

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN

Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN A LAS
ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE DEL RÍO
CAPLINA, TACNA, PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

M.Sc.ALEXANDER NICOLÁS VILCANQUI ALARCÓN

Para obtener el Grado Académico de:

DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES

TACNA – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
Escuela de Posgrado

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Tesis sustentada y aprobada el 12 de agosto del 2021; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :
Dr. Pablo Juan Franco León

SECRETARIO :
Ph.D. Héctor Rodríguez Papuico

MIEMBRO :
Ph.D. Edwin Martín Pino Vargas

ASESOR :
Ph.D. Edwin Martín Pino Vargas

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, a mi hermano Alex (†) que está en el cielo.

A mi padre Pascual y a mi hermana Vanessa, por todo el esfuerzo y sacrificio que me brindan cada día.

A mis sobrinas Paola y Gladys por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por cuidarme, en la salud, en mi trabajo y permitirme alcanzar mis metas.

A mis padres, ya que sin su apoyo no hubiese logrado mis metas.

Expreso, en forma especial, un agradecimiento a mi asesor Ph.D. Edwin Martín Pino Vargas, por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

También, agradezco a todas las personas, que de alguna u otra forma, me facilitaron la realización del presente estudio.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
RESUMO	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I:PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1.Antecedentes del problema.....	3
1.1.2.Problemática de la investigación.....	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
1.4.OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.5.HIPÓTESIS.....	7
CAPÍTULO II:MARCO TEÓRICO.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1 Aspectos generales.....	9
2.2.2. Cauce y sus Elementos.....	15
2.2.3. Delimitación de la Faja Marginal	16
2.2.4. Importancia de la Delimitación de la Faja Marginal	16
2.2.4.1. Dimensionamiento de la Faja Marginal	16
2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	17

CAPÍTULO III:MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.1.1. Tipo	20
3.1.2. Diseño	20
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA	21
3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	21
3.3.1.Técnicas.....	21
3.3.2. Métodos	21
CAPÍTULO IV:RESULTADOS	30
4.1 ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS	30
4.2. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDA, PELIGRO Y RIESGO.....	33
4.3. INTERVENCIONES ANTRÓPICAS Y PUNTOS DE EVALUACIÓN.....	57
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Ponderación:Parámetros Morfométricos de Meteorización Química ..	32
Tabla 2.Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro	34
Tabla 3.Vulnerabilidad ambiental y ecológica	35
Tabla 4.Vulnerabilidad física	38
Tabla 5.Vulnerabilidad económica	39
Tabla 6.Vulnerabilidad social	41
Tabla 7.Vulnerabilidad educativa	41
Tabla 8.Vulnerabilidad cultural e ideológica	43
Tabla 9.Vulnerabilidad política e institucional	44
Tabla 10.Vulnerabilidad científica y tecnológica.....	45
Tabla 11.Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad	46
Tabla 12.Matriz de peligro y vulnerabilidad	47
Tabla 13.Evaluación de vulnerabilidad de zona 1 “Bocatoma Calientes”.....	48
Tabla 14.Evaluación de la vulnerabilidad zona 2 “Quebrada Caramolle”.....	49
Tabla 15.Evaluación de la vulnerabilidad zona 3 “Quebrada El Diablo”.....	50
Tabla 16.Evaluación de vulnerabilidad de zona 01 “Sector Río Seco”.....	53
Tabla 17.Evaluación de la vulnerabilidad zona 1 “Quebrada Viñani”	55
Tabla 18.Prueba de normalidad	70
Tabla 19.Prueba para una muestra.....	72
Tabla 20.Prueba para una muestra.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Imágenes de muestra de varias coberturas terrestres típicas.....	22
Figura 2.Diagrama de flujo que ilustra la metodología utilizada.....	23
Figura 3.Componentes de la Gestión de Riesgos de Desastres.....	24
Figura 4.Efectos que ocasionaría el Impacto del Peligro	25
Figura 5.Ruta Metodológica la Elaboración del PPRRD	26
Figura 6.Efectos que ocasionaría el Impacto del Peligro	28
Figura 7.Diagrama de Flujo para la Aplicación Metodológica	29
Figura 8.Identificación de Zonas Vulnerables en la Cuenca del Río Caplina ...	31
Figura 9.Baños termales de Calientes (Pachía).....	33
Figura 10.Alteraciones geomorfológicas en el cauce.....	35
Figura 11.Conformación de alteraciones geomorfológicas	39
Figura 12.Alteraciones geomorfológicas en cauces.....	42
Figura 13.Modificación geomorfológica del cauce del río Caplina	44
Figura 14.Quebrada El Diablo (Sector Florida): efectos del huayco en 2020 ..	51
Figura 15.Eventos extremos: daños por desbordes y colapso de estructuras .	52
Figura 16.Puente sobre el Río Seco con acumulación de material.....	54
Figura 17.Imágenes de la Quebrada Viñani.....	56
Figura 18.Muro de contención, modificaciones en cauce, presencia de maquinaria	57
Figura 19.Zarandas en el cauce del río Caplina.....	58

Figura 20. Puente El Peligro: estrechamiento de estructura ante sección de cauce.....	59
Figura 21. Puente 1 en la defensa de Calana	60
Figura 22. Puente 2 en la defensa de Calana	61
Figura 23. Puente Peschay afectado por socavación	62
Figura 24. Sector Cuartel Tarapacá	63
Figura 25. Puente artesanal sobre el Río Seco.....	64
Figura 26. Muros colapsados y reemplazados por gaviones	65
Figura 27. Traviesa con diques y material propio.....	66
Figura 28. Propuesta de traviesa con material de concreto	67
Figura 29. Cajamarca: traviesas de concreto longitudinal y transversal	68

RESUMEN

El objetivo fue determinar las alteraciones y características geomorfológicas de la cuenca del río Caplina que generan alto riesgo de inundaciones en su trayectoria y analizar los puntos de las alteraciones geomorfológicas de la cuenca del río Caplina. Metodología . Existen estudios realizados respecto a la hidráulica de los ríos de la cuenca Caplina, realizadas por Proyecto Especial Tacna , Autoridad Nacional del Agua , Autoridad Local de Agua , Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y entre otros tales como el Instituto Geológico Minero Metalúrgico, y se dispone de la Carta Nacional de los cuadrángulos de Pachia y Palca hoja. Metodología: se procedió a la búsqueda de referencia histórica de trabajos realizados en la zona de estudio. Asimismo, nos apoyamos en la revisión de información cartográfica, imágenes satelitales, levantamientos topográficos, datos de flujo de agua, entre otros. Complementariamente a esto, se realizaron actividades de investigación que se realizan en el campo, recorrido de los 40 km, entre la bocatoma Challata hasta las inmediaciones de Viñani en el sur de la ciudad de Tacna. En esta fase se procedió a realizar el reconocimiento de la zona de estudio; realizando el trabajo de campo para determinar condiciones las características físicas de los cauces, morfología de los cauces, pendientes, cobertura, verificación de inventarios de fuentes de agua y medición de parámetros in situ. Se procesó la información obtenida del trabajo de campo y se estableció los planteamientos y determinaciones de riesgo y vulnerabilidad. Conclusión: la zona de estudio tiene cierto grado de riesgo y vulnerabilidad muy alta. El cambio climático, es un potenciador peligroso de inundación, lo que hace que el peligro sea muy alto.

Palabras clave: Comportamiento pro ambiental, Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento EPS Tacna S.A., determinantes socio económicas

ABSTRACT

The objective was to determine the alterations and geomorphological characteristics of the Caplina river basin that generate a high risk of flooding in its trajectory and to analyze the points of the geomorphological alterations in the Caplina river basin. Methodology. There are studies carried out regarding the hydraulics of the rivers of the Caplina basin, carried out by the Tacna Special Project, National Water Authority, Local Water Authority, National Meteorology and Hydrology Service and among others such as the Geological Mining Metallurgical Institute, and It has the National Charter of the Pachia and Palca leaf quadrangles. Methodology: we proceeded to search for historical reference of works carried out in the study area. Likewise, we rely on the review of cartographic information, satellite images, topographic surveys, water flow data, among others. In addition to this, research activities were carried out in the field, covering 40 km, between the Challata intake to the vicinity of Viñani in the south of the city of Tacna. In this phase, a survey of the study area was carried out; conducting field work to determine conditions, the physical characteristics of the channels, the morphology of the channels, slopes, coverage, verification of inventories of water sources and measurement of parameters in situ. The information obtained from the field work was processed and the risk and vulnerability approaches and determinations were established. Conclusion: the study area has a certain degree of risk and very high vulnerability. Climate change is a dangerous flood enhancer, which makes the danger very high.

Keywords: Pro-environmental behavior, Sanitation Service Provider Company EPS Tacna S.A., socio-economic determinants

RESUMO

O objetivo foi determinar as alterações e características geomorfológicas da bacia do rio Caplina que geram alto risco de inundação em sua trajetória e analisar os pontos de alterações geomorfológicas na bacia do rio Caplina. Metodologia. Existem estudos realizados sobre a hidráulica dos rios da bacia do Caplina, realizados pelo Projeto Especial Tacna, Autoridade Nacional de Águas, Autoridade Local de Águas, Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia e entre outros como o Instituto Geológico Mineiro Metalúrgico, e possui a Carta Nacional dos Quadrângulos de Folhas de Pachia e Palca. Metodologia: procedeu-se à busca de referências históricas dos trabalhos realizados na área de estudo. Da mesma forma, contamos com a revisão de informações cartográficas, imagens de satélite, levantamentos topográficos, dados de vazão de água, entre outros. Além disso, foram realizadas atividades de pesquisa em campo, numa extensão de 40 km, entre a captação de Challata e os arredores de Viñani, ao sul da cidade de Tacna. Nesta fase, foi realizado um levantamento da área de estudo; realização de trabalhos de campo para determinar as condições, as características físicas dos canais, a morfologia dos canais, taludes, cobertura, verificação de inventários de nascentes e medição de parâmetros in situ. As informações obtidas no trabalho de campo foram processadas e as abordagens e determinações de risco e vulnerabilidade foram estabelecidas. Conclusão: a área de estudo apresenta certo grau de risco e altíssima vulnerabilidade. A mudança climática é um potenciador de enchentes perigoso, o que torna o perigo muito alto.

Keywords: Comportamento pró-ambiental, Empresa Prestadora de Serviços de Saneamento EPS Tacna S.A., determinantes socioeconômicos

INTRODUCCIÓN

Cai et al. (2017), menciona que la mayoría de las ciudades enfrentan riesgos de inundaciones de altos a severos, mientras que el 11% tienen riesgos de medianos a altos. Sušnik et al. (2015) precisa una importante relación entre el cambio de la cobertura del suelo y el riesgo de inundaciones como un estudio de caso estratégico en el entorno suburbano.

Mayta y Mamani (2018), establecen que para desarrollar el modelo hidráulico se debe considerar el caudal máximo estimado mediante modelos de transformación logarítmica y métodos estadísticos, y el eje hidráulico de la crecida (correspondiente a los períodos de regresión de 25, 50, 100 y 200 años). Luego, la modelización del programa HEC RAS realiza cálculos hidráulicos simulando el caudal de diferentes ciclos de retorno para obtener los resultados de inundaciones y riesgos en el área de estudio (Choque y Mamani 2020).

El modelado del programa HEC RAS realiza cálculos hidráulicos simulando el flujo de diferentes períodos de retorno para obtener los resultados de inundaciones y riesgos (SANTO y COAQUIRA 2020). Según Tisnado (2013), es importante analizar los eventos extremos y los resultados muestran que el caudal utilizado en el modelo hidráulico debe tener un período de retorno de 50 años y 100 años. La herramienta informática HEC-RAS, permite importar figuras geométricas creadas en GIS y procesar dicha información. Además, el análisis hidrológico se utiliza para calcular los respectivos caudales de los diferentes períodos de retorno (Frinsancho 2015).

En campo se obtuvo la información necesaria para determinar los parámetros hidráulicos requeridos para el modelado de ríos. Una vez construido el modelo hidráulico, este puede predecir el caudal del río Caplina en la estación Bocatoma Calientes a través de un modelo hidrológico (Vilcanqui, 2016). Además, la zona de inundación obtenida por el modelo hidráulico del río Caplina

define claramente el punto crítico de inundación (Choque & Mamani, 2020). De igual forma es importante determinar el caudal máximo para definir la zona marginal del río Caplina en la zona de Río Seco, para un tiempo de retorno TR = 100 años, el caudal máximo líquido es de 91,30 m³/s (Santo & Coaquira, 2020).

La evaluación del riesgo de inundación del río Caplina-Uchusuma en el noreste y sureste es moderada, mientras que la población al sur de la ciudad, en la localidad de Gregario Albarracín Lanchipa se siente en riesgo de inundación. La ciudad de Tacna cercado, presenta el riesgo más bajo (Pastrana, 2011).

En este sentido, es importante realizar un trabajo de investigación de acuerdo con las características climáticas de la región, ciertas ciudades, sectores y áreas rurales de la región pueden experimentar inundaciones, y su impacto puede agravarse gradualmente, su impacto negativo genera pérdidas de vidas humanas y afecta la economía. Sin embargo, debido a la falta de experiencia y los modelos de predicción de inundaciones existentes, todavía existen problemas con la predicción precisa de inundaciones (Mai & Smedt, 2017).

El objetivo de este estudio es determinar las alteraciones y características geomorfológicas de la cuenca del río Caplina que generan alto riesgo de inundaciones en su trayectoria; esto ayudará a analizar los sectores con alteraciones geomorfológicas en la cuenca del río Caplina y así determinar los riesgos de inundaciones de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1.Antecedentes del problema

Los cauces en la zona de estudio controlan los flujos de agua, sedimentos y nutrientes del entorno, y a partir de ellos se establecen unos gradientes de humedad y temperatura que influyen en las características y utilización de los terrenos adyacentes. Con cierta periodicidad la población e infraestructura ribereña sufre los embates de las crecidas de estos ríos, debido a su dinámica torrencial que se caracteriza por avenidas súbitas y violentas en eventos de altas precipitaciones y una alta capacidad de acarreo y arrastre de materiales; mientras existen problemas para interpretar la naturaleza y magnitud de las condicionantes geológicas y geomorfológicas en la disposición de las cuencas fluviales y sus redes de drenaje.

A pesar de esta problemática de escasez hídrica y alteración geomorfología con la que se cuenta en dicha cuenca, las incertidumbres e interrogantes no resueltas en el ámbito hidrológico y su efecto en la alteración geomorfología son aún más importantes.

Debemos tener claro que se trata de lluvias generadas en la vertiente del Pacífico, por una anomalía de temperatura en el agua de mar, en los meses de verano; esto genera lluvias de corta duración, pero muy intensas en la zona baja de la cuenca Caplina, lo que viene ocasionando huaycos con alta tasa de erosión y transporte de sedimentos incrementando su capacidad destructiva.

