, así como la distribución de parámetros y factores.

2.4.3 Determinación del riesgo

Para determinar los niveles de riesgo, se multiplicaron los niveles de peligro y vulnerabilidad.

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización del Sistema Socio-Ecológico

En la Figura 4 se presenta el modelo del Sistema Socio-Ecológico construido en base al modelo propuesto por Salas-Zapata et al. (2019), información recolectada en campo y gabinete. Este modelo se compone dos subsistemas que interactúan entre sí para formar una entidad más compleja. El primero denominado ecológico está conformado por un medio biótico (flora y fauna) y un medio abiótico (agua, suelo y clima), mientras que, el subsistema social está integrado por elementos que forman parte de la sociedad como la cultura, la economía, la política y la población.

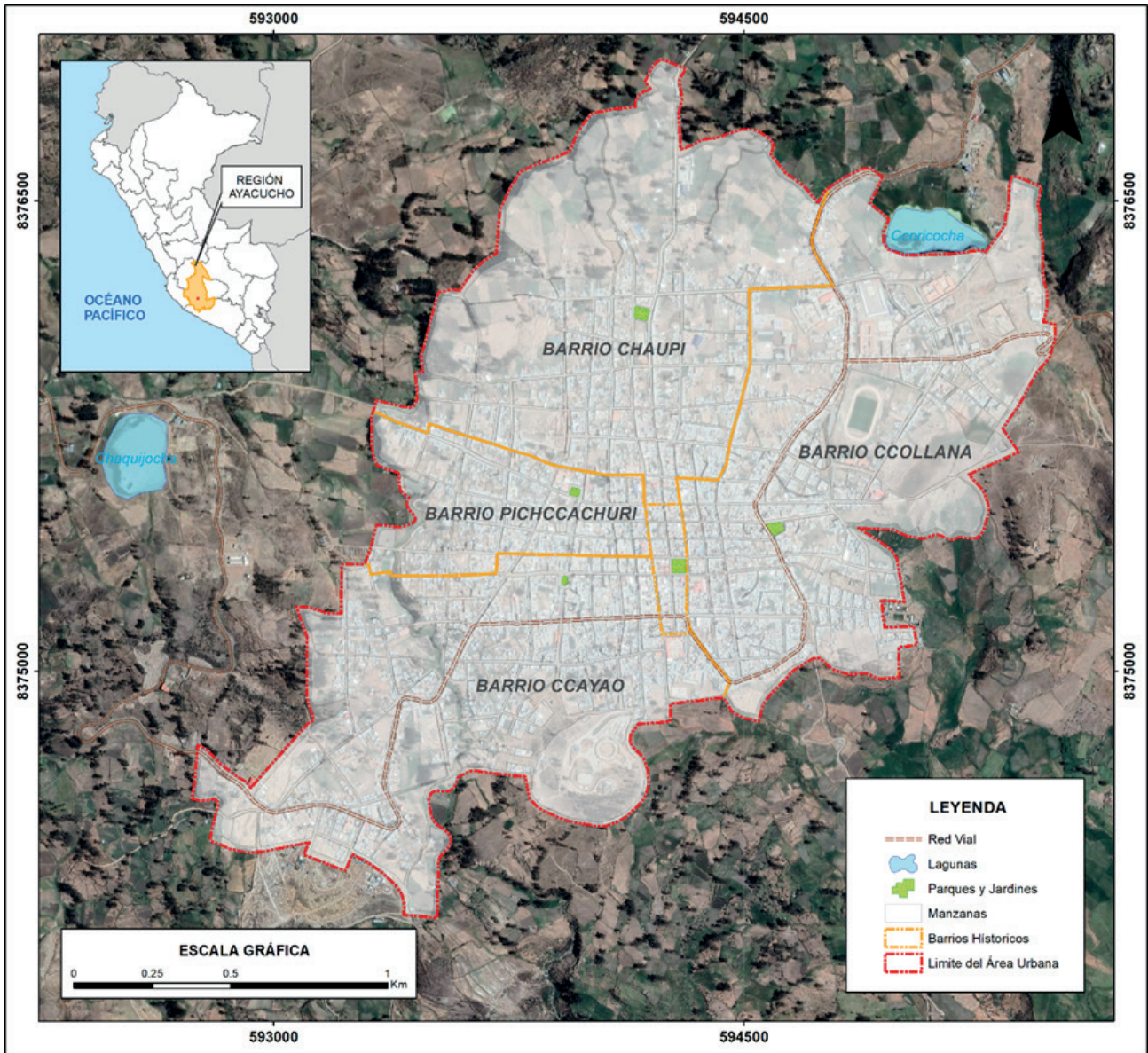


Figura 1. Área urbana de Puquio (Ciudad de Puquio).

Fuente: Elaboración propia a partir de Imagen de Satelital Google Earth de Enero 2022

Tabla 1. Distribución de pesos de las relaciones del subsistema ecológico

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación
Servicio de Soporte	P ₁ : Hábitat de especies	0.18
