



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Unidad de Posgrado

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

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magister en Ciencias Ambientales con mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental del Territorio

AUTOR

Luis Ricardo LICLA TOMAYRO

ASESOR

Mg. Augusto Guillermo BRAVO MALCA

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Licla, L. (2022). *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*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Luis Ricardo Licla Tomayro
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48126241
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8643-5675
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Augusto Guillermo Bravo Malca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06016801
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6314-9919
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Juan Carlos Montero Chirito
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09493599
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	José Freddy Atuncar Yrribari
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25527597
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Nora Rosa Concepción Malca Casavilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08129250
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Augusto Guillermo Bravo Malca
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	06016801
Datos de investigación	
Línea de investigación	Gestión del riesgo desastres y vulnerabilidad.
Grupo de investigación	No Aplica.
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ayacucho Provincia: Lucanas Distrito: Puquio Centro poblado: Puquio Latitud: -14.692313 Longitud: -74.125582
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2020 – Enero 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01 Ciencias del Medio Ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Lima, a los dos días del mes de septiembre del año 2022, siendo las 10:00 horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000410-2022-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 26 de agosto del 2022, con la finalidad de evaluar la sustentación virtual al amparo de la Directiva de la UNMSM aprobada con Resolución Rectoral N°01357-R-20 de la siguiente tesis:

TITULO

«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»

Que, presenta el Bach. **LUIS RICARDO LICLA TOMAYRO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO**.

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 06141/FIGMMG del 17 de julio del 2019, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

MUY BUENO (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO** al Bach. **LUIS RICARDO LICLA TOMAYRO**.

Siendo las 11:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

MG. JUAN CARLOS MONTERO CHIRITO
Presidente

MG. JOSÉ FREDDY ATUNCAR YRRIBARI
Secretario

DRA. NORA ROSA CONCEPCIÓN MALCA CASAVILCA
Miembro

MG. AUGUSTO GUILLERMO BRAVO MALCA
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

Lima, 29 de Diciembre del 2021

INFORME N° 000048-2021-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM

INFORME DE ORIGINALIDAD

DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO

Dr. Rolando Reategui Lozano

OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES

Tec. Wendy María Sanca Bernabé

DOCUMENTO EVALUADO:

Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Ciencias Ambientales con mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental del Territorio titulado: **“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”**

AUTOR DEL DOCUMENTO:

BACH. LUIS RICARDO LICLA TOMAYRO

FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO:

23/12/2021

FECHA DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES:

23/12/2021

SOFTWARE UTILIZADO

Turnitin

CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

- Excluye textos entrecorridos
- Excluye fuentes para buscar similitud
- Excluye Bibliografía
- Excluye cadenas menores a 35 palabras

PORCENTAJE DE SIMILITUDES SEGÚN PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

Ocho por ciento (08 %)

FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS

- | | |
|---------------------------|-----|
| • sigrid.cenepred.gob.pe | 3% |
| • cybertesis.unmsm.edu.pe | 1% |
| • repositorio.unfv.edu.pe | 1% |
| • vsip.info | 1% |
| • repositorio.unc.edu.pe | <1% |
| • repositorio.urp.edu.pe | <1% |





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

- idoc.pub <1%
- www.minem.gob.pe <1%
- revistas.utb.edu.ec <1%
- repositorio.uncp.edu.pe <1%
- repositorio.upt.edu.pe <1%
- es.scribd.com <1%
- Jessica Morán-Jorquera. "Aproximaciones al proceso de patrimonialización del territorio: Caso del sitio arqueológico Aypate (2012- 2016)"
Espiral, revista de geografías y ciencias sociales, 2021 <1%
- repobiblio.cuc.uqroo.mx <1%
- Submitted to Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) - Sede Ecuador <1%
- Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú <1%

OBSERVACIONES

Ninguna

CALIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones

- **28/12/2021**

ROLANDO REATEGUI LOZANO
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO

RRL/wsb



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza para seguir adelante.

A mis Padres Feliciano Licla Meza y Nimia Tomayro Alderete, y a mis Hermanas Luz Licla Tomayro y Liz Licla Tomayro.

A mi asesor de tesis por su apoyo y aliento durante en el desarrollo de la tesis; y

A las personas que me apoyaron directa e indirectamente.

ÍNDICE GENERAL

I. CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Justificación Teórica	3
1.4. Justificación Práctica	3
1.5. Objetivos de la Investigación	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	4
II. CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Marco epistemológico de la investigación	5
2.2. Antecedentes del Problema.....	6
2.2.1. Ámbito Internacional.....	6
2.2.2. Ámbito Nacional	7
2.3. Bases Teóricas.....	9
2.3.1. Desarrollo Sostenible.....	9
2.3.2. Sistema socio-ecológico	11
2.3.3. Relaciones socio-ecológicas.....	14
2.3.4. Área urbana.....	16
2.3.5. Inundación Pluvial	17
2.4. Glosario	18
III. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	20
3.1. Área de Estudio	20
3.1.1. Aspectos físicos.....	21
3.1.2. Aspectos sociales.....	35
3.2. Tipo y diseño de investigación.....	44

3.2.1.	Tipo de investigación	44
3.2.2.	Diseño de Investigación.....	45
3.3.	Unidad de análisis	45
3.4.	Población de estudio	45
3.5.	Tamaño de muestra.....	45
3.6.	Técnicas de recolección de datos.....	45
3.7.	Procedimiento.....	46
3.7.1.	Metodología para la Caracterización de Estado Socio-Ecológico	46
3.7.2.	Metodología para la Determinación del Riesgo por Inundación Pluvial ..	49
3.8.	Hipótesis de la Investigación	63
3.8.1.	Hipótesis General	63
3.8.2.	Operacionalización de Variables.....	63
IV.	CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
4.1.	Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados	66
4.1.1.	Caracterización del Estado Socio-Ecológico.....	66
4.1.2.	Determinación del Riesgo por Inundación Pluvial	73
4.2.	Pruebas de Hipótesis.....	88
4.2.1.	Hipótesis General	88
4.2.2.	Prueba de Normalidad.....	88
4.2.3.	Prueba de Correlación de Spearman.....	89
4.3.	Presentación de Resultados	92
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES.....	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
	ANEXOS	102
	ANEXO I: Registro Fotográfico.....	103
	ANEXO II: Distribución de Pesos de las Relaciones.....	110

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Rangos de pendientes	25
Cuadro 2. Subcuencas del rio Acarí.....	30
Cuadro 3. Precipitación Pluvial Acumulada (mm)	32
Cuadro 4. Caudales medios generados (m ³ /s).....	33
Cuadro 5. Umbrales de precipitación de la Estación Meteorológica Puquio.....	34
Cuadro 6. Población según sexo en la Ciudad de Puquio.....	35
Cuadro 7. Población según ciclo de vida	36
Cuadro 8. Tipo de vivienda	37
Cuadro 9. Material predominante en paredes	38
Cuadro 10. Material predominante en techos	39
Cuadro 11. Suministro de agua en vivienda.....	40
Cuadro 12. Servicio Higiénico en vivienda	41
Cuadro 13. Alumbrado eléctrico.....	42
Cuadro 14. Actividad Económica	43
Cuadro 15. Pesos de los Parámetros de Evaluación del Subsistema Ecológico	47
Cuadro 16. Pesos de los Parámetros de Evaluación del Subsistema Social.....	48
Cuadro 17. Valoración de las relaciones socio-ecológicas.....	48
Cuadro 18. Factores considerados para la susceptibilidad	50
Cuadro 19. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes	50
Cuadro 20. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes	50
Cuadro 21. Ponderación del parámetro Pendiente	51
Cuadro 22. Ponderación del parámetro Geomorfología	51
Cuadro 23. Ponderación del parámetro Geología	51
Cuadro 24. Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación.....	52
Cuadro 25. Ponderación del parámetro Precipitación	52
Cuadro 26. Matriz de comparación de pares del parámetro Frecuencia	53
Cuadro 27. Ponderación del parámetro Frecuencia.....	53
Cuadro 28. Parámetros de la Dimensión Social.....	55
Cuadro 29. Matriz de comparación de pares Dimensión social.....	55
Cuadro 30. Matriz de normalización de pares Dimensión Social.....	55
Cuadro 31. Distribución de pesos del parámetro exposición.....	55
Cuadro 32. Ponderación del parámetro Grupo Etario	56
Cuadro 33. Matriz de comparación de pares de la Fragilidad	56
Cuadro 34. Matriz de normalización de pares de la Fragilidad.....	56

Cuadro 35. Ponderación del parámetro Abastecimiento de agua	57
Cuadro 36. Ponderación del parámetro Servicio Higiénico	57
Cuadro 37. Ponderación del parámetro Tipo de alumbrado	57
Cuadro 38. Distribución de pesos del factor resiliencia	58
Cuadro 39. Ponderación del parámetro Capacitación en temas de riesgo	58
Cuadro 40. Ponderación del parámetro Actitud frente al riesgo	58
Cuadro 41. Parámetros de la Dimensión Económica	59
Cuadro 42. Matriz de comparación de pares Dimensión Económica	59
Cuadro 43. Matriz de normalización de pares Dimensión Económica	59
Cuadro 44. Distribución de pesos del parámetro exposición	59
Cuadro 45. Ponderación del parámetro Viviendas del área urbana de Puquio	60
Cuadro 46. Distribución de pesos del parámetro fragilidad	60
Cuadro 47. Ponderación del parámetro Material predominante en paredes	60
Cuadro 48. Ponderación del parámetro Material predominante en techos	61
Cuadro 49. Distribución de pesos del parámetro resiliencia	61
Cuadro 50. Ponderación del parámetro Tipo de vivienda	61
Cuadro 51. Ponderación del parámetro Ingreso Familiar promedio	62
Cuadro 52. Operacionalización de variables	64
Cuadro 53. Impacto Ambiental de los Servicios Ecosistémicos	68
Cuadro 54. Impacto ambiental de las Actividades Antrópicas	70
Cuadro 55. Matriz de Susceptibilidad	73
Cuadro 56. Matriz de Peligro	73
Cuadro 57. Niveles de Peligro	74
Cuadro 58. Estratificación del Peligro	74
Cuadro 59. Matriz de Vulnerabilidad	77
Cuadro 60. Niveles de Vulnerabilidad	77
Cuadro 61. Estratificación de la Vulnerabilidad	78
Cuadro 62. Matriz del Riesgo	81
Cuadro 63. Niveles de Riesgo	81
Cuadro 64. Estratificación del riesgo	82
Cuadro 65. Valoración de Consecuencias	85
Cuadro 66. Valoración de Consecuencias	85
Cuadro 67. Nivel de consecuencias y daños	86
Cuadro 68. Medidas cualitativas de consecuencia y daño	86
Cuadro 69. Aceptabilidad y Tolerancia del riesgo	87
Cuadro 70. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia	87
Cuadro 71. Nivel de Priorización	87

Cuadro 72. Resultados de la Prueba de Normalidad	89
Cuadro 73. Escala de Interpretación del Rho de Spearman.....	90
Cuadro 74. Resultados de la Prueba de Correlación de Spearman	91
Cuadro 75. Pesos de los Parámetros de Evaluación del Subsistema Ecológico	110
Cuadro 76. Descriptores del Servicio de Soporte – Hábitat de Especies	111
Cuadro 77. Descriptores del Servicio de Soporte – Conservación de la diversidad ..	111
Cuadro 78. Descriptores del Servicio de Provisión	111
Cuadro 79. Descriptores del Servicio de Regulación – Secuestro de carbono	112
Cuadro 80. Descriptores del Servicio de Regulación – Prevención de la Erosión	112
Cuadro 81. Descriptores del Servicio de Regulación – Regulación hídrica, microclimática y control de contaminantes.....	112
Cuadro 82. Descriptores del Servicio Cultural – Valor espiritual y turístico	113
Cuadro 83. Pesos de los Parámetros de Evaluación del Subsistema Social.....	113
Cuadro 84. Descriptores del Emisión de Material Particulado y gases.....	114
Cuadro 85. Descriptores de Generación de ruido	114
Cuadro 86. Descriptores de Vertimiento de Efluentes.....	114
Cuadro 87. Descriptores de Generación de residuos sólidos.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Los 3 pilares del desarrollo sostenible.	10
Figura 2. Sistema tradicional.....	11
Figura 3. Sistema socio-ecológico	12
Figura 4. Sistema socio-ecológico global	13
Figura 5. Sistema Socio-Ecológico	15
Figura 6. Proceso de adaptación y transformación del sistema socio-ecológico	16
Figura 7. Área urbana del distrito de Puquio	20
Figura 8. Mapa Geomorfológico de la Subcuenca Geronta.....	22
Figura 9. Mapa Geológico de la Subcuenca Geronta.....	24
Figura 10. Mapa de Pendientes de la Subcuenca Geronta	26
Figura 11. Mapa de Ecosistemas de la Subcuenca Geronta.....	28
Figura 12. Mapa Hidrológico de la Cuenca Acarí	29
Figura 13. Mapa de Isoyetas de Precipitación Total Anual de la Cuenca Acarí.....	31
Figura 14. Precipitación acumulada mensual de la Cuenca Acarí.....	32
Figura 15. Caudal medio mensual de la Cuenca Acarí y Subcuenca Geronta.	33
Figura 16. Percentiles de Precipitación en la Estación Meteorológica de Puquio.....	34
Figura 17. Población según sexo en la ciudad de Puquio	35
Figura 18. Población según ciclo de vida	36
Figura 19. Tipo de vivienda.....	37
Figura 20. Material predominante en paredes.....	38
Figura 21. Material predominante en techos	39
Figura 22. Abastecimiento de agua en vivienda.....	40
Figura 23. Servicio higiénico	41
Figura 24. Alumbrado Público	42
Figura 25. PEA según actividad económica	44
Figura 26. Metodología para la determinación del Peligro	49
Figura 27. Metodología para la determinación de la vulnerabilidad.....	54
Figura 28. Metodología para determinar los niveles de riesgo	62
Figura 29. Sistema Socio-Ecológico del distrito de Puquio	66
Figura 30. Interacción del Sistema Socio-Ecológico	67

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vivienda del Barrio de Chaupi.....	103
Fotografía 2. Vivienda del Barrio de Chaupi.....	103
Fotografía 3. Vivienda del Barrio de Ccollana	104
Fotografía 4. Vivienda del Barrio de Ccollana	104
Fotografía 5. Vivienda del Barrio de Ccollana	105
Fotografía 6. Vivienda del Barrio de Ccollana	105
Fotografía 7. Vivienda del Barrio de Pichccachuri.....	106
Fotografía 8. Vivienda del Barrio de Ccayao	106
Fotografía 9. Equipo de Trabajo en campo	107
Fotografía 10. Trabajo de campo en el Barrio de Chaupi.....	107
Fotografía 11. Trabajo de campo en el Barrio de Ccollana	108
Fotografía 12. Trabajo de campo en el Barrio de Ccollana	108
Fotografía 13. Zona comercial de la Ciudad de Puquio.....	109
Fotografía 14. Mercado Municipal de Puquio	109

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar la 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, y sus objetivos específicos identificar las relaciones socio-ecológicas, y calcular el riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio. Para lograr estos objetivos primero se realizó la caracterización del sistema socio-ecológico e identificación de sus relaciones socio-ecológicas (servicios ecosistémicos y actividades antrópicas); luego se calculó el riesgo de inundación pluvial a través del proceso de análisis jerárquico (Saaty, 1980), por último, se realizó la prueba de correlación de Spearman, la cual demostró 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. De esta manera se espera que los resultados de la presente investigación contribuyan con el enriquecimiento de la literatura científica sobre los sistemas socio-ecológicos, y permitan a las autoridades locales, implementar medidas estructurales y no estructurales a fin de prevenir y mitigar los daños en las zonas de alto riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio.

Palabras Clave: *Riesgo, inundación pluvial, relaciones socio-ecológicas, Puquio*

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the influence of socio-ecological relationships on the risk of rain flooding in the urban area of Puquio district, Lucanas province, Ayacucho, Peru, and its specific objectives are to identify socio-ecological relationships, and calculate the risk of rain flooding in the urban area of Puquio district. To achieve these objectives, the characterization of the socio-ecological system and identification of its relationships (ecosystem services and anthropic activities) was first carried out; then the risk of storm flooding was calculated through the hierarchical analysis process (Saaty, 1980), finally, the Spearman correlation test was performed, which showed 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 lesser development, neighborhoods of Chaupi and Ccollana, a high level of risk predominates. In this way, it is expected that the results of this research will contribute to the enrichment of the scientific literature on socio-ecological systems and their relationships, and allow local authorities to implement structural and non-structural measures to prevent and mitigate the impact in high-risk areas for rain flooding in the urban area of Puquio district.

Key words: *Risk, rainwater flood, Socio-ecological relations, Puquio.*

I. CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

Las inundaciones son consideradas como uno de los eventos naturales más perjudiciales a nivel mundial (Douben, 2006). De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2015), desde la década de los 90's las inundaciones, tormentas y sequías han afectado a más de 4200 millones de personas en todo el mundo, aproximadamente el 95% de todas las personas afectadas por desastres. Asimismo, el número de estos eventos ha crecido rápidamente en los últimos años, generando cuantiosas pérdidas económicas y humanas, siendo las regiones más afectadas históricamente, las regiones de Asia, Centro América, y América Latina (Benjamín, 2008).

Es por ello que, en las últimas décadas la región de América Latina ha sumado esfuerzos con el objeto de prevenir y/o mitigar los impactos producidos por los fenómenos de origen natural, sin embargo, problemas crónicos de la región como la pobreza, ampliación 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 de desastre en las ciudades (Vargas, 2006).

De acuerdo con Castro (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).

Así también, 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 pérdida de vidas humanas, así como, 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 de Ayacucho, siendo las poblaciones más afectadas las que se encuentran en situación de pobreza y extrema pobreza (INDECI, 2019).

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 crecimiento económico reciente ha perturbado el medio ambiente local incrementando el riesgo de inundación pluvial en el distrito. En este contexto, la presente investigación tiene como finalidad determinar la 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.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la Influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el estado socio-ecológico en el distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú?
- ¿Cuál es el riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú?

1.3. Justificación Teórica

La teoría de los sistemas socio-ecológicos es reciente, propuesto por primera vez por Gallopín et al. (1989) para entender la vinculación e interdependencia entre la sociedad y la naturaleza. Posteriormente, otros investigadores continuaron con el desarrollo de esta teoría como: Raskin (2006), Salas et al, (2012), y Rathe (2017), con el objeto de entender las interacciones naturaleza-sociedad en los sistemas socio-ecológicos.

En este sentido, los resultados de la presente investigación contribuirán con el enriquecimiento de la literatura científica sobre los sistemas socio-ecológicos, pues pretende realizar una primera aproximación a nivel nacional sobre las interacciones o relaciones socio-ecológicas en un sistema local, en la región de Ayacucho en el centro sur del país.

1.4. Justificación Práctica

La ocurrencia de inundaciones, deslizamientos y huaicos en la temporada de lluvias (diciembre a marzo), frecuentemente supera la capacidad de respuesta de las municipalidades distritales y provinciales de la región de Ayacucho, generando grandes pérdidas en vidas humanas, bienes e infraestructura,

pese a los esfuerzos de las autoridades locales para prevenir y atender estos desastres de origen natural.

Por tanto, la presente investigación se justifica puesto que los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos permitirán a las autoridades locales, implementar medidas estructurales y no estructurales con el objeto de proteger la vida, la salud, y los medios de vida de la población ubicada en las zonas de alto riesgo de inundación pluvial, beneficiando a los cuatro barrios históricos de Puquio: Chaupi, Ccollana, Ccayao y Pichccachuri.

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar la 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.

1.5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el estado socio-ecológico en el distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.
- Determinar el riesgo por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

II. CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco epistemológico de la investigación

Hurtado y Rivera (2006) establecen que, la epistemología es la rama de la filosofía, que se busca explicar la naturaleza y la obtención de teorías y conceptos científicos, por tanto, se encarga evaluar la calidad y el rigor científico de las investigaciones, a través del estudio de las herramientas y métodos del investigador, sus métodos, su lógica, así como, la credibilidad o confirmabilidad de sus teorías.

Por lo que, en un intento por entender la complejidad de la realidad, surgen diferentes paradigmas que sustentan la investigación científica, siendo el paradigma positivista el que predomina en muchas comunidades científicas. Según Hurtado (2008) este paradigma establece que todo conocimiento para ser considerado científico debe estar debidamente probado, debe ser medible y cuantificable, por tanto, hace énfasis en la objetividad de la investigación.

Con base a lo descrito anteriormente, la presente investigación se orienta por el paradigma positivista, al tratar de entender una parte de la realidad en un espacio geográfico definido, empleando métodos, técnicas, e instrumentos aceptados por la comunidad científica, con el objeto de obtener un conocimiento valido relativo a las variables de estudio que permita responder a las interrogantes planteadas.

2.2. Antecedentes del Problema

2.2.1. *Ámbito Internacional*

La investigación realizada por Modica y Zoboli (2016), presenta una evaluación del impacto que generan los desastres naturales en la economía local desde el enfoque de los sistemas socio-ecológicos. Los resultados de esta investigación establecen que existe una relación de interdependencia entre los subsistemas ecológico y social; por un lado, la actividad humana depende del subsistema ecológico, mientras que por otro lado el subsistema ecológico se ve afectado por la actividad humana, asimismo, ambos subsistemas influyen en la vulnerabilidad y riesgo de desastres. Finalmente, los autores concluyen que el enfoque de los sistemas socio-ecológicos permite a las autoridades locales y planificadores prevenir las pérdidas económicas debido a los desastres de origen natural.

Yaxin et al (2019) realizó un análisis del conflicto entre la Reserva Natural Nacional de la Montaña Taibai en Shaanxi, China y tres comunidades circundantes (Chaihushan, Hetaoping y Dali), empleando un enfoque de la teoría de conflicto y de los sistemas socio-ecológicos. Los resultados revelan que el sistema socio-ecológico en cada una de las aldeas evaluadas varía respecto a los procesos interactivos, los actores presentes, las unidades de recursos naturales, y el tipo de gobernanza, es decir, a pesar de la proximidad entre las comunidades, cada una de ellas mantiene un sistema socio-ecológico diferente a la comunidad vecina. Por otra parte, también se encontró que el tipo de gobernanza policéntrica es la que prevalece en el área de estudio mas no funciona bien en todas las aldeas. Por ello los autores recomiendan fortalecer la gobernanza policentrica en las aldeas con una autonomía ordenada, para facilitar la resolución de conflictos existentes y la gestión efectiva de los conflictos emergentes.

Vallejos (2017) realizó una caracterización del proceso de transformación de la cobertura vegetal y el impacto sobre los actores sociales vulnerables del Chaco Seco sudamericano. Por tanto, la autora desarrolló una base de datos y determinó la influencia del cambio de uso de suelo en la configuración socio-ecológica del territorio, estimando finalmente la pérdida de los servicios ecosistémicos ocasionada por la degradación del bosque y la deforestación. Los resultados de este trabajo indican que el cambio de uso de suelo en está alterando la configuración socio-ecológica del Chaco Seco Sudamericano, asimismo, se demostró que existe una apropiación desigual de los servicios ecosistémicos de parte de actores sociales extra-regionales, perjudicando a los actores más vulnerables (comunidades de pueblos originarios).

Twumasiwaah (2016) evaluó el riesgo de inundación en la comunidad de Aboabo (suburbio de Kumasi, Ghana), una de las comunidades más vulnerables a los efectos de las inundaciones debido al cambio climático, crecimiento de la población y rápida urbanización. El análisis realizado permitió identificar las causas y el impacto socioeconómico de las inundaciones en los residentes de la Comunidad de Aboabo, así como, las zonas vulnerables a inundaciones en base a un modelo de simulación vectorial desarrollado por el investigador. En base a estos resultados el autor propuso unas medidas de gestión que podían ser implementadas antes, durante y después de las inundaciones, a fin de mitigar los impactos generados por las inundaciones en la Comunidad de Aboabo.

2.2.2. *Ámbito Nacional*

Loyola (2019) evaluó el riesgo por inundación, en la quebrada del río Grande a partir del Puente Cumbicus hasta el Puente Candopata en la ciudad de Huamachuco al norte del Perú (La Libertad), para lo cual se determinó el peligro en la quebrada del Río Grande y la vulnerabilidad de la población aledaña que se encontraba en la faja marginal de la quebrada (31 familias). Los resultados determinaron que el riesgo por inundación en la quebrada del río Grande es alto, y podría acentuarse por el crecimiento demográfico y el

cambio climático, es por ello se definieron medidas estructurales y no estructurales para reducir el riesgo por inundación.

Mendoza (2017) evaluó el riesgo de inundación en la quebrada Romero del distrito de Cajamarca, mediante el proceso de análisis jerárquico propuesto por T. L. Saaty. Los resultados establecen que el riesgo de inundación en la quebrada Romero es alto (principalmente en las manzanas paralelas al cauce de la quebrada), debido a una serie de factores identificados, tales como: las anomalías positivas de precipitación, deforestación en la parte alta de la cuenca, un inadecuado manejo de los residuos sólidos, y el emplazamiento de la población en el borde de la quebrada, por ello el autor propone una medidas preventivas con el fin de mitigar el riesgo de inundación en la quebrada Romero.

Hernández et al (2016) determinó la vulnerabilidad de los establecimientos de salud públicos en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad (región norte del Perú). Para lo cual realizó un análisis espacial exploratorio de los establecimientos de salud ubicados en las zonas de riesgo por la activación de las quebradas en la temporada de lluvias. A partir del análisis realizado se concluyó que la región Tumbes es la región más afectada con el 37% de sus establecimientos afectados por deslizamientos o inundaciones, además, se identificaron los establecimientos de salud cercanos a las zonas de alto riesgo de inundación, en donde se requiere implementar de manera prioritaria medidas preventivas frente a inundaciones producidas en la temporada de máximas precipitaciones.