Es notable la complejidad geomorfológica e hidrológica de las corrientes fluviales que drenan los relieves del sistema hídrico de la cuenca Caplina (Pino V. et al. 2017), asimismo, existe un encauzamiento ubicado en la carretera Calana-Pachia que desvía el río hacia el margen izquierdo mediante diques longitudinales. Este dique es llamado Defensa de Calana, conformando una sección compuesta hasta el puente ubicado en la carretera Tacna-Pachia, donde existe un estrechamiento de la sección, lo que en épocas de avenidas genera desborde e inundación. Asimismo, para evitar en el futuro estos desbordes, se necesita una adecuada gestión de las riberas del río Caplina, sobre la base de información que permita la toma de decisiones adecuada, para esto, existen varios métodos; sin embargo, basados en un modelo hidrológico, buscamos representar los procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en la cuenca. Los sistemas hidrológicos son naturalmente continuos, es decir, los flujos de agua entre la atmósfera, la superficie y el subsuelo son continuos. Esta desagregación posibilita una mejor comprensión de los procesos y aporta una simplificación matemática-computacional.

1.1.2. Problemática de la investigación

Las áreas urbanas donde el hombre intensifica sus actividades económicas y sociales son consideradas problemas ambientales, se pone de manifiesto que el fenómeno de los desbordes e inundaciones, de acuerdo con las características climáticas del lugar, puede estar presente en algunas zonas urbanas, suburbanas y rurales de un territorio, y sus efectos pueden ir progresivamente agravándose con impactos negativos sobre la vida de las personas y la economía de la región.

La construcción de infraestructura de toda índole en el valle de inundación de los cauces, la disminución de la capacidad de evacuación de los mismos producto de la construcción de puentes u otras estructuras en diferentes zonas de ellos, hace que los cauces se hayan ido progresivamente obstruyéndose

como resultado de un permanente proceso de sedimentación. En estas condiciones, el lecho del río sufre un proceso continuo y progresivo de azolvamiento, lo cual por una parte disminuye la sección del cauce y reduce la capacidad del río para conducir grandes caudales, y, por otra parte, provoca cambios en el curso de los afluentes ramales principales del sistema fluvial.

La baja protección de las laderas en algunas zonas de riesgo sometidas a inundaciones, el insuficiente drenaje de los suelos de la zona alta y media de la cuenca ha originado por la que ocurra baja infiltración y que el escurrimiento sea muy alto, es decir casi toda la precipitación escurre generando caudales muy altos en frecuencias muy bajas, que son muy dañinos en la parte baja de la cuenca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

– Problema general

¿ Cuáles serán las alteraciones y características geomorfológicas de la cuenca del río Caplina, que generan alto riesgo de inundaciones en su trayectoria?

– Problemas específicos

- a. ¿ Cuáles son los lugares de alteraciones geomorfológicas en la cuenca del río Caplina?
- b. ¿ Cuáles son los riesgos de inundación de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina?

1.3.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este trabajo de investigación se justifica desde los siguientes puntos de vista:

El fenómeno de desborde e inundación, de acuerdo con las características climáticas del lugar, puede estar presente en algunas zonas urbanas, suburbanas y rurales de un territorio, y sus efectos pueden ir progresivamente agravándose con impactos negativos de la vida y economía de la región de Tacna.

Desde la perspectiva teórica, la investigación contribuye a fortalecer la teoría de las alteraciones geomorfológicas en la medida que aportara nuevos conocimientos sobre la naturaleza de los cambios que ha venido sufriendo el río Caplina en los últimos años; además aportara conocimientos sobre las inundaciones por incremento de caudal.

Desde un punto de vista metodológico, la investigación es importante dado que se desarrollará un procedimiento metodológico que permita evaluar las alteraciones geomorfológicas y relacionarlo con las posibles inundaciones en los puntos críticos de las riberas del río Caplina.

Desde el punto de vista práctico, la investigación dará lugar a demostrar como la sedimentación y las alteraciones geomorfológicas del cauce del río Caplina, en gran medida, es el resultado de los fenómenos de erosión que se debe, en algunos casos, a la falta de medidas para la conservación de la cobertura vegetal de la cuenca y a las acciones antrópicas, así como, las intervenciones del crecimiento poblacional y actividades económicas.

Por otro lado, dará lugar a la valoración sobre la importancia de la protección de las laderas en algunas zonas de riesgo que pueden ser sometidas a las inundaciones por el desborde del río Caplina.

1.4.OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

– Objetivo general

Determinar las alteraciones y características geomorfológicas de la cuenca del río Caplina que generan alto riesgo de desborde e inundaciones en su trayectoria.

– Objetivos específicos

- a. Analizar los lugares de las alteraciones geomorfológicas de la cuenca del río Caplina.
- b. Determinar los riesgos de inundación de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina.

1.5.HIPÓTESIS

– Hipótesis general

Las alteraciones y características geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina generan alto riesgo de inundaciones en trayectoria.

– Hipótesis específicas

- a. No existe relación entre las alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina y el riesgo de inundaciones en trayectoria.
- b. Si existe relación entre las alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina y el riesgo de inundaciones en trayectoria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

La importancia que actualmente adquiere la erosión en muchas zonas de cabecera de las cuencas fluviales es, sin duda, producto de los numerosos errores cometidos durante el pasado en la gestión y uso de sus suelos (Conesa y Pérez, 2014), asimismo la hidrología y la geomorfología de los grandes ríos en Estados Unidos reflejan la influencia generalizada de una extensa infraestructura de control de agua que incluye más de 75 000 presas (Williams et al. ,2008), en efecto 137 de las represas más grandes, cada una con un almacenamiento de 1,2 [km]³, alteran los flujos de cada río grande del país.

Los cambios en los canales de los ríos son más evidentes en su sección transversal, donde los cambios de tamaño, forma y composición han sido bien establecidos, con aumentos o disminuciones hasta diez veces ilustrados por los resultados de más de 200 estudios a nivel mundial (Bodin et al. 2006), en tal sentido se proporcionaron contextos científicos históricos y modernos para el Simposio de Geomorfología de Binghamton en 2006, sobre el rol del hombre en el cambio de sistemas fluviales; este simposio ofrece una síntesis de la investigación relacionada con los impactos humanos en los sistemas fluviales, incluidos los cambios hidrológicos y geomórficos en las cuencas hidrográficas (James y Marcus 2006), además, Díaz y Rivera (2004) caracterizó, interpretó y modeló geomorfológica e hidrológicamente la cuenca hidrográfica del río Alberche en España.

Es significativo realizar un modelamiento geoespacial para lograr identificar zonas críticas que sean vulnerables a múltiples peligros, como se ha identificado

la solución se basa en establecer una metodología para la generación de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas (Alcocer et al., 2016). En tal sentido, se evaluó la vulnerabilidad de la defensa de Calana mediante modelación hidráulica, conociendo que caudal máximo generaría la falla de la estructura existente, asimismo identificando las zonas críticas de desborde debido a caudales extraordinarios que pueden originar inundaciones en los tramos de la defensa Calana (Mayta y Mamani 2018). Sin embargo, Frisancho (2015) efectuó un análisis de vulnerabilidad mediante el modelamiento hidrodinámico del cauce del río Seco en la zona del cono sur de la ciudad de Tacna, donde logró identificar, las zonas vulnerables por desborde e inundación ante descargas máximas y determinó el ancho de la faja marginal, de la misma manera, Santos et al. (2021) desarrolló la modelación hidrológica con fines de gestión de riberas en la cuenca del río Caplina, caracterizando el estado de la cuenca hidrográfica en la bocatoma Calientes; analizó y comparó los caudales promedios mensuales de las afluentes de la bocatoma Calientes mediante la modelación hidrológica.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Aspectos generales

En base a la revisión efectuada, se considera importante la siguiente base teórica:

Un estudio que se realizó en la ciudad de Picsi, Lambayeque en el marco del Programa de Ciudades Sostenibles, que INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) promueve y ejecuta a nivel nacional. Las principales conclusiones respecto a la valoración de peligro fueron: a) El Sector Vista Florida está clasificado como Peligro Muy Alto, debido a que está ubicado sobre una zona de Licuación Alta y potencialmente inundable, además presenta una Expansión Media a Baja predominando los suelos arenosos arcilloso y limoso; b) Está clasificado como Peligro Muy Alto, debido a que está ubicado sobre una zona de Licuación Alta y potencialmente inundable (CENEPRED, 2016).

Según Araujo et al. (2015) el propósito de una investigación se centró en la evaluación de los probables escenarios de riesgo asociados a las tendencias de deslizamientos en el ámbito de la primera etapa del proyecto Majes Sigvas de Arequipa. Asimismo, Ogata y Fukumoto (2015) realizaron la modelación de flujo en lámina libre sobre cauces naturales en esquemas de volúmenes finitos en una y dos dimensiones, desarrollado en Barcelona (España). INRENA (1996), realizó el estudio hidrológico para la evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma, determinó la disponibilidad hídrica de las cuencas de los ríos Caplina y Uchusuma, buscando mejorar la gestión de los recursos hídricos, de este modo, Frisancho (2015) efectuó un análisis de vulnerabilidad mediante el modelamiento hidrodinámico del cauce del río Seco en la zona del cono sur de la ciudad de Tacna, donde logró identificar, las zonas vulnerables por desborde e inundación ante descargas máximas y determinó el ancho de la faja marginal.

Asimismo, Mamani (2014) realizó el modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundaciones en la ciudad de Ayaviri-Puno, que buscó determinar zonas de riesgo de inundación por máximas avenidas. De igual modo, Quispe (2019) aplicó un modelamiento hidrológico e hidráulico al cálculo de socavación en puentes en la carretera Chota-Bambamarca-Hualgayoc, donde se modeló el nivel de superficie de agua producida por descargas máximas, es así como se realizó la caracterización hidrogeomorfológica de la cuenca del río Caplina, con incidencia en el estudio de las crecidas fluviales y su aplicación a la gestión de riberas, logrando contextualizar la cuenca hidrográfica y analizar las interrelaciones entre la geomorfología e hidrología fluvial (Pino 2013).

Mediante fotografías aéreas georreferenciadas y orto imágenes se ha cuantificado y cartografiado tanto la evolución del trazado del cauce como las modificaciones de los usos de suelo en la llanura de inundación (Acín et al. 2011), por lo tanto, los sistemas de regulación, las defensas locales en cada meandro y la canalización del río, son responsables del deterioro de la dinámica natural y del proceso de estabilización y simplificación geomorfológica (Durán et

al., 2014), es decir, la dinámica de las inundaciones y la morfología del terreno, se puede clasificar en formas cóncavas y convexas (Castro 1992). Es decir, las primeras categorías pertenecen a las depresiones tectónicas y los paleocauces, mientras que en la segunda se encuentran las acumulaciones sedimentarias y cualquier relieve positivo de tipo estructural, sin embargo, la geomorfología fluvial se está involucrando de manera centralizada en las aplicaciones prácticas para apoyar la agenda del manejo sostenible de cuencas fluviales (Durán et al., 2014), a su vez muchos climas áridos están asociados con tormentas intensas que, en una superficie escasamente vegetada, generan localmente altas tasas de escorrentía en el suelo que conducen a la erosión de las laderas por procesos de lavado (Bull y Kirkby 2002).

La hidrología y la geomorfología de los grandes ríos en Estados Unidos reflejan la influencia generalizada de una extensa infraestructura de control de agua que incluye más de 75,000 presas (Williams et al. 2008), es decir ciento treinta y siete de las represas más grandes, cada una con un almacenamiento de 1.2 km³, alteran los flujos de los ríos más grandes del país, los cambios en los canales de los ríos son más evidentes en la sección transversal del canal, donde los cambios de tamaño, forma y composición han sido bien establecidos, con aumentos o disminuciones hasta diez veces ilustrados por los resultados de más de 200 estudios mundiales (Pastrana, 2011).

En suma, se ofrece una síntesis de la investigación relacionada con los impactos humanos en los sistemas fluviales, incluidos los cambios hidrológicos y geomórficos en las cuencas hidrográficas, dicho de otra manera las consecuencias directas del rol humano, donde la actividad humana afecta los canales de los ríos a través de obras de ingeniería, incluyendo canalización, construcción de presas, desvío y alcantarillado, han sido reconocidas desde hace mucho tiempo (Williams et al. 2008), generando una alta transferencia de sedimentos al océano por los ríos es un camino clave para la transferencia de materiales en la tierra (Mai y Smedt 2017).

Según los estudios realizados por el Proyecto Especial Tacna, la temperatura en la cuenca Caplina varía entre 18,3°C en la costa y 3,3°C en la Puna, en la zona se presenta una serie de variaciones térmicas de acuerdo a los pisos altitudinales existentes, así mismo la cuenca Caplina inventariaron 42 surgencias de manantiales que se ubican generalmente en la parte alta de la cuenca y son controladas estructuralmente por fallas, fisuras y contactos litológicos los cursos subterráneos se calientan a veces por el contacto con rocas ígneas, por la circulación profunda y/o cercanía a una cámara magmática y afloran como aguas termales (Cenepred 2016). Según Peña et al. (2009), hay que mencionar, además que los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) para aguas pertenecen a la categoría de cada cuerpo de agua superficial establecida de acuerdo a la R.H. N°202-2010-ANA: «Clasificación de los Cuerpos de Aguas Naturales», y el artículo 3, inciso 3.3 del D.S 023-2009- MINAM: «Asignación de Categoría para los Cuerpos de Agua» (ANA, 2012).

La investigación determina la importancia estratégica de la construcción de una red de gestión local de riesgo a desastre, que integre las potencialidades culturales de los actores populares, en base a su organización territorial y los articule en relaciones de mutua cooperación con las entidades públicas, en el marco de una visión y objetivos compartidos para la reducción de las vulnerabilidades (Gaspari et al., 2011).

El espacio desempeña un papel importante en muchos aspectos de la investigación geomorfológica; con el avance de los sistemas de información geográfica (GIS), estas herramientas basadas en computadoras para análisis espacial resultaron fácilmente accesibles y se desarrolló un gran número de nuevos algoritmos. Las herramientas GIS estándar para geometría superficial, hidrología y análisis geoestadístico son muy valiosas en geomorfología. Además, índices geomorfológicos como rugosidad o humedad topográfica evalúan parámetros geomorfológicos específicos (Cai et al., 2017).

La erosión de cárcavas constituye un problema grave para la degradación de la tierra en una amplia gama de entornos (Fidal y Kjeldsen 2020), también los deslizamientos de tierra en áreas montañosas causan daños importantes a áreas residenciales, carreteras y tierras de cultivo. Por lo tanto, una de las medidas básicas para reducir el posible daño es mediante la identificación de áreas propensas a deslizamientos de tierra a través del mapeo de derrumbes por diferentes modelos y métodos (Ghimire, 2020), al mismo tiempo en la actualidad es importante el uso de la Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR) para monitorear la inestabilidad del terreno debido a eventos de derrumbes, aunque ventajosa en grandes escalas espaciales, todavía plantea desafíos relacionados con la compleja cinemática recurrente de los fenómenos o las configuraciones desfavorables de las áreas examinadas con respecto a la topografía empinada y la cubierta vegetal con vegetación (Bonneau et al., 2018).