	P ₂ : Conservación de diversidad biológica	0.12
Servicio de Provisión	P ₃ : Provisión de Agua dulce, alimentos, y materia prima	0.30
	P ₄ : Secuestro y almacenamiento de carbono	0.06
Servicio de Regulación	P ₅ : Prevención de la erosión	0.08
	P ₆ : Autodepuración, regulación hídrica, microclimática, y control de contaminantes atmosféricos	0.11
Servicio Cultural	P ₇ : Valor Espiritual y turístico	0.15

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 2. Distribución de pesos de las relaciones del subsistema social

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación
Actividades Antrópicas	P ₈ : Emisión de material particulado y gases de combustión	0.30
	P ₉ : Generación de ruido	0.25
	P ₁₀ : Vertimiento de efluentes	0.25
	P ₁₁ : Generación de residuos sólidos	0.20

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 3. Valoración de las relaciones socio-ecológicas

Valoración de las relaciones socio-ecológicas	Valoración (V)
Muy alto nivel de interacción	4 < V ≤ 5
Alto nivel de interacción	3 < V ≤ 4
Moderado nivel de interacción	2 < V ≤ 3
Bajo nivel de interacción	1 < V ≤ 2
Muy Bajo nivel de interacción	0 ≤ V ≤ 1

Fuente: Elaboración propia (2022).