Cordova (2018) analiza la vulnerabilidad por inundaciones en la ciudad de Huarmey en Ancash utilizando como referencia la guía de análisis de vulnerabilidad establecido por la Organización Panamericana de la Salud. El análisis realizado permitió identificar las zonas vulnerables a una inundación en la ciudad de Huarmey, así también, se determinó que los centros de salud y centros educativos de la ciudad se localizan en zonas de alta vulnerabilidad,

por lo que el autor planteó una serie de alternativas con el objeto de reducir la vulnerabilidad de estos componentes como la mejora de los canales de drenajes, la construcción de muros de contención y la construcción de represas que permitan regular el caudal de los ríos.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Desarrollo Sostenible

Todo desarrollo implica la mejora de las condiciones y niveles de vida de una sociedad. En la actualidad, existen dos grandes modelos de desarrollo: el modelo tradicional, que establece un crecimiento económico sin restricciones, y uno alternativo denominado desarrollo sostenible, el cual se sustenta en que los recursos del planeta son limitados, por lo que la sobreexplotación de estos recursos es insostenible (Egoávil, 2016).

El modelo de desarrollo que se aborda en la presente investigación es el de desarrollo sostenible. Este término fue definido por primera vez en el Informe Brundtland en 1987, y se establece como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (Naciones Unidas, 1987).

De acuerdo a Neuhaus (2013) el desarrollo sostenible mantiene tres pilares fundamentales:

1. La protección del medio ambiente: Busca preservar los ecosistemas, la biodiversidad, y la calidad ambiental, así también busca reducir el daño producido al medio ambiente, disminuyendo la generación de residuos, emisiones y efluentes.
2. El desarrollo social: Pretende alcanzar el bienestar social en todos los ámbitos de una sociedad.

3. El desarrollo económico: Busca generar riqueza económica en un marco legal que estimule el desarrollo financiero rentable y equitativo, preservando los recursos naturales y su conservación.

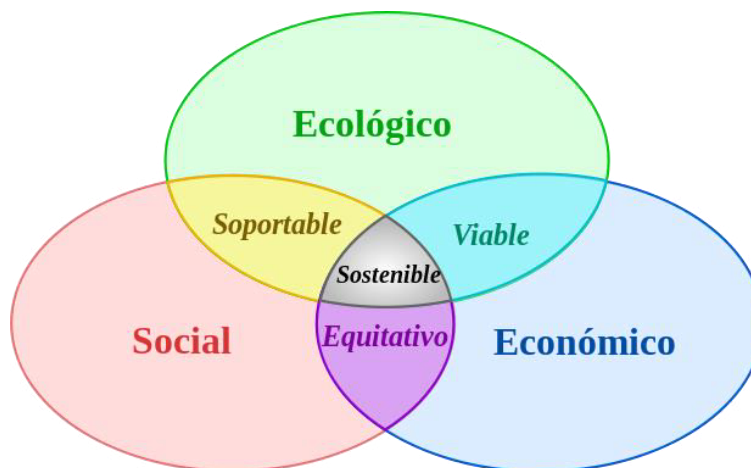


Figura 1. **Pilares del desarrollo sostenible.** Fuente. Neuhaus (2013).

Se debe tener presente que el desarrollo sostenible no es un estado que se alcanza en un determinado momento y se mantiene para siempre, sino implica realizar continuamente cambios, y buscar soluciones ante conflictos sociales, económicos y ambientales en diferentes contextos socioculturales. Este modelo de desarrollo comprende todos los aspectos relacionados con la sociedad, por tanto, es algo que concierne al sector público, sector privado y la sociedad civil (Agencia Alemana de Cooperación Técnica [GTZ], 2006).

Sin embargo, a pesar de la alta difusión y aceptación del modelo de desarrollo sostenible por la comunidad mundial, los resultados obtenidos no son muy alentadores. Una evaluación de los ecosistemas del milenio presentada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en el 2005, establece que los cambios realizados en los ecosistemas en las últimas décadas han permitido mejorar la calidad de vida de la población, no obstante, este cambio se ha dado por un costo muy alto que implica la degradación de diversos ecosistemas, lo cual disminuirá de manera sustancial la calidad de vida de las futuras generaciones (PNUMA, 2005).

2.3.2. Sistema socio-ecológico

Pese a los esfuerzos realizados por la comunidad mundial en adoptar el modelo de desarrollo sostenible, la tasa de uso de recursos a nivel global continúa creciendo, limitando la oportunidad de que las futuras generaciones puedan tener un estándar de vida similar al que tenemos. Esto se debe a que sigue manteniendo un sistema socioeconómico o tradicional en donde todo gira en torno a cuestiones socioeconómicas, este sistema sitúa al hombre como dueño o señor de la naturaleza de modo que los recursos naturales están para satisfacer sus necesidades (Topiltzin,2008).



Figura 2. **Sistema tradicional.** Fuente. Gallopín (2003).

Topiltzin (2008) establece que el sistema tradicional es insostenible, ya que es un sistema obsoleto que se sustenta en la idea de que los recursos naturales son infinitos o que el hombre tiene la capacidad de incrementar la productividad de la naturaleza por medio del desarrollo tecnológico, además, considera que los servicios ambientales tiene la capacidad de asimilar los excesos productivos generados por la actividad económica (desechos), sin producir ningún impacto significativo sobre la naturaleza y sus servicios ambientales, lo cual constituye una falacia, tal como lo demuestra el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono.

Es así que desde una postura ambientalista surge el sistema socio-ecológico, como alternativa al sistema tradicional, el cual reconoce la vinculación e interdependencia entre la naturaleza y la sociedad, asimismo, este sistema se basa en idea de que el capital natural (recursos naturales) es finito, de modo que para garantizar un desarrollo sostenible es necesario considerar la biocapacidad del planeta. Una primera aproximación a este concepto lo plantea Rathe (2017), el cual establece que los sistemas socio-ecológicos son sistemas adaptativos, en el que sus componentes económicos, sociales, culturales, ecológicos, entre otros, interactúan entre sí para crear una entidad más compleja.

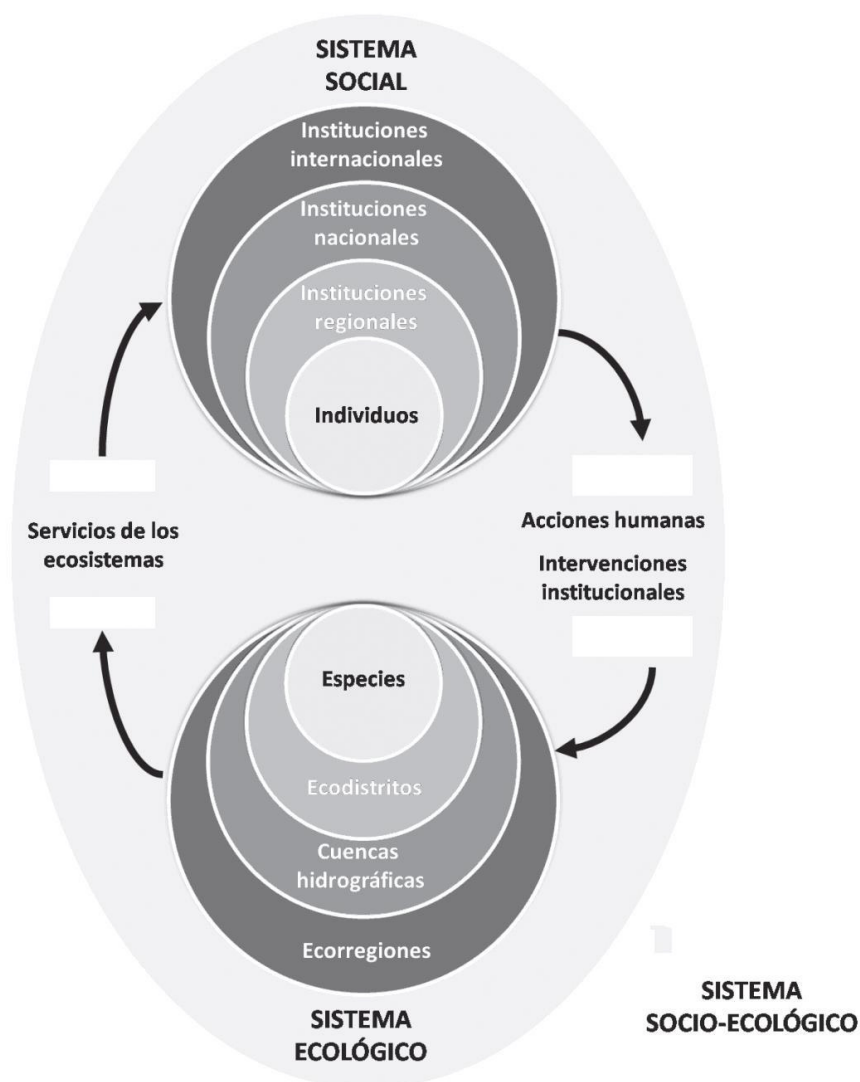


Figura 3. Sistema socio-ecológico. Fuente. Martin et al. (2009).

En este sentido, podemos decir que un sistema socio-ecológico tiene una estructura compleja que se compone de un subsistema social y un subsistema ecológico. Martín, Gómez y Montes (2009) indican que el subsistema social se compone por individuos, grupos, comunidades e instituciones, las cuales interactúan continuamente entre sí, y además se beneficia de los servicios ecosistémicos del componente ecológico, generando acciones (pesca, ganadería, agricultura, etc.) o intervenciones (restauración, conservación, etc.) que modifican directa o indirectamente el funcionamiento o estructura del subsistema ecológico.

Por otra parte, Raskin (2006) señala que el subsistema social y el subsistema ecológico están estrechamente vinculados, siendo este vínculo multi-escalar, tanto a escala local, regional y global, es decir el sistema socio-ecológico global está integrado de redes de sistemas de escala regional, y estos a su vez, de sistemas locales, lo que compone una estructura compleja anidada de subsistemas, en donde las relaciones se dan horizontalmente y verticalmente entre escalas.

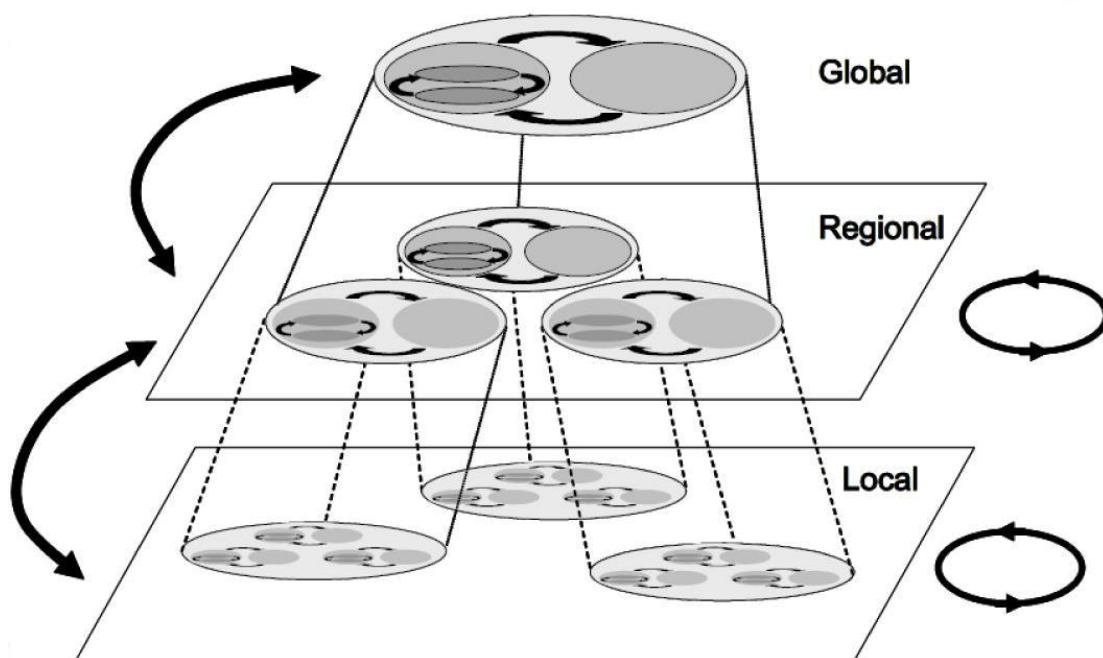


Figura 4. Sistema socio-ecológico global. Fuente. Raskin (2006).

Finalmente, Gallopín (2003) establece que existe un conjunto de atributos fundamentales que son necesarios para el funcionamiento de un sistema socio-ecológico.

1. Resiliencia: Se refiere a la capacidad del sistema para mantener los componentes esenciales en un estado de equilibrio, manteniendo la estructura del sistema.
2. Capacidad de respuesta: Es la capacidad del sistema socio-ecológico para hacer frente al cambio.
3. Adaptabilidad y flexibilidad: Se refiere al grado de ductilidad del sistema para detectar, interpretar y hacer frente los cambios que acontecen fuera del sistema.

2.3.3. Relaciones socio-ecológicas

Salas, Ríos y Del Castillo (2012) señala que las relaciones socio-ecológicas son las interacciones que se establecen entre el subsistema social y subsistema ecológico, que generan impactos y perturbaciones entre ellos. Por lo que, estas interacciones repercuten en el subsistema ecológico que está formado el medio biótico (fauna y flora) y abiótico (elementos físicos de la naturaleza), y en el subsistema social que está integrado por los componentes cultura, política, economía y social.

Asimismo, se debe precisar que las relaciones socio-ecológicas se establecen a través de diferentes vías. Por un lado, las actividades y procesos humanos causan impactos en el subsistema ecológico tales como la alteración de la calidad de aire, perturbación de hábitats de especies, pérdida de cobertura vegetal, entre otros; y por el otro lado, la dinámica de los ecosistemas genera beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad.

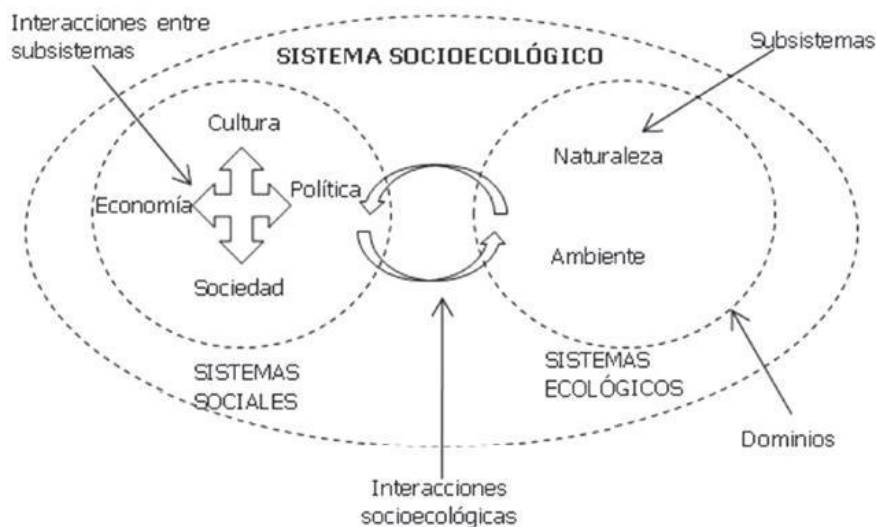


Figura 5. Sistema Socio-Ecológico. Fuente. Salas, Ríos y Del Castillo (2011).

Por otra parte, Raskin (2006) establece que las relaciones socio-ecológicas pueden producir perturbaciones en el subsistema ecológico que puede comprometer la sostenibilidad del sistema. En las últimas décadas, la pérdida de biodiversidad, degradación de los ecosistemas, y el agotamiento de los recursos hídricos ha generado severos impactos ambientales alrededor del mundo. Por tanto, el deterioro del subsistema ecológico global ha ocasionado que los ecosistemas no tengan la capacidad suficiente de brindar los servicios ambientales que la población requiere tales como producción de alimentos, generación de oxígeno, depuración natural de contaminantes, etc.

Al respecto se debe precisar que la resiliencia es aquello que permite al sistema socio-ecológico mantener su estructura frente a las perturbaciones generadas por las interacciones entre los subsistemas social y ecológico detalladas anteriormente, no obstante, si el sistema posee una baja resiliencia existe una alta probabilidad que este sufra pequeñas o moderadas modificaciones (adaptación) o cambios sustanciales en su estructura (transformación). Según Raskin (2006) la adaptación es el conjunto de cambios o alteraciones en las relaciones sociales y ecológicas del sistema, pero manteniendo su estructura, mientras que, la transformación implica cambios que modifican la estructura del sistema.

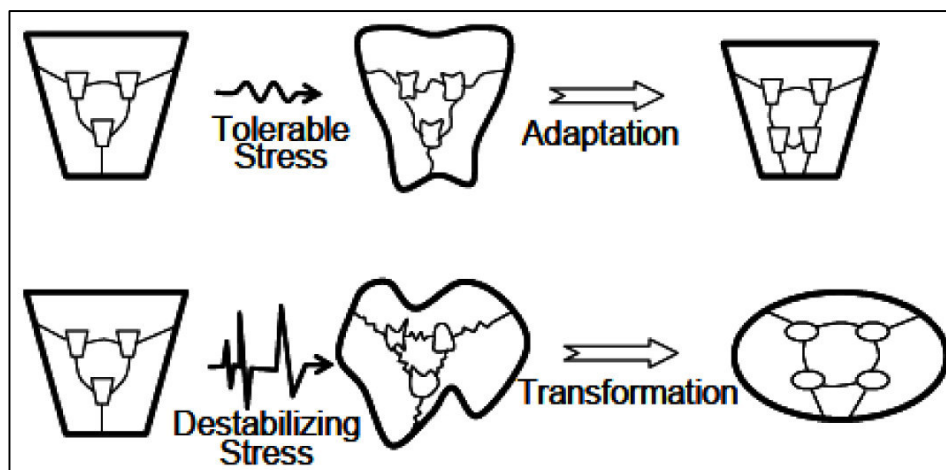


Figura 6. Proceso de adaptación y transformación del sistema socio-ecológico. Fuente. Raskin (2006).

2.3.4. Área urbana

Tradicionalmente ha prevalecido una definición dicotómica de lo rural y urbano, lo rural se encontraba social y espacialmente separado de lo urbano, y estaba asociado a la actividad agrícola, y un escaso desarrollo económico; por su parte lo urbano, estaba asociado con las innovaciones tecnológicas, actividades industriales y desarrollo económico. No obstante, los cambios económicos, sociales, institucionales y ambientales que se desarrollaron en los espacios rurales producto de la revolución industrial y la globalización, han generado una controversia sobre la definición de estos espacios, y la validez de los criterios empleados para su delimitación (Padilla, 2015).

En el contexto actual esta visión tradicional ha cambiado, Méndez, Ramírez y Alzate (2005) establecen que lo urbano y lo rural se distinguen por el tipo de actividad que se desarrolla en estos espacios. De acuerdo a esta visión, lo rural está definido como aquellos espacios en donde existe una mayor interacción del hombre y la naturaleza, siendo esto relevante que la población de este medio pueda realizar sus actividades cotidianas. Por tanto, entre las principales actividades del medio rural se tiene a la producción de alimentos y materia prima para la industria, mientras que, las actividades del medio urbano están orientadas a la transformación de materias primas y prestación de servicios.

De acuerdo a Lavell (1999) la característica que define lo urbano está relacionado con el grado de concentración de la actividad económica de la población, lo que conlleva a una concentración de las funciones sociales y económicas, las cuales se relacionan con el sector industrial, comercio, servicios, cultura y política. Por tanto, se entiende como área urbana el espacio físico y social en donde se centralizan las funciones políticas, administrativas, económicas, culturales y religiosas, sin embargo, la centralización también representa un riesgo latente en las áreas urbanas; la concentración de la población, economía e infraestructuras en espacios limitados, conlleva a una alta vulnerabilidad frente a eventos naturales.

Por otra parte, en el área urbana se desarrollan un conjunto de procesos dinámicos tales como: el cambio de uso de suelo, densificación de predios y expansión urbana. Este último proceso denominado expansión urbana implica una transformación en el sistema ecológico originario, es decir el ambiente natural se transforma en un ambiente construido, que implica el cambio de la cobertura del suelo y su sustitución con cemento, asfalto u otros materiales, lo cual cambia la dinámica fluvial de los ríos, y la dinámica de las descargas pluviales acentuando aún más el riesgo de las inundaciones (Lavell, 1999).

2.3.5. Inundación Pluvial

Las inundaciones se han convertido en uno de los fenómenos con mayor recurrencia a nivel mundial, debido a la acción combinada del cambio climático y la actividad humana tales como: la deforestación, erosión del suelo, entre otros, provocando severos daños a la infraestructura pública y privada, pérdidas económicas, y en algunas ocasiones pérdidas de vidas humanas (Domínguez, 2019).

Cada año las inundaciones son un problema recurrente a nivel nacional, producto de las precipitaciones a lo largo de la región andina la cual presenta una época húmeda y una época seca bien diferenciada; y al fenómeno del niño, que ocasiona un aumento en el caudal de los ríos de la región andina, provocando severos daños en las ciudades costeras, específicamente al norte

del país (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2014).

Según Asencios (2020), en el Perú predominan las inundaciones fluviales y pluviales. Las fluviales son causadas por el desbordamiento de un río o arroyo, debido al aumento rápido del volumen de agua por encima de lo que el cauce del río o arroyo puede transportar, mientras que las inundaciones pluviales se producen tras un evento de lluvias intensas en un suelo poco permeable y no se encuentra necesariamente relacionado con el desbordamiento de un cauce de un río o arroyo.

Por su parte Vargas (2017), establece que las inundaciones pluviales son aquellas que se originan por las precipitaciones intensas en un determinado lugar, cuando el terreno no tiene la capacidad para drenar el exceso de agua producto de las precipitaciones, y cuando el terreno tiene un elevado grado de impermeabilización, lo cual es muy común en zonas urbanas debido a la utilización de pavimentos impermeables que provocan el colapso de la red general de evacuación y estancamiento de agua en la superficie.

De acuerdo al INDECI (2019), este tipo de inundación es frecuente en las regiones de Ayacucho, Arequipa, y Huánuco, en donde las lluvias intensas en los meses de diciembre a marzo exceden la capacidad de descarga del sistema de drenaje de aguas pluviales, y generalmente el sistema queda bloqueado y/o no puede descargarse debido a un nivel alto de agua en el cuerpo de agua receptor.

2.4. Glosario

Desastre: Es el conjunto de pérdidas, en vidas humanas, infraestructura, unidades productivas, servicios públicos, y ambiente, producto del impacto de un fenómeno natural o antrópico cuya intensidad supera la capacidad de respuesta local para poder atender de manera eficaz sus consecuencias (CENEPRED,2015).

Fenómeno natural: Es toda manifestación de la naturaleza, resultante de su dinámica interna o externa. Estas manifestaciones pueden tener cierta regularidad como las lluvias en determinados meses del año o de aparición extraordinaria como un terremoto o tsunami (Romero y Maskrey, 1993).

Inundación: Es la elevación rápida del nivel del agua mayor a lo habitual, que provoca la invasión o penetración de aguas en zonas que suelen estar libres de esta, produciendo daños en la infraestructura, población, agricultura, entre otros (Salas y Jiménez, 2007).

III. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado en el área urbana del distrito de Puquio, ubicado en la provincia de Lucanas, en la región Ayacucho, en la Subcuenca Geronta, a una altitud aproximada de 3200 msnm.

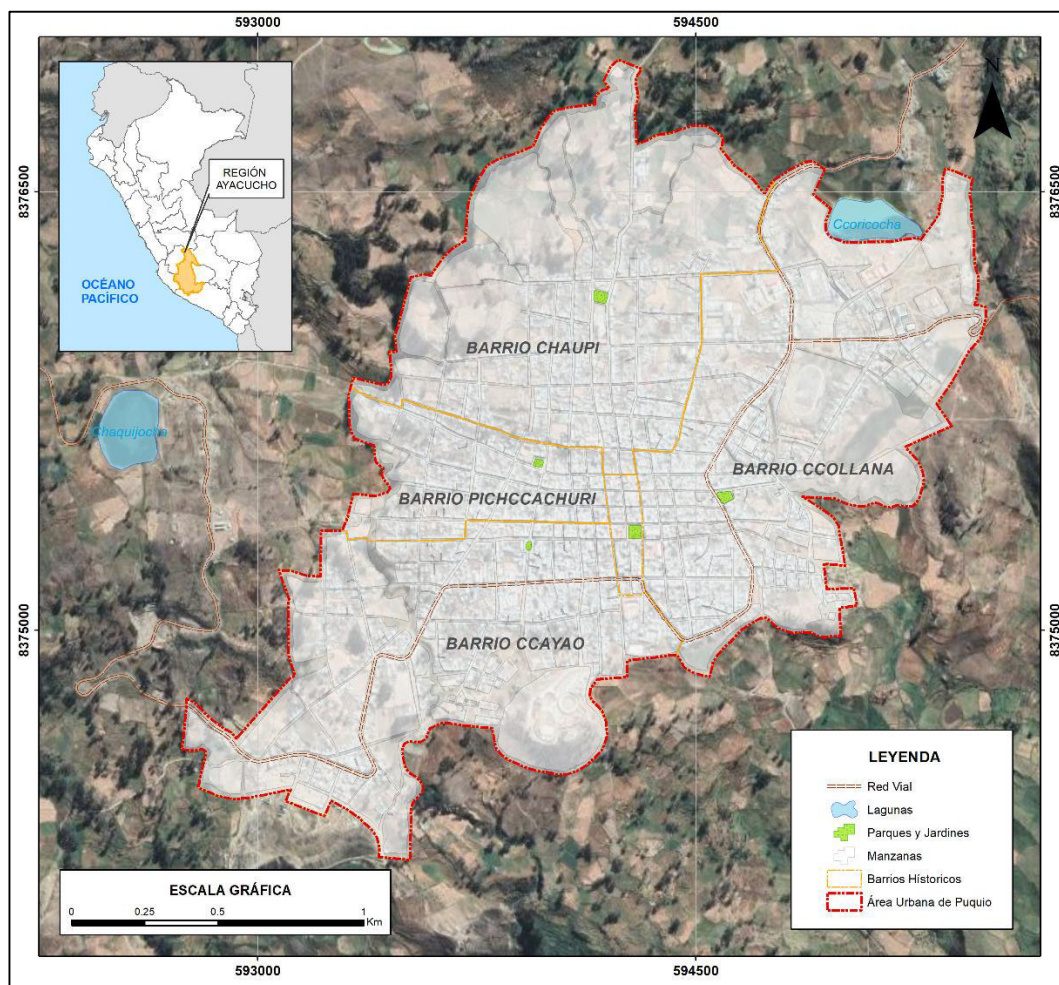


Figura 7. Área urbana del distrito de Puquio

3.1.1. Aspectos físicos

3.1.1.1. Geomorfología

- a. **Terraza Indiferenciada (Ti):** Se forma por la fusión de terrazas de diferentes edades, pero pertenecientes a un mismo ciclo erosivo. Litológicamente está constituido por sedimentos de depósitos fluviales acarreados por los ríos y quebradas, y se caracteriza por estar expuesta a inundaciones periódicas.