Sumando las acciones transformadas que ejerce el hombre sobre el ambiente pueden ocasionar impactos positivos o negativos que alteran la calidad de los cuerpos naturales de agua continentales y marino costero debido a las actividades productivas y poblacionales. Una primera aproximación de la situación que lograron de los recursos hídricos, recopilando la información de la calidad de recursos hídricos durante 2000-2012 y se logró establecer una base con un total de 64030 datos precedentes de 331 monitoreos en 59 unidades hidrográficas. Para la evaluación de la calidad del agua consideraron los parámetros físicos y químicos, microbiológico, metaloides y metales debido a su uso como indicadores ambientales como impacto a los cuerpos naturales de agua (ANA, 2013).

Los seres humanos están intrigados por la geomorfología tectónica en escalas que incluyen los orígenes de los continentes, la grandeza de su cordillera favorita, y la falla activa cerca de sus hogares (Peña-Monné y Sampietro-Vattuone, 2018), en tal sentido la geomorfología es el estudio de los paisajes y los procesos que los conforman. Las influencias de la deformación vertical y horizontal de la tierra en los procesos de fluvial, litorales y glaciares y los paisajes

resultantes comprenden el dominio de la geomorfología tectónica. El énfasis principal aquí es en las respuestas del sistema fluvial a deformación tectónica, asimismo, el efecto la geomorfología tectónica ayuda a las investigaciones tectónicas sobre muchas escalas temporales y espaciales. Algunos de nosotros buscamos entender cómo horizontal, así como vertical, la deformación de la tierra afecta a las formas de colinas y arroyos en una búsqueda para entender mejor la partición a largo plazo de la cepa a lo largo de los sistemas de fallas de límite de placa (Bull y Kirkby 2002), al respecto, el cambio alométrico en geomorfología describe el comportamiento ordenado en estado no estacionario en un sistema fluvial (Mai y Smedt 2017).

El abandono de andenería en ciertas zonas, el sobrepastoreo con ganado caprino y por consiguiente la desaparición de pastos, arbustos y suelos pueden acelerar los procesos de avenidas de huaycos u otros flujos torrenciales (Pino, 2013). La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de estudios hidrológicos están orientados al aprovechamiento del agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento (Moreno-Jiménez et al. 2017).

Es importante contar con un análisis regional de caudales medios mensuales, para diversos niveles de persistencia de los principales ríos peruanos pertenecientes a la vertiente del Pacífico (Poveda 2004), por ello la naturaleza de la escorrentía superficial en una determinada región es una función de las características físicas, hidrológicas, vegetativas y climáticas de la misma (Sušnik et al., 2015), para tal efecto realizó un estudio hidrográfico de todas las cuencas del Perú, dando a conocer parámetros importantes de los diferentes ríos de las diferentes regiones del Perú, resaltó la importancia de los Recursos Hídricos de nuestras cuencas y ríos.

El análisis de la información hidrométrica realizada, muestra que los ríos Caplina y Uchusuma bajo o Yungane, al igual que la mayoría de los ríos de la

costa peruana, presentan características propias de torrente y existe gran diferencia entre las descargas extremas. El río Caplina presenta una descarga máxima controlada de 33,21 m^3/s (febrero) y una mínima de 0,115 m^3/s (junio) cuya media anual promedio es de 0,935 m^3/s , aproximadamente, equivalente a una masa total anual de 29,19 Hm^3 . El río Uchusuma bajo tiene una descarga máxima controlada de 11,06 m^3/s (marzo) y una mínima de 0,00 m^3/s (setiembre), cuya media anual promedio es de 0,586 m^3/s , que equivale a una masa total anual de 18,45 Hm^3 (ANA, 2010).

2.2.2. Cauce y sus Elementos

La R.J. N° 300-2011-ANA que aprueba el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales, en su Título II-ASPECTOS GENERALES, art. 4° Definiciones, establece:

- Cauce o álveo: continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico.
- Cauce Inactivo: cauce o álveo por el que no discurre el agua por variación de su curso.
- Riberas: áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente. Para su delimitación no se considerarán las máximas crecidas registradas por eventos extraordinarios, constituye un bien de dominio público hidráulico.
- Nivel mínimo de las aguas: nivel de las aguas, calculado o estimado en base a los niveles mínimos de los registros históricos considerando los periodos máximos de información disponible, o de la información disponible en la Unidad Hidrográfica.
- Nivel de máxima creciente: nivel de las aguas durante su máxima crecida y en una sección transversal específica del cauce, arroyo, lago, laguna y reservorio; calculado o estimado por métodos directos o indirectos en

función de la información existente en la Unidad Hidrográfica. No se considerarán las máximas crecidas por causas de eventos extraordinarios.

- Faja marginal: área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye bien de dominio público hidráulico.

2.2.3. Delimitación de la Faja Marginal

El Estado dentro de la gestión prospectiva de riesgos delega a la Autoridad Nacional de Aguas la acción reguladora que acompaña a los planes de desarrollo de ordenamiento territorial y a la implementación de la gestión correctiva de riesgos. La ANA es la autoridad competente en las Fajas Marginales que constituyen bienes de dominio público hidráulico, caracterizados por ser inalienables, imprescriptibles e intangibles, por tanto, es una zona de reglamentación especial.

2.2.4. Importancia de la Delimitación de la Faja Marginal

La delimitación de la faja marginal tiene por objeto establecer las dimensiones y localización de áreas y espacios destinados para las actividades y usos siguientes :

2.2.4.1. Dimensionamiento de la Faja Marginal

El art. 9º del Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales en Cursos Fluviales y Cuerpos de Agua Naturales y Artificiales, para Los cauces naturales con estructuras de encauzamiento o defensas ribereñas establece: “En los cursos y cuerpos de agua en los cuales se han construido estructuras de encauzamiento (dique enrocado, gaviones, muros de concreto y

otros), podrá modificar la faja marginal, previa solicitud y presentación por los interesados, de un estudio técnico. Es recomendable, para los estudios técnicos, el empleo de un periodo de retomo de 50 años para estimar el caudal máximo de diseño para tramos del curso de agua con asentamientos agrícolas, y un periodo de retorno de 100 años en áreas urbanas”.

2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Impacto ambiental

Cualquier cambio al medio ambiente bien sea adverso o beneficioso total o parcial, que resulte de las actividades, productos o servicios de una organización (Perry, 2015).

Ambiente

El ambiente y los alrededores en los que opera una organización, incluyendo aire, agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, los seres humanos y su interrelación (Perry, 2015).

Avenida

Se entiende por avenida a un caudal muy grande de escorrentía superficial que sobrepasa la capacidad de transporte del canal generando la inundación de tierras aledañas (Santos et al. 2021).

Caudal crítico

El caudal que mantiene en un canal el régimen crítico en una sección dada para un calado determinado (Santos et al. 2021).

Ciclo hidrológico

Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, entre otros) (Villón, 2002).

Cuenca hidrológica

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua (Villón, 2002).

Escorrentía superficial

La precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad.

Gradiente hidráulico

La línea que indica por su descenso vertical la energía perdida entre dos secciones (para el movimiento uniforme) (Villón, 2002).

Periodo de retorno

El "período de retorno o de recurrencia" (T) es el intervalo medio expresado en años en el que un valor extremo alcanza o supera al valor "x", al menos una sola vez (Aparicio, 1992).

Pendiente de un cauce

La pendiente de tramo de un cauce de un río, se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo (Villón, 2002).

Pendiente crítica

Es el valor particular de la pendiente del fondo del canal, para la cual éste conduce un caudal Q en régimen uniforme y con energía específica mínima, o sea, que en todas sus secciones se tiene el tirante crítico, formándose el flujo crítico uniforme (Villón, 2002).

Perfil hidráulico

El perfil que adopta la superficie libre del agua en cualquier condición de flujo en un canal se conoce como perfil de flujo o perfil hidráulico (Villón, 2002).

Precipitación

Es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control de agua (Villón, 2002).

Rugosidad superficial

La rugosidad superficial se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. Por lo general éste se considera como el único factor para la selección de un coeficiente de rugosidad (Aparicio, 1992).

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada (CENEPRED, 2016).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo

Según la recolección de datos, se trató de una investigación con un diseño de campo, debido a que los datos que se utilizaron para procesar la información se recogieron en un ambiente natural en el que no hubo manipulación de variables. Asimismo, la investigación se caracterizó por tener un tipo descriptivo, dado que se observaron y describieron eventos y situaciones sin influir sobre él de ninguna manera.

3.1.2. Diseño

En este estudio se busca describir las variables valoración alteraciones geomorfológicas en el río Caplina y describir la percepción del riesgo de inundaciones de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina, en tal sentido, el diseño de investigación seleccionado es transeccional.

Los diseños transaccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables, se trata de un estudio de carácter descriptivo ya que "mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades" y prospectivo según la temporalidad.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población es la provincia de Tacna, analizada sobre la base de información física y geográfica, se tomó como muestra de estudio la defensa ribereña de Calana (río Caplina); Pachia (sistema de captación), Alto de la Alianza (La Asociación de Vivienda La Florida, La Asociación de vivienda AA.HH. El Mirador, La Asociación Urbanizadora San Pedro), distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa (Sector Rioseco) y cercado Tacna (Cuartel Tarapacá).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas

En esta temática, se enfatizó el uso de imágenes satelitales para mapear los cambios en la cobertura terrestre. Los métodos de detección de cambios, incluida la resta y clasificación de imágenes, permiten realizar un análisis de detección de cambios.

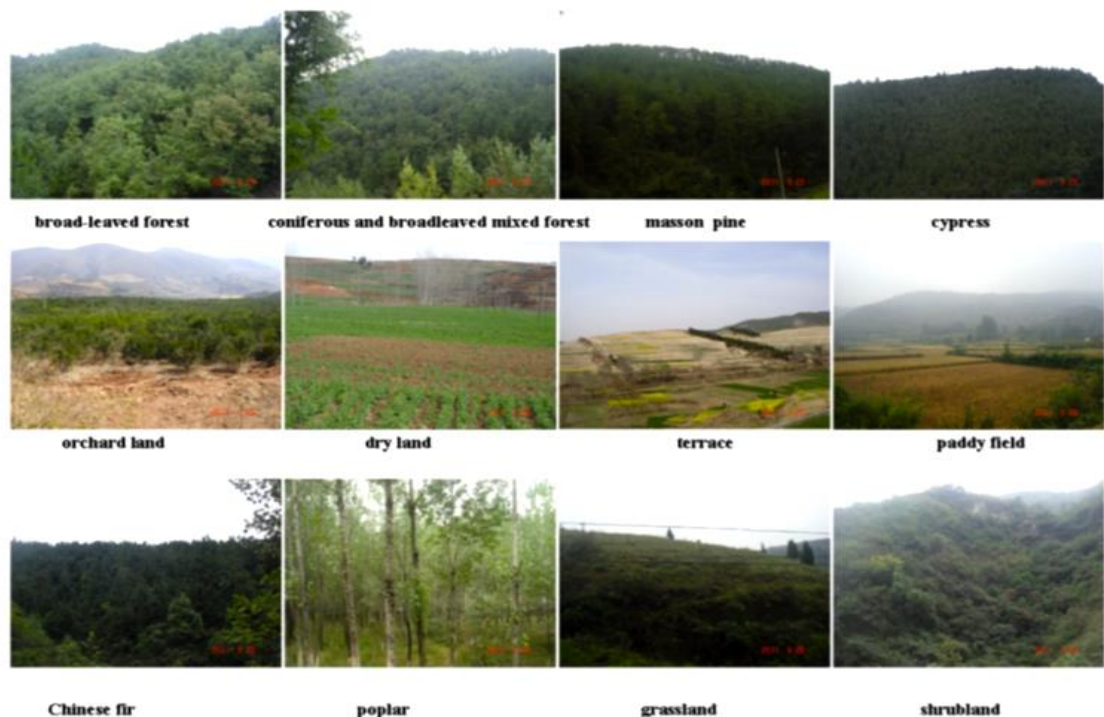
3.3.2. Métodos

Se utilizó un Modelo Digital de Elevación (DEM) para el estudio de generación de pendientes. El DEM de 30 m de tamaño de píxel. Se seleccionaron un total de 238 muestras aleatorias en el área de estudio.

Wang et al. (2013), establece tipos de cobertura terrestre de las muestras incluyen bosque latifoliado, bosque de coníferas (es decir, masson pino, ciprés y abeto chino), bosque mixto de coníferas y latifoliado, tierras cultivadas, huertas, pastizales y matorrales (Figura 1).

Figura 1

Imágenes de muestra de varias coberturas terrestres típicas

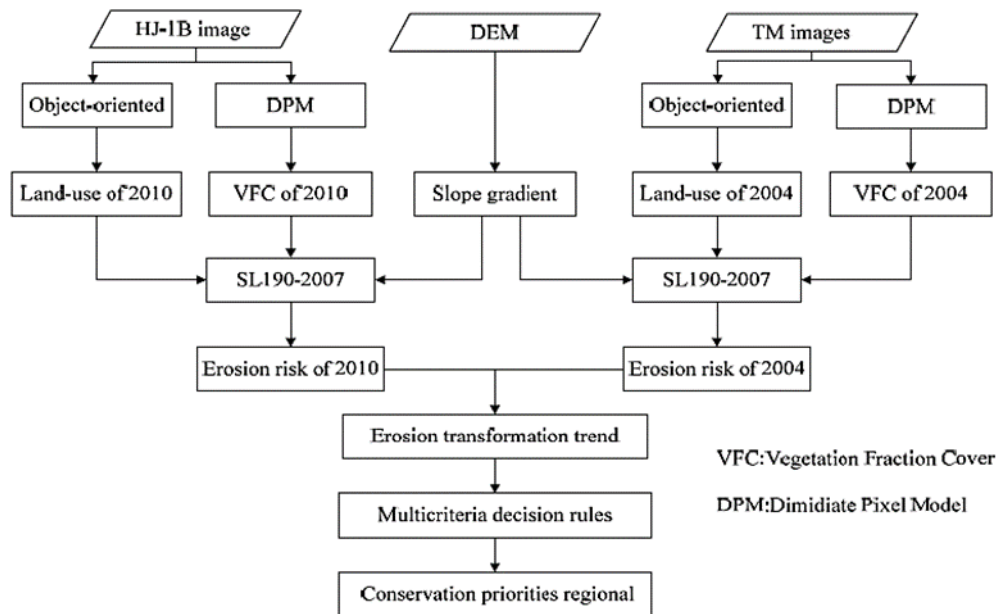


Fuente: Wang et al. (2013)

La intensidad, duración y frecuencia de las lluvias son los factores que impulsan la pérdida de suelo y están controladas por el clima, mientras que la cobertura de vegetación y las pendientes de las pendientes son factores que indican resistencia o riesgo de erosión. Por lo tanto, el riesgo de erosión del suelo puede evaluarse en función de la interacción entre la pendiente, la cubierta vegetal y los tipos de uso de la tierra de la erosión fluvial y superficial. En la Figura 2, se muestra un diagrama de flujo que ilustra el método general utilizado en este estudio (Wang et al. 2013).