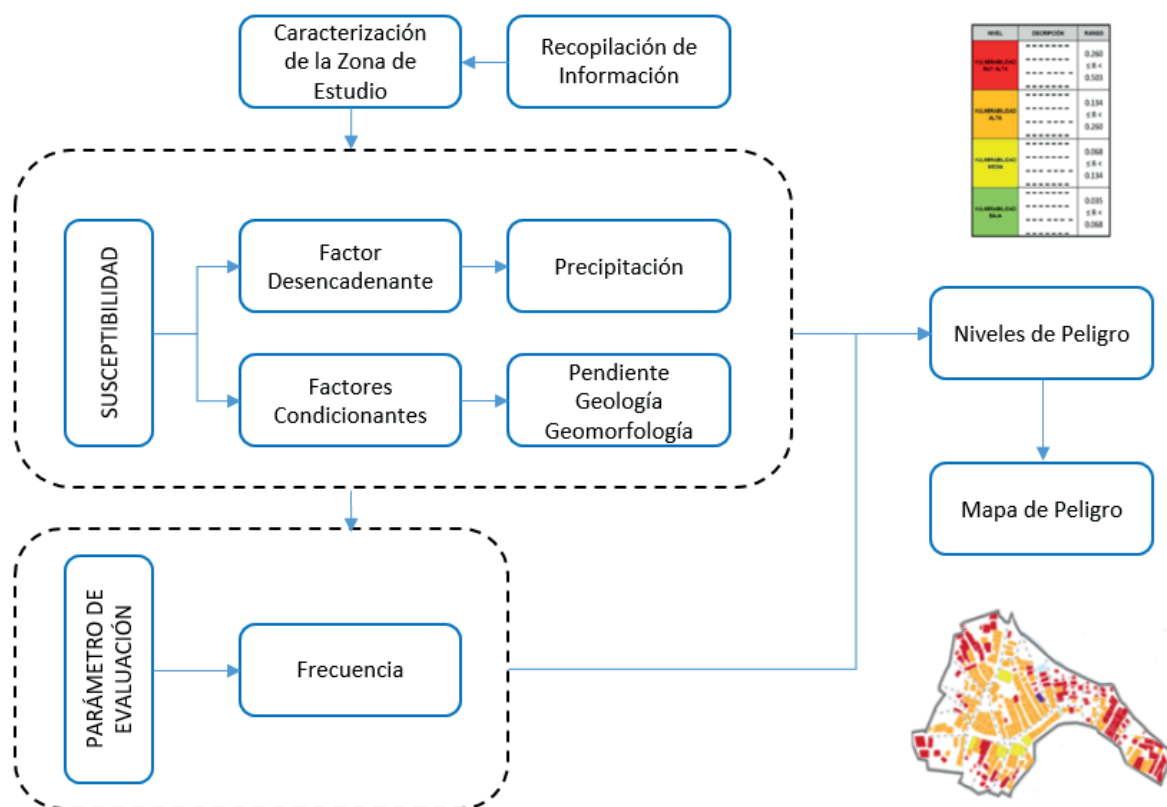


Figura 2. Metodología para determinar los niveles de peligro

Fuente: Elaboración propia.

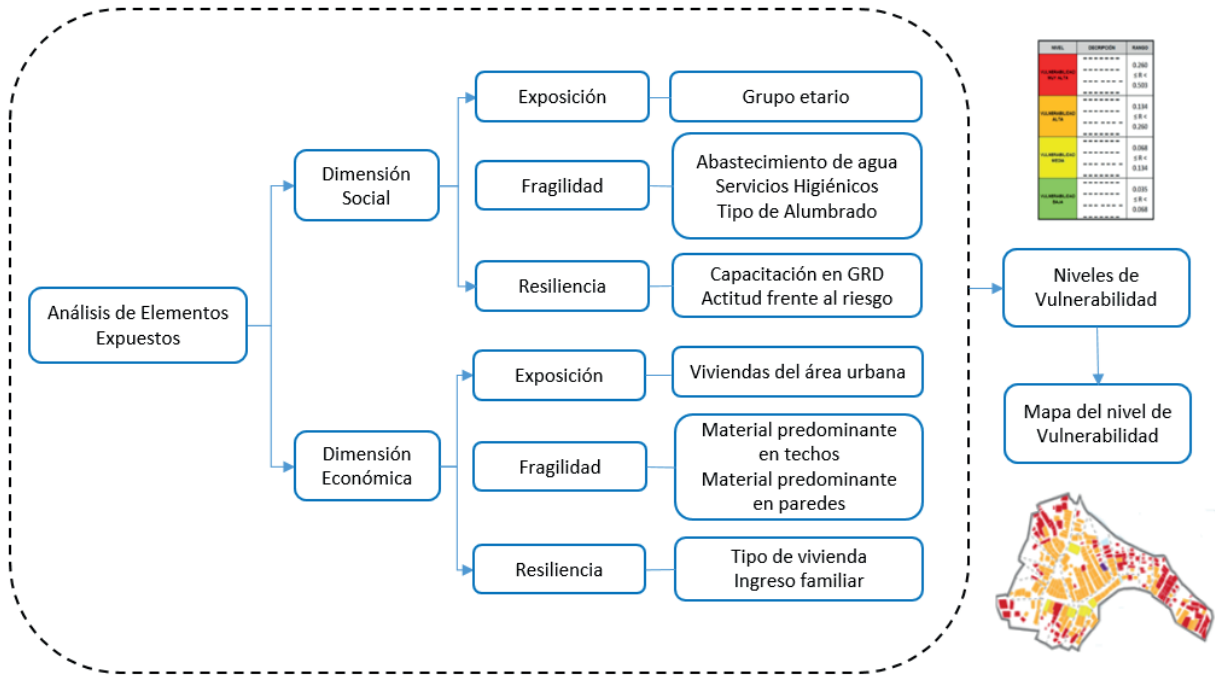


Figura 3. Metodología para determinar los niveles de vulnerabilidad
Fuente: Elaboración propia.