- b. **Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd):** Se origina por la acumulación sucesiva de material heterogéneo en la base de las laderas de montaña, originadas por procesos de movimientos en masa antiguos y recientes como deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas.

- c. **Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd):** Se origina por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acumulación por efecto de la gravedad) y deluvial (acumulación de material al pie de las laderas, depositados por flujos de agua).

- d. **Montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs):** Dentro de esta unidad se consideran afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias compuesto por secuencias volcanoclásticas con depósitos sedimentarios. Asimismo, está representada por superficies planas y onduladas, con frentes escapados a abruptos.

- e. **Montaña en roca volcánica (RM-rv):** En esta unidad se presentan afloramientos de rocas volcánicas compuesto por lavas andesíticas e ignimbritas. Asimismo, está representada por superficies planas y onduladas, con frentes escapados a abruptos, siendo susceptible a la ocurrencia de derrumbes y caídas de rocas.

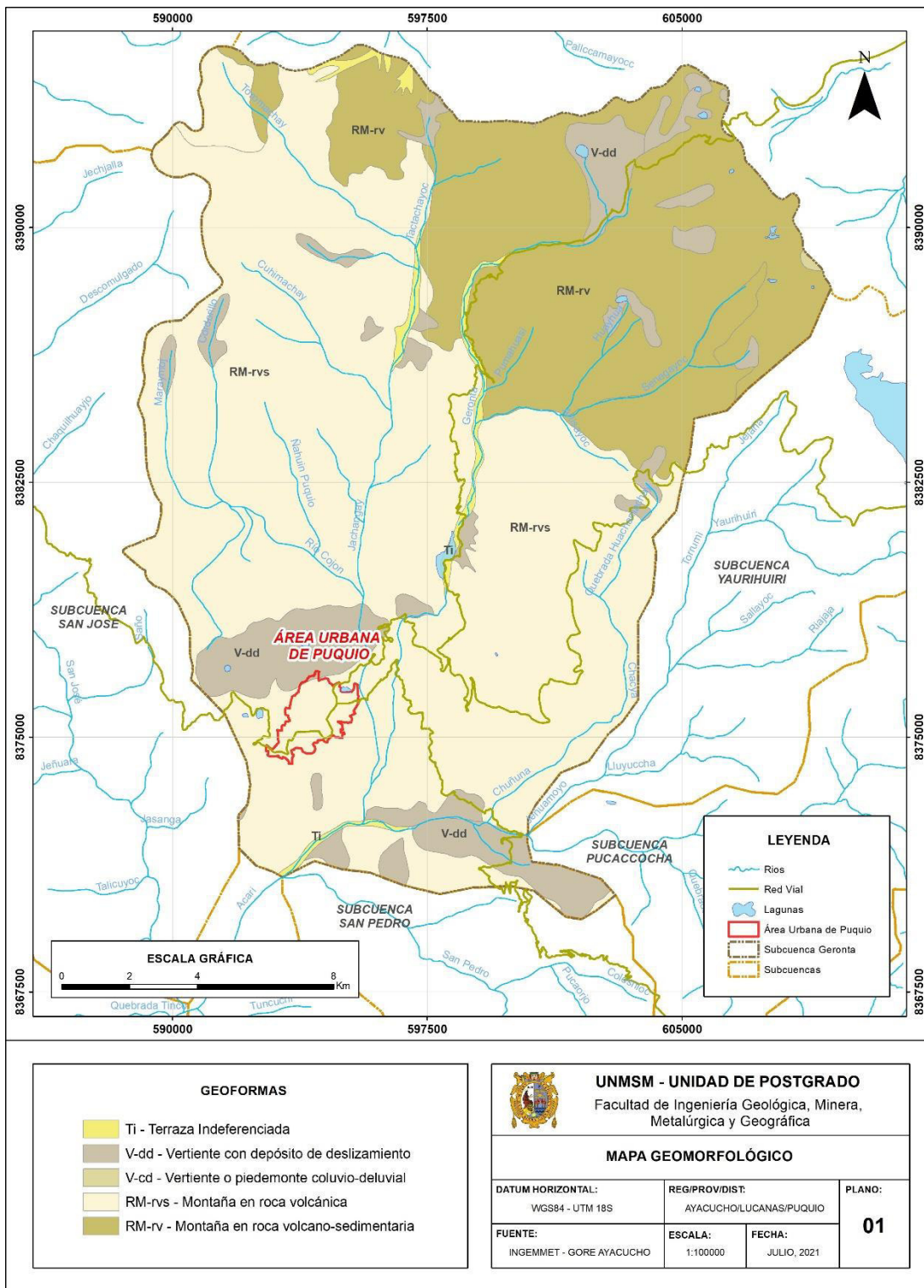


Figura 8. Mapa Geomorfológico de la Subcuenca Geronta

3.1.1.2. Geología

Se presentan las unidades litoestratigráficas de la Subcuenca Geronta:

- a. **Formación Puquio (Nm-pu):** Es una secuencia de rocas volcánico-clásticas, constituida por tobas, capas de lavas andesíticas, areniscas, limolitas, y aglomerados volcánicos.
- b. **Formación San Pedro (P-sp):** Es una secuencia de rocas volcánico-clásticas, constituida por ignimbritas, tobas y aglomerados volcánicos con intercalaciones de limolitas y areniscas.
- c. **Formación Castrovirreyna Inferior (Pn-c-i):** Está formada por una secuencia de rocas volcánicas. En la sección inferior predominan tobas dacíticas, con fragmentos líticos, alternadas con tobas ignimbríticas, dacíticas o riolíticas.
- d. **Formación Castrovirreyna Superior (Pn-c-s):** Está formada por una secuencia de rocas volcánicas. En la sección superior predominan brechas volcánicas de naturaleza andesítica, intercaladas con derrames andesíticos.
- e. **Lagunas:** Denominadas cochas, de menor profundidad que los lagos, pero tienen un alto valor espiritual para las cuatro comunidades de la ciudad de Puquio.
- f. **Formación Caudalosa (Nm-cau):** Está compuesto por aglomerados de composición dacítica y andesítica, tobas brechoides andesíticas y traquiandesíticas. Asimismo, por su naturaleza se establece que ha sido originada por un volcanismo explosivo.
- g. **Grupo Barroso (Np-b):** Está compuesto por un grupo de rocas volcánicas, formadas por derrames piroclásticos y lávicos de naturaleza traquiandesítica y andesítica.

h. Depósito Aluvial (Qh-al): Son acumulaciones de materiales poco consolidados o sueltos de naturaleza heterogénea, depositados por la corriente de los ríos. Está compuesto por gravas redondeadas, cubiertas por una matriz areno-limosa.

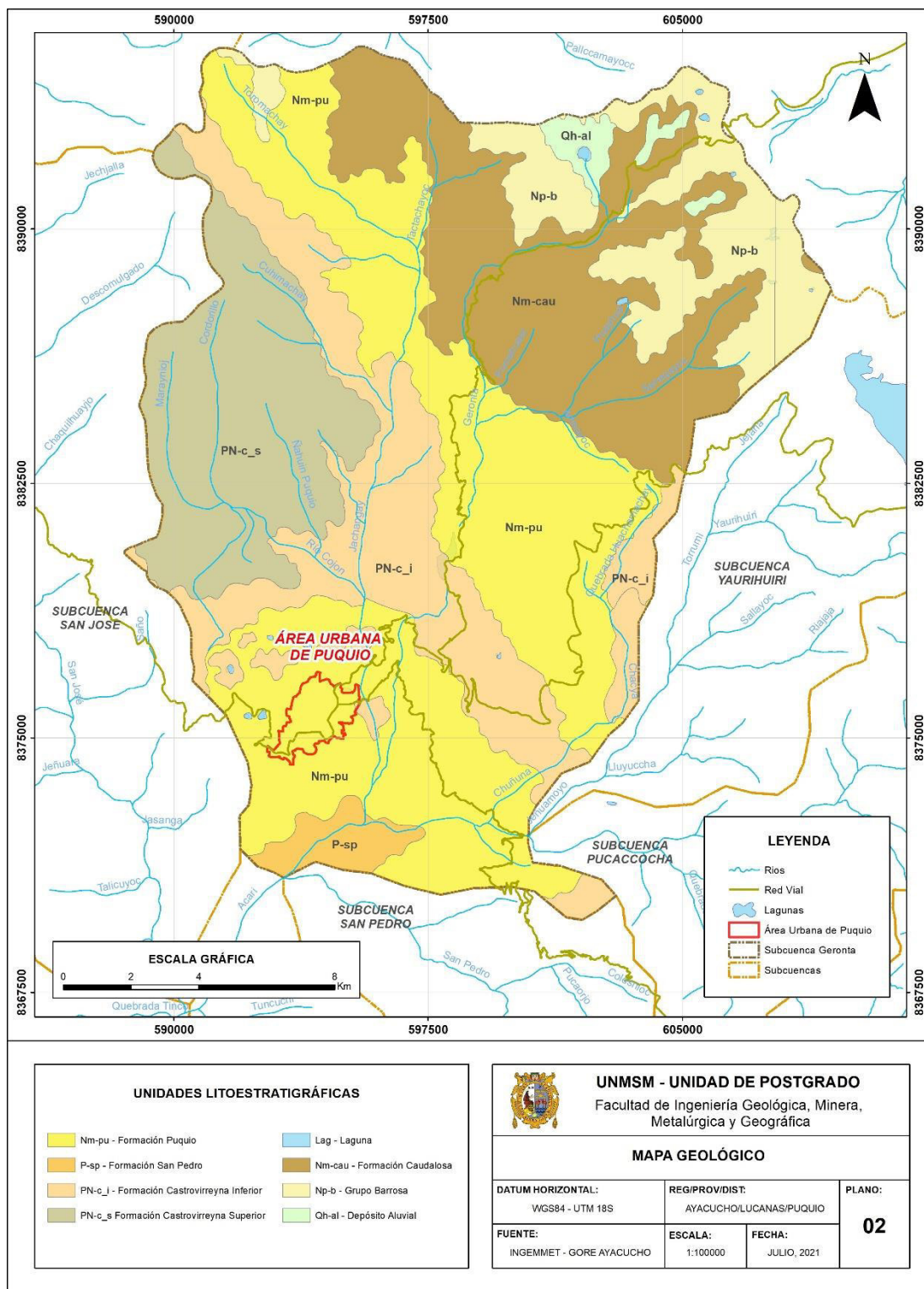


Figura 9. Mapa Geológico de la Subcuenca Geronta

3.1.1.3. Pendiente

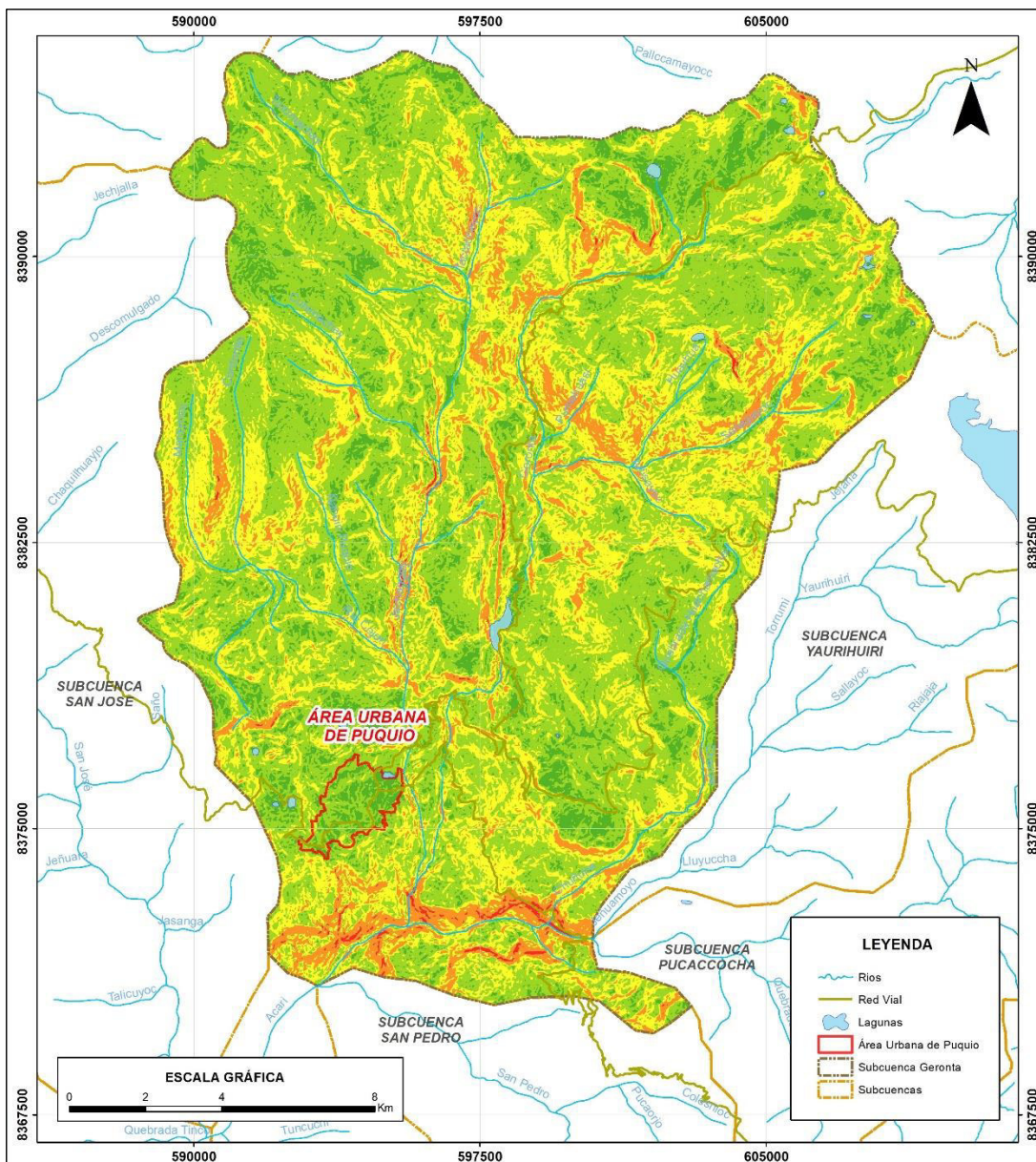
Se determinó la pendiente del terreno, a partir de un modelo digital de elevación (DEM) obtenido del geoservidor del Ministerio del Ambiente.

- a. **Plano o ligeramente inclinado (<5°):** Terrenos planos que presentan una ligera inclinación, y se distribuyen en las zonas de altiplanicie, fondos de valle y terrazas aluviales.
- b. **Moderadamente inclinado (5-15°):** Terrenos de pendiente moderada, que se distribuyen en las zonas colinas, lomadas, bordes de mesetas y laderas de vertientes de valles.
- c. **Fuertemente inclinado (15-25°):** Terrenos de pendiente fuerte, con amplia distribución en la zona de laderas de montañas, y bordes de mesetas que forman acantilados.
- d. **Moderadamente empinado (25-45°):** Terrenos distribuidos principalmente en las laderas de montaña, se extienden también por sectores en las laderas superiores.
- e. **Empinado (>45°):** Terrenos con pendiente abrupta a muy abrupta, las cuales presentan una distribución reducida a lo largo de cumbres de montañas, laderas de valles y acantilados.

Cuadro 1. Rangos de pendientes

Rangos	Descripción
<5°	Plano o ligeramente inclinado
5°-15°	Moderadamente inclinado
15°-25°	Fuertemente inclinado

Rangos	Descripción
25°-45°	Moderadamente empinado
> 45°	Empinado



PENDIENTE	
■	<math>< 5^\circ</math> - Plano o ligeramente inclinado
■	$5^\circ-15^\circ$ - Moderadamente inclinado
■	$15^\circ-25^\circ$ - Fuertemente inclinado
■	$25^\circ-45^\circ$ - Moderadamente empinado
■	$> 45^\circ$ - Empinado


 UNMSM - UNIDAD DE POSTGRADO Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica		
MAPA DE PENDIENTES		
DATUM HORIZONTAL: WGS84 - UTM 18S	REG/PROV/DIST: AYACUCHO/LUCANAS/PUQUIO	PLANO: 03
FUENTE: INGEMMET - GORE AYACUCHO	ESCALA: 1:100000	FECHA: JULIO, 2021

Figura 10. Mapa de Pendientes de la Subcuenca Geronta

3.1.1.4. Ecosistemas

- a. **Zonas Agrícolas (Agri):** Comprende las áreas dedicadas a cultivos. En el distrito de Puquio predominan los cultivos transitorios, es decir aquellos cuyo ciclo vegetativo de crecimiento es corto de pocos meses hasta dos años, y después de la cosecha vuelve a sembrar (cereales y hortalizas).
- b. **Bosque relicto altoandino (Br-a):** Ecosistema forestal compuesto por un bosque altoandino dominado por asociaciones de “queñua” (*Polylepis* spp.), con árboles de una altura superior a 2 metros y comúnmente restringidos a laderas rocosas o quebradas.
- c. **Lagunas (L):** Conocidas como cochas (del quechua, cocha=laguna), de menor profundidad que los lagos, pero tienen un alto valor espiritual para las cuatro comunidades de la ciudad de Puquio.
- d. **Pajonal de Puna Seca (Pjps):** Ecosistema altoandino con presencia de vegetación herbácea, que ocupa terreno planos u ondulados. Se caracteriza generalmente por la presencia de céspedes dominados por gramíneas de porte bajo y pajonales dominados por gramíneas amacolladas robustas y xeromórficas
- e. **Zona Urbana (Urb):** Está compuesto por infraestructura urbana, áreas verdes y vías de comunicación asociadas con ellas, que configuran un sistema urbano. Incluye el casco urbano (edificios, casas y monumentos), áreas verdes (jardines y parques), áreas periurbanas o suburbanas, entre otros.

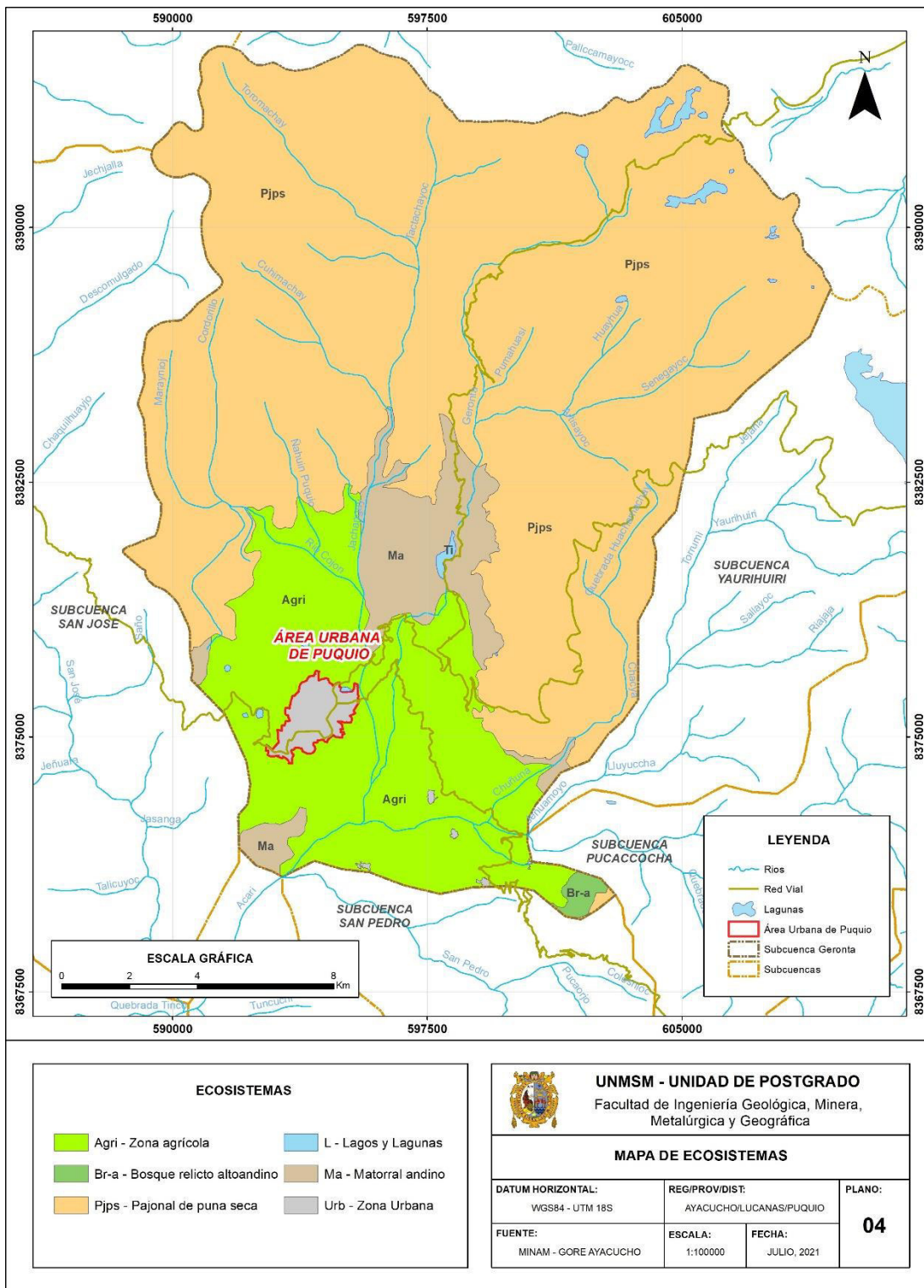


Figura 11. Mapa de Ecosistemas de la Subcuenca Geronta

3.1.1.5. Hidrología

El área urbana de Puquio se ubica en la subcuenca Geronta (SC-8), entre los ríos entre los ríos Geronta y San José, la cual forma parte de la cuenca del río

Acarí de la Vertiente del Pacífico, que limita por el este con la cuenca Yauca, por el oeste con la cuenca Grande, por el norte con la cuenca Pampas y por el sur con el Océano Pacífico.

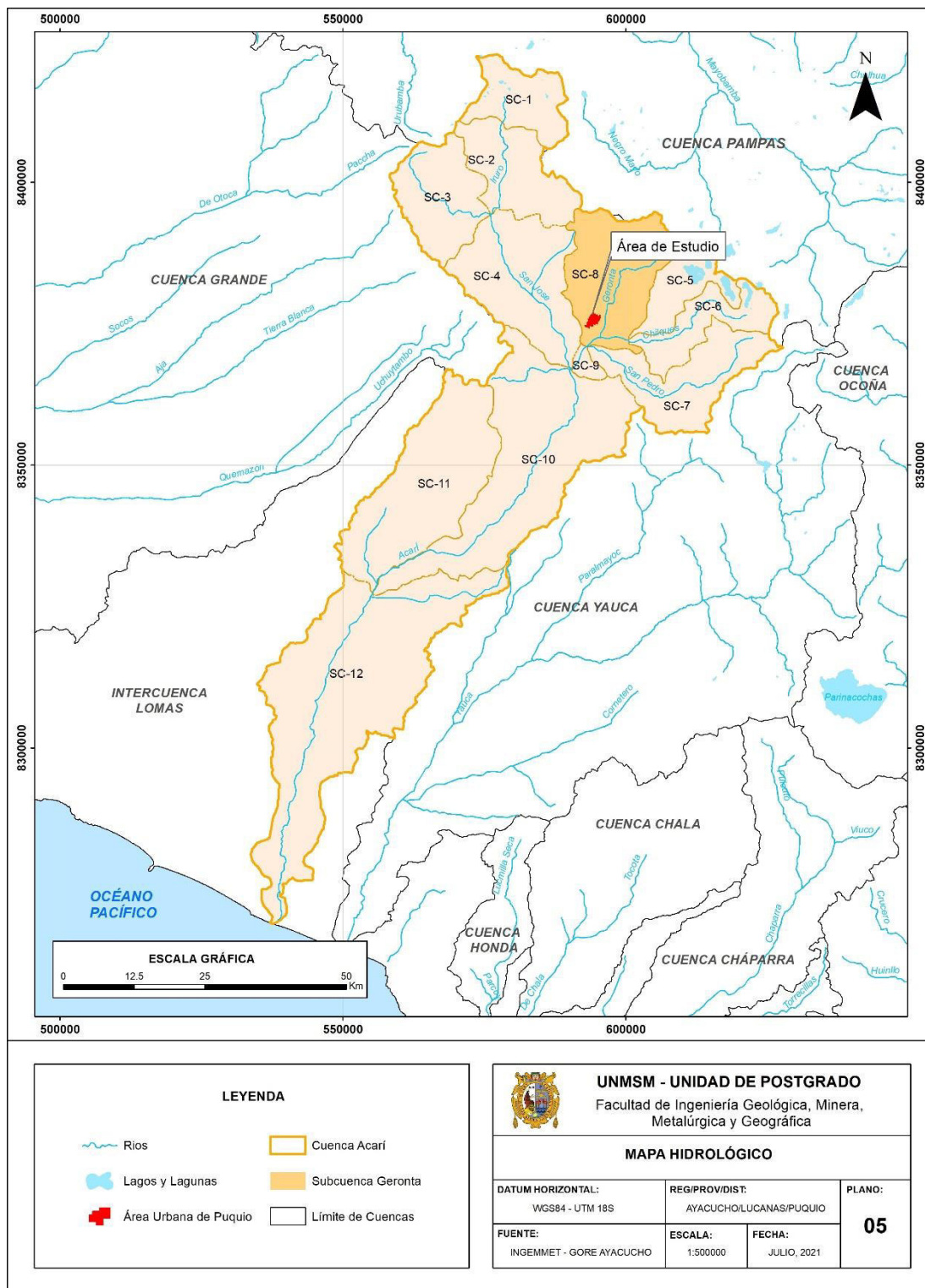


Figura 12. Mapa Hidrológico de la Cuenca Acarí

La subcuenca Geronta (SC-8) es una de las nueve unidades hidrológicas de la cuenca del río Acarí, perteneciente además al sector denominado cuenca húmeda que tiene una precipitación acumulada anual entre 250 mm y 700 mm (SENAMHI, 2004).