Figura 2

Diagrama de flujo que ilustra la metodología utilizada



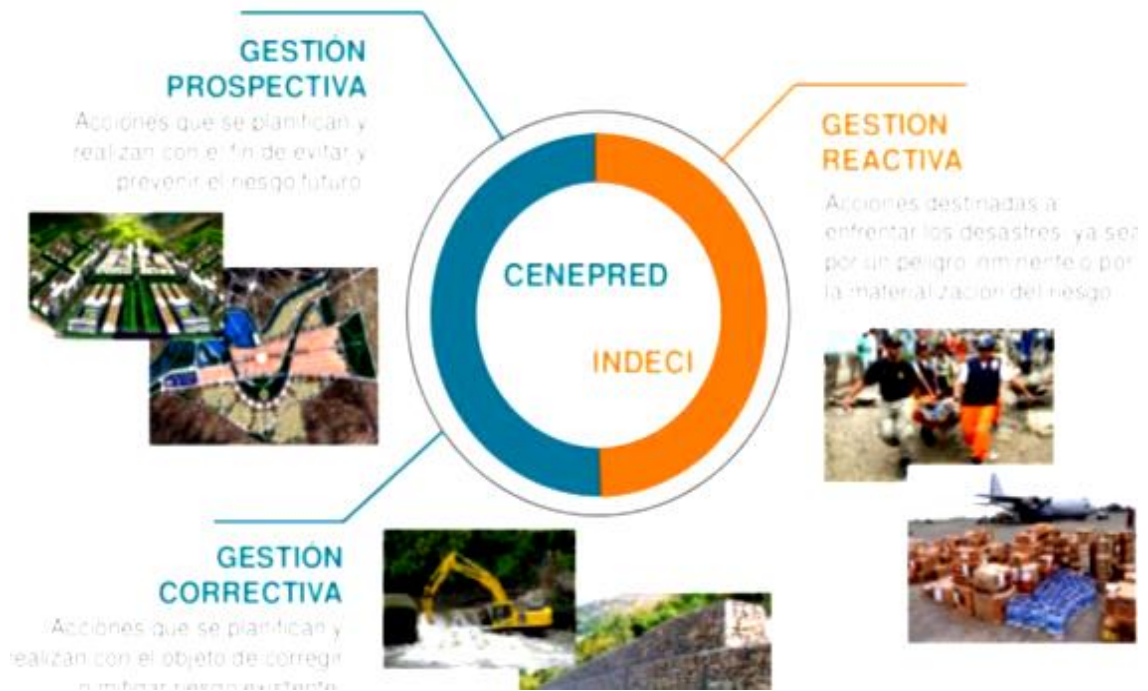
Fuente: Wang et al. (2013)

Por su parte, CENEPRED (Figura 3) es un organismo público implementador, dedicada a formular estándares técnicos y de gestión, y brindar asistencia técnica profesional a entidades públicas y privadas en el proceso de estimación, prevención y reducción de riesgos de desastres y reconstrucción para proteger la vida y la propiedad de las personas.

Asimismo, fomenta y promueve el desarrollo de otros instrumentos, especialmente el desarrollo de planes específicos de prevención y reducción del riesgo de desastres en todos los niveles de gobierno (Cenepred 2016).

Figura 3

Componentes de la Gestión de Riesgos de Desastres



Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 4

Efectos que ocasionaría el Impacto del Peligro



Fuente: CENEPRED (2016)

En este sentido, es importante destacar que este tipo de evaluación es una herramienta que facilita la toma de decisiones en situaciones de riesgo. Puede ser utilizada tanto para planificar acciones como para prevenir e inversiones estructurales para reducir los riesgos de desastres deben ser considerados responsables de las consecuencias de los peligros sin tomar medidas de control (Figura 4).

Figura 5

Ruta Metodológica la Elaboración del PPRRD



Fuente: CENEPRED (2016)

La información geoespacial de entidades técnicas, científicas y otras entidades debe incluir formato vectorial o raster, y la información de la organización debe especificarse en la tabla. Se recomienda utilizar base de datos, Excel, Access, otros (Figura 5).

Para iniciar la recopilación de información, se debe tener los siguientes elementos:

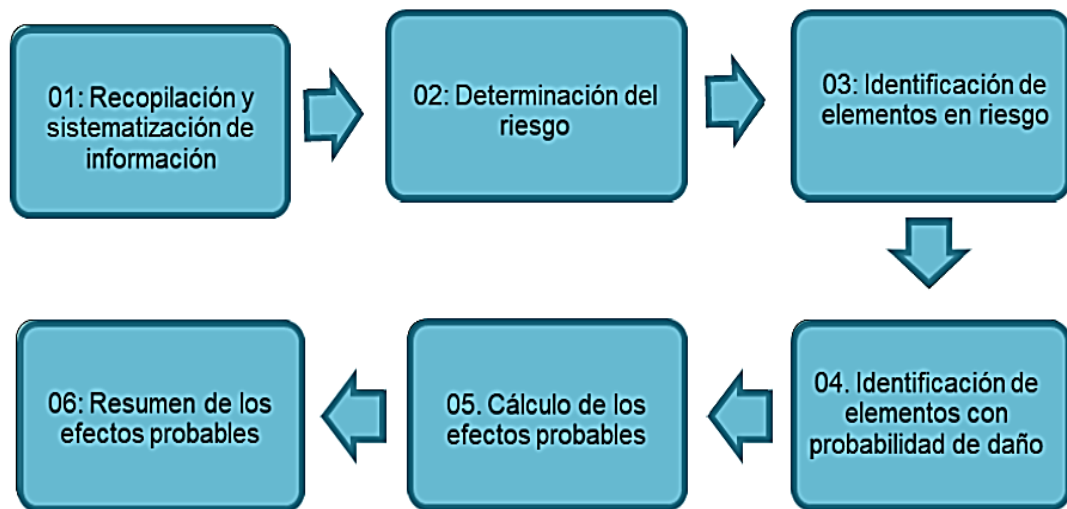
- Coordinar con las entidades participantes en la evaluación y solicitar al equipo técnico que brinde información local.
- Disponer de medios técnicos para la recopilación de información.
- Posee los siguientes materiales: bolígrafos, sacapuntas, gomas de borrar, papel, tableros de madera, linternas con pilas, equipos de comunicación, cámaras, grabadoras, GPS, chalecos institucionales.

Antes de estimar las disposiciones de los efectos probables de una cierta zona de riesgo antes del impacto del peligro, se debe tener en cuenta lo siguiente (Figuras 6, 7).

- La conformación de equipos técnicos de equipos técnicos se compondrá de asesores de riesgo acreditados por CENEPRED, para estimar los efectos probables de los efectos que podrían originarse como resultado del impacto del peligro. Según el objeto de evaluación, se deben identificar a los profesionales y expertos que participarán en la evaluación de los probables sobre el impacto del peligro.
- identificación del área de estudio, este procedimiento consiste en la identificación del área de estudio, donde determinará los niveles de riesgo del alcance geográfico específico, es una función del objeto de evaluación.
- Secuencia del proceso metodológico a continuación, el proceso metodológico se describe para la evaluación de los efectos probables el impacto de un peligro (CENEPRED 2016).

Figura 6

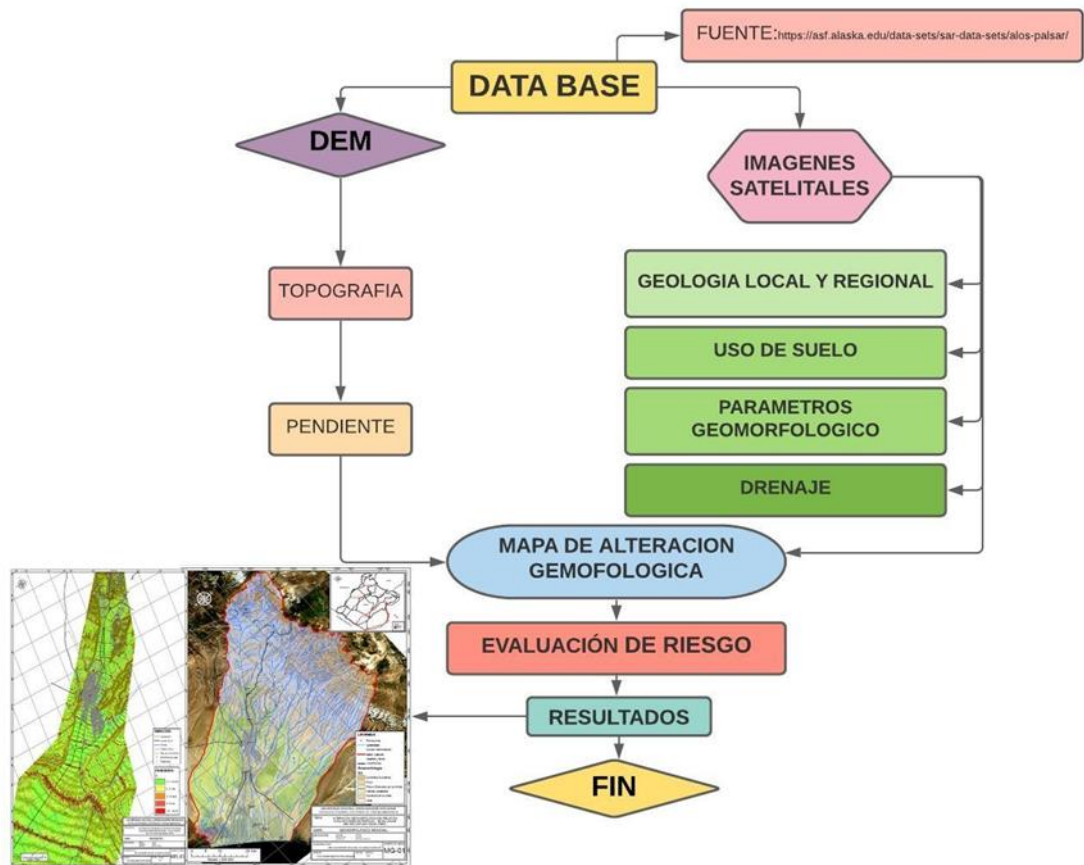
Efectos que ocasionaría el Impacto del Peligro



Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 7

Diagrama de Flujo para la Aplicación Metodológica



Fuente: Elaboracion Propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

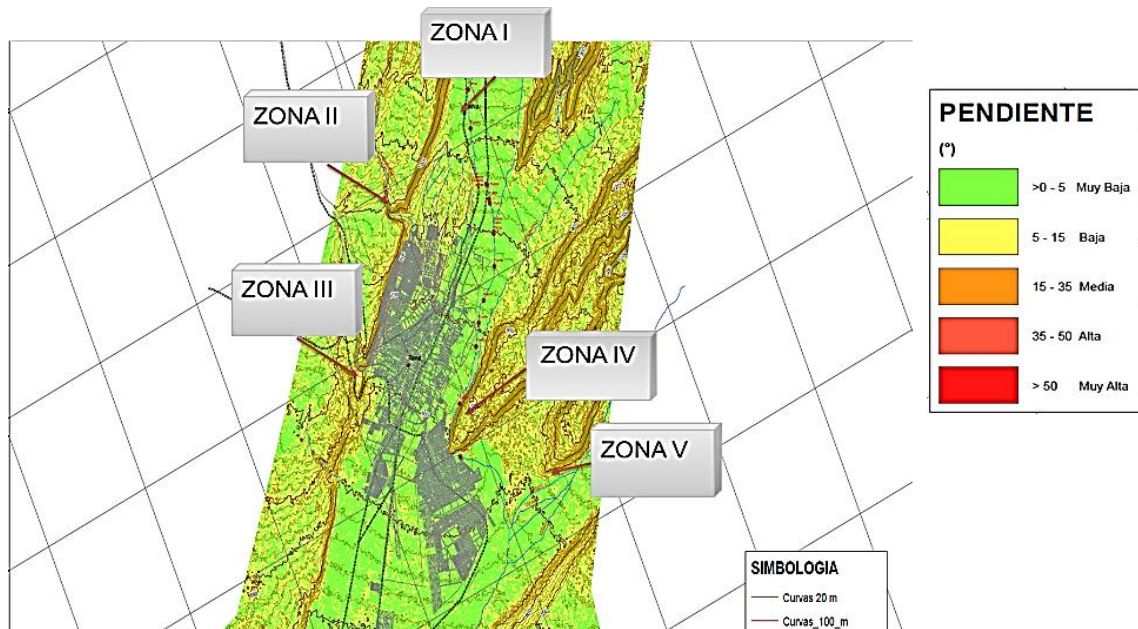
4.1 ALTERACIONES GEOMORFOLÓGICAS

En el presente trabajo de investigación, se identificaron potencialmente como zonas de riesgo, 05 zonas en la provincia de Tacna (Figura 8); bocatoma Calientes y bocatoma Challata (Pachía), quebrada Caramolle (Ciudad Nueva), quebrada El diablo (Alto de la Alianza), sector Río Seco (Gregorio Albarracín Lanchipa) y quebrada Viñani (Viñani). Según Pino (2013), en esta parte de la cuenca, que las cinco zonas, se presenta un evento extremo de magnitud 60,3 m³/s, lo que nos permite presagiar procesos de inundación y desborde en la zona urbana de Tacna, la cual es la zona de descarga de la cuenca húmeda.

Asimismo, el río Caplina presenta alta variabilidad interanual, con caudales máximos entre diciembre y marzo (Pastrana, 2011).

Figura 8

Identificación de Zonas Vulnerables en la Cuenca del Río Caplina



Fuente: Elaboracion Propia

Con la información cartográfica generada, procedemos a evaluar el riesgo, se trata de un conjunto de conocimientos, medidas, acciones y procedimientos, sumados al uso racional de la mano de obra y los recursos materiales, orientados a planificar planes y actividades para evitar o reducir el impacto de los desastres. La gestión de desastres es sinónimo de prevención y atención de desastres, además de brindar todos los pasos necesarios para que las personas afectadas recuperen sus niveles funcionales luego de haber sido afectadas (Sušnik et al. 2015).

Los términos básicos a los que se hace referencia son los siguientes: (1) Identificación del peligro. (2) Análisis de la vulnerabilidad y (3) Estimación (Cálculo) del riesgo. El peligro, es la posibilidad de que un fenómeno natural o provocado por el hombre potencialmente desfavorable de un tamaño determinado ocurra en un área o ubicación conocida, que puede perjudicar pérdidas humanas, pérdidas materiales y pérdidas ambientales.

Identificando la primera zona vulnerable que corresponde a las bocatomas de Calientes y Challata, se confirma que han sido afectada por los desbordes de río e inundaciones, por lo que se procedió a realizar una evaluación de riesgo. La información básica parte de la obtención de los parámetros morfométrico y las tablas de evaluación (Tabla 1, 2 y 3).