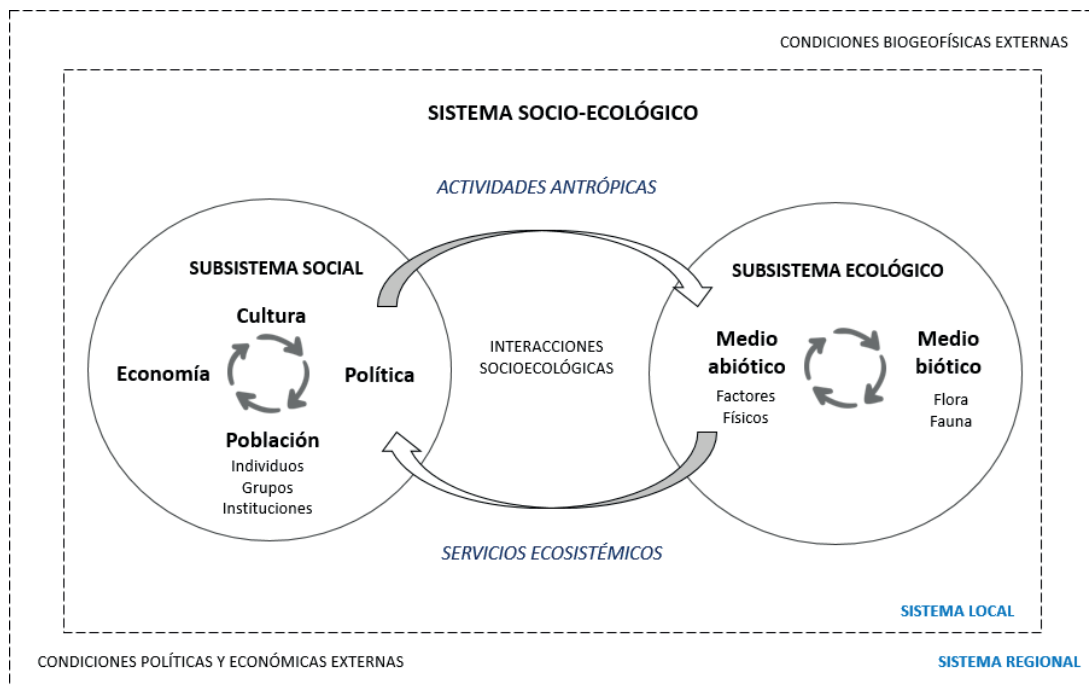


Figura 4. Sistema Socio-Ecológico del distrito de Puquio
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se identifican dos tipos de relaciones socio-ecológicas: los servicios ecosistémicos y las actividades antrópicas. Este primer tipo de relación denominado servicios ecosistémicos son los beneficios (directos e indirectos) que la naturaleza aporta a la sociedad. Por su parte las actividades antrópicas, comprende el conjunto de acciones humanas (agricultura, minería, pesca, industria, entre otros) o intervenciones (restauración y/o

conservación) las cuales perturban directa o indirectamente el sistema local.

De acuerdo con los resultados de la valoración de las relaciones socio-ecológicas (Figura 5), se identifica que, en el área urbana de Puquio, predomina un moderado nivel de interacción (zona residencial y zona comercial), esto se debe al crecimiento económico de la ciudad, al desarrollo