Cuadro 2. Subcuencas del río Acarí

Cuenca y Subcuenca	Nombre	Área (km²)
Acarí	Acarí	4299.12
SC-1	Iruro-Chacaranga	178.04
SC-1,2	Iruro	421.35
SC-3	Pallpo	254.86
SC-1,2,3,4	San José	1069.82
SC-5	Yaurihuri	133.32
SC-6	Pucacocha	169.89
SC-7	San Pedro	291.45
SC-8	Geronta	344.12
SC-5,6,7,8,9	Chilques	961.05

Fuente. Adaptado de SENAMHI (2004)

a. Precipitación

En el estudio hidrológico de la cuenca del río Acarí (SENAMHI, 2004) se utilizó una data histórica de 11 estaciones pluviométricas (8 estaciones dentro de la cuenca del río Acarí y 3 estaciones vecinas), las cuales contaban con más de 25 años de registro de precipitación.

A partir de estos datos, se realizó la completación y extensión de la serie histórica para el periodo 1965-2002, utilizando modelos de regresión lineal simple y múltiple mediante una correlación espacial, finalmente se determinó la precipitación promedio de la cuenca y subcuencas del río Acarí mediante el método de Thiessen (SENAMHI, 2004).

En la figura 13, se presenta la distribución espacial de las estaciones pluviométricas, y las isoyetas de precipitación total anual en la Cuenca del Río Acarí.

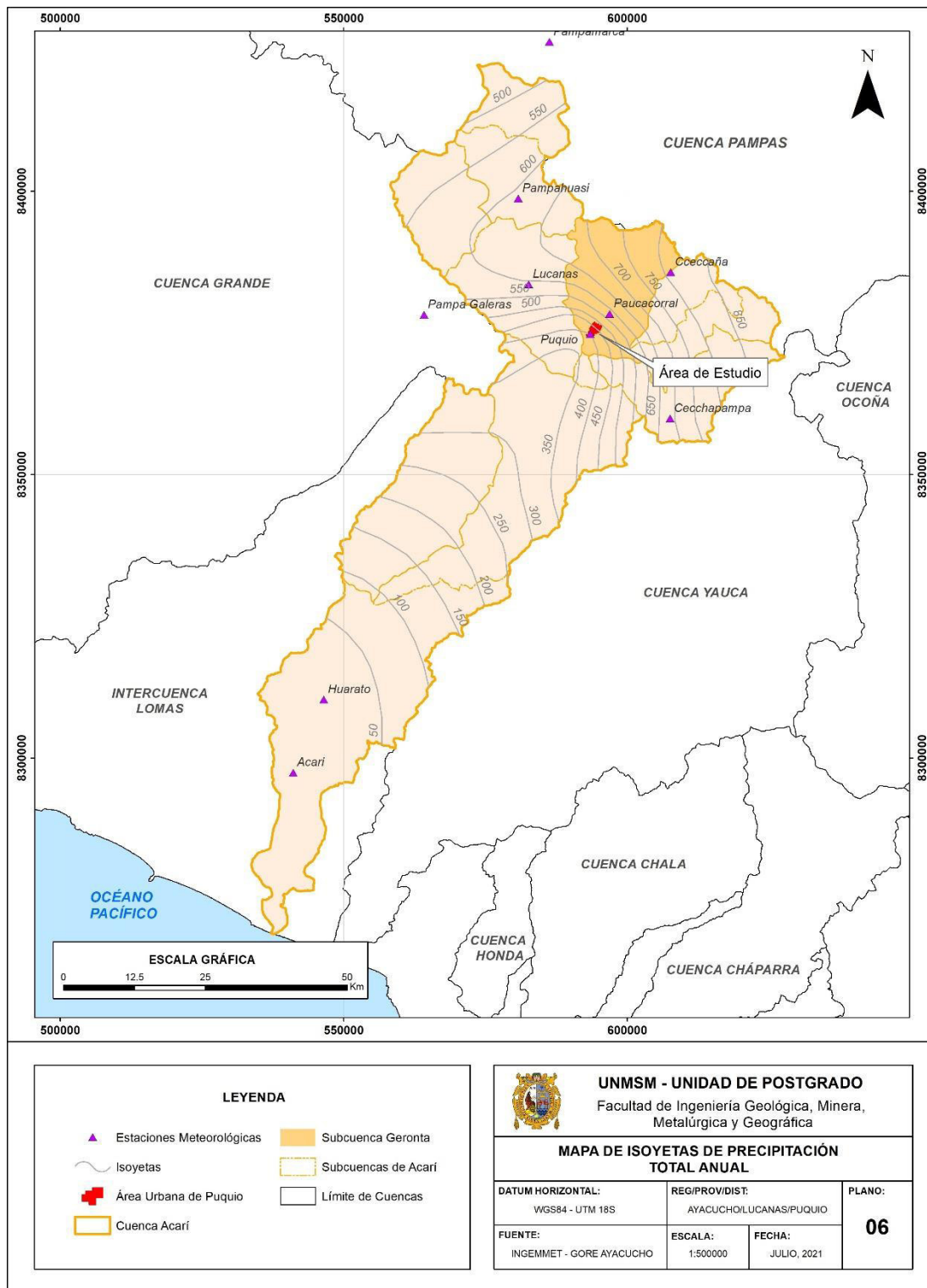


Figura 13. Mapa de Isoyetas de Precipitación Total Anual de la Cuenca Acarí

Cuadro 3. Precipitación Pluvial Acumulada (mm)

Cuenca y SC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Acarí	100.0	112.7	120.2	31.3	6.8	3.4	2.7	4.4	8.3	11.2	14.2	39.0
Geronta SC-8	140.3	152.3	171.5	40.0	11.3	3.9	3.5	7.2	11.7	14.7	20.2	52.7

Fuente. Adaptado de SENAMHI (2004)

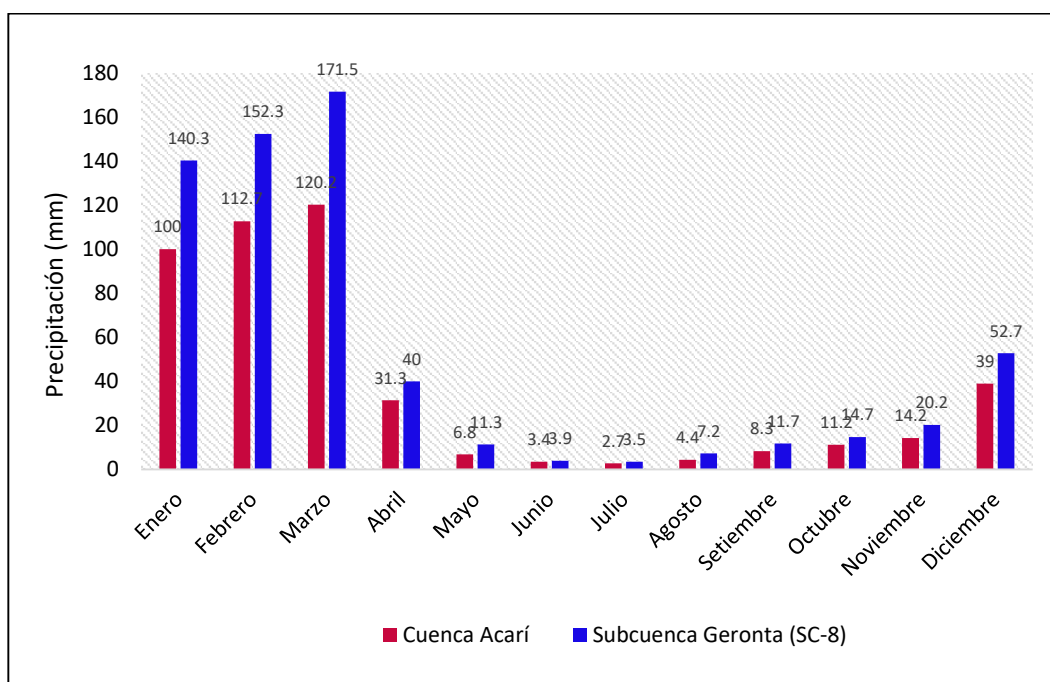


Figura 14. Precipitación acumulada mensual de la Cuenca Acarí y Subcuenca Geronta

Es importante precisar que la precipitación se mide en milímetros de agua (mm) o litros de agua por unidad de superficie, es por ello que la precipitación total en la cuenca Acarí (4299.12 km²) es menor a la precipitación en la subcuenca Geronta (344.12 km²), la cual pertenece al sector húmedo de la cuenca.

Por otra parte, se evidencia que en los meses de enero, febrero y marzo se concentran las precipitaciones en la subcuenca Geronta (SC-8), mientras que en la temporada de invierno y primavera las precipitaciones son mínimas, registrándose los menores valores de precipitación acumulada en los meses de junio (3.9 mm) y julio (3.5 mm).

b. Caudales Generados

Para la determinación del caudal medio mensual que se genera en la cuenca del río Acarí, SENAMHI (2004) realizó un balance hídrico, considerando el aporte de las precipitaciones (+), y la retención por gasto y abasto (-) a los cuerpos de agua (lagos, lagunas y represas).

Cuadro 4. Caudales medios generados (m³/s)

Cuenca y SC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Acarí	27.4	39.5	39.2	15.9	5.3	2.2	1.2	1.2	1.6	2.0	2.6	5.2
Geronta SC-8	7.5	10.5	11.3	2.8	0.7	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	1.2

Fuente. Adaptado de SENAMHI (2004)

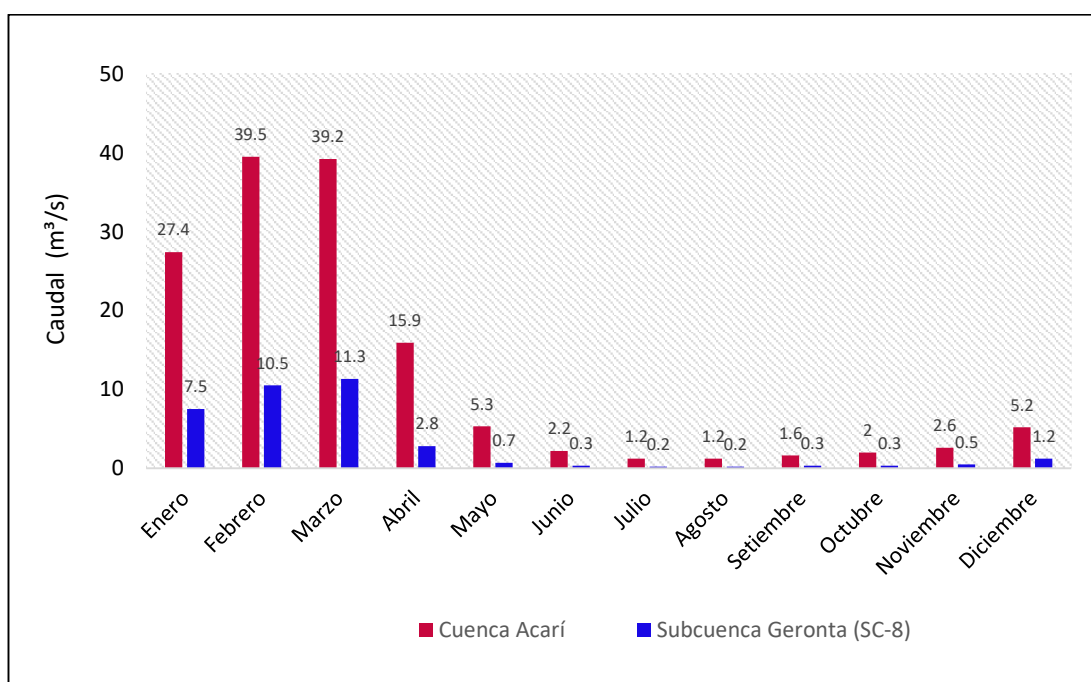


Figura 15. Caudal medio mensual de la Cuenca Acarí y Subcuenca Geronta.

c. Precipitaciones Extremas

Para la caracterización de precipitaciones o lluvias extremas se estimaron umbrales de precipitación a partir de una serie histórica de datos en el periodo

1962-2014 de la Estación Meteorológica de Puquio, considerando solamente precipitaciones acumuladas en 24 horas mayores a 1 mm (PP>1 mm), tal como lo establece la metodología del SENAMHI.

Se eligió esta estación meteorológica debido a que es la única estación activa del SENAMHI en el distrito de Puquio, además, se ubica dentro del área de estudio (Figura 12), por lo cual es representativa y puede ser utilizada para los objetivos de la presente investigación.

Cuadro 5. Umbrales de precipitación de la Estación Meteorológica Puquio

Percentil (%) ¹	Precipitación (mm)
75 %	8.80 mm
90 %	13.60 mm
95 %	17.30 mm
99%	26.16 mm

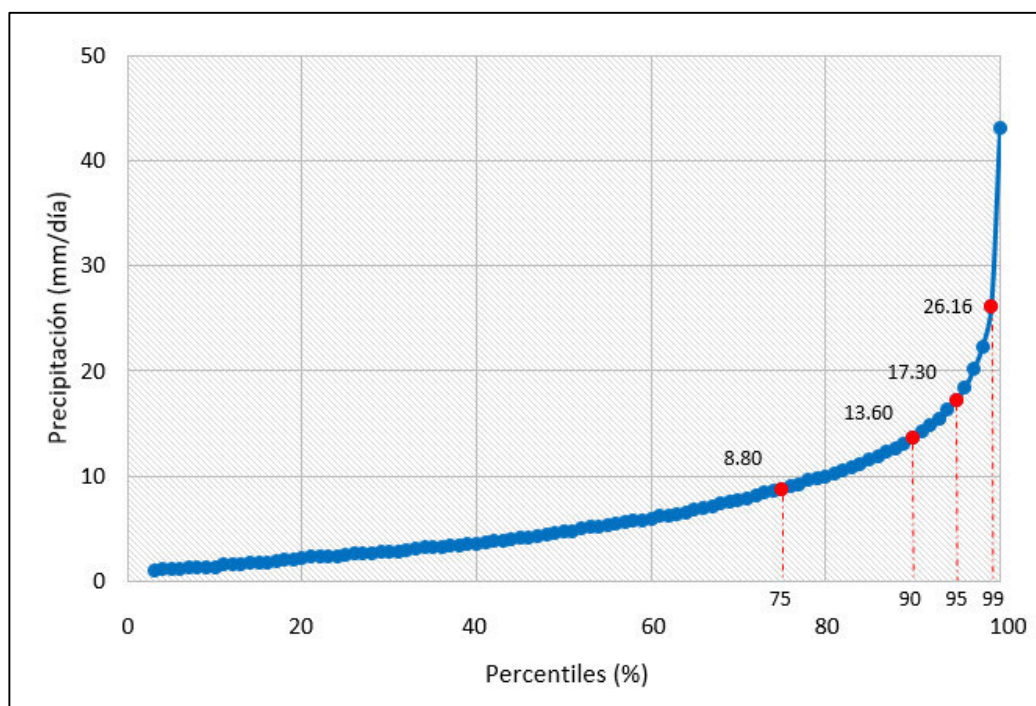


Figura 16. Percentiles de Precipitación en la Estación Meteorológica de Puquio

¹ Los percentiles (%) fueron determinados de una serie histórica de 1962 -2014 de la base de datos del SENAMHI para la Estación Meteorológica Puquio.

3.1.2. Aspectos sociales

3.1.2.1. Población Total

Según el Censo 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, el área urbana de Puquio tiene una población de 12536 habitantes, con una mayor presencia femenina representada por el 51.6% del total de habitantes, por ende, el 48.4% restante representa la población masculina.

Cuadro 6. Población según sexo en la Ciudad de Puquio

Sexo	Población Total	%
Hombre	6069	48.4
Mujer	6467	51.6
Total	12536	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017)

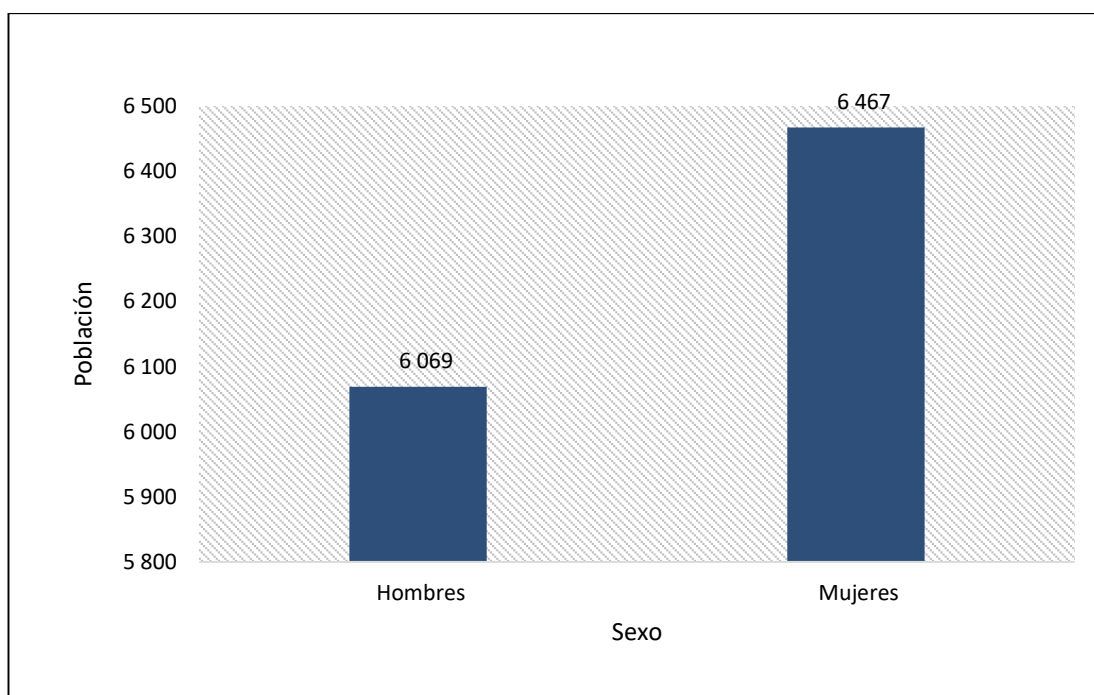


Figura 17. Población según sexo en la ciudad de Puquio

3.1.2.2. Población según ciclo de vida

La población del área urbana es predominantemente Adultos/as jóvenes (33 a 44 años) con el 20.8%, seguido de jóvenes (18 a 29 años) con 16.9% y adultos (45 a 59 años) con 13.9%. Por otra parte, los adultos mayores representan solo el 11.2% de la población total.

Cuadro 7. Población según ciclo de vida

Sexo	Población	%
Primera infancia (0 - 5 años)	1404	11.2
Niñez (6 - 11 años)	1708	13.6
Adolescencia (12 - 17 años)	1566	12.5
Jóvenes (18 - 29 años)	2113	16.9
Adultos/as jóvenes (30 - 44 años)	2605	20.8
Adultos/as (45 - 59 años)	1741	13.9
Adultos/as mayores (60 y más años)	1399	11.2
Total	12536	100.00

Fuente. Adaptado INEI (2017)

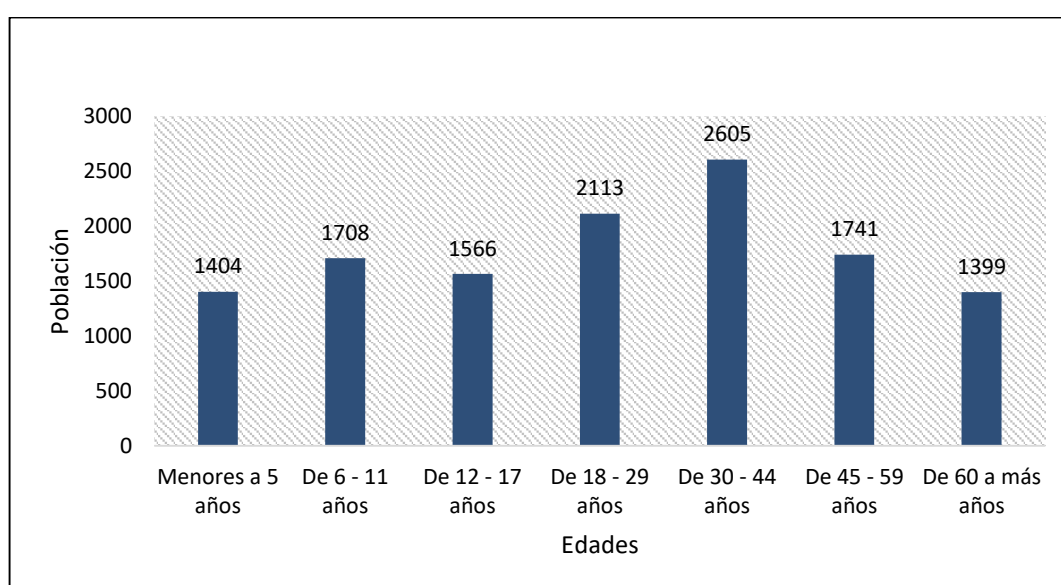


Figura 18. Población según ciclo de vida

3.1.2.3. Tipo de vivienda

En el área urbana de Puquio predominan las viviendas independientes (97.5%), seguido de vivienda en quinta (0.8%), vivienda en casa de vecindad (0.8%), viviendas colectivas (0.5%), y otros (0.4%).

Cuadro 8. Tipo de vivienda

Tipo de vivienda	Vivienda	%
Casa Independiente	3 286	97.5
Vivienda en quinta	28	0.8
Vivienda en casa de vecindad (Callejón, solar o corralón)	26	0.8
Viviendas colectivas	18	0.5
Departamento en edificio	7	0.2
Local no destinado para habitación humana	4	0.1
Vivienda improvisada	1	0.0
Total	3370	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

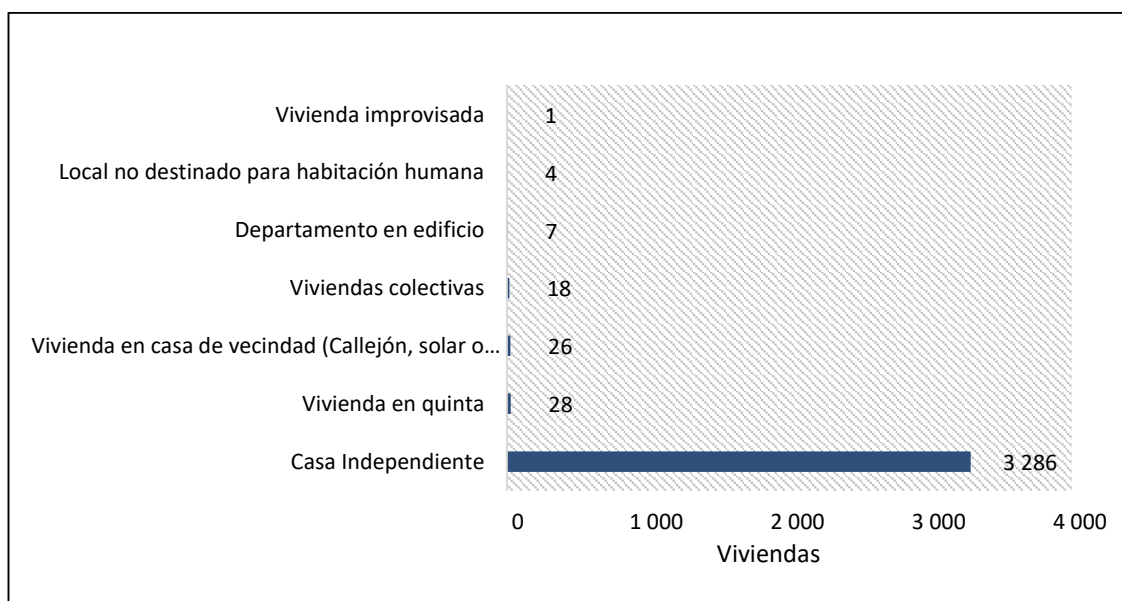


Figura 19. Tipo de vivienda

3.1.2.4. Material Predominante en Paredes

En el área urbana de Puquio el material predominante en las paredes es el adobe (85.4%), seguido de ladrillo (14.0%), madera (0.2%), triplay (0.1%) y otros (0.2%).

Cuadro 9. Material predominante en paredes

Material paredes	Viviendas	%
Adobe	2 879	85.4
Ladrillo o bloque de cemento	473	14.0
Madera (pona, tornillo etc.)	7	0.2
Triplay / calamina / estera	4	0.1
Piedra con cal o cemento	3	0.1
Tapia	2	0.1
Piedra con barro	2	0.1
Total	3370	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

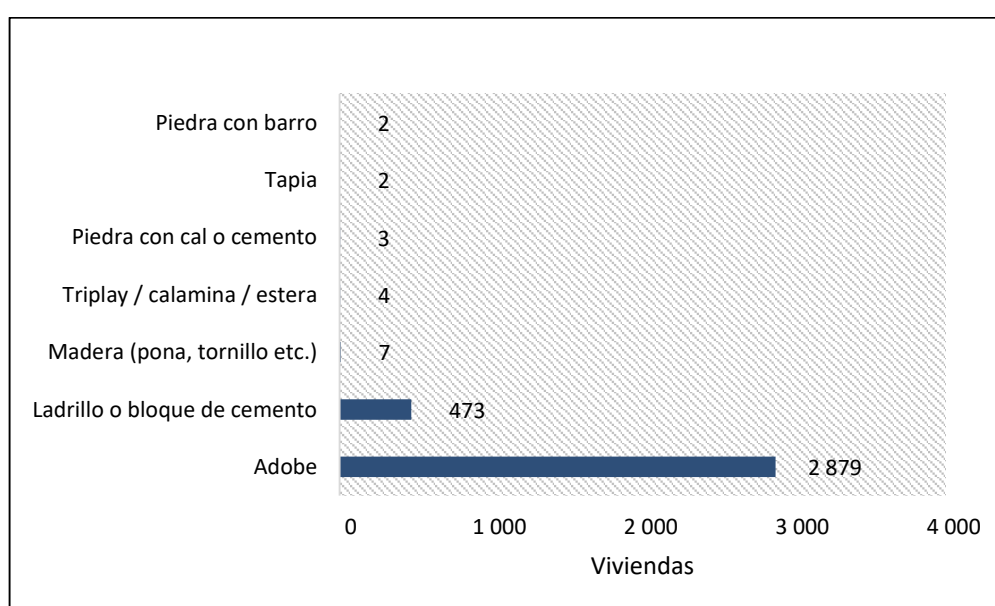


Figura 20. Material predominante en paredes

3.1.2.5. Material Predominante en Techos

En el área urbana de Puquio el material predominante en los techos es la calamina o fibras de cemento (83.8%), seguido de concreto armado (11.4%), tejas (3.7%), madera (0.7%), y caña con torta de barro o cemento (0.4%).