Tabla 1

Ponderación : Parámetros Morfométricos de Meteorización Química

PARAMETROS MORFOMÉTRICOS	SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCA CAPLINA	SUBCUENCAS											
				HONDA	MAGOLLO	CAPLINA	UCHUSUMA	LOS MOLLES	CAUÑANI	HOSPICIO	ESPERITUS	ESCRITOS			
INDICES DE RECARGA	(i). Forma de la cuenca	COEFICIENTE DE COMPACTIDAD Por <i>Grainor</i> (1914)	Kc	-	1.83	3.82	2.17	2.23	2.26	2.61	2.20	2.62	1.99	2.44	
		CLASIFICACIÓN de Kc por <i>Grainor</i> (2014)	Kc	-	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada	Alargada
		Escoger menores (valor:1)	-	-	-	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
		RELACION DE ELONGACION Por <i>Schubert</i> (1955)	Re	-	0.70	0.24	0.44	0.39	0.39	0.33	0.40	0.34	0.40	0.40	0.34
		CLASIFICACIÓN N de Re por <i>Lang</i> (1985)	-	-	Alargada	Muy alargada	Alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada	Muy alargada
		Escoger mayores (valor:1)	-	-	-	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
	(ii). Relieve	CURVA HIPSOMETRICA Por <i>Strahler</i> (1952)	-	-	Ríos maduros	Ríos viejos	Ríos maduros	Río maduro	Río maduro	Río joven	Río joven	Río joven	Río maduro	Río maduro	
	Ponderar con Tabla 2 (Strahler, 1952)	-	-	-	3	2	2	2	1	1	1	2	2		
INDICES DE FLUJO	(iii). Red de drenaje	PENDIENTE MEDIA (Horton, 1945)	Sc	%	27.02	21.19	10.57	37.78	32.83	27.02	30.39	33.78	37.67	34.80	
		CLASIFICACIÓN de Sc por Ortíz (2004)	-	-	Fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	Medianamente accidentado	Muy fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	Muy fuertemente accidentado	Fuertemente accidentado	
		Ponderar con Tabla 3 (Ortiz, 2004)			3	3	5	2	3	3	3	3	2	2	
		DENSIDAD DE DRENAJE (Camino et al., 2018)	$\frac{D}{A}$	Km/Km ²	0.72	0.56	0.61	0.45	0.58	0.42	0.60	0.54	0.56	0.46	
		CLASIFICACIÓN N de $\frac{D}{A}$ por Delgado y Páez (2008)			Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
	Escoger menores (valor:1)			-	2	2	3	2	3	2	2	2	3		
PONDERACIÓN POR SUBCUENCAS					8	11	9	8	7	8	5	8	7		

Fuente: Vera A., Verma M., Pino E., Huayna G. Chemical weathering and its interrelation with morphometry, hydrogeochemistry and hydrogeology in the Caplina river basin, Tacna, Peru. Tecnología y Ciencias del Agua. 2022;13(4):in press

4.2. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD, PELIGRO Y RIESGO

- Bocatoma Calientes y Bocatoma Challata

Según Frisancho (2015), se lograron identificar las zonas urbanas asentadas a lo largo del cauce del río Seco (Tacna) que son altamente vulnerables a los desbordes e inundaciones, así como determinar los límites de la faja marginal en el cauce del río.

En la Figura 9, se muestra una vista panorámica baños termales de calientes, ubicados en Pachía. Esta zona ha sido afectada en varias oportunidades por desbordes e inundación del río Caplina en la bocatoma del mismo nombre que se encuentra ubicada a 300 m aguas arriba. Según Mayta y Mamani (2018), en varios tramos del río Caplina entre la bocatoma Calientes y su desembocadura en el océano Pacífico, la franja marginal ha sido invadida por asentamientos humanos y terrenos agrícolas.

Figura 9

Baños termales de Calientes (Pachía)



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 2, se muestra los estratos, descripción y el valor de las zonas de peligro y en la Tabla 3, la vulnerabilidad ambiental y ecológica.

Tabla 2

Estrato, descripción y valor de las zonas de peligro

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75% ^o
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico	4 De 76% a 100%

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 3

Vulnerabilidad ambiental y ecológica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura al promedio normales	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal	Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación	Nivel de contaminación no apto
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.	Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación

Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 10

Alteraciones geomorfológicas en el cauce



Fuente: elaboración propia

Interpretación

Se aprecia en la Figura 10, las alteraciones geomorfológicas en el cauce: (a) frecuencia alteraciones en los procesos geomorfológicos longitudinales, (b) las llanuras de inundación son alterado por infraestructuras, (c) alteraciones hidrológicas, (d) alteraciones geomorfológicas

Los sistemas fluviales cuentan con infraestructuras transversales al cauce (puente), que rompen la continuidad del mismo, alterando su dinámica longitudinal y con ello la topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales, los procesos geomorfológicos locales, los patrones de colonización vegetal. Asimismo, al modificarse el caudal cambia la potencia y competencia de la corriente y con ello se modifican los procesos de erosión, transporte y sedimentación, adaptándose a la nueva situación la morfología y las dimensiones tanto del cauce como de las riberas.

Se genera la acumulación excesiva de materiales sedimentarios debido a los obstáculos como los puentes artificiales, de la misma manera que los sedimentos transportados o los especímenes vivos que se pueden eliminar y movilizar durante una inundación, pueden contribuir a tapar puentes, aumentando la peligrosidad de los procesos, tal como se muestra en la Figura 10(a).

Al modificarse el caudal, cambia la potencia y competencia de la corriente y con ello se modifican los procesos de erosión, transporte y sedimentación, adaptándose a la nueva situación la morfología y las dimensiones tanto del cauce como de las riberas. Como se ha dicho al eliminar o modificar puentes y bajíos que cambiarán la forma del río, causando cambios en los accidentes geográficos, reduciendo así el cauce y las condiciones de riesgo. El puente original, el problema de la retención de sedimentos, debe ser reemplazado por otros puentes con mayor altura y mayor luz sobre el cauce. Estos vados deben

eliminarse tanto como sea posible, lo que limita las emisiones del río Caplina, independientemente de su estado y sus esfuerzos de inversión, y deben reemplazarse por puentes para lograr las máximas emisiones, se muestra en la Figura 10(b).

Cabe resaltar, que recientemente se están reconsiderando estas ideas tradicionales, debido al carácter insostenible de muchas protecciones de margen, a los problemas de incisión que provocan, a sus importantes costos económicos y, por fin, a que se comienza a atender a los ingenieros que demuestran el papel positivo de la erosión de márgenes en la dinámica del sistema, en los ecosistemas, en el aporte de sedimentos y, en suma, en la auto restauración de los cauces.

En la Figura 10(c), el cauce sufrió una transformación repentina y completa del sistema y el paisaje, la ruptura de la continuidad del río, la retención de sedimentos, los cambios en las condiciones hidráulicas, las condiciones térmicas y la calidad del agua, el ajuste de las acciones antrópicas y los cambios en los hábitats, lo que afecta el ecosistema. Animales acuáticos y ribereños y vegetación.

Se han realizado intentos para gestionar este cambio instalando durmientes que eviten más cortes, agregando artefactos de lecho al muro de concreto que protege el paso aguas arriba, como un método artificial. Al igual que con la necesidad de eliminar vertederos obsoletos, debemos proceder a reemplazar los puentes de pequeño tramo por puentes que no produzcan efectos de represas, se muestra en la Figura 10(d).

Tabla 4*Vulnerabilidad física*

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva(de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas (*)	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 5

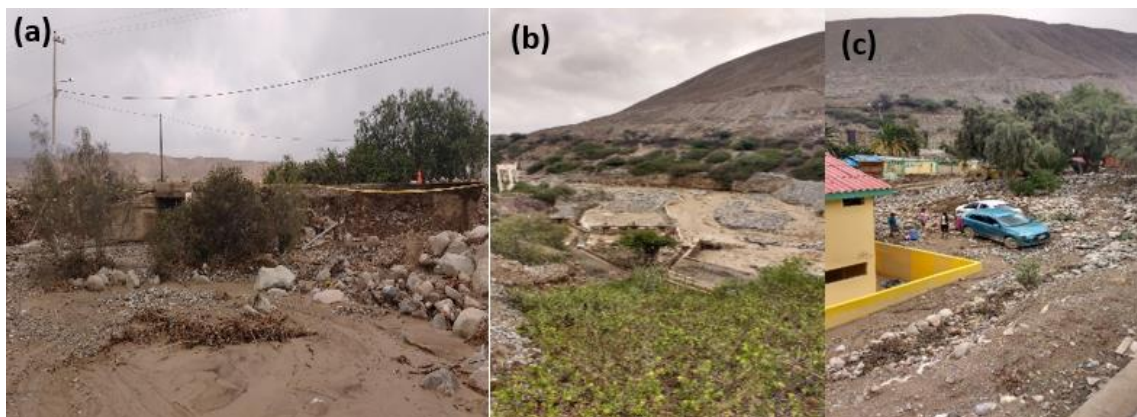
Vulnerabilidad económica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB < 25 %	VM 26 a 50 %	VA 51 a 75 %	VMA 76 a 100 %
Actividad Económica	Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local.	Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo.	Sin productividad y nula distribución de recursos.
Acceso al mercado laboral	Oferta laboral > Demanda	Oferta laboral = Demanda	Oferta laboral < Demanda	No hay Oferta Laboral.
Nivel de ingresos	Alto nivel de ingresos	Suficientes nivel de ingresos	Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.
Situación de pobreza o Desarrollo Humano	Población sin pobreza	Población con menor porcentaje pobreza	Población con pobreza mediana	Población con pobreza total o extrema

Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 11

Conformación de alteraciones geomorfológicas



Fuente: elaboración propia

Interpretación

Se observa en la Figura 11, la conformación de las diferentes alteraciones geomorfológicas, (a) Por actuaciones directas sobre el fondo del lecho y la dinámica longitudinal, (b) Por actuaciones directas sobre el fondo del lecho y la dinámica longitudinal Bocatoma Calientes, (c) Actuaciones en los baños de Calientes, aguas debajo de la bocatoma del mismo nombre.

Los puentes y vados generan consecuencias en la dinámica fluvial similares, aunque menos marcadas. De la misma manera, se muestra en la Figura 11(a) que los depósitos arrastrados o las muestras vivas se pueden retirar y mover durante el flujo máximo, puede causar bloqueos en los puentes o daños materiales, lo que puede provocar riesgos en el proceso.

Por otra parte, cuanto más pequeños sean los vanos de un puente más alteraciones geomorfológicas se van a originar: remanso aguas arriba, incisión bajo los arcos y aguas abajo de los mismos, sedimentación aguas abajo de cada pilar. Mas aún está bocatoma de captación, una estructura hidráulica diseñada para extraer parte del agua disponible del río Caplina y un canal de concreto para la agricultura. Aguas arriba, se presentan problemas de inundación por acciones antrópicas, se muestra en la Figura 11(b), por otro la caída de piedras, lodo y agua generada en la entrada del río Caplina es consistente con causas naturales y por el talud tras un deslizamiento. La ladera frente a los baños termales de Calientes afecta el área turística. Uno de los mayores desafíos de la restauración de ríos es mejorar la operación dinámica de esta infraestructura, aguas abajo tanto como sea posible.

También se tiene canalizaciones y defensas de margen que permiten estabilizar el cauce para poder utilizar sus orillas, además de estas actuaciones predestinadas a tal fin, edificios, vías de comunicación, acequias y otras infraestructuras adosadas a las márgenes impiden también esta dinámica. En ocasiones, también puede haber elementos no naturales menores, como

escombros, o intervenciones que modifican la morfología original de la orilla, alterándose también con ello los procesos geomorfológicos laterales.

Tabla 6

Vulnerabilidad social

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Nivel de Organización	Población totalmente organizada.	Población organizada	Población escasamente organizada	Población no organizada.
Participación de la población en los trabajos comunales	Participación total	Participación de la mayoría.	Mínima Participación	Nula participación
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	Fuerte relación	medianamente relacionados	Débil relación	No existe
Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.	Integración total.	Integración parcial	Baja integración	No existe integración

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 7

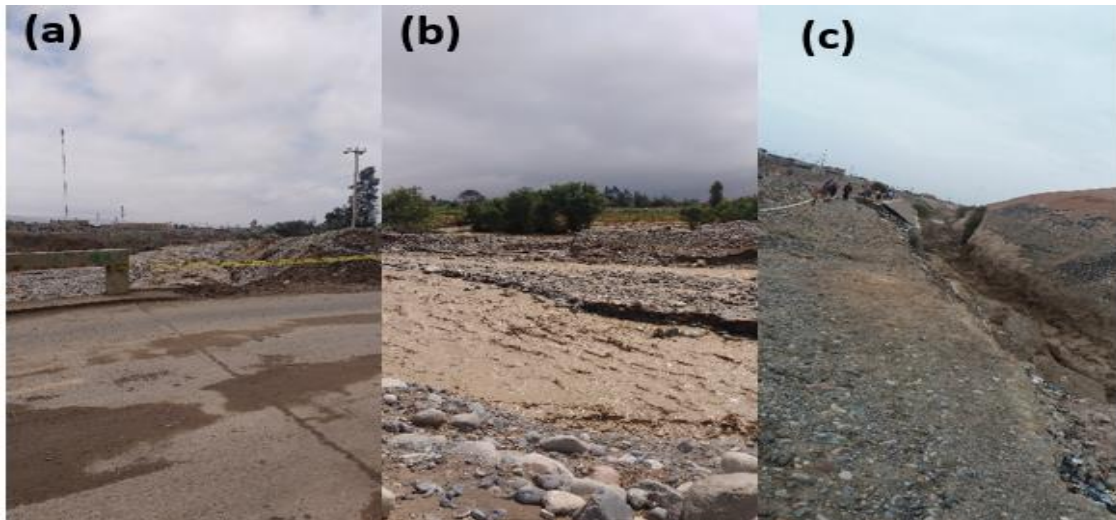
Vulnerabilidad educativa

VARIABLES	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	La totalidad de la población esta capacitada y preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra capacitada y preparada.	la población esta escasamente capacitada y preparada.	no esta capacitada ni preparada la totalidad de la población
Campañas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa difusión	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	Cobertura total	Cobertura mayoritaria	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo	Cobertura desfocalizada

Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 12

Alteraciones geomorfológicas en cauces



Fuente: elaboración propia

Interpretación

Se observa en la Figura 12 , la conformación de las diferentes alteraciones geomorfológicas en cauces: a) alteraciones geomorfológicas longitudinal puente, (b) alteración en los caudales flujos sedimentarios, (c) Alteración defensas ribereñas.

De esta forma, habría que catalogar y eliminar o reformar puentes y vados que alteren la morfología fluvial, originando además situaciones de riesgo. Los puentes problemáticos deberían ser sustituidos por otros de mayor altura sobre el cauce y mayor amplitud de vanos, se muestra en la Figura 12(a). Los vados deberían ser eliminados en la medida de lo posible, independientemente de su estado y de son de obra o precarios. Más aún haber obstáculos locales en el propio cauce que originan dificultades en la movilización del flujo sedimentario, se muestra en la Figura 12(b).