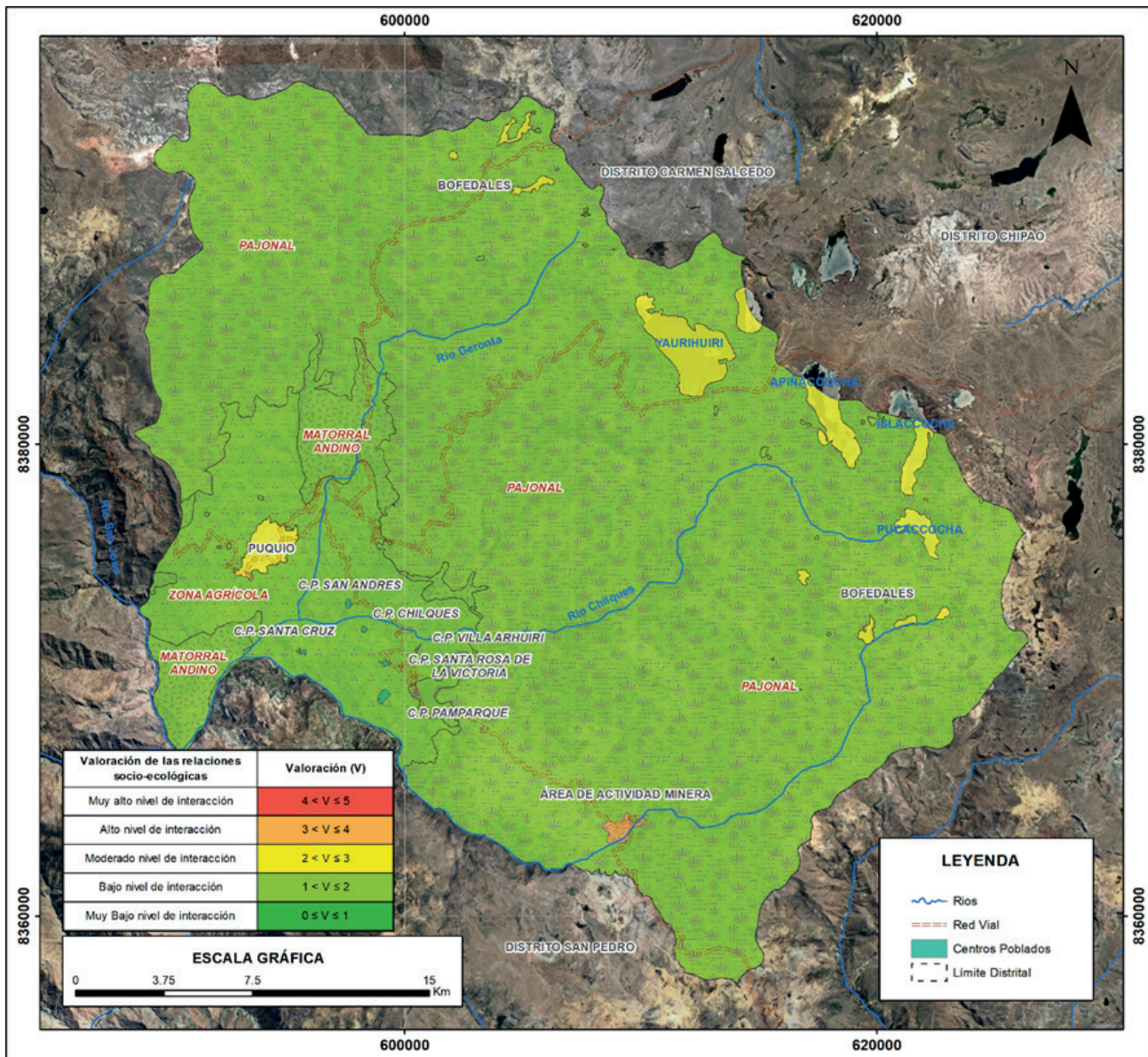


Figura 5. Niveles de Interacción de la Relaciones Socio-Ecológicas
 Fuente: Elaboración propia a partir de Imagen de Satelital Google Earth de Enero 2022

social, y al fortalecimiento de la actividad comercial. Por lo cual, estas zonas se caracterizan por presentar un alto nivel de interacción social pero un bajo nivel de interacción ecológica.