Cuadro 10. Material predominante en techos

Material techos	Viviendas	%
Calamina, fibra de cemento o similares	2824	83.8
Concreto armado	385	11.4
Tejas	125	3.7
Madera	24	0.7
Caña o estera con torta de barro o cemento	12	0.4
Total	3370	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

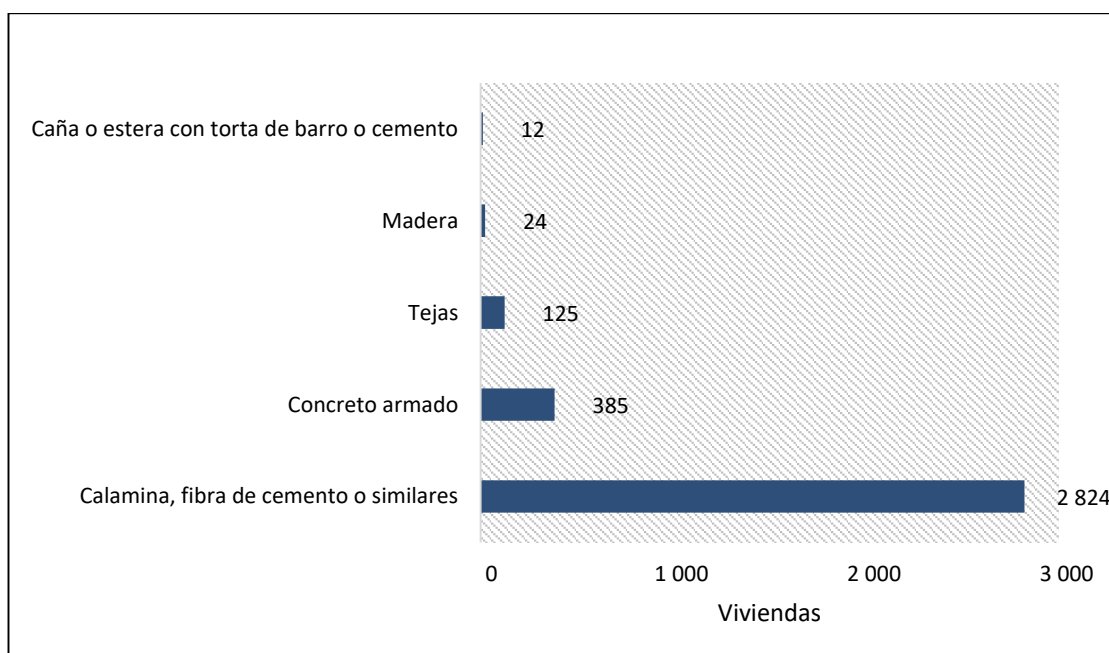


Figura 21. Material predominante en techos

3.1.2.6. Suministro de agua en vivienda

El suministro de agua en el área urbana de Puquio se da principalmente a través de la red pública (97.9%), seguido de pilón o pileta de uso público (0.6%), vecino (0.6%), camión cisterna (0.2%), y otros (0.7%).

Cuadro 11. Suministro de agua en vivienda

Abastecimiento de agua	Viviendas	%
Red pública	3299	97.9
Pilón o pileta de uso público	21	0.6
Vecino	20	0.6
Camión cisterna u otro similar	6	0.2
Río, acequia, lago, laguna	4	0.1
Pozo (agua subterránea)	3	0.1
Manantial o puquio	2	0.1
Otro	15	0.4
Total	3370	100.00

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

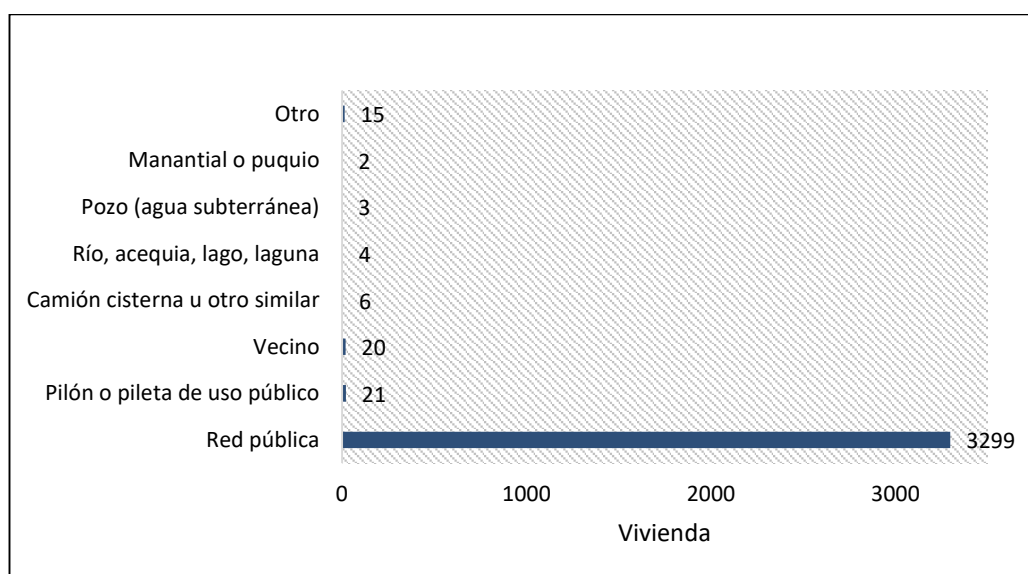


Figura 22. Suministro de agua en vivienda

3.1.2.7. Servicio Higiénico en vivienda

En el área urbana de Puquio un 90.6% de viviendas cuenta con acceso a la red pública de desagüe, seguido de campo abierto o aire libre (4.0%), pozo ciego o negro (3.7%), letrina (0.6%), pozo séptico, tanque séptico o biodigestor (0.5%), y otros (0.6%).

Cuadro 12. Servicio Higiénico en vivienda

Servicio Higiénico	Viviendas	%
Red pública de desagüe	3052	90.6
Campo abierto o al aire libre	134	4.0
Pozo ciego o negro	126	3.7
Letrina (con tratamiento)	20	0.6
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	17	0.5
Río, acequia, canal o similar	8	0.2
Otro	13	0.4
Total	3370	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

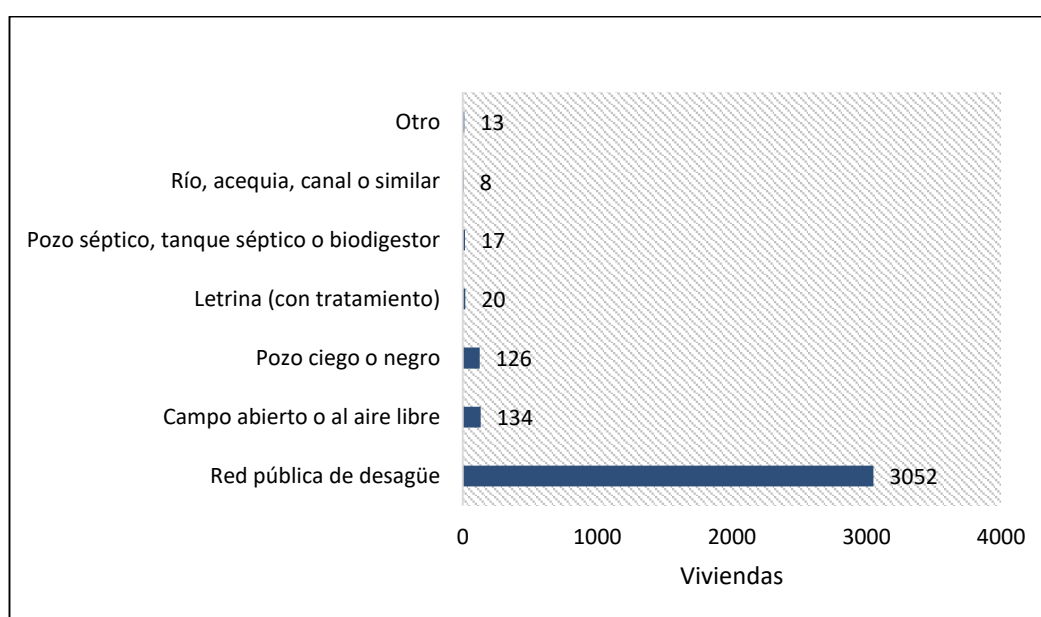


Figura 23. Servicio higiénico

3.1.2.8. Alumbrado en la vivienda

En referencia al alumbrado en la vivienda, un 93.8% de las viviendas del área urbana de Puquio cuenta con acceso al servicio eléctrico, mientras que un 6.2% de las viviendas no cuenta con este servicio.

Cuadro 13. Alumbrado eléctrico

Alumbrado eléctrico	Viviendas	%
Si cuenta con el servicio	3161	93.8
No cuenta con el servicio	209	6.2
Total	3370	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

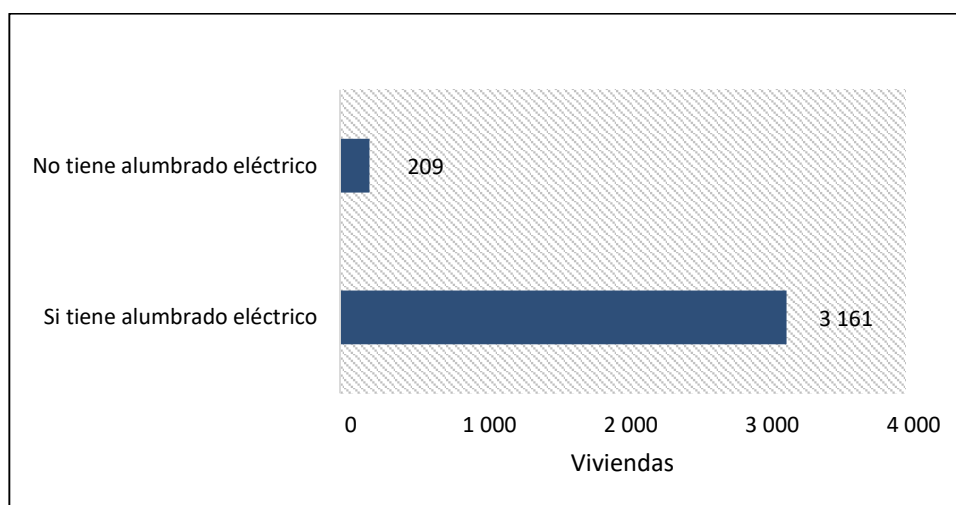


Figura 24. Alumbrado Público

3.1.2.9. Participación de la PEA según actividad económica

De acuerdo al Censo 2017, en el área urbana de puquio las actividades económicas que predominan en la PEA son la enseñanza (18.4%) y el comercio (18.0%), luego se encuentra la agricultura y ganadería (15.8%), y en

menor porcentaje las actividades de construcción (9.3%), transporte y almacenamiento (7.4%), y otras actividades en menor porcentaje (31.1%).

Cuadro 14. Actividad Económica

Actividad Económica	Población	%
A. Enseñanza	915	18.4
B. Comercio al por mayor y menor	896	18.0
C. Agricultura, ganadería, y pesca	783	15.8
D. Construcción	463	9.3
E. Transporte y almacenamiento	366	7.4
F. Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	311	6.3
G. Administración pública	311	6.3
H. Actividades de atención de la salud	210	4.2
I. Industrias manufactureras	182	3.7
J. Actividades profesionales, científicas y técnicas	103	2.1
K. Explotación de minas y canteras	81	1.6
L. Actividades de servicios administrativos y de apoyo	78	1.6
M. Actividades financieras y de seguros	30	0.6
N. Información y comunicaciones	30	0.6
O. Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	25	0.5
P. Suministro de agua, tratamiento de agua, gestión de desechos	4	0.1
Q. Suministro de electricidad, gas, y aire acondicionado	3	0.1
R. Otras actividades	177	3.6
Total	4968	100.0

Fuente. Adaptado de INEI (2017) y Municipalidad de Puquio (2020)

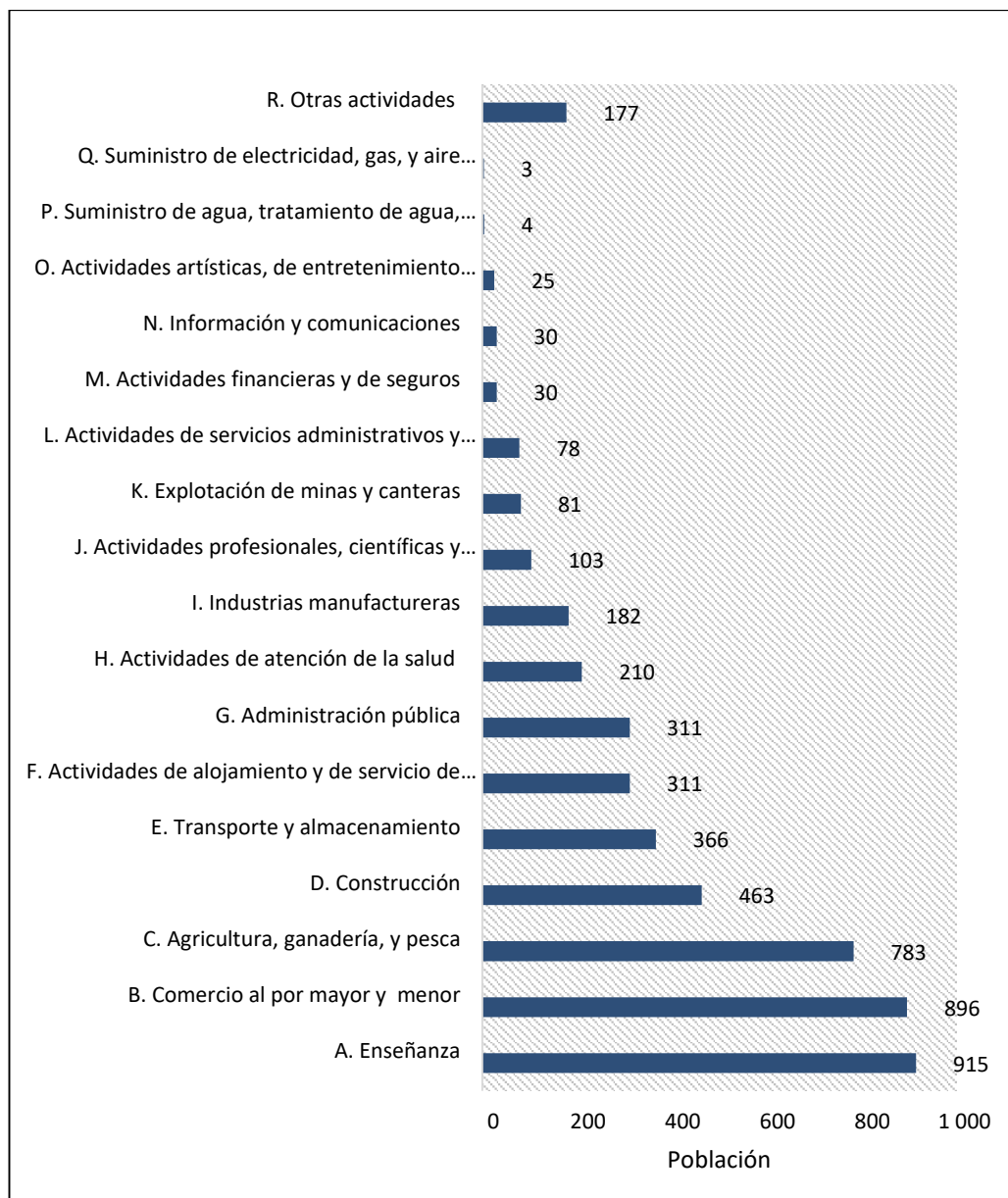


Figura 25. PEA según actividad económica

3.2. Tipo y diseño de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Aplicada, por el propósito de investigación. La investigación aplicada busca la generación de nuevo conocimiento a partir de teorías generales, con la finalidad de encontrar soluciones prácticas a los problemas de la sociedad. (Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, M.,2010).

3.2.2. *Diseño de Investigación*

La investigación sigue un **diseño no experimental** debido a que no se han manipulado las variables de estudio, estas solamente han sido analizadas en su contexto natural mediante técnicas observacionales y descriptivas.

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

3.4. Población de estudio

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

3.5. Tamaño de muestra

Para los fines de la presente investigación se consideró toda la población de estudio es decir las 255 manzanas catastrales que integran el área urbana de Puquio.

3.6. Técnicas de recolección de datos

El levantamiento de datos en campo se realizó en el mes de abril del año 2021, empleando las siguientes técnicas de recolección.

- **La observación:** Es una de las técnicas más importantes en una investigación, debido a que permite recoger datos en campo de un evento o fenómeno, mediante la observación directa del investigador (Hernández et al., 2010). Se utilizó esta técnica para el diagnóstico e identificación de las relaciones socio-ecológicas en el área de estudio.
- **Encuesta:** Es una técnica que permite obtener información de un grupo o una porción de la población e interés, por medio de un cuestionario (Arias, 2012). Se empleó esta técnica para obtener información sobre la vulnerabilidad en el área de estudio.
- **Revisión documental:** Esta técnica consiste en la en la revisión fuentes de información tales como publicaciones, documentos, libros, artículos, diarios, biografías, grabaciones, etc. (Hernández et al., 2010). Esta técnica permitió complementar el análisis de información sobre las relaciones socio-ecológicas en el área de estudio.

3.7. Procedimiento

3.7.1. Metodología para la Caracterización de Estado Socio-Ecológico

Se construyó un modelo del Sistema Socio-Ecológico del distrito de Puquio en base al modelo propuesto por Salas et al. (2012), información recolectada en campo y gabinete.

3.7.1.1. Identificación de las Relaciones Socio-Ecológicas

De acuerdo al modelo establecido, se definieron dos tipos de relaciones socio-ecológicas: las actividades antrópicas y los servicios ecosistémicos.

3.7.1.2. Valoración de las Relaciones Socio-Ecológicas

Para la valoración de las relaciones socio-ecológicas se utilizó el análisis multicriterio mediante el software Arcgis, utilizando la siguiente expresión,

$$\text{Valoración (V)} = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^7 c_i \times p_i + \sum_{i=8}^{11} c_i \times p_i \right)$$

Subsistema Ecológico
Subsistema Social

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 al 5 (Anexo II), p_i = Peso ponderado del parámetro de evaluación i (ponderación). En el cuadro 15 y 16 se presenta la distribución de pesos de las relaciones socio ecológicas del subsistema ecológico y subsistema social.

Cuadro 15. Pesos de los Parámetros de Evaluación de Relaciones del Subsistema Ecológico

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación	
		%	p_i
Servicio de Soporte	P ₁ :Hábitat de especies	60 %	0.18
	P ₂ :Conservación de diversidad biológica	40%	0.12
Servicio de Provisión	P ₃ :Provisión de Agua dulce, alimentos, y materia prima	100%	0.30
Servicio de Regulación	P ₄ :Secuestro y almacenamiento de carbono	25%	0.06
	P ₅ :Prevención de la erosión	30%	0.08
	P ₆ : Regulación hídrica, microclimática, y control de contaminantes atmosféricos	45%	0.11
Servicio Cultural	P ₇ :Valor espiritual y turístico	100%	0.15

Cuadro 16. Pesos de los Parámetros de Evaluación de Relaciones del Subsistema Social

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación	
		%	p_i
Actividades Antrópicas	P ₈ :Emisión de material particulado y gases de combustión	30%	0.30
	P ₉ :Generación de ruido	25%	0.25
	P ₁₀ :Vertimiento de efluentes	25%	0.25
	P ₁₁ :Generación de residuos sólidos	20%	0.20

Por último, se establecieron las categorías para la valoración de las relaciones socio-ecológicas de acuerdo a su nivel de interacción en el sistema.

Cuadro 17. Valoración de las relaciones socio-ecológicas

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

3.7.2.1.1. Susceptibilidad del territorio

Se presentan los factores considerados para determinar de la susceptibilidad del territorio.

Cuadro 18. Factores considerados para la susceptibilidad

Factores Condicionantes	Factor Desencadenante
Pendiente Geomorfología Geología	Precipitación

a. Factores Condicionantes

Para obtener los pesos ponderados de los parámetros de evaluación se utilizó el proceso de análisis jerárquico. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 19. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

Factores condicionantes	Pendiente	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.000	2.000	3.000
Geología	0.500	1.000	2.000
Geomorfología	0.333	0.500	1.000

Cuadro 20. Matriz de normalización de pares de los factores condicionantes

Factores condicionantes	Pendiente	Geomorfología	Geología	Vector Priorización (Ponderación)
Pendiente	0.545	0.571	0.500	0.539
Geología	0.273	0.286	0.333	0.297
Geomorfología	0.182	0.143	0.167	0.164

a) Parámetro: Pendiente

Cuadro 21. Ponderación del parámetro Pendiente

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Plano o ligeramente inclinado (<5°)	0.503	0.539
Moderadamente inclinado (5°-15°)	0.260	0.539
Fuertemente inclinado (15°-25°)	0.134	0.539
Moderadamente empinado (25-45°)	0.068	0.539
Empinado (>45°)	0.035	0.539

b) Parámetro: Unidad Geomorfológica

Cuadro 22. Ponderación del parámetro Geomorfología

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Terraza Indiferenciada	0.467	0.297
Vertiente con depósito de deslizamiento	0.256	0.297
Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	0.148	0.297
Montaña en roca volcánico-sedimentaria	0.084	0.297
Montaña en roca volcánica	0.044	0.297

c) Parámetro: Geología

Cuadro 23. Ponderación del parámetro Geología

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Lagunas	0.467	0.164
Formación Puquio	0.256	0.164

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Formación San Pedro	0.148	0.164
Formación Castrovirreyna Inferior	0.084	0.164
Formación Castrovirreyna Superior	0.044	0.164

b. Factor Desencadenante

Se ha establecido como factor desencadenante la precipitación acumulada diaria. Por tanto, se establecieron como descriptorios los percentiles de precipitación (PP 75, PP 90, PP 95, y PP 99), los cuales fueron determinados de una serie histórica de 1962 -2014 de datos del SENAMHI para la Estación Meteorológica Puquio.

a) Parámetro: Precipitación

Cuadro 24. Matriz de comparación de pares del parámetro Precipitación

Precipitación	Extremadamente lluvioso (<P99)	Muy lluvioso (P95-P99)	Lluvioso (P90-P95)	Moderadamente lluvioso (P75-P90)	Lluvia usual (<P75)
Extremadamente lluvioso (<P99)	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Muy lluvioso (P95-P99)	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Lluvioso (P90-P95)	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Moderadamente lluvioso (P75-P90)	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Lluvia usual (<P75)	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Cuadro 25. Ponderación del parámetro Precipitación

Descriptorios	Peso de Descriptorios	Peso del Parámetro
Extremadamente lluvioso (<P99)	0.503	0.500

Descriptores	Peso de Descriptores	Peso del Parámetro
Muy lluvioso (P95-P99)	0.260	0.500
Lluvioso (P90-P95)	0.134	0.500
Moderadamente lluvioso (P75-P90)	0.068	0.500
Lluvia usual (<P75)	0.035	0.500

3.7.2.1.2. Parámetro de Evaluación

El parámetro de evaluación considerado en la presente investigación es la Frecuencia de lluvias intentas en la ciudad de Puquio.

a) Parámetro Frecuencia

Cuadro 26. Matriz de comparación de pares del parámetro Frecuencia

Descriptores	5 o más eventos por año	3 a 4 eventos por año	2 a 3 eventos por año	1 a 2 eventos por año	1 evento por año
5 o más eventos por año	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
3 a 4 eventos por año	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
2 a 3 eventos por año	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
1 a 2 eventos por año	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
1 evento por año	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

Cuadro 27. Ponderación del parámetro Frecuencia

Descriptores	Peso de Descriptores	Peso del Parámetro
5 o más eventos por año	0.503	0.500
3 a 4 eventos por año	0.260	0.500

Descriptorios	Peso de Descriptorios	Peso del Parámetro
2 a 3 eventos por año	0.134	0.500
1 a 2 eventos por año	0.068	0.500
1 evento por año	0.035	0.500

3.7.2.1.3. Definición del Escenario

Se ha establecido el escenario probable de Lluvias intensas con una precipitación superior al percentil 95, con 3 o 4 eventos por año en promedio.

3.7.2.2. Determinación de la Vulnerabilidad

Para la determinación de la vulnerabilidad se consideró únicamente el análisis de la dimensión social y económica, debido a que en el área urbana de Puquico no se identificaron elementos ambientales susceptibles de ser afectados ante un evento de lluvias intensas.

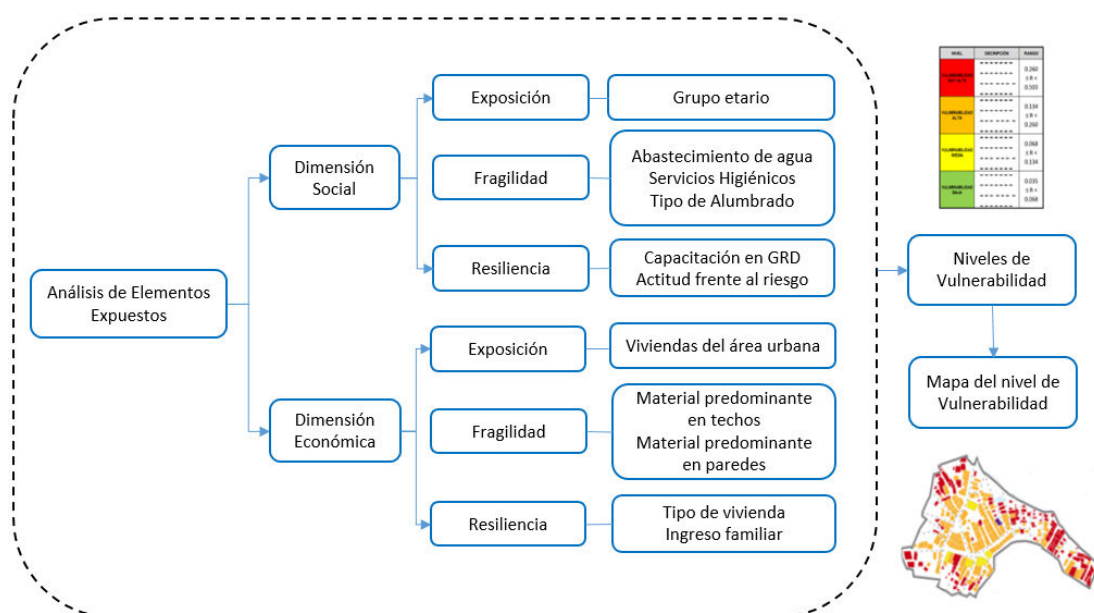


Figura 27. Metodología para determinar los niveles de vulnerabilidad

3.7.2.2.1. Análisis de la dimensión social

Se presentan los parámetros considerados para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social.