La retención de sedimentos en los embalses presenta consecuencias negativas aguas abajo, tanto en el propio sistema fluvial. También las defensas ribereñas de margen también consisten los procesos y formas de los cauces. Se

emplea obras de muros de contención o como refuerzo de diques en los tramos en que éstos se aproximan a la margen, se muestra en la Figura 12(c). Este planteamiento, es un sistema resistente y fácilmente adaptable a la topografía de la orilla.

Sin embargo, la actual profusión de escolleras en nuestros cauces está uniformando los paisajes fluviales, ofreciendo una imagen artificial a la que, por frecuente, nos estamos tristemente acostumbrando. Claramente se aprecia que los muros de contención han fallado y con acierto los excesos de intervención en nuestros cauces del río Caplina, la irreversibilidad de los sistemas adoptados.

Tabla 8

Vulnerabilidad cultural e ideológica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsoras	Actitud parcialmente previsoras	Actitud escasamente previsoras	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 9

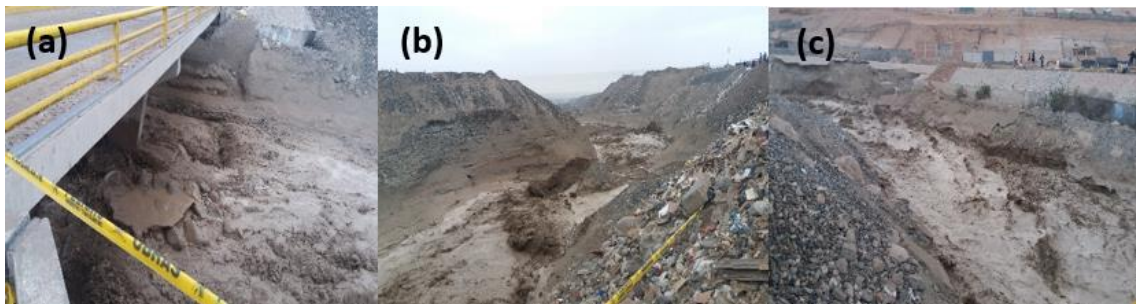
Vulnerabilidad política e institucional

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial	Escasa autonomía	No existe autonomía
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	Aceptación y respaldo parcial.	Aceptación y respaldo Minoritario.	No hay aceptación ni respaldo
Participación ciudadana	Participación total	Participación mayoritaria	Participación minoritaria	No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinaciones esporádicas	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

Fuente: CENEPRED (2016)

Figura 13

Modificación geomorfológica del cauce del río Caplina



Fuente: elaboración propia

Interpretación

Se observa en la Figura 13 , la modificación o alteración geomorfológica del cauce del río Caplina, (a) Por actuaciones directas sobre el fondo del lecho y la dinámica longitudinal, (b) Alteración por extracción de materiales no metálicos dentro del cauce del río Caplina, (c) Se puede minimizar los efectos geomorfológicos e hidrológicos.

Ejecutar mantenimiento donde haya alguna acumulación excesiva de materiales sedimentarios a causa de algún obstáculo artificial (puentes, vados), se muestra en la Figura 13(a). Incluso en esos casos hay que tratar de cumplir el principio de nunca dragar más de lo que el río pueda reponer. Es decir, hay que contar con que el mantenimiento del cauce debe ser siempre medida temporal, sin más pretensiones, y debe ser ejecutado con muchísimo cuidado, tratando de mantener morfología del cauce, se muestra en la Figura 17(b).

Mas aún Ley N° 28221, regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades, entre las actuaciones directas sobre el fondo del lecho, las de consecuencias geomorfológicas más graves extracciones de material no metálicos, las limpiezas del cauce por parte de la municipalidad que los acompañan en ocasiones y las extracciones de áridos. Además, si se proyecta una defensa, hacerlo con estudio de impacto ambiental previo y sin minimizar todo lo posible sus efectos geomorfológicos e hidrológicos, Figura 17(c).

Tabla 10

Vulnerabilidad científica y tecnológica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales	No existen estudios de ningún tipo de los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Conocimiento total de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones	La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 11*Estrato, descripción y valor de la vulnerabilidad*

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION /CARACTERISTICAS	VALOR
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnera Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Fuente: CENEPRED (2016)

Interpretación

Teniendo en cuenta los peligros del núcleo poblacional y realizando un análisis de vulnerabilidad, se debe realizar una valoración conjunta para calcular el riesgo, es decir, la posibilidad de pérdida y destrucción por la ocurrencia del fenómeno de origen o el fenómeno tecnológico. Este estándar solo se menciona porque no es práctico para calcular el riesgo.

Para ello, se debe determinar previamente el nivel de probabilidad y el análisis de vulnerabilidad de los riesgos identificados. En la intersección de estos dos valores, se puede estimar el nivel de riesgo esperado, de la forma $R=P \times V$.

Tabla 12

Matriz de peligro y vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

- LEYENDA:**
- Riesgo Bajo (< de 25%)
 - Riesgo Medio (26% al 50%)
 - Riesgo Alto (51% al 75%)
 - Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Fuente: CENEPRED (2016)

Tabla 13*Evaluación de vulnerabilidad de zona 1 “Bocatoma Calientes”*

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Sub total
	VB < 25%	VM 26 a 50%	VA 51 a 75%	VMA 76 a 100%	
Ambiental y ecológica			58,33		58,33
Física					93,75
Económica					87,50
Social					87,50
Educativa					93,75
Cultural e ideológica					91,67
Política e institucional					93,75
Científica y técnica					93,75
Total					700,00
Promedio					87,50

Vulnerabilidad muy alta

Fuente: base de datos

Interpretación

En base a los parámetros anteriores, podemos calcular el nivel de vulnerabilidad según los diferentes tipos de descriptores, ambiental y ecológica, física, económica, social, educativa, cultural e ideológica, política e institucional, científica y técnica. De esta forma, se obtiene para la Bocatoma Calientes un valor ponderado de 87,50 %, lo que indica un nivel de vulnerabilidad muy alta (Tabla 13).

Tabla 14*Evaluación de la vulnerabilidad zona 2 “Quebrada Caramolle”*

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Sub total
	VB < 25%	VM 26 a 50%	VA 51 a 75%	VMA 76 a 100%	
Ambiental y ecológica				91,67	91,67
Física				87,50	87,50
Económica				87,50	87,50
Social				87,50	87,50
Educativa				93,75	93,75
Cultural e ideológica				91,67	91,67
Política e institucional				93,75	93,75
Científica y técnica				93,75	93,75
Total					727,08
Promedio					90,89

Vulnerabilidad muy alta

Fuente: base de datos

Interpretación

La segunda zona de importancia por su vulnerabilidad es la quebrada Caramolle, afectando las Asoc. La Unión, Asoc. Nueva Barranquilla, Asoc. 28 de agosto, Asoc. Alto Berlin, Asoc. 2 de febrero, AH. Ampliación Nueva Cuidad y Asoc. Pequeños industriales. En este sentido se realizó la evaluación de riesgo, obteniéndose un valor de 90.89%, lo que indica un nivel de vulnerabilidad muy alta (Tabla 14).

Tabla 15*Evaluación de la vulnerabilidad zona 3 “Quebrada El Diablo”*

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Sub total
	VB < 25%	VM 26 a 50%	VA 51 a 75%	VMA 76 a 100%	
Ambiental y ecológica			66,67		66,67
Física			75,00		75,00
Económica				93,75	93,75
Social				87,50	87,50
Educativa				93,75	93,75
Cultural e ideológica				91,67	91,67
Política e institucional				93,75	93,75
Científica y técnica				93,75	93,75
Total					695,83
Promedio					86,98

Vulnerabilidad muy alta

Fuente: base de datos

Figura 14

Quebrada El Diablo (Sector Florida): efectos del huayco en 2020



Fuente: elaboración propia

Interpretación

La tercera zona vulnerable es la quebrada El Diablo, afecta a las Asociaciones La florida, Virgen de Asunta y Ramón Copaja (Figura 14). En este sentido, realizamos la evaluación de riesgo mostrada en la Tabla 15.

Figura 15

Eventos extremos: daños por desbordes y colapso de estructuras



Interpretación

Uno de los eventos naturales en 2019, fue el colapso del cauce del río Caplina que originó el desborde de las aguas que discurren debajo de la avenida Bolognesi. Este fenómeno afectó, las calles aledañas durante la mañana, y tuvo

que intervenir el personal de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) (Figura 15).

Del mismo modo se activó la quebrada Seca Puquio con un caudal de agua de unos 10,0 m³/s, las cuales cubrieron y dañaron toda la infraestructura de bocatomas que suministraban tres sectores, Santa Ana, Koviri y La Banda. Mas aun, los puntos críticos la quebrada El Diablo, afectando pobladores de la zona del sector La Florida, El Mirador y San Pedro, afectados por el huaico del 21 de febrero 2020, que dejó como saldo tres personas fallecidas y cuantiosos daños materiales. También el último evento de 2020, activó la quebrada de El Diablo, sus descargas crecieron súbitamente. Existen estudios de INDECI, de Gestión de Riesgos de Desastres y de CENEPRED, que reportan que éstas zonas son de alto riesgo.

– Río Seco

Tabla 16

Evaluación de vulnerabilidad de zona 01 “Sector Río Seco”

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Sub total
	VB < 25%	VM 26 a 50%	VA 51 a 75%	VMA 76 a 100%	
Ambiental y ecológica				91,67	100,00
Física				93,75	93,75
Económica				100,00	100,00
Social				87,50	87,50
Educativa				93,75	93,75
Cultural e ideológica				91,67	91,67
Política e institucional				93,75	93,75
Científica y técnica				93,75	93,75
Total					754,17
Promedio					94,27

Vulnerabilidad muy alta

Fuente: base de datos

Figura 16

Puente sobre el Río Seco con acumulación de material



Fuente: elaboración propia

Interpretación

La cuarta zona vulnerable es el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, siendo afectadas las asociaciones Sauces, Morro 1, Conjunto habitacional Alfonso Ugarte Etapa II, para las que se realizó la evaluación de riesgo (Tabla y Figura 16). En este caso se obtuvo un nivel de vulnerabilidad de 94,27 %, que representa un nivel muy alto.

– Sector Viñani

Tabla 17

Evaluación de la vulnerabilidad zona 1 “Quebrada Viñani”

Tipo	Nivel de vulnerabilidad				Sub total
	VB < 25%	VM 26 a 50%	VA 51 a 75%	VMA 76 a 100%	
Ambiental y ecológica				91,67	100,00
Física				93,75	93,75
Económica				87,50	87,50
Social				87,50	87,50
Educativa				93,75	93,75
Cultural e ideológica				91,67	91,67
Política e institucional				93,75	93,75
Científica y técnica				93,75	93,75
Total					733,33
Promedio					91,67

Vulnerabilidad muy alta

Fuente: base de datos

Figura 17

Imágenes de la Quebrada Viñani



Fuente: elaboración propia

Interpretación

La quinta zona vulnerable es el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa (Viñani), ya que afecta las invasiones informales destinadas a la crianza de cerdos. Se realizó la evaluación de riesgo de este sector, que se presenta en la Tabla y Figura 17. Los resultados del cálculo de vulnerabilidad, evidencian un porcentaje de 91,67 %, catalogado con un valor muy alto de vulnerabilidad.

4.3. INTERVENCIONES ANTRÓPICAS Y PUNTOS DE EVALUACIÓN

Al realizar la verificación en el campo, se verificó la presencia de maquinaria pasada y equipos de construcción (mezcladora de concreto) dentro del cauce del río Caplina, se evidencio la construcción de un muro de contención asociado a la Bocatoma Challata (Figura 18).

Figura 18

Muro de contención, modificaciones en cauce, presencia de maquinaria



Fuente: elaboración propia

Se ha evaluado 13 puntos críticos de riesgo en la ciudad de Tacna:

1. Bocatoma Challata

Se verificaron que había zaranda debajo de los cuales se encontraba material preparado, la evaluación de nivel de vulnerabilidad arrojó 87.24%, denotando un nivel muy alto.

2. Bocatoma Calientes

Se verificó que habían zaranda debajo de los cuales se encontraba material preparado, en el lugar de los hechos se procedió a tomar el punto de referencia la siguiente coordenada UTM – WGS 84: 381100E-8025501N, 381122E-8025505N , 381118E-8025513N que se verificó en campo que se estaba extrayendo material de construcción en el cauce del río Caplina, bocatoma Calientes, que estaba extrayendo material de construcción sin contar con la debida autorización correspondiente. La evaluación de nivel de vulnerabilidad arrojó 86,72 %, que corresponde a un nivel muy alto.

Figura 19

Zarandas en el cauce del río Caplina



Fuente: elaboración propia

3. Puente Peligro

El puente El Peligro, es una estructura sobre la carretera Tacna a Calana, que es utilizada por los agricultores de la zona y fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 83,85 %.

Figura 20

Puente El Peligro: estrechamiento de estructura ante sección de cauce



Fuente: elaboración propia

4. Sector Puente

El sector puente, es una estructura que es utilizada por los agricultores de la zona y fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 84,90 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

5. Puente 1 en la defensa de Calana

El puente en la defensa de Calana, es una estructura que es utilizada por los agricultores de la zona y fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 85,94 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

Figura 21

Puente 1 en la defensa de Calana



Fuente: elaboración propia

6. Puente 2 en la defensa de Calana

Se verificó la existencia de un puente en el cauce del río Caplina, pequeño siendo una alteración y obstrucción para sedimentos de caudal sólido del río Caplina.

También y fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 86,98 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta. Se observa un puente afectado por la socavación y la contaminación por residuos sólidos sobre el río Caplina.

Figura 22

Puente 2 en la defensa de Calana



Fuente: elaboración propia

7. Puente Peschay

Se verificó la existencia de un puente sobre el cauce del río Caplina en el sector Peschay, se verificó un puente pequeño siendo una alteración y obstrucción para sedimentos de caudal sólido. También y fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 88,02 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

Figura 23

Puente Peschay afectado por socavación



Fuente: elaboración propia

8. Puente cuartel Tarapacá

Se verificó la existencia de un puente sobre el cauce del río Caplina en el sector cuartel Tarapacá, se verificó un puente pequeño con obstrucción a los sedimentos de caudal sólido. Fue evaluado en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 86,98 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

9. Sector cuartel Tarapacá

En el sector cuartel Tarapacá, las condiciones del cauce, fueron evaluadas en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 90,89 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

Figura 24

Sector Cuartel Tarapacá



Fuente: elaboración propia

10. Puente artesanal

Sobre el cauce del río seco, se ha construido un puente artesanal y fue evaluado en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 91,67 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

Figura 25

Puente artesanal sobre el Río Seco



Fuente: elaboración propia

11. Muros de contención colapsados sobre el río seco

Como defensas en el cauce del Río Seco, se ha construido un conjunto de muros que colapsaron con un caudal inferior al de diseño y fue evaluado en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 90,89 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

Figura 26

Muros colapsados y reemplazados por gaviones



Fuente: elaboración propia

12. Puente Sector Río Seco

Como estructura de cruce en el cauce del río seco, se ha construido un puente para servicio peatonal y vehicular, el cual se encuentra altamente socavado y fue evaluado en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 91,67 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

13. Quebrada Viñani

La quebrada Viñani es susceptible de desbordes e inundaciones, fue evaluada en cuanto a su vulnerabilidad, siendo el valor resultante de 90,66 %, correspondiente a una vulnerabilidad muy alta.