También, se identifican zonas con un alto nivel de interacción como la zona de actividad minera ubicado al sureste del área de estudio. El nivel de interacción social en estas zonas es superior a la zona urbana y zona comercial de la ciudad de Puquio, puesto que las actividades extractivas en el área de actividad minera, y las actividades económicas en la zona industrial generan un mayor impacto ambiental en el sistema local.

Por otra parte, en el ámbito rural también se identifican se identifican zonas con un moderado nivel de interacción, como en la laguna Yaurihui, la cual es uno

de los principales componentes del subsistema ecológico, debido a que constituye el hábitat para una gran variedad de especies acuáticas, y es el principal suministro de agua dulce de la ciudad de Puquio, además tiene un alto valor espiritual y turístico en el distrito, es por ello que mantiene una interacción social permanente con la ciudad de Puquio y centros poblados vecinos.

Así también, se identifican zonas con un bajo nivel de interacción como el matorral andino, pajonal de puna seca y zona agrícolas, los cuales prestan servicios ecosistémicos de suma importancia como la fijación de CO₂, prevención de la erosión del suelo, control de contaminantes, regulación hídrica y microclimática, no obstante, la interacción social en estas zonas es mínima, por lo que en la valoración ponderada se presenta un bajo nivel de interacción.

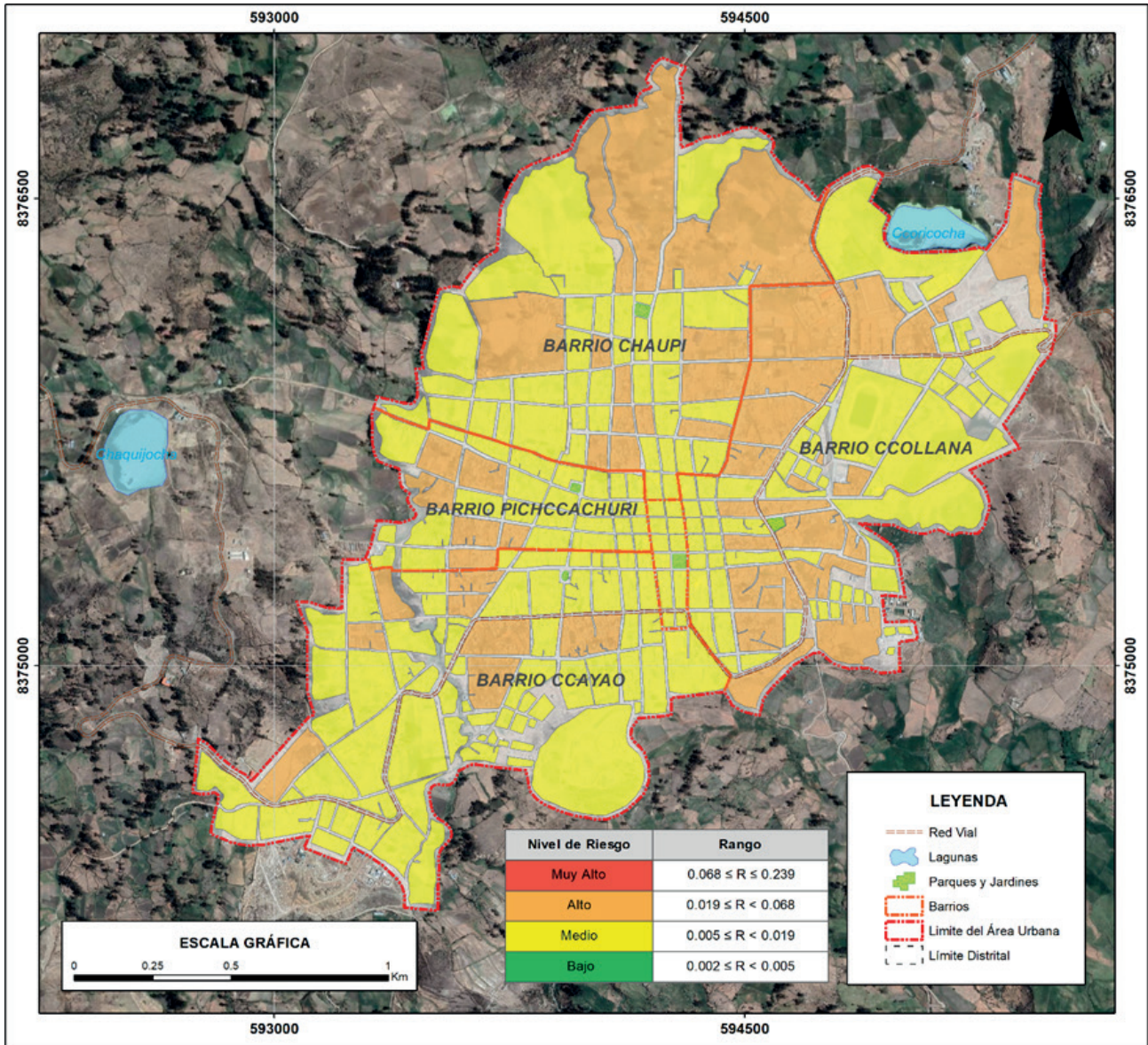


Figura 6. Niveles de riesgo de inundación en el área urbana de Puquío
 Fuente: Elaboración propia a partir de Imagen de Satelital Google Earth de Enero 2022

3.2 Determinación del riesgo por inundación Pluvial

De acuerdo a los resultados (Figura 6) se identificaron 48 manzanas con un nivel de riesgo alto, de las cuales 21 manzanas se ubican en el Barrio de Ccollana, 13 manzanas en el Barrio de Chaupi, y 14 manzanas en los Barrios de Ccayao y Pichccachuri, lo cual indica que las zonas de mayor riesgo de inundación son los Barrios de Chaupi y Ccollana, ubicados al noreste de la ciudad de Puquío.

Esto se debe principalmente a que los Barrios de Chaupi y Ccollana son los Barrios menos desarrollados en la ciudad de Puquío, que presentan una vulnerabilidad media a alta, y por ende un alto riesgo de inundación, mientras que los Barrios de Ccayao y Pichccachuri son las zonas de mayor crecimiento económico y desarrollo social (baja fragilidad y alta resiliencia), por lo que predomina un nivel de riesgo moderado en estos Barrios.