Cuadro 28. Parámetros de la Dimensión Social

Exposición	Fragilidad	Resiliencias
Grupo etario	Abastecimiento de agua Servicios Higiénicos Tipo de alumbrado	Capacitación en temas de gestión del riesgo Actitud frente al riesgo

Cuadro 29. Matriz de comparación de pares Dimensión social

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	2.000	4.000
Fragilidad	0.500	1.000	3.000
Resiliencia	0.250	0.333	1.000

Cuadro 30. Matriz de normalización de pares Dimensión Social

Factores condicionantes	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.571	0.600	0.500	0.557
Fragilidad	0.286	0.300	0.375	0.320
Resiliencia	0.143	0.100	0.125	0.123

a. Análisis de exposición

Cuadro 31. Distribución de pesos del parámetro exposición

Parámetro	Peso Ponderado
Grupo Etario	1.00

a) Grupo Etario

Cuadro 32. Ponderación del parámetro Grupo Etario

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
De 0 a 5 años y mayores de 60 años	0.503	1.000
De 6 a 11 años y de 45 a 59 años	0.260	1.000
De 12 a 17 años	0.134	1.000
De 18 a 29 años	0.068	1.000
De 30 a 44 años	0.035	1.000

b. Análisis de fragilidad

Se presenta los resultados del proceso de análisis jerárquico.

Cuadro 33. Matriz de comparación de pares de la Fragilidad

Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Servicios Higiénicos	Tipo de alumbrado
Abastecimiento de agua	1.000	2.000	3.000
Servicios Higiénicos	0.500	1.000	2.000
Tipo de alumbrado	0.333	0.500	1.000

Cuadro 34. Matriz de normalización de pares de la Fragilidad

Fragilidad Social	Abastecimiento de agua	Servicios Higiénicos	Tipo de alumbrado	Vector Priorización
Abastecimiento de agua	0.545	0.571	0.500	0.539
Servicios Higiénicos	0.273	0.286	0.333	0.297
Tipo de alumbrado	0.182	0.143	0.167	0.164

a) Abastecimiento de agua

Cuadro 35. Ponderación del parámetro Abastecimiento de agua

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
No tiene	0.503	0.539
Río, acequia, manantial o similar	0.260	0.539
Camión cisterna u otro similar	0.134	0.539
Pilo de uso público	0.068	0.539
Red pública	0.035	0.539

b) Servicio Higiénico

Cuadro 36. Ponderación del parámetro Servicio Higiénico

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
No tiene	0.459	0.297
Río, acequia, canal o similar	0.259	0.297
Pozo ciego o negro	0.150	0.297
Pozo séptico, biodigestor o similar	0.085	0.297
Red pública de desagüe	0.047	0.297

c) Tipo de alumbrado

Cuadro 37. Ponderación del parámetro Tipo de alumbrado

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
No tiene	0.416	0.164
Vela, veladora o similar	0.262	0.164
Petróleo, gas, lámpara	0.161	0.164
Kerosene, mechero, lamparín	0.099	0.164
Electricidad	0.062	0.164

c. **Análisis de la resiliencia**

Cuadro 38. Distribución de pesos del factor resiliencia

Parámetro	Peso Ponderado
Capacitación en temas de gestión de riesgo	0.4
Actitud frente al riesgo	0.6

a) Capacitación en temas de gestión del riesgo

Cuadro 39. Ponderación del parámetro Capacitación en temas de riesgo

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Nunca	0.416	0.400
Cada 5 años	0.262	0.400
Cada 3 o 4 años	0.161	0.400
Cada 2 años	0.099	0.400
Una (01) vez por año.	0.062	0.400

b) Actitud frente al riesgo

Cuadro 40. Ponderación del parámetro Actitud frente al riesgo

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
No se puede hacer nada	0.416	0.600
Escasamente preventivo	0.262	0.600
Parcialmente preventivo	0.161	0.600
Preventivo	0.099	0.600
Preventivo e implementa acciones de reducción	0.062	0.600

3.7.2.2.2. Análisis de la dimensión económica

Se presentan los parámetros considerados para el análisis de la vulnerabilidad en su dimensión social.

Cuadro 41. Parámetros de la Dimensión Económica

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Viviendas del área urbana de puquio	Material predominante en paredes Material predominante en techos	Tipo de vivienda Ingreso familiar promedio

Cuadro 42. Matriz de comparación de pares Dimensión Económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	2.000	4.000
Fragilidad	0.500	1.000	3.000
Resiliencia	0.250	0.333	1.000

Cuadro 43. Matriz de normalización de pares Dimensión Económica

Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.571	0.600	0.500	0.557
Fragilidad	0.286	0.300	0.375	0.320
Resiliencia	0.143	0.100	0.125	0.123

a. Análisis de la exposición

Cuadro 44. Distribución de pesos del parámetro exposición

Parámetro	Peso Ponderado
Viviendas del área urbana de Puquio	1.00

a) Viviendas del área urbana de Puquio

Cuadro 45. Ponderación del parámetro Viviendas del área urbana de Puquio

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Mayores a 50 viviendas	0.503	1.000
De 41 a 50 viviendas	0.260	1.000
De 31 a 40 viviendas	0.134	1.000
De 21 a 30 viviendas	0.068	1.000
Menores a 20 viviendas	0.035	1.000

b. Análisis de fragilidad**Cuadro 46. Distribución de pesos del parámetro fragilidad**

Parámetro	Peso Ponderado
Material predominante en paredes	0.5
Material predominante en techos	0.5

a) Material predominante en paredes

Cuadro 47. Ponderación del parámetro Material predominante en paredes

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Estera, madera o triplay	0.416	0.500
Adobe o Tapia	0.262	0.500
Quincha (caña con barro)	0.161	0.500
Piedra con barro o cemento	0.099	0.500
Ladrillo o bloque de cemento	0.062	0.500

b) Material predominante en techos

Cuadro 48. Ponderación del parámetro Material predominante en techos

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Otro material	0.416	0.500
Madera, Estera	0.262	0.500
Caña o estera con torta de barro	0.161	0.500
Calamina	0.099	0.500
Concreto de cemento	0.062	0.500

c. **Análisis de la resiliencia****Cuadro 49. Distribución de pesos del parámetro resiliencia**

Parámetro	Peso Ponderado
Tipo de vivienda	0.5
Ingreso Familiar promedio	0.5

a) Tipo de vivienda

Cuadro 50. Ponderación del parámetro Tipo de vivienda

Descriptorios	Peso de Descriptorios (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
No destinado para habitación	0.503	0.500
Vivienda improvisada	0.260	0.500
Vivienda en quinta y/o vivienda en casa vecindad	0.134	0.500
Departamento en edificio	0.068	0.500
Casa Independiente	0.035	0.500

b) Ingreso Familiar promedio

Cuadro 51. Ponderación del parámetro Ingreso Familiar promedio

Descriptor	Peso de Descriptores (Pdesc)	Peso del Parámetro (Ppar)
Menor de 450 soles	0.487	0.500
Entre 450 y 930 soles	0.272	0.500
Entre 930 y 1500 soles	0.137	0.500
Entre 1500 y 2500 soles	0.066	0.500
Mayor a 2500 soles	0.038	0.500

3.7.2.3. Determinación del Riesgo

Para determinar el riesgo en el área urbana de Puquío, se multiplicaron los niveles de peligro y vulnerabilidad, tal como se presenta la metodología.

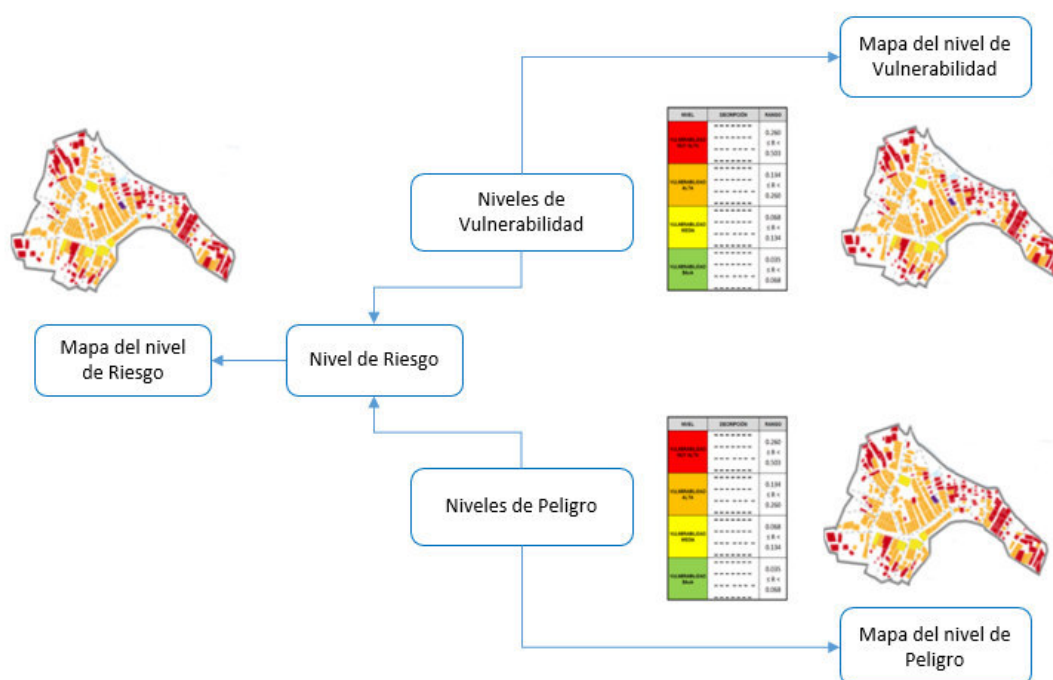


Figura 28. Metodología para determinar los niveles de riesgo

3.8. Hipótesis de la Investigación

3.8.1. Hipótesis General

Las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

3.8.2. Operacionalización de Variables

Se presenta el cuadro de operacionalización de variables.

Cuadro 52. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica
Relaciones Socio-ecológicas	Interacciones entre el sistema social y el sistema ecológico, los cuales generan impactos entre ellos y en el sistema socio-ecológico (Salas et al., 2012)	Se evaluó en función a las relaciones del subsistema social y subsistema ecológico, mediante el análisis espacial con los sistemas de información geográfica.	Subsistema Ecológico	Hábitat de especies	Observación Revisión documentaria
				Conservación de diversidad biológica	Observación Revisión documentaria
				Provisión de agua dulce, alimentos y materia prima	Observación Revisión documentaria
				Secuestro y almacenamiento de carbono	Observación Revisión documentaria
				Prevención de la erosión	Observación Revisión documentaria
				Regulación hídrica, microclimática, y control de contaminantes atmosféricos	Observación Revisión documentaria
			Subsistema Social	Valor Espiritual y turístico	Observación Revisión documentaria
				Emisión de material particulado y gases de combustión	Observación Revisión documentaria
				Generación de ruido	Observación Revisión documentaria
				Vertimiento de efluentes	Observación Revisión documentaria
			Generación de residuos sólidos	Observación Revisión documentaria	

Variable ²	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica
Peligro	Es la probabilidad que un fenómeno físico, potencialmente dañino, puede manifestarse en un lugar específico, con cierta intensidad, en un periodo y frecuencia definidos (INDECI, 2012)	Se determinó en función del factor desencadenantes y factores condicionantes, mediante el proceso de análisis jerárquico.	Factor Desencadenante	Percentiles de Precipitación	Observación Revisión documentaria
			Factor Condicionante	Pendiente	Observación Revisión documentaria
				Unidades Geológicas	Observación Revisión documentaria
				Unidades Geomorfológicas	Observación Revisión documentaria
Riesgo de inundación pluvial	Es la susceptibilidad de la población, infraestructura y actividades económicas de sufrir daños por acción de un peligro (INDECI, 2012).	Se determinó en función a la dimensión social y económica, mediante el proceso de análisis jerárquico.	Dimensión Social	Grupo Etario	Encuesta
				Abastecimiento de agua	Encuesta
				Servicios Higiénicos	Encuesta
			Dimensión Económica	Tipo de alumbrado	Encuesta
				Capacitación en GRD	Encuesta
				Actitud Frente al riesgo	Encuesta
				Viviendas del área urbana	Encuesta
Dimensión Económica	Material predominante en paredes	Encuesta			
	Material predominante en techos	Encuesta			
	Tipo de vivienda	Encuesta			
			Ingreso familiar promedio	Encuesta	

2. De acuerdo al Manual para Evaluación de Riesgos (CENEPRED, 2015, p. 147), el riesgo es una función del peligro y la vulnerabilidad, por lo que se evaluaron estas variables y sus respectivas dimensiones.

IV. CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

4.1.1. Caracterización del Estado Socio-Ecológico

En la Figura 29 se presenta el modelo del Sistema Socio-Ecológico, construido en base al modelo propuesto por Salas et al. (2012), información recolectada en campo y gabinete.

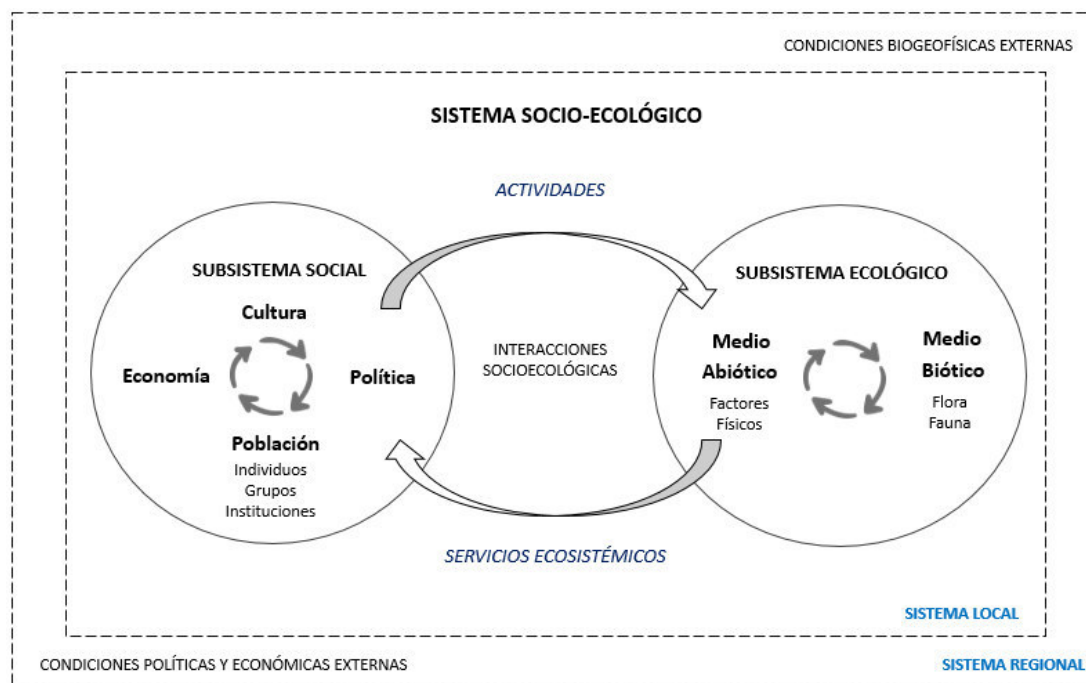


Figura 29. Sistema Socio-Ecológico del distrito de Puquio. Fuente. Modificado de Salas et al. (2012).

El modelo establecido representa un sistema socio-ecológico de escala local, en donde sus procesos e interacciones están influenciadas por fuerzas externas como las condiciones políticas y económicas de nivel regional y/o nacional, y también por las condiciones biogeofísicas externas como la presencia de la cordillera de los andes, el efecto invernadero, el anticiclón del Pacífico sur, entre otros.

Respecto a los componentes del sistema socio-ecológico, este se compone de 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 (factores físicos del territorio: agua, suelo y clima), mientras que, el subsistema social está integrado por los componentes cultura, economía, política y población.

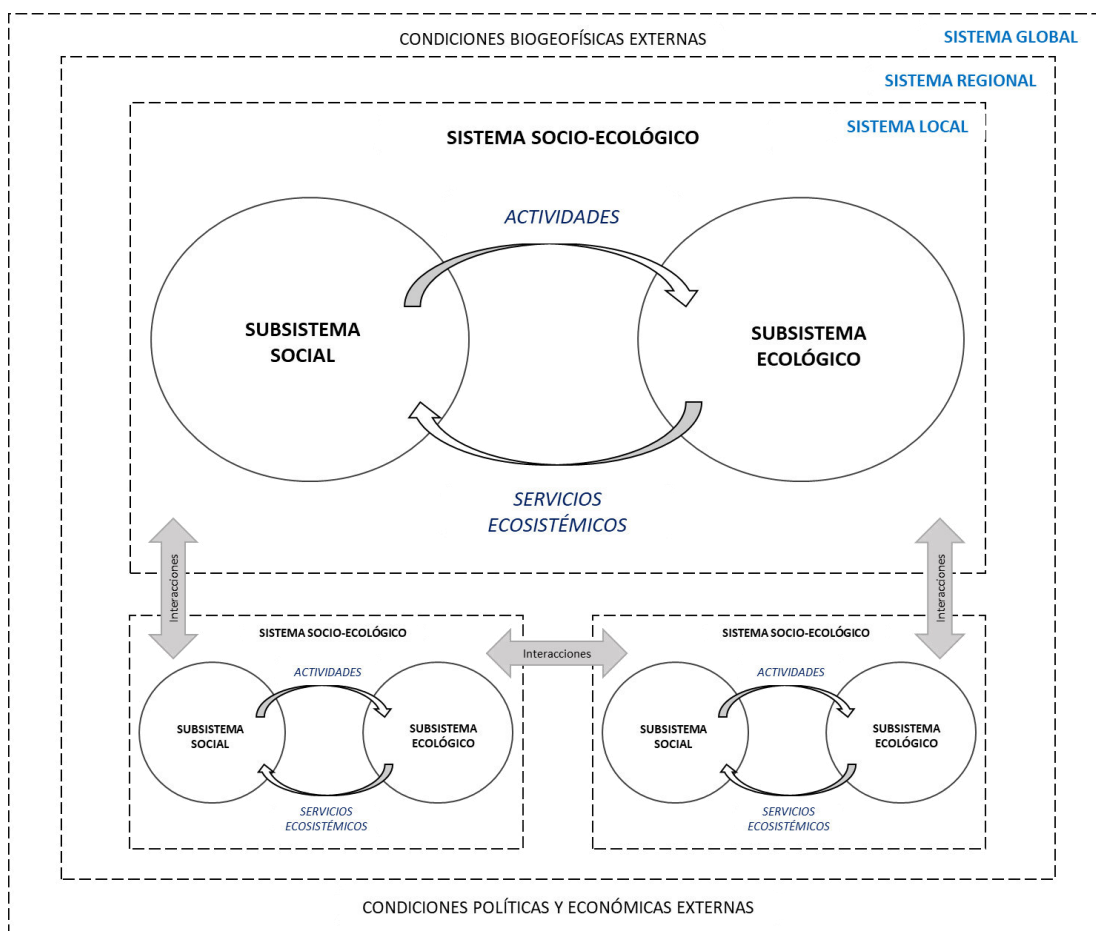


Figura 30. Interacción del Sistema Socio-Ecológico

Así también, el sistema socio-ecológico es un sistema abierto que interactúa continuamente con otros sistemas vecinos lo cual favorece el intercambio de materia, energía e información entre estos sistemas locales (Figura 30). Este intercambio puede ser de materiales como el flujo materias primas, alimentos, productos manufacturados, residuos; y no materiales, como el flujo de información, conocimiento, experiencias, etc.

4.1.1.1. Identificación de las Relaciones Socio-Ecológicas

De acuerdo al modelo establecido se definieron dos tipos de relaciones socio-ecológicas: las actividades antrópicas y los servicios ecosistémicos.

4.1.1.1.1. Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la sociedad obtiene de la naturaleza (PNUMA, 2005). Esta relación socio-ecológica se caracteriza por generar un impacto positivo en el sistema socio-ecológico local, debido a las contribuciones o beneficios de los servicios de soporte, provisión, regulación y cultural.

En el Cuadro 53, se presenta la clasificación de los servicios ecosistémicos definidos para la presente investigación y el impacto potencial sobre los factores del sistema socio-ecológico.

Cuadro 53. Impacto Ambiental de los Servicios Ecosistémicos

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Factor Ambiental	Impacto (+/-)
Servicio de Soporte	P1:Hábitat de especies	Flora	Mantenimiento del hábitat de flora local
		Fauna	Mantenimiento del hábitat de fauna local
	P2:Conservación de diversidad biológica	Flora	Conservación de la diversidad de flora local

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Factor Ambiental	Impacto (+/-)
		Fauna	Conservación de la diversidad de fauna local
Servicio de Provisión	P3:Provisión de Agua dulce, alimentos y materia prima	Cantidad de agua	Abastecimiento de agua dulce
		Flora	Suministro de alimentos y materias primas
		Fauna	Suministro de alimentos y materias primas
	P4:Secuestro y almacenamiento de carbono	Calidad de aire	Alteración de la calidad de aire
	P5: Prevención de la erosión	Calidad de Suelo	Alteración de la calidad de suelo
Servicio de Regulación		Calidad de agua	Alteración de la calidad de agua superficial
	P6:Regulación hídrica y microclimática, y control de contaminantes	Cantidad de Agua	Regulación de los flujos de agua
		Temperatura	Regulación del microclima local
		Calidad de Aire	Alteración de la calidad de aire
Servicios Cultural	P7:Valor Espiritual y turístico	Cultura	Inspiración para el arte, cultura y diseño Experiencia espiritual

4.1.1.1.2. Actividades Antrópicas

Las actividades antrópicas, comprende el conjunto de acciones humanas (agricultura, minería, pesca, industria, comercio, entre otros) o intervenciones (restauración y/o conservación) las cuales perturban directa o indirectamente el sistema socio-ecológico local.

En el cuadro 54, se describe el impacto potencial de las actividades sobre los factores del sistema socio-ecológico.

Cuadro 54. Impacto ambiental de las Actividades Antrópicas

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Factor Ambiental	Impacto (+/-)
Actividades Antrópicas	P ₈ :Emisión de material particulado y gases de combustión	Calidad de Aire	Alteración de la Calidad de aire
	P ₉ :Generación de ruido	Calidad de Aire	Alteración del nivel de ruido base
	P ₁₀ :Vertimiento de efluentes	Calidad de Agua	Alteración de la calidad de agua
	P ₁₁ :Generación de residuos sólidos	Calidad de Suelo	Alteración de la calidad de suelo

4.1.1.2. Valoración de las Relaciones Socio-Ecológicas

De acuerdo a los resultados de la valoración de las relaciones socio-ecológicas presentados en el Mapa 07, se identifica que, en el área urbana de Puquio, predomina un moderado nivel de interacción, como la zona urbana propiamente dicha (viviendas o residencias) y en la zona comercial, esto se debe al crecimiento económico y desarrollo social en los barrios de Ccayao, y Pichccachuri, 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.

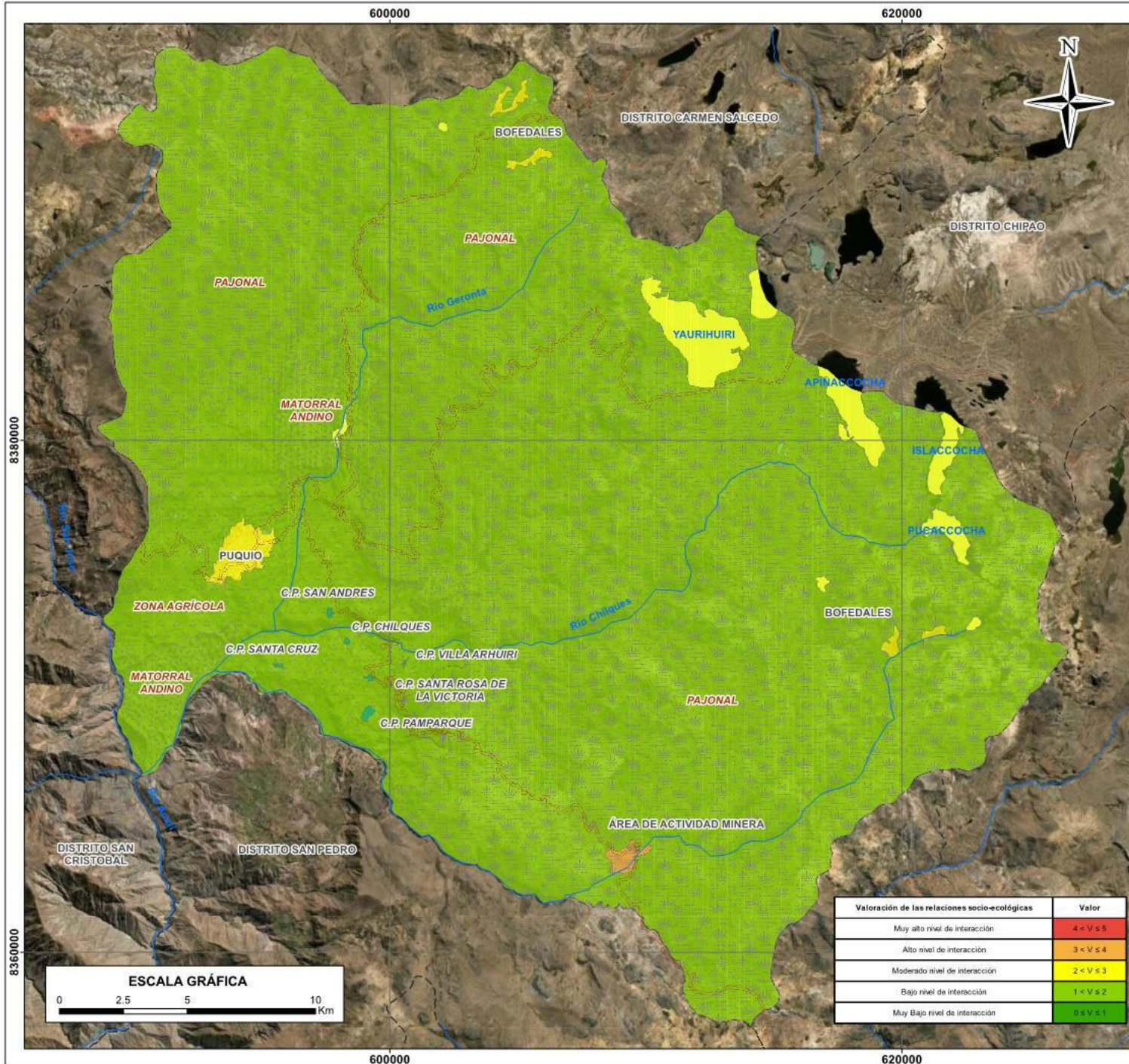
Asimismo, se identifican zonas con un alto nivel de interacción como la zona industrial en el Barrio de Ccayao y la zona de actividad minera ubicado al sureste del área de estudio. El nivel de interacción social en estas zonas es superior a la zona urbana y zona comercial, puesto que las actividades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

Por otra parte, en el ámbito rural también se identifican zonas con un moderado nivel de interacción, como en la laguna Yaurihuirí, la cual es uno de los principales componentes del subsistema ecológico, debido a que

constituye el hábitat para una gran variedad de especies acuáticas, es el principal suministro de agua dulce de la ciudad de Puquio, además tiene un alto valor espiritual y turístico en el distrito, además mantiene una interacción social permanente con la ciudad de Puquio y centros poblados vecinos.