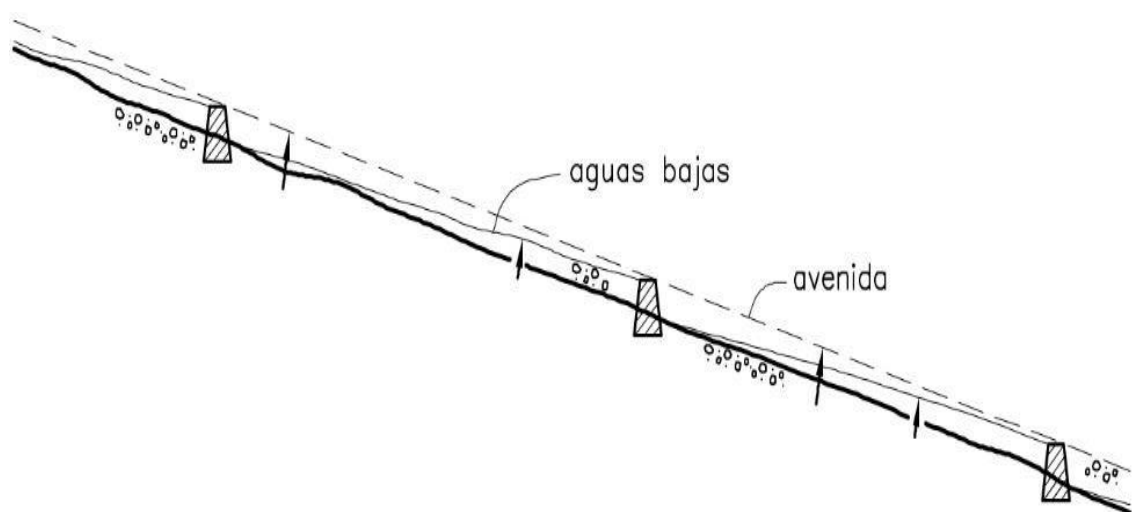
4.1. Alternativas de solución propuestas

4.1.1. Lineamientos generales

La solución sugerida para analizar el riesgo, es que en las zonas rurales existen materiales sueltos que arrastra el río Caplina, lo que se suele llamar traviesas, es un dique, de materiales propio o concreto. La solución económica es usar materiales sueltos, locales. Si hay algún problema con los materiales propios, se recomienda construir el dique de concreto.

Figura 27

Travesía con diques y material propio



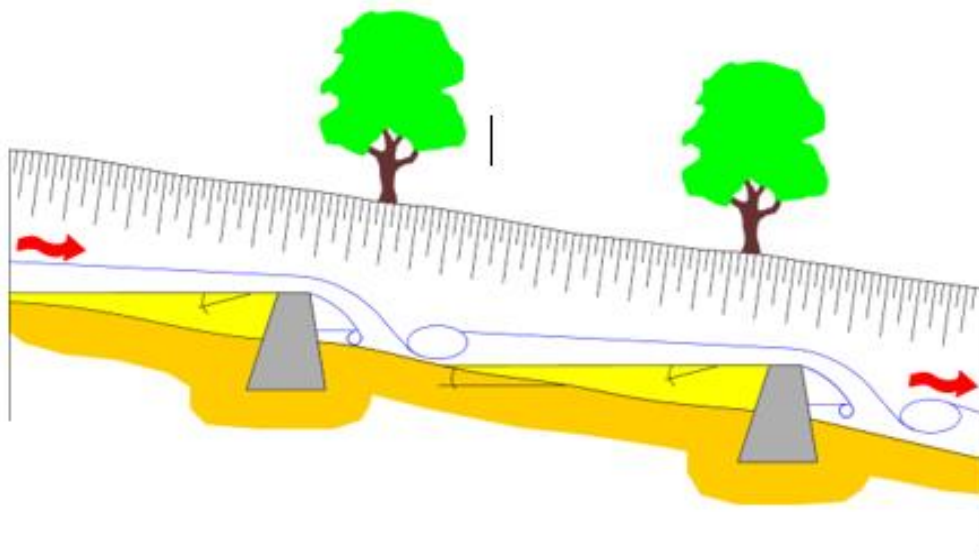
Fuente: elaboración propia

4.1.2. Traviesa con material de concreto

Las partículas tienen forma de ingeniería geotécnica o similar al hormigón, que son tanto pequeñas como largas presas. Durante la operación, a diferencia de una presa real, solo puede contener agua corriente durante horas o días, y el nivel del agua subirá y bajará con relativa rapidez. Se debe evaluar un dique o un dique homogéneo en función de su funcionamiento.

Figura 28

Propuesta de traviesa con material de concreto



Fuente: elaboración propia

Estas condiciones determinan talud con pendiente suave (3 (H): 1 (V); 4: 1) y por lo tanto una base más ancha. Otra característica especial es que los tramos a veces crecen demasiado, lo que se puede tener en cuenta desde el principio para su dimensionamiento. Sin embargo, este es el menos común, porque las manchas vuelven a crecer, lo que hace que se cuelguen.

La parte superior del lugar debe ser lo suficientemente ancha para permitir que los vehículos circulen para realizar trabajos de mantenimiento. Las rampas y plazoleta de subida y bajada también deben diseñarse para cambiar la dirección de desplazamiento. Para evitar que las inundaciones erosionen el material, la cubierta manchada puede ser inerte (rompeolas, gaviones, concreto, cemento-suelo) o hierba, pero no puede cubrir una vegetación más grande debido al peligro de las raíces.

Por su impacto económico y ambiental, uno de los temas más importantes es la fuente de carga a material suelto (préstamo). Hay algunos proyectos fluviales, como la cantidad de excavación del lecho del río, cuyo único propósito es proporcionar materiales para el proyecto. En el caso de ríos pequeños y medianos, lo mejor es sacar materiales del río y de casi todos los lugares de la zona inundada. Si es valioso, se pueden realizar cortes alternativos, abolladuras o protección de bordes en ambos lados y luego volver a renaturalización.

Figura 29

Cajamarca: traviesas de concreto longitudinal y transversal



Fuente: elaboración propia

Si el material suelto es de buena calidad, puede compactarse como en obra civil, o compactarse ligeramente, pero cuando se trata de dragado, también puede simplemente verterse o colocarse húmedo. El dragado del río principal puede ser parte del proyecto, y luego este material se puede utilizar en otros ríos (Figura 29).

Existen algunas propuestas de reubicar a la población expuesta, restaurar la amplitud de los pasos naturales de ríos y arroyos y dotarlos de planes de remediación territorial, urbana y rural. Evaluar la necesidad de orientar cauces fluviales en áreas urbanas a través de medidas de defensa fluvial diseñadas para carreteras principales. La obra de ingeniería del proyecto respeta las condiciones naturales del río, aunque signifique un mayor costo inicial, también debe considerar el impacto hidráulico: las mayores crecidas, socavación y cauces irregulares.

Promover la participación de organismos especializados en la mitigación y reconstrucción de emergencias, estos organismos deben estar liderados por técnicos expertos con experiencia en la materia. La ley estipula claramente las responsabilidades penales de las autoridades locales, responsabilidades que autorizan, promueven o nombran violaciones de cauces o barrancos naturales bajos. Ampliar el programa de vivienda vulnerable del Ministerio de Vivienda, para incluir la reconstrucción de viviendas afectadas por lluvias e inundaciones en lugares apropiados.

4.2. Prueba de hipótesis

a. Hipótesis general

- Planteamiento de hipótesis

H₀: No existe relación entre las alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina y el riesgo de inundaciones en trayectoria.

H_i: Si existe relación entre las alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina y el riesgo de inundaciones en trayectoria.

- Nivel de significancia para todas las pruebas: $\alpha = 0,05$

- Prueba de distribución normal de las muestras

Tabla 18

Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Riesgo	,239	7	0,200*	0,862	7	0,157
Alteraciones	,286	7	0,086	0,864	7	0,164

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como se puede apreciar ambas muestras muestran p valor > 0.05 con la prueba Shapiro – wilk, por tanto, tienen distribución normal (Tabla 18).

- Aplicación de la prueba de hipótesis estadística

Siendo variables de naturaleza numéricas continuas con distribución normal, se utilizó el coeficiente de correlación Pearson.

		Riesgo	Alteraciones
Riesgo	Correlación de Pearson	1	0,956**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	7	7
Alteraciones	Correlación de Pearson	0,956**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	7	7

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

- Decisión e interpretación

A nivel de significancia de $0.01 < p \text{ valor} = 0,001$, en consecuencia, rechazamos la H_0 y aceptamos H_i . Por tanto, queda comprobado que si existe relación entre las alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas de la cuenca del río Caplina y el riesgo de inundaciones en su trayectoria.

También se registran alteraciones geomorfológicas por las acciones antrópicas ejercen un nivel de influencia muy significativo (95,6 %) en el riesgo el riesgo de inundaciones en trayectoria.

– Comprobación de hipótesis específicas

Hipótesis Específica “a”:

H₀: No existen alteraciones geomorfológicas en los diferentes puntos identificados de la cuenca del río Caplina ($r = 5 \text{ km}^2$)

H_i: Existen alteraciones geomorfológicas en los diferentes puntos identificados de la cuenca del río Caplina ($r > 5 \text{ km}^2$)

– Prueba estadística

Tabla 19

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 5						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Alteraciones	-2,917	6	0,027	-2,08500	-3,8341	-0,3359

Fuente: base de datos

– Decisión e interpretación

A un nivel de significancia de 0,05 obtenemos un p valor = $0,027 < 0,05$, por tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Concluimos que, existen alteraciones geomorfológicas significativas en los diferentes puntos identificados de la cuenca del río Caplina, que están por encima de un promedio de 5 km^2 .

Hipótesis específica “b”:

H₀: No existe alto riesgo de inundaciones de las poblaciones aledañas a la ribera del río ($r \leq 50\%$).

H_i: Existe alto riesgo de inundaciones de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina ($r > 50\%$).

Tabla 20

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 50						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Alteraciones	6,170	6	0,001	24,22857	14,6206	33,8365

Fuente: base de datos

– Decisión e interpretación

A un nivel de significancia de 0.05 obtenemos un p valor = 0,001 < 0,05, por tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Así mismo advertimos que el promedio del riesgo de todos los puntos identificados es de 74,22, que, conforme a los resultados reportados, se encuentra entre la escala de 51 % al 75 % que significa alto riesgo.

En tal sentido, se concluye que existe alto riesgo de inundaciones de las poblaciones aledañas a la ribera del río Caplina.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

El cambio climático es un factor que aumenta el riesgo de huayco de la quebrada del Diablo, lo que hace que el nivel de riesgo sea muy alto. Analizando su evaluación de la vulnerabilidad física han considerado el 100%, no han considerado leyes existentes como la 28221 (derecho por extracción de materiales que acarrear y depositan las aguas en los álveos o cauces de los ríos), con leyes sin cumplimiento, con respecto características geológicas, tiene calidad y tipo de suelo, son suelos fracturados, suelos con baja capacidad portante, los materiales de construcción utilizados en viviendas, son de estructuras de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica de construcción, con un total de vulnerabilidad de 75 %.

- ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA REDUCIR LOS IMPACTOS ADVERSOS, A LA CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE ANTE AMENAZAS NATURALES EN EL DISTRITO DE PACHÍA – 2020.

La municipalidad del distrito de Pachía desarrolla buenas prácticas para mitigar los efectos adversos en la zona de captación del sistema de agua potable ante desastres naturales.

A las autoridades, desarrollar medidas de mitigación de los efectos adversos de las amenazas identificadas (cuencas hidrográficas, inundaciones y deslizamientos de tierra) en los sistemas de agua potable para corregir las debilidades y, de igual forma, proponer medidas de emergencia para brindar respuestas adecuadas cuando ocurran impactos. Estas amenazas existen

- “MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO CAPLINA- PUENTE HOSPICIO RUTA TA-644, CON FINES DE PREVENCIÓN DE LAS INUNDACIONES DEL DISTRITO LA YARADA LOS PALOS, TACNA”

Definición de Cuenca, utilizando el software ArcGis, la cuenca de Caplina tiene una superficie de 4300 km² y la pendiente media del cauce principal 1,28 %, la longitud de la red de suministro de agua es de 73,947 kilómetros y tiempo concentración 1,47 horas.

Esta información básica permite proyectar los elementos requeridos para el modelamiento hidráulico, es necesario desarrollar un modelo en el cauce del río Caplina, que incluya las estructuras identificadas como críticas donde la evaluación de vulnerabilidad resulto en nivel muy alto. De esta manera, debemos precisar las acciones ingenieriles a tener en cuenta para la protección adecuada de la población y las actividades económicas.

CONCLUSIONES

1. Los fenómenos naturales son difíciles de controlar y predecir, pero la gestión de riesgos basada en la determinación de alteraciones y características geomorfológicas, permite prevenir y reducir los riesgos de inundación por desborde del río Caplina. Las alteraciones y características geomorfológicas son de orden antrópico, específicamente la construcción de puentes sub dimensionados, alineamiento inadecuado de los puentes, muros de contención que invaden la franja marginal, extracción de minerales no metálicos, entre otros.
2. Frente a desastres naturales provocados por inundación, la vulnerabilidad se puede reducir porque sus habitantes son conscientes de los riesgos que corren y tienden a implementar planes de emergencia para prevenir desastres. Una herramienta importante en estos tiempos es el uso de sistemas de alerta temprana basados en comunicación en tiempo real de los eventos extraordinarios que se presentan respecto a las lluvias para este caso. Se basa en el uso de técnicas de transformación precipitación escorrentía, implementadas por ejemplo en el modelo HEC-HMS como uno de los más utilizados a nivel mundial.
3. Se identificaron cinco zonas de riesgo, las cuales corresponden a la bocatoma Calientes y de Challata (Pachia), quebrada Caramolle (Cuidad Nueva), quebrada El diablo (Alto de la Alianza), sector Río Seco (Gregorio Albarracín Lanchipa) y quebrada Viñani (Viñani). El resultado del diagnóstico corresponde a un nivel de riesgo y vulnerabilidad muy alta; evidencias de esto podemos encontrar en el cambio climático; pues este es un potenciador peligroso que genera anomalías en la precipitación en la zona media y baja

de las cuencas costeras al sur del país, límite con Chile y a su vez cabecera del desierto de Atacama.

4. En la zona de estudio, ocurrieron eventos extraordinarios de precipitación como del verano de 1927, citado por Fortunato Zora Carbajal, en su libro Tacna Historia y Folklore. El reciente evento de febrero de 2020, activó las quebradas Caramolle y El Diablo, con la consecuente pérdida de vidas humanas, lo que hace que el peligro sea muy alto. Según estos eventos registrados, se evidencia que la recurrencia de éstos, define un período de retorno de 90 años.