3.3 Análisis de correlación

Para determinar la correlación entre las variables, se utilizó la prueba de correlación de Spearman (prueba no paramétrica). A continuación, se presentan las hipótesis planteadas (ver Tabla 4):

- H_0 : Las relaciones socio-ecológicas no influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquío.
- H_1 : Las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquío.

El coeficiente de correlación de Spearman (Rho) de -0.554 establece que existe una correlación negativa moderada entre las variables, con una significancia bilateral (P -valor < 0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula y se

Tabla 4. Resultados del análisis de correlación

Correlaciones		Riesgo de Inundación
	Coefficiente de correlación (Rho)	-0.554
Relaciones Socio-Ecológicas	Sig. (bilateral) (P-valor)	0.000
	N	255

Fuente: Elaboración propia (2022).

acepta la hipótesis de investigación, es decir, las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio.

IV. DISCUSIÓN

La caracterización del sistema socio-ecológico permitió identificar y valorar las relaciones socio-ecológicas en el sistema local. Esta clasificación es similar a lo establecido por SARAS (2019), quien indica que las interacciones dentro del sistema socio-ecológico se establece a través de dos vías, la primera denominada servicios ecosistémicos hace referencia a los beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad y constituye la base de su desarrollo y sostenibilidad, y en la segunda vía se encuentran las acciones o intervenciones humanas que suelen generar impactos negativos en el sistema socio-ecológico.

Así también, la determinación del riesgo por inundación pluvial, permitió identificar 48 manzanas con un nivel de riesgo alto, de las cuales 21 manzanas se ubican en el Barrio de Ccollana, 13 manzanas en el Barrio de Chaupi, 14 manzanas en los Barrios de Ccayao y Pichccachuri, estos resultados son coherentes con la investigación realizada por Fernandez Gamboa (2019), quien señala que los Barrios de Ccollana y Chaupi son los barrios más afectados históricamente por las lluvias intensas y heladas en los meses de enero, febrero y marzo, por la precariedad de sus viviendas (viviendas de adobe, techos de calamina, y que con una antigüedad mayor a 30 años).