Además, se identifican zonas con un bajo nivel de interacción como el matorral andino, pajonal de puna seca, zona agrícola, 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, sin embargo, la interacción social es mínima, es por ello que en la valoración ponderada presenta un bajo nivel de interacción.

Por tanto, en base a lo descrito podemos indicar que el subsistema social y el subsistema ecológico se encuentran en continua interacción, intercambiando materia, energía e información, sin perturbar significativamente el sistema socio-ecológico local. En el siguiente mapa se presenta la valoración de las relaciones socio-ecológicas en el distrito de Puquio.



LEYENDA

- Rios
- Red Vial
- Limite Distrital
- Centros Poblados

ECOSISTEMAS

- Agri - Zona Agrícola
- Br-a - Bosque relicto altoandino
- Ma - Matorral andino
- Pips - Pajonal de puna seca

Valoración de las relaciones socio-ecológicas	Valor
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

FIGMMG - UNIDAD DE POSTGRADO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

MAPA DE RELACIONES SOCIO-ECOLÓGICAS EN EL DISTRITO DE PUQUIO

	DATUM HORIZONTAL: WGS84 - UTM 18S	PLANO: 07
	REG/PROV/DIST: AYACU./LUCANAS/PUQUIO	
DIBUJO: L.R.L.T.	ESCALA: 1:150,000	FECHA: Agosto-2021

4.1.2. Determinación del Riesgo por Inundación Pluvial

4.1.2.1. Determinación del Peligro

4.1.2.1.1. Resultados del procedimiento de Análisis Jerárquico.

Cuadro 55. Matriz de Susceptibilidad

Factor Condicionante		Factor Desencadenante		Susceptibilidad
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.487	0.500	0.503	0.500	0.495
0.258	0.500	0.260	0.500	0.259
0.141	0.500	0.134	0.500	0.138
0.075	0.500	0.068	0.500	0.072
0.039	0.500	0.035	0.500	0.037

Cuadro 56. Matriz de Peligro

Susceptibilidad		Parámetro de Evaluación		Peligro
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.495	0.500	1.000	0.503	0.499
0.259	0.500	1.000	0.260	0.260
0.138	0.500	1.000	0.134	0.136
0.072	0.500	1.000	0.068	0.070
0.037	0.500	1.000	0.035	0.036

4.1.2.1.2. Estratificación y Niveles de Peligro

En el Cuadro 57, se presentan los rangos y niveles de peligro obtenidos del Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 57. Niveles de Peligro

Nivel de Peligro	Rango
Muy Alto	$0.260 \leq P \leq 0.499$
Alto	$0.136 \leq P < 0.260$
Medio	$0.070 \leq P < 0.136$
Bajo	$0.036 \leq P < 0.070$

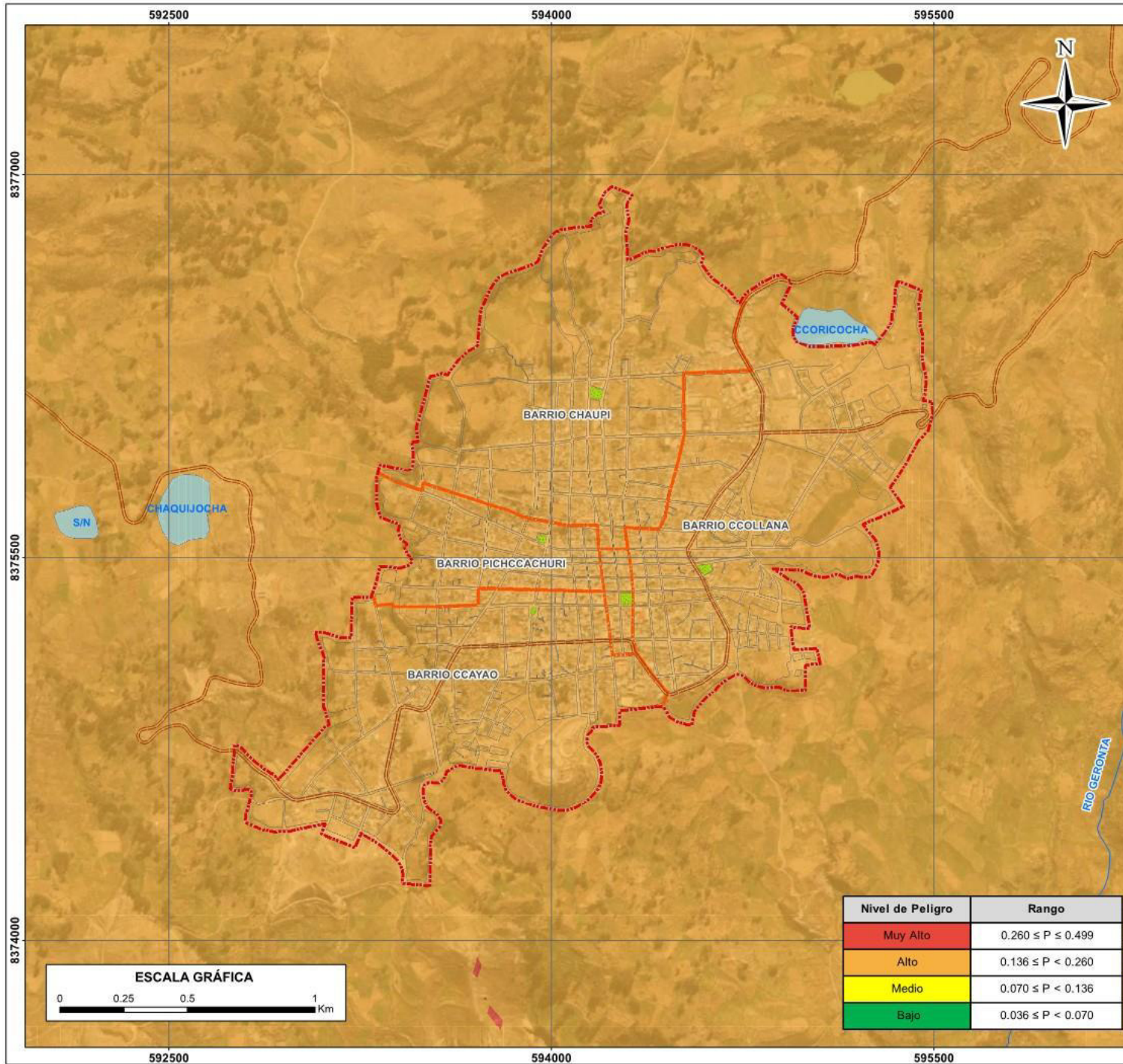
Cuadro 58. Estratificación del Peligro

Nivel de Peligro	Descripción	Rango
Muy Alto	Precipitación superior al P95, con pendientes menores a 5°, de geomorfología vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) o de terraza indiferenciada (Ti), con geología de formación puquio (Nm-pu), con 5 o más eventos de precipitación extrema al año.	$0.260 \leq P \leq 0.499$
Alto	Precipitación entre P90 y P95, con pendientes entre 5° y 15°, con geomorfología de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), con geología de formación San Pedro (P-sp), con 3 o 4 eventos de precipitación extrema al año.	$0.136 \leq P < 0.260$
Medio	Precipitación entre P75 y P90, con pendientes entre 15° y 25°, con geomorfología de montaña en roca volcano-sedimentaria (RM-rvs), con geología de formación Castrovirreyna Inferior (Pn-c-i), con 2 a 3 eventos de precipitación extrema al año.	$0.070 \leq P < 0.136$
Bajo	Precipitación menor al P75, con pendientes mayores a 25°, con geomorfología de montaña en roca volcánica (RM-rv), con geología de formación Castrovirreyna Superior (Pn-c-s), con 1 a 2 eventos de precipitación extrema al año.	$0.036 \leq P < 0.070$

4.1.2.1.3. Mapa de Peligro

Se identificó un nivel de peligro alto de las 255 manzanas catastrales del área urbana de Puquio, que comprende los Barrios de Ccollana, Chaupi, Ccayao y Pichccachuri. Estos resultados son coherentes con lo establecido por Fernández (2018) quien señala que la ciudad de Puquio se encuentra expuesta históricamente a las lluvias intensas y heladas en los meses de máxima precipitación enero, febrero y marzo.

En el Mapa 08, se presenta los niveles de peligro por inundación pluvial en el área de estudio.



FIGMMG - UNIDAD DE POSTGRADO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

MAPA DE PELIGRO POR INUNDACION

DATUM HORIZONTAL: WGS84 - UTM 18S		PLANO: 08
REG/PROV/DIST: AYACU./LUCANAS/PUQUIO		
DIBUJO L.R.L.T.	ESCALA: 1:15,000	FECHA: Agosto-2021

4.1.2.2. Determinación de la Vulnerabilidad

4.1.2.2.1. Resultados del procedimiento de Análisis Jerárquico.

Cuadro 59. Matriz de Vulnerabilidad

Dimensión Social		Dimensión Económica		Vulnerabilidad
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.484	0.500	0.474	0.500	0.479
0.260	0.500	0.261	0.500	0.261
0.141	0.500	0.143	0.500	0.142
0.075	0.500	0.078	0.500	0.076
0.041	0.500	0.044	0.500	0.042

4.1.2.2.2. Estratificación y Niveles de Vulnerabilidad

En el cuadro 60, se presentan los niveles de vulnerabilidad y los rangos obtenidos del Proceso de Análisis Jerárquico.

Cuadro 60. Niveles de Vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	Rango
Muy Alta	$0.261 \leq V \leq 0.479$
Alta	$0.142 \leq V < 0.261$
Media	$0.076 \leq V < 0.142$
Baja	$0.042 \leq V < 0.076$

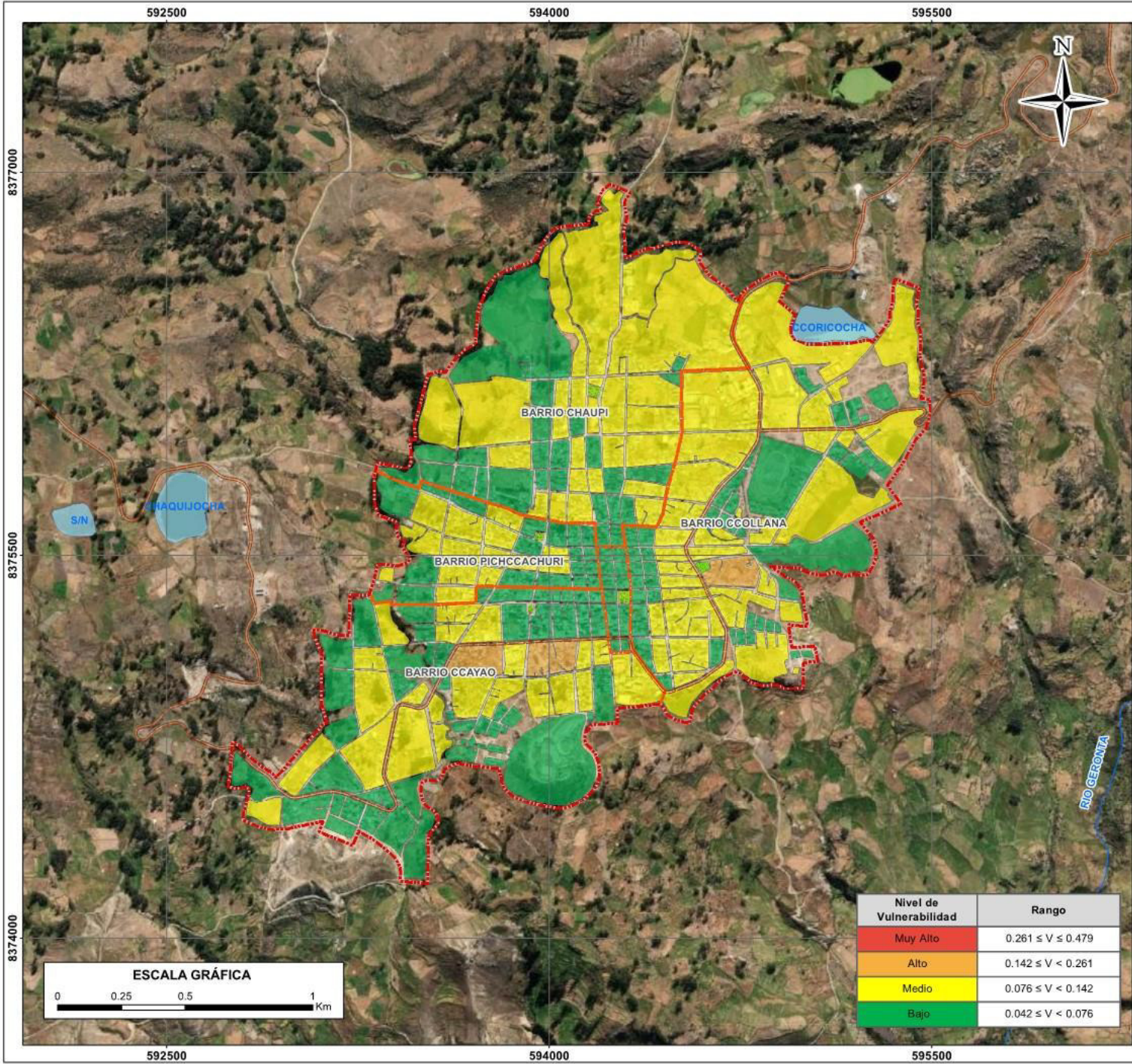
Cuadro 61. Estratificación de la Vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	Descripción	Rango
Muy Alta	Rango de edad de 0 a 5 años y mayores a 60 años, no tiene agua potable ni servicios higiénicos en domicilio, no cuenta con una fuente de energía eléctrica propia, sin capacitación en gestión de riesgos de desastres, con actitud pasiva y fatalista frente al riesgo, con más de 50 viviendas por manzana, paredes de estera, madera o triplay, techo de otro material precario, viviendas no destinadas para habitación, con ingreso mensual menor a 450 soles	$0.261 \leq V \leq 0.479$
Alta	Rango de edad de 6 a 11 años y de 45 a 59 años, abastecimiento de agua de río, acequia, manantial o similar, servicios higiénicos en río, acequia o similar, emplean velas, veladoras u otros como fuente de energía, capacitación en riesgo de desastres cada 5 años, con actitud escasamente preventiva, con 41 a 50 viviendas por manzana, paredes de adobe o tapia, techo de matera o estera, viviendas tipo choza, cabaña y/o improvisada, con ingreso mensual entre 450 y 930 soles.	$0.142 \leq V < 0.261$
Media	Rango de edad de 12 a 17 años, abastecimiento de agua mediante camión cisterna o similar, con pozo ciego o negro, emplean petróleo, gas o lámparas como fuente de energía, capacitación en riesgo de desastres cada 3 o 4 años, con actitud parcialmente preventiva frente al riesgo, con 31 a 40 viviendas por manzana, paredes de quincha, techo de caña o estera con barro, viviendas en quinta y/o vecindad, con ingreso mensual de 930 a 1500 soles.	$0.076 \leq V < 0.142$
Baja	Rango de edad de 18 a 44 años, abastecimiento de agua de la red pública o pilón de uso público, con acceso a la red pública de desagüe o sistema de saneamiento con tratamiento, con acceso a la red pública de electricidad, capacitación en riesgo de desastres cada 1 o 2 años, con actitud preventiva frente al riesgo e implementa acciones de reducción, con menos de 30 viviendas por manzana, paredes de ladrillo o piedra, techo de concreto de cemento o calamina, viviendas de tipo casa independiente o departamento en edificio, con ingreso mensual mayor a 1500 soles.	$0.042 \leq V < 0.076$

4.1.2.2.3. Mapa de vulnerabilidad

Se identificaron 3 manzanas con nivel de vulnerabilidad alta, 97 manzanas con un nivel de vulnerabilidad media, y 155 manzanas con nivel de vulnerabilidad baja en el área urbana de Puquio. Además, se debe precisar que en los Barrios de Chaupi y Ccollana ubicados al noreste de la ciudad predomina un nivel de vulnerabilidad moderada, mientras que en los Barrios de Ccayao y Pichccachuri predomina un nivel de vulnerabilidad baja a moderada.

En el Mapa 09, se presenta los niveles de vulnerabilidad en la ciudad de Puquio.



FIGMMG - UNIDAD DE POSTGRADO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

MAPA DE VULNERABILIDAD

	DATUM HORIZONTAL: WGS84 - UTM 18S	PLANO: 09
	REG/PROV/DIST: AYACU./LUCANAS/PUCQUIO	FECHA: Agosto-2021
DIBUJO: L.R.L.T.	ESCALA: 1:15,000	

4.1.2.3. Determinación del Riesgo

4.1.2.3.1. Matriz de Riesgo

Se presenta la matriz de riesgo originado por inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio.

Cuadro 62. Matriz del Riesgo

PMA	0.499	0.038	0.071	0.130	0.239
PA	0.260	0.020	0.037	0.068	0.125
PM	0.136	0.010	0.019	0.035	0.065
PB	0.070	0.005	0.010	0.018	0.034
		0.076	0.142	0.261	0.479
		VB	VM	VA	VMA

4.1.2.3.2. Estratificación y Niveles de riesgo

Se establecieron los siguientes rangos para cada uno de los niveles de riesgo por inundación pluvial.

Cuadro 63. Niveles de Riesgo

Nivel de Riesgo	Rango
Muy Alto	$0.068 \leq R \leq 0.239$
Alto	$0.019 \leq R < 0.068$
Medio	$0.005 \leq R < 0.019$
Bajo	$0.002 \leq R < 0.005$

Cuadro 64. Estratificación del riesgo

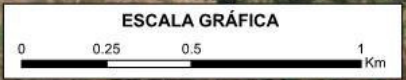
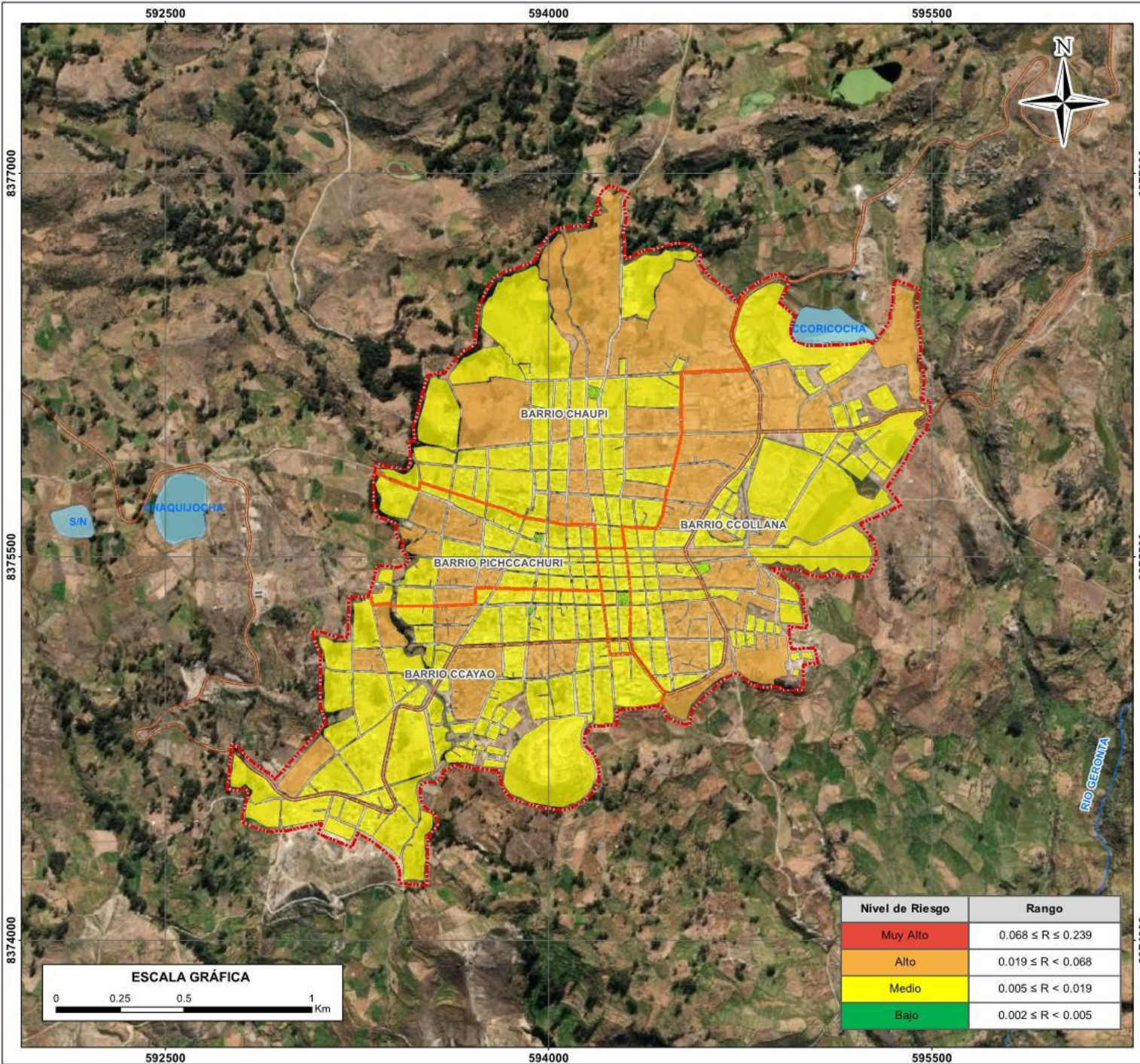
Nivel de Riesgo	Descripción	Rango
Muy Alto	<p>Precipitación superior al P95, con pendientes menores a 5°, de geomorfología vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd) o de terraza indiferenciada (Ti), con geología de formación puquio (Nm-pu), con 5 o más eventos de precipitación extrema al año.</p> <p>Rango de edad de 0 a 5 años y mayores a 60 años, no tiene agua potable ni servicios higiénicos en domicilio, no cuenta con una fuente de energía eléctrica propia, sin capacitación en gestión de riesgos de desastres, con actitud pasiva y fatalista frente al riesgo, con más de 50 viviendas por manzana, paredes de estera, madera o triplay, techo de otro material precario, viviendas no destinadas para habitación, con ingreso mensual menor a 450 soles.</p>	0.068 ≤ R ≤ 0.239
Alto	<p>Precipitación entre P90 y P95, con pendientes entre 5° y 15°, con geomorfología de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), con geología de formación San Pedro (P-sp), con 3 o 4 eventos de precipitación extrema al año.</p> <p>Rango de edad de 6 a 11 años y de 45 a 59 años, abastecimiento de agua de río, acequia, manantial o similar, servicios higiénicos en río, acequia o similar, emplean velas, veladoras u otros como fuente de energía, capacitación en riesgo de desastres cada 5 años, con actitud escasamente preventiva, con 41 a 50 viviendas por manzana, paredes de adobe o tapia, techo de materia o estera, viviendas tipo choza, cabaña y/o improvisada, con ingreso mensual entre 450 y 930 soles.</p>	0.019 ≤ R < 0.068
Medio	<p>Precipitación entre P75 y P90, con pendientes entre 15° y 25°, con geomorfología de montaña en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs), con geología de formación Castrovirreyña Inferior (Pn-c-i), con 2 a 3 eventos de precipitación extrema al año.</p> <p>Rango de edad de 12 a 17 años, abastecimiento de agua mediante camión cisterna o similar, con pozo ciego o negro, emplean petróleo, gas o lámparas como fuente de energía, capacitación en riesgo de desastres cada 3 o 4 años, con actitud parcialmente preventiva frente al riesgo, con 31 a 40 viviendas por manzana, paredes de quincha, techo de caña o estera con barro, viviendas en quinta y/o vecindad, con ingreso mensual de 930 a 1500 soles.</p>	0.005 ≤ R < 0.019

Nivel de Riesgo	Descripción	Rango
Bajo	<p>Precipitación menor al P75, con pendientes mayores a 25°, con geomorfología de montaña en roca volcánica (RM-rv), con geología de formación Castrovirreyna Superior (Pn-c-s), con 1 a 2 eventos de precipitación extrema al año.</p> <p>Rango de edad de 18 a 44 años, abastecimiento de agua de la red pública o pilón de uso público, con acceso a la red pública de desagüe o sistema de saneamiento con tratamiento, con acceso a la red pública de electricidad, capacitación en riesgo de desastres cada 1 o 2 años, con actitud preventiva frente al riesgo e implementa acciones de reducción, con menos de 30 viviendas por manzana, paredes de ladrillo o piedra, techo de concreto de cemento o calamina, viviendas de tipo casa independiente o departamento en edificio, con ingreso mensual mayor a 1500 soles.</p>	0.002 ≤ R < 0.005

4.1.2.3.3. Mapa de riesgos

De acuerdo a los resultados obtenidos de 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 Puquio.