RECOMENDACIONES

1. Identificadas las alteraciones geomorfológicas en relación a las acciones antrópicas en el cauce del río Caplina, se debe plantear un modelo de gestión de riesgo por inundación, el cual debe implementarse para salvaguardar la vida de la población, así como la preservación del patrimonio económico ante la ocurrencia de peligros naturales.
2. Una inspección ocular con las autoridades Municipalidad Distrital de Pachía, la Municipalidad Distrital de Calana, Municipalidad Distrital Gregorio Albarracín Lanchipa, Municipalidad Provincial de Tacna y Autoridad Nacional del Agua, realizar un mapa de riesgos por inundaciones en el cauce del río Caplina.
3. Auditoría a las Municipalidades Distritales y las Municipalidades Provinciales en su jurisdicción los cauces de río Caplina, las autorizaciones de extracción de materiales no metálicos, suspender las actividades de extracción a los titulares de los permisos contaminan gravemente las aguas del río (impacto ambiental) o no se realice cierre de cantera. Esta alteración antrópica no permite que el recurso hídrico no llegue agua abajo, a los cultivos de viñani.
4. La zona de extracción se ubicará siguiendo el eje central del cauce del río, sin comprometer las riberas ni obras hidráulicas existentes en ellas, se debe especificar no extraer material no metálico en las zonas de franja marginal (zona intangible).
5. La ley 28221 art°6: “se otorgan a solicitud de parte adjuntando como mínimo la siguiente información...”, es necesario solicitar como requisito un Evaluación de Impacto Ambiental (DIA) para los administrados y un cierre de cantera.

6. Suspender y sancionar por alteriacion antropica a las personas naturales y jurídicas por incumplimiento con el permiso de la extracción de materiales no metálicos en el cauce del rio Caplina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acín Naverac Ecoter, V; Territorio, ES; Díaz Bea, E; Granado García Ecoter, D; Territorio Askoa Ibisate González de Matauco, ES; Ollero Ojeda, A. (2011). *Cambios Recientes En El Cauce Y La Llanura De Inundación Del Área De Confluencia Aragón-Arga (Navarra)*. *Geographicalia* :59-60.
- Alcocer Yamanaka, VH; Rodríguez Varela, JM; Bourguett Ortiz, V; Llaguno Guilberto, OJ; Albornoz Góngora, PM.(2016). *Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas*. *Tecnología y Ciencias del Agua*, ISSN-e 2007-2422, Vol. 7, No. 5 (septiembre-octubre de 2016), 2016, págs. 33-55 7(5):33-55.
- Autoridad Nacional del Agua (2010). *Estudio de la caracterización hidrogeoquímica del acuífero Caplina*. s.l., s.e.
- Autoridad Nacional del Agua (2013). *Plan Nacional de Recursos Hídricos*.
- Aparicio , F. (1992). *Fundamentos De Hidrología De Superficie*. s.l., s.e.
- Araujo, G; Patricio, H; Murillo, V; Maquerhua, ET; Díaz, J; Christian, A; Yarleque, H. (2015). *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico*.
- Bodin, Ö; Tengö, M; Norman, A; Lundberg, J; Elmqvist, T; Lansing, S; Norberg, J. (2006). The value of small size: loss of forest patches and ecological thresholds in southern Madagascar. *Ecological Applications* 16(2):440-451. DOI: <https://doi.org/10.1890/1051-0761>.
- Bonneau, J; Burns, MJ; Fletcher, TD; Witt, R; Drysdale, RN; Costelloe, JF. (2018). The impact of urbanization on subsurface flow paths . *A paired-catchment isotopic study*. *JHyd* 561:413-426. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2018.04.022>.

- Bull, LJ (Louise J.; Kirkby, MJ. (2002). *Dryland rivers: hydrology and geomorphology of semi-arid channels*. :388.
- Cai, J; Kummu, M; Niva, V; Guillaume, JHA; Varis, O. (2017). Exposure and resilience of China's cities to floods and droughts: a double-edged sword. *International Journal of Water Resources Development* 0(0):6-7. DOI: <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1353411>.
- Castro, C. (1992). *Alteración antrópica sobre las dunas chilenas y su estado de conservación*. Bosque .
- Cenepred. (2016). *Dirección de Gestión de Procesos CENEPRED 2016*. s.l., s.e. 42. p.
- Choque, R; Mamani, D.(2020). *Modelamiento hidráulico con fines de delimitación de fajas marginales del río Caplina en los distritos de Pachia – Calana*». Universidad Privada de Tacna 0(0):134-135.
- Conesa García, C; Pérez Cutillas, P. (2014). Alteraciones geomorfológicas recientes en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica: Síntomas y problemas de incisión en los cauces. *Revista de geografía Norte Grande* (59):25-44. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000300003>.
- Díaz-Quirós, C; Rivera-Rondón, Ca. (2004). Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia* 26(2):381-394.
- Durán, V.H., Rodríguez, C.R., Cuadros, S., Francia, J.(2014). Impacto de la erosión y escorrentía en laderas de agroecosistemas de montaña mediterránea. *Ecosistemas: Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente* . DOI: <https://doi.org/10.7818/820>.
- Fidal, J; Kjeldsen, TR. (2020). Accounting for soil moisture in rainfall-runoff modelling of urban areas (en línea). *Journal of Hydrology* 0(0):6-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125122>.

- Frisancho Camero, FL. (2015). *Análisis de vulnerabilidad mediante modelamiento hidrodinámico del cauce del río seco del Cono Sur de la ciudad de Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann .
- Gaspari, FJ; Rodriguez Vagaría, A.; Delgado, M.; Senisterra, GE; Denegri, G. (2011). *Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG*. MULTEQUINA .
- Ghimire, ML. (2020). Basin characteristics, river morphology, and process in the Chure-Terai landscape. *Geographical Journal of Nepal* 13:107-142. DOI: <https://doi.org/10.3126/GJN.V13I0.28155>.
- INRENA. (1996). *Estudio Hidrogeológico de las pampas de La Yarada y Hospicio, Tacna*. s.l., s.e.
- James, LA; Marcus, WA. (2006). The human role in changing fluvial systems: Retrospect, inventory and prospect. *Geomorphology* 79(3-4):152-171. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2006.06.017>.
- Mai, DT; Smedt, F De. (2017). *A Combined Hydrological and Hydraulic Model for Flood Prediction in Vietnam Applied to the Huong River Basin as a Test Case Study*. 0(0):1. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9110879>.
- Mamani Pacompia, H. (2014). *Modelamiento de máximas avenidas que generan riesgo de inundación en la ciudad de Ayaviri - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano .
- Mayta, C; Mamani, E. (2018). Universidad Privada de Tacna (en línea). Universidad Privada de Tacna :64. Disponible en <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>.
- Moreno-Jiménez, V; Castillo-Acosta, O; Gama-Campillo, L; Zavala-Cruz, J; Ortiz-Pérez, MA. (2017). *Relación de vegetación ribereña and propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. Madera Bosques* . DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.231510>.

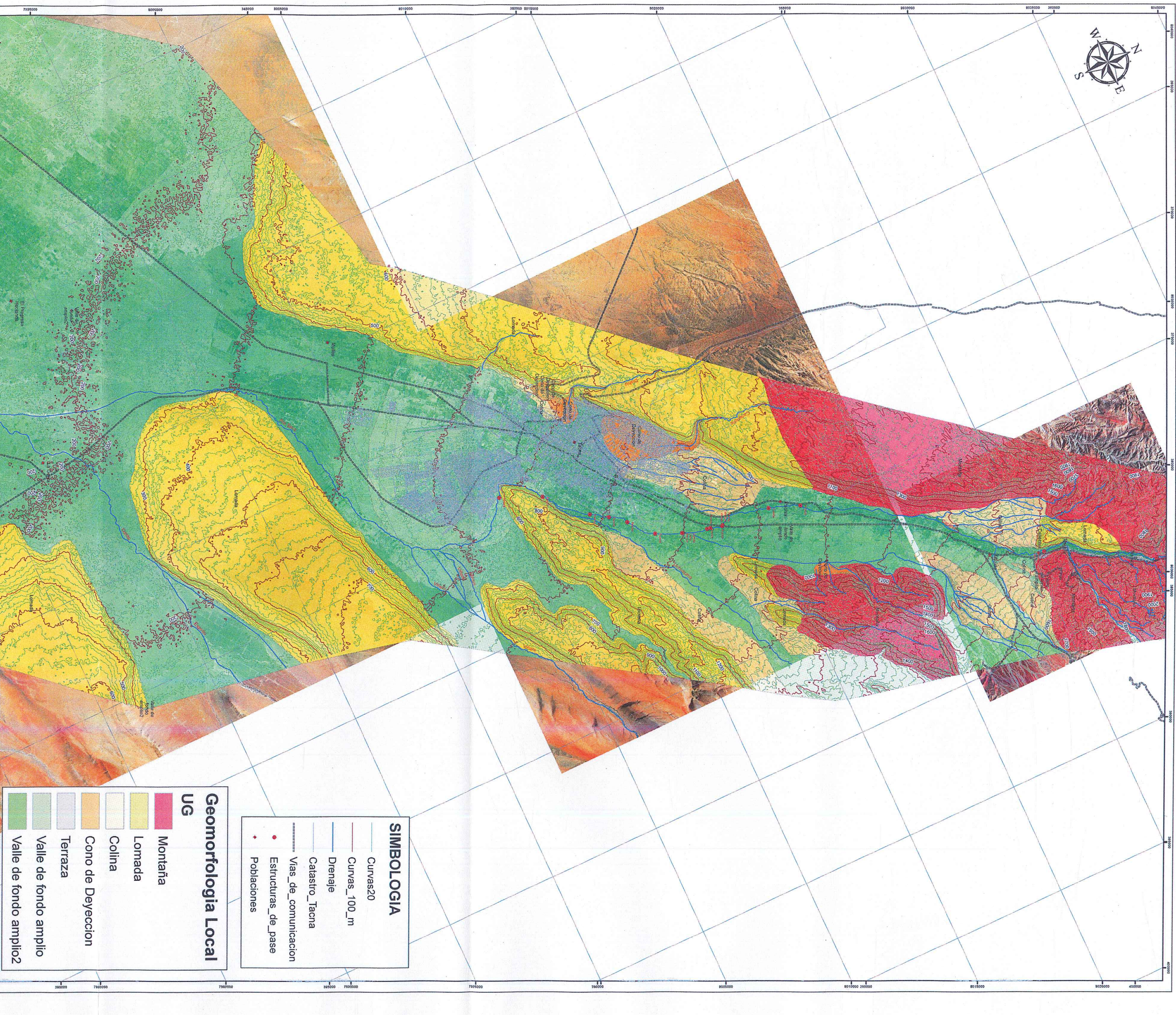
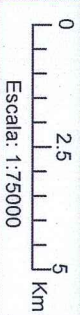
- Ogata, M; Fukumoto, M. (2015). *FluxPaper: Reinventing paper with dynamic actuation powered by magnetic flux. Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings* 2015-April:29-38. DOI: <https://doi.org/10.1145/2702123.2702516>.
- Pastrana, SF. (2011). *Valoración de Riesgo de inundación del Río Caplina-Uchusuma y Percepción del peligro de la población del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, 2010*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann 0(0):156-157. Disponible en <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1073%0Ahttp://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>.
- Peña-Monné, JL; Sampietro-Vattuone, MM. (2018). *Fluvial and aeolian dynamics of the Santa María River in the Cafayate depression (Salta Province, NW Argentina)*. <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1511484> 14(2):567-575. DOI: <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1511484>.
- Peña Laureano, F; Cotrina Chávez, GJ; Acosta Pereira, H. (2009). *Hidrogeología de la Cuenca del Río Caplina*. Lima, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET.
- Perry, J. (2015). Climate change adaptation in the world's best places: A wicked problem in need of immediate attention. *s.l., Elsevier*, vol.133. p. 1-11 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.08.013>.
- Pino, C. (2013). *Caracterización hidrogeomorfológica de la cuenca del río Caplina - Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann 0(0):120-121.
- Pino V., E; Tacora, P; Steenken, A; Alfaro, L; Valle, A; Chavarri, E; Ascencios Templo, Mejía, J. (2017). *Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. Tecnología y Ciencias del Agua*, ISSN-e 2007-2422, Vol. 8, No. 6 (noviembre-diciembre de 2017), 2017, págs. 77-99 8(6):77-99.

- Poveda, G. (2004). *Ciencias de la tierra . La hidroclimatología de Colombia : Una Síntesis Desde La Escala Inter-Decadal*. Geociencias .
- Quispe Ccahuin, NA. (2019). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para control de socavación de estribos del puente Marita de la carretera Sancos - Sacsamarca, provincia de Huanca Sancos - Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga .
- Santo, I; Coaquira, E. 2020. Universidad Privada de Tacna (en línea). Universidad Privada de Tacna 0(0):72. Disponible en <http://209.45.55.171/handle/UNAC/3989%0Ahttp://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>.
- Santos, I; Ticona, E; Vilcanqui, A. (2021). Modelo hidráulico para delimitación de faja marginal rio Caplina Sector Rio Seco, distrito G. Albarracin L. de Tacna - 2020. *Ingeniería investiga* 3(1):534-545. DOI: <https://doi.org/10.47796/ING.V3I1.479>.
- Sušnik, J; Strehl, C; Postmes, LA; Vamvakeridou-Lyroudia, LS; Mälzer, HJ; Savić, DA; Kapelan, Z. (2015). Assessing Financial Loss due to Pluvial Flooding and the Efficacy of Risk-Reduction Measures in the Residential Property Sector. *Water Resources Management* 0(0):17-18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0833-6>.
- Villón Béjar, M. 2002. *Hidrología*. Lima, s.e.
- Wang, L; Huang, J; Du, Y; Hu, Y; Han, P. (2013). *Dynamic assessment of soil erosion risk using landsat TM and HJ satellite data in danjiangkou reservoir area, China*. 0(0):23. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs5083826>.
- Williams, A; Santoro, CM; Smith, MA; Latorre, C. (2008). The impact of enso in the atacama desert and australian arid zone: Exploratory time-series analysis of archaeological records. *Chungara 40 (Especial)*:245-259. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-73562008000300003>.

_____. (2008). The impact of ENSO in the Atacama desert and Australian arid zone: exploratory time-series analysis of archaeological records. *Chungara, Revista de Antropología Chilena* 40:245-259.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa geomorfológico local



SIMBOLOGIA	
	Curvas20
	Curvas_100_m
	Drenaje
	Catastro_Tacna
	Vias_de_comunicacion
	Estructuras_de_pase
	Poblaciones

Geomorfologia Local	
UG	
	Montaña
	Lomada
	Colina
	Cono de Deyeccion
	Terraza
	Valle de fondo amplio
	Valle de fondo amplio2

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO, DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO: ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE DEL RÍO CAPLINA TACNA -PERU

MAPA : GEOMORFOLOGÍA LOCAL

UBICACIÓN: REGIÓN : TACNA
PROVINCIA: TACNA
DISTRITO: PACHIA Y PALCA