Finalmente, el coeficiente de correlación de Spearman establece que existe una correlación negativa moderada de -0.554 entre las variables. Estos resultados son significativos a un p-valor del 0.05, lo que indica que existe influencia significativa de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana de Puquio.

Esta correlación negativa establece que, a una mayor interacción social y económica en el subsistema social (ciudad de Puquio), menor es el nivel de riesgo de inundación y viceversa. Esto se relaciona con los resultados de la evaluación de riesgos del presente estudio y la investigación de Fernández (2019), que indican que, en las zonas de mayor crecimiento económico y desarrollo social, barrios de Ccayao y Pichccachuri, predomina un nivel de riesgo moderado, mientras que, en las zonas de menor desarrollo, barrios de Chaupi y Ccollana, predomina un nivel de riesgo alto.

V. CONCLUSIONES

- La caracterización del estado socio-ecológico permitió identificar las relaciones socio-ecológicas en el distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú, estas relaciones se denominaron como servicios ecosistémicos o actividades antrópicas de acuerdo al tipo de interacción en el sistema.
- La determinación del riesgo por inundación pluvial a través del proceso de análisis jerárquico (Saaty, 1980) permitió identificar 48 manzanas con nivel de riesgo alto, y 207 manzanas con un nivel de riesgo moderado en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.
- Se comprobó mediante de la prueba estadística de Spearman que existe una influencia negativa moderada ($\rho = -0.554$) de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

VI. REFERENCIAS

- Alcántara Boza, A., & Castro Tenorio, A. (2021). Determinación de zonas inundables con HEC-RAS en zonas de la Cordillera Central de los Andes. Microcuenca del río Saraus-río La Llanga. Celendín. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 181–187. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.19852>
- Alvarado Quispe, S. C. (2021). Modelo de gestión técnico ambiental para la formalización de la minería a pequeña escala - Caravelí - Arequipa. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 3–11. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21763>
- Benjamin, M. A. (2008). *Analysing urban flood risk in low-cost settlements of George, Western Cape, South Africa: investigating physical and social dimensions* [University of Cape Town]. <https://open.uct.ac.za/handle/11427/4823>
- Castro Mendoza, R. (2014). *Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/1308>

- Fernandez Gamboa, G. (2019). *Factores socioeconómicos y disposición a pagar para disminuir la contaminación del río Chulla Hora, caso ciudad de Puquio – Lucanas – Ayacucho-2018* [Universidad Autónoma de Ica]. <http://repositorio.autonomadeica.edu.pe/handle/autonomadeica/417>
- INDECI. (2019). *Compendio estadístico, preparación, respuesta y rehabilitación de la GRD*. Dirección de Políticas, Planes y Evaluación. Instituto Nacional de Defensa Civil. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/COMPENDIO-FINALBAJA.pdf>
- Ospino Edery, J. J. M. Y. (2021). La actividad minero-metalúrgica del Cu, Zn, Pb y su influencia en el crecimiento económico del Perú, 1996-2018. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(48), 279–286. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21781>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation (Decision Making Series)*. McGraw-Hill. <https://www.bookfinder.com/isbn/9780070543713/>
- Salas-Zapata, W. A., Ríos-Osorio, L. A., & Álvarez-Del Castillo, J. (2019). Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 136–142. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69522607015>
- SARAS. (2019). Social-ecological systems. *South American Institute for Resilience and Sustainability Studies*. <https://saras-institute.org/social-ecological-systems/>
- Vargas Arce, T. D. (2006). *Neoliberalismo y Pobreza en el Perú 1985-2000 (Caso: Distrito de Mancos-Ancash)* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://docplayer.es/41817107-Neoliberalismo-y-pobreza-en-el-peru-caso-distrito-de-mancos-ancash.html>