Esto se debe principalmente a que los Barrios de Chaupi y Ccollana son los Barrios menos desarrollados en la ciudad de Puquio, 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.



Nivel de Riesgo	Rango
Muy Alto	$0.068 \leq R \leq 0.239$
Alto	$0.019 \leq R < 0.068$
Medio	$0.005 \leq R < 0.019$
Bajo	$0.002 \leq R < 0.005$



LEYENDA

- Rios
- Red Vial
- Lagunas
- Barrios
- Parques y Jardines
- Limite del Área Urbana
- Limite Distrital

FIGMMG - UNIDAD DE POSTGRADO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

MAPA DE RIESGO

	DATUM HORIZONTAL: WGS84 - UTM 18S	PLANO: 10
	REG/PROV/DIST: AYACU./LUCANAS/PUQUIO	
DIBUJO: L.R.L.T.	ESCALA: 1:15,000	FECHA: Agosto-2021

4.1.2.3.4. Aceptabilidad y Tolerabilidad del riesgo

a. Valoración de las Consecuencias

Cuadro 65. Valoración de Consecuencias

Valor	Niveles	Descripción
4	Muy alta	Las consecuencia debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles.
1	Bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultada.

Del cuadro anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo, es decir, posee el **Nivel 3 – Alta**.

b. Valoración de Frecuencia de Recurrencia

Cuadro 66. Valoración de Consecuencias

Valor	Niveles	Descripción
4	Muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodo de tiempo medianamente largos según circunstancias.
2	Media	Puede ocurrir en periodo de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Del cuadro anterior y según el resultado de evaluación de riesgos se obtiene que las lluvias intensas (>P95) pueden ocurrir en un periodo de tiempo medianamente largo, es decir posee el **Nivel 3 – Alta**.

c. Nivel de Consecuencias y Daños

Cuadro 67. Nivel de consecuencias y daños

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Cuadro 68. Medidas cualitativas de consecuencia y daño

Valor	Niveles	Descripción
4	Muy Alta	Muerte de moradores del área urbana de Puquio, enormes pérdidas en bienes y al nivel de accesibilidad
3	Alta	Lesiones graves de la población del área urbana de Puquio, pérdidas de capacidad de intervención inicial y pérdidas en bienes significativos.
2	Media	La población del área urbana de Puquio requieren asistencia médica no especializada y se registra pérdida de bienes.
1	Baja	La población del área urbana de Puquio requieren asistencia de primeros auxilios, registra pérdida de bienes no significativos.

Se obtiene que el nivel de consecuencias y daños es de **Nivel 3 - Alta**. Por ende, en caso que se llegue a materializar el riesgo de inundación pluvial se requerirá asistencia de primera respuesta y se registraría pérdida de bienes significativos.

d. Aceptabilidad y Tolerancia

Al obtener el nivel de consecuencia y daño Alta, se establece que la aceptabilidad y tolerancia del riesgo por inundación pluvial es de **Nivel 3 –**

Inaceptable. Asimismo, se establece que el nivel de priorización es II, por lo que se deberá desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

Cuadro 69. Aceptabilidad y Tolerancia del riesgo

Valor	Niveles	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Bajo	El riesgo no presenta un peligro significativo.

Cuadro 70. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Cuadro 71. Nivel de Priorización

Nivel	Descriptor	Nivel de Priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Bajo	IV

4.2. Pruebas de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis General

Las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

4.2.2. Prueba de Normalidad

Con el objeto de elegir el estadístico más adecuado para desarrollar la prueba de hipótesis, se comprobó previamente si los datos se ajustaban a una distribución normal, para lo cual se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov ($n > 50$).

1. Hipótesis por Plantear

H_0 : Los datos se ajustan a una distribución normal

H_1 : Los datos no se ajustan a una distribución normal

2. Nivel de significancia

$\alpha = 5\%$ (0.05)

3. Regla de decisión

Si $P\text{-valor} > \alpha$, entonces se acepta H_0 .

Si $P\text{-valor} \leq \alpha$, entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

4. Prueba Estadística

Se presentan los resultados de la Prueba de Normalidad.

Cuadro 72. Resultados de la Prueba de Normalidad

Variable	Kolmogorol-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig. (P-valor)
Relaciones Socio-Ecológicas	0.515	255	0.000
Riesgo de Inundación	0.210	255	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

5. Decisión

Para la variable Relaciones Socio-Ecológicas, el P-valor determinado (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), por lo cual, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Para la variable Riesgo de Inundación, el P-valor determinado (0.000) es menor al nivel de significancia (0.05), por lo cual, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

6. Interpretación

Los resultados establecen que los datos no se ajustan a una distribución normal, por lo cual no se cumple con el supuesto de normalidad que exige la prueba de correlación de Pearson (prueba paramétrica), es por ello que se utilizó la prueba de correlación de Spearman (prueba no paramétrica) para establecer el grado de correlación entre las variables.

4.2.3. Prueba de Correlación de Spearman

Para determinar el grado de correlación se realizó la prueba de correlación de Spearman. La magnitud del coeficiente de Spearman (Rho) indica el grado de correlación entre dos variables, si el valor de Rho es igual a 0 significa que existe relación entre las variables, por otra parte, si el valor de Rho es igual a +1 o -1 significa que existe una correlación perfecta.

En el cuadro 73, se presenta la escala de interpretación del coeficiente rho de Spearman, basada en los criterios de Cohen (1988).

Cuadro 73. Escala de Interpretación del Rho de Spearman

Rho (+/-)	Correlación
Rho = 1	Perfecta
$0.8 < \rho < 1$	Muy Alta
$0.6 < \rho < 0.8$	Alta
$0.4 < \rho < 0.6$	Moderada
$0.2 < \rho < 0.4$	Baja
$0.0 < \rho < 0.2$	Muy Baja
Rho = 0	Nula

Fuente. Cohen (1988).

1. Hipótesis por Plantear

H_0 : Las relaciones socio-ecológicas no influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

H_1 : Las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% (0.05)$$

3. Regla de decisión

Si $P\text{-valor} > \alpha$, entonces se acepta H_0 .

Si $P\text{-valor} \leq \alpha$, entonces se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

4. Prueba Estadística

Cuadro 74. Resultados de la Prueba de Correlación de Spearman

Correlaciones		Relaciones Socio-ecológicas	Riesgo de Inundación
Relaciones Socio-Ecológicas	Coeficiente de correlación	1.000	-0.554**
	Sig. (bilateral) (P-valor)	.	0.000
	N	255	255
Riesgo de Inundación	Coeficiente de correlación	-0.554**	1.000
	Sig. (bilateral) (P-valor)	0.000	.
	N	255	255

** . La correlación significativa a 0.01 (bilateral).

5. Decisión

Se comprueba que el p-valor determinado (0.00) es menor al nivel de significancia ($\alpha=0.05$), por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

6. Interpretación

De acuerdo a los resultados obtenidos, se comprueba que el coeficiente de correlación de Spearman es igual al -0.554, lo cual indica una correlación negativa moderada entre las variables. Asimismo, el p-valor (0.00) es menor al nivel de significancia (0.05), por lo que la correlación es significativa. Por tanto, se concluye que las relaciones socio-ecológicas influyen significativamente en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.

4.3. Presentación de Resultados

Se tuvo como objetivo general determinar la influencia de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio. La prueba estadística de correlación demostró que existe una correlación negativa moderada de -0.554 entre las variables. Asimismo, el p-valor resultante de la prueba de correlación es menor al nivel de significancia (α) del 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, indicando 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 en el subsistema social, menor es el nivel de riesgo de inundación y viceversa. Esto se relaciona con los resultados de la evaluación de riesgos, 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.

Al respecto Romero (2019) manifiesta que la ciudad de Puquio se encuentra en crecimiento y se expande hacia los barrios de Ccayao y Pichccachuri, promoviendo la construcción de viviendas en base a concreto armado y ladrillos, así como, la remodelación y/o rehabilitación de viviendas antiguas, mientras que en los barrios de Chaupi y Ccollana aún predominaban en gran parte viviendas adobe con una antigüedad mayor a los 30 años, es por ello que el 71% de las manzanas con un nivel de riesgo alto en la ciudad se encuentran en estos dos barrios.

Se tuvo como primer objetivo específico caracterizar el estado socio-ecológico en el distrito de Puquio. Para lo cual se desarrolló un modelo del sistema socio-ecológico en base a la investigación realizada por Salas et al. (2012), este modelo permitió caracterizar el estado socio-ecológico actual, e identificar las relaciones socio-ecológicas en el sistema, las cuales se agruparon de acuerdo al tipo de interacción como actividades antrópicas y servicios ecosistémicos.

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 sociedad obtiene de la naturaleza y constituye la base de su desarrollo y sostenibilidad, asimismo, en la segunda vía se encuentran las acciones o intervenciones humanas que suelen generar impactos negativos en el sistema socio-ecológico.

Por otra parte, Raskin (2006) señala que las perturbaciones que generan las relaciones socio-ecológicas pueden comprometer la integridad de todo el sistema, puesto que en las últimas décadas se han intensificado las actividades antrópicas, ocasionando la pérdida de biodiversidad, agotamiento de recursos hídricos, y degradación de ecosistemas, entre otros. Sin embargo, los resultados establecen que el sistema socio-ecológico local se encuentra en equilibrio, es decir las interacciones entre el subsistema social y ecológico que permiten el intercambio de materia, energía e información, no perturban significativamente la estructura del sistema.

Se tuvo como segundo objetivo específico determinar el riesgo por inundación pluvial en el área urbana de Puquio, por lo cual se empleó el proceso de análisis jerárquico propuesto por Thomas Saaty (1980). Los resultados permitieron 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, además, se identificaron 207 manzanas con un nivel de riesgo moderado. Así también, el nivel de Aceptabilidad y Tolerancia del riesgo identificado es inaceptable y el nivel de priorización es II, por lo que se deberá desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos a fin de proteger la vida, la salud y los medios de vida de la población puquiana.

Estos resultados son coherentes con la investigación realizada por Fernández (2018), 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 tienen una antigüedad mayor a 30 años) de

acuerdo a lo establecido por Gerencia de Obras, Desarrollo Urbano, Rural y Transporte de la Municipalidad de Puquio e información registrada en campo.

Por otra parte, Romero (2019), que establece que la ciudad de Puquio se encuentra en crecimiento y se expande hacia las zonas de mayor desarrollo económico, Barrios de Ccayao y Pichccachuri, lo cual plantea un escenario de desarrollo desigual para los Barrios de Ccollana y Chaupi, por ello se estima que esta situación podría acentuar la vulnerabilidad en estos dos Barrios, y, en consecuencia, aumentar el riesgo de inundación pluvial.

Por lo descrito, se considera necesario implementar medidas estructurales y no estructurales con el objeto de reducir el riesgo por inundación en la ciudad de Puquio. Entre las principales medidas estructurales se recomienda realizar el mantenimiento y optimización del sistema de drenaje pluvial existente, la implementación de un nuevo sistema de drenaje pluvial en las zonas de expansión urbana conectado al sistema de drenaje principal, y la rehabilitación de infraestructura pública y viviendas en los Barrios de Chaupi y Ccollana.

Así también, entre las medidas no estructurales se recomienda capacitar a la población puquiana en materia de gestión de riesgos de desastres mediante la realización de charlas y talleres virtuales; identificar y señalar las rutas de evacuación y zonas seguras ante un evento de máximas precipitaciones, desarrollar un programa de asistencia técnica para el mejoramiento y construcción segura de viviendas, y elaborar un Plan de Prevención y Reducción de riesgo por inundación en el área urbana Puquio.

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación, se comprobó mediante el coeficiente de correlación de Spearman ($\rho = -0.554$) que existe una influencia negativa moderada de las relaciones socio-ecológicas en el riesgo de inundación pluvial en el área urbana del distrito de Puquio, provincia de Lucanas, Ayacucho, Perú.
2. Con respecto al primer objetivo específico, 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.
3. Con respecto al segundo objetivo específico, 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. Así también, el nivel de nivel de aceptabilidad y tolerancia del riesgo identificado es inaceptable, lo cual indica que se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de los riesgos.

RECOMENDACIONES

- La presente investigación constituye uno de los primeros estudios a nivel nacional que contempla la identificación y la valoración de las relaciones socio-ecológicas en un sistema local, por lo que se motiva a la ejecución de futuras investigaciones sobre estudio de los sistemas socio-ecológicos en el territorio nacional.
- Se sugiere utilizar nuevas tecnologías como los drones con GPS e imágenes satelitales, para optimizar la caracterización del estado socio-ecológico en un sistema local con una mayor rapidez, y tener acceso a zonas inaccesibles, lo cual permitirá una mejor evaluación del sistema socio-ecológico.
- Se recomienda a las autoridades locales, considerar los resultados de la evaluación de riesgos por inundación pluvial obtenidos en la presente investigación, a fin de que puedan implementar medidas estructurales y no estructurales para prevenir y/o mitigar los daños a la infraestructura local y pérdida de vidas humanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Alemana de Cooperación Técnica (2006). *Desarrollo Sostenible. Modelo de orientación de la GTZ*. GTZ.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica*. (6ª ed.). Editorial Episteme.
- Benjamín, M. (2008). *Analysing urban flood risk in low-cost settlements of George, Western Cape, South Africa: Investigating physical and social dimensions* [tesis de maestría, University of Cape Town]. Institutional Repository at UCT.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Inundaciones Fluviales*. CENEPRED.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. CENEPRED.
- Castro, R. (2014). *Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de Tesis Digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cazau, P. (2011). Evolución de las relaciones entre la epistemología y la metodología de la investigación. *Paradigmas*, 3(1), 109-106.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2ª ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

- Cordova, P. P. (2018). *Análisis de vulnerabilidad por inundaciones y plan de mejora en Huarmey-Ancash* [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.
- Douben, N. (2006). Characteristic of river floods and flooding: A global overview, 1985-2003. *Irrigation and Drainage*, 55(1), 9-21.
- Egoávil, M. (2016). *Propuesta de un plan comunal de gestión de riesgos de las Microcuenca del Río Otijmayo, basada en la participación ciudadana - Huánuco* [tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional de la UNCP.
- Gallopín, G., Gutman, P., Maletta, H., (1989). Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach. *International Social Science Journal*, 121, 375-397.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistémico*. CEPAL.
- Hernández, S. Fernández, C. y Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. (5ª ed.). McGRAW-HILL.
- Hernández, A., Arroyo, H., Bendezú, G., Díaz, D., Vilcarromero, S., Rubilar, J. y Gutierrez, E. (2016). Potencial vulnerabilidad frente a inundaciones de los establecimientos de salud públicos de cuatro regiones del norte del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(1), 92-99.
- Hurtado y Rivera (2006). El Requerimiento del marco epistemológico en las tesis de Post Grado. *Gestión en el Tercer Milenio*, 9(17), 103-105.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2012). *Compendio estadístico del INDECI en la atención de emergencias y desastres*. INDECI.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2019). *Compendio estadístico del INDECI 2019 En la preparación, respuesta y rehabilitación de la GRD*. INDECI.
- Lavell, A. (1999). *Gestión de riesgos ambientales urbanos*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latinas - La red.

- Loyola, J. F. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el puente Candopata hasta el puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad* [tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo.
- Martín, L., Gómez, E. y Montes, C. (2009). Un marco conceptual para la gestión de las interacciones naturaleza-sociedad en un mundo cambiante. *Espacio Regional*, (3), 229-258.
- Méndez, M., Ramírez, L. y Alzate, A. (2005). Practica de agricultura urbana como expresión de la emergencia de nuevas ruralidades: reflexión en todos a la evidencia empírica. *Cuadernos de desarrollo rural*, (55), 51-70.
- Mendoza, M. (2017). *Evaluación del riesgo por inundación en la Quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011-2016* [tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Institucional de la UPAGU.
- Modica, M., y Zoboli, R. (2016). Vulnerability, resilience, hazard, risk, damage, and loss: A socio-ecological framework for natural disaster analysis. *Web Ecology*, 16(1), 59-62.
- Naciones Unidas (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Naciones Unidas.
- Neuhaus, S. (2013). *Identificación de factores que limitan una implementación efectiva de la gestión del riesgo de desastres a nivel local, en los distritos seleccionados de la región de Piura* [tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de la PUCP.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2015). *Water for a sustainable world*. UNESCO.
- Padilla, A. (2015). *Síntesis de revisión bibliográfica sobre la concepción y definición de los rural y lo urbano*. IICA.

- Peña, M. (2021). *Sistema de gestión en calidad, seguridad y salud en el trabajo para optimizar la gestión de riesgos en el proceso de las voladuras de roca de Volmin S.A.C. unidad minera cantera La Merced en Chilca – Lima, marzo – diciembre 2013* [tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de Tesis Digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. PNUMA.
- Raskin, P. (2006). World lines: Patways, pivots, and the global future. *GTI Paper Series*, (16), 1-25.
- Rathe, L. (2017). La sustentabilidad en los sistemas socio-ecológicos. *Utopía y praxis Latinoamericana*, 22(78), 65-78.
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Como entender los fenómenos naturales. En A. Maskrey. (Ed.), *Los desastres no son naturales* (pp. 1-8). Tercer Mundo Editores.
- Romero, D (2019). *Parque industrial tecnológico con enfoque cluster en el distrito de Puquio Lucanas Ayacucho* [tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola.]. Repositorio Institucional USIL.
- Saaty T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- Salas, S. y Jiménez, E. (2007). *Inundaciones*. Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Salas, W., Ríos, L. y Del Castillo, J. (2012). Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 136-142.
- SARAS (2019). *Socio-ecological Systems*. South American Institute for Resilience and Sustainability Studies.
- Topiltzin, M. (2008). Recursos naturales: Aprovechamiento sustentable de recursos terrestres y acuáticos. En P. Andrés y R. Rodríguez (Ed.), *Evaluación y prevención de riesgos ambientales en Centroamérica* (pp. 185-205). Documenta Universitaria.

- Twumasiwaah, K. A. (2016). *Gestión urbana del riesgo de inundación: Un caso de estudio de Aboabo, Kumasi* [tesis de maestría, Universidad de Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah]. Institutional Repository for KNUST.
- Vallejos M. (2017). *Caracterización de sistemas socio-ecológicos en el Gran Chaco: ¿Dónde, cuándo y cómo se transforma el territorio?* [tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio Digital de la Universidad de Buenos Aires.
- Vargas, G. (2017). *Riesgo físico frente a inundaciones fluviales y pluviales en la cabecera parroquial Rocafuerte del Cantón Rioverde, provincia de Esmeraldas, Ecuador* [tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE.
- Vargas, T. D. (2006). *Neoliberalismo y Pobreza en el Perú 1985-2000 (Caso: Distrito de Mancos - Ancash* [tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de Tesis Digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Yaxin, Z., Yuxuan H., Bo, Z., Yixin, L., Xinyu, Z., y Yi, X. (2019). Conflict between nature reserves and surrounding communities in China: An empirical study base on a social and ecological system framework. *Global Ecology and Conservation*, (21), 1-12.

ANEXOS

ANEXO I: Registro Fotográfico

Fotografía 1. Vivienda del Barrio de Chaupi



Fotografía 2. Vivienda del Barrio de Chaupi



Fotografía 3. Vivienda del Barrio de Ccollana



Fotografía 4. Vivienda del Barrio de Ccollana



Fotografía 5. Vivienda del Barrio de Ccollana



Fotografía 6. Vivienda del Barrio de Ccollana



Fotografía 7. Vivienda del Barrio de Pichccachuri



Fotografía 8. Vivienda del Barrio de Ccayao



Fotografía 9. Equipo de Trabajo en campo



Fotografía 10. Trabajo de campo en el Barrio de Chaupi



Fotografía 11. Trabajo de campo en el Barrio de Ccollana



Fotografía 12. Trabajo de campo en el Barrio de Ccollana



Fotografía 13. Zona comercial de la Ciudad de Puquío



Fotografía 14. Mercado Municipal de Puquío

ANEXO II: Distribución de Pesos de las Relaciones Socio-Ecológicas

Se presenta la Calificación del nivel de interacción del parámetro de evaluación i , en una escala de 1 al 5 (c_i), y el Peso ponderado del parámetro de evaluación i (p_i).

1. Servicios Ecosistemicos

*Cuadro 75. Pesos de los Parámetros de Evaluación de Relaciones del
Subsistema Ecológico*

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación	
		%	p_i
Servicio de Soporte	P ₁ :Hábitat de especies	60 %	0.18
	P ₂ :Conservación de diversidad biológica	40%	0.12
Servicio de Provisión	P ₃ :Provisión de Agua dulce, alimentos, y materia prima	100%	0.30
Servicio de Regulación	P ₄ :Secuestro y almacenamiento de carbono	25%	0.06
	P ₅ :Prevención de la erosión	30%	0.08
	P ₆ :Regulación hídrica, microclimática, y control de contaminantes atmosféricos	45%	0.11
Servicio Cultural	P ₇ :Valor espiritual y turístico	100%	0.15

a. Servicio de Soporte

Es el servicio ecosistémico que proporciona espacios vitales para las plantas o animales, y permite conservar una diversidad de especies, lo cual constituye la base del subsistema ecológico y de los otros servicios ecosistémicos.

Cuadro 76. Descriptores del Servicio de Soporte – Hábitat de Especies

Hábitat de Especies	Calificación C_i	Ponderación P_i
Bofedales y Laguna Yaurihuri	5	0.18
Lagunas	4	
Bosques de Queñua	3	
Otros hábitat terrestres	2	
Espacios intervenidos	1	

Cuadro 77. Descriptores del Servicio de Soporte – Conservación de la diversidad biológica

Conservación de la diversidad biológica	Calificación C_i	Ponderación P_i
Ecosistemas frágiles	5	0.12
Ecosistemas acuáticos	4	
Ecosistemas terrestres de alta diversidad	3	
Ecosistemas terrestres de baja diversidad	2	
Espacios intervenidos	1	

b. Servicio de Provisión

Son productos materiales que obtenemos del sistema ecológico tales como alimentos, agua y otros recursos (recursos energéticos, recursos minerales, recursos medicinales, entre otros).

Cuadro 78. Descriptores del Servicio de Provisión

Provisión de agua dulce, alimentos y materia prima	Calificación C_i	Ponderación P_i
Suministro de agua dulce	5	0.30
Suministro de alimentos	4	
Suministro de materias primas renovables	3	
Suministro de materias primas no renovables	2	
Áreas que no prestan servicio de provisión	1	

c. Servicio de Regulación

Servicio ecosistémico que permite la regulación de los procesos en el sistema socio-ecológico, a través del secuestro y almacenamiento de carbono, prevención de la erosión, regulación hídrica, entre otros.

Cuadro 79. Descriptores del Servicio de Regulación – Secuestro y almacenamiento de carbono

Secuestro y almacenamiento de carbono	Calificación C_i	Ponderación P_i
Bofedales	5	0.06
Bosque secundario	4	
Bosque primario	3	
Vegetación arbustiva	2	
Áreas de baja o nula captura de CO ₂	1	

Cuadro 80. Descriptores del Servicio de Regulación – Prevención de la Erosión

Prevención de la erosión	Calificación C_i	Ponderación P_i
Bosques	5	0.08
Vegetación arbustiva	4	
Césped de puna, pajonal	3	
Áreas con escasa cubierta vegetal	2	
Áreas intervenidas y áreas sin cubierta vegetal	1	

Cuadro 81. Descriptores del Servicio de Regulación – Regulación hídrica, microclimática y control de contaminantes

Regulación hídrica, microclimática y control de contaminantes	Calificación C_i	Ponderación P_i
Regulación hídrica y microclimática	5	0.11
Control de contaminantes y regulación microclimática	4	
Regulación hídrica	3	

Regulación hídrica, microclimática y control de contaminantes	Calificación C_i	Ponderación P_i
Control de contaminantes	2	
Áreas que no presentan servicios de regulación	1	

d. Servicio Cultural

Servicio que proporciona beneficios no materiales que las personas, a través del enriquecimiento espiritual, la recreación y la apreciación de la belleza, aunque el servicio cultural no da un beneficio material directamente, es importante para el desarrollo de la sociedad.

Cuadro 82. Descriptores del Servicio Cultural – Valor espiritual y turístico

Valor espiritual y turístico	Calificación C_i	Ponderación P_i
Lugar con alto valor espiritual y turístico	5	0.15
Lugar con alto valor espiritual	4	
Lugar con alto valor turístico	3	
Lugar con valor turístico	2	
Lugar sin valor turístico o espiritual	1	

2. Actividades Antrópicas

Cuadro 83. Pesos de los Parámetros de Evaluación de Relaciones del Subsistema Social

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación	
		%	P_i
Actividades Antrópicas	P ₈ :Emisión de material particulado y gases de combustión	30%	0.30
	P ₉ :Generación de ruido	25%	0.25
	P ₁₀ :Vertimiento de efluentes	25%	0.25

Relación Socio-Ecológica	Parámetro de Evaluación	Ponderación	
		%	p_i
	P ₁₁ :Generación de residuos sólidos	20%	0.20

Cuadro 84. Descriptores del Emisión de Material Particulado y gases de combustión

Emisión de material particulado y gases de combustión	Calificación C_i	Ponderación p_i
Zona Industrial	5	0.30
Zona Comercial	4	
Zona urbana de media densidad	3	
Zona urbana de baja densidad	2	
Espacios sin intervención	1	

Cuadro 85. Descriptores de Generación de ruido

Generación de ruido	Calificación C_i	Ponderación p_i
Zona Industrial	5	0.25
Zona Comercial	4	
Zona urbana de media densidad	3	
Zona urbana de baja densidad	2	
Espacios sin intervención	1	

Cuadro 86. Descriptores de Vertimiento de Efluentes

Emisión de material particulado y gases de combustión	Calificación C_i	Ponderación p_i
Zona Industrial	5	0.25
Zona Comercial	4	
Zona urbana de media densidad	3	
Zona urbana de baja densidad	2	
Espacios sin intervención	1	

Cuadro 87. Descriptores de Generación de residuos sólidos

Generación de Residuos Sólidos	Calificación C_i	Ponderación P_i
Zona Industrial	5	0.20
Zona Comercial	4	
Zona urbana de media densidad	3	
Zona urbana de baja densidad	2	
Espacios sin intervención	1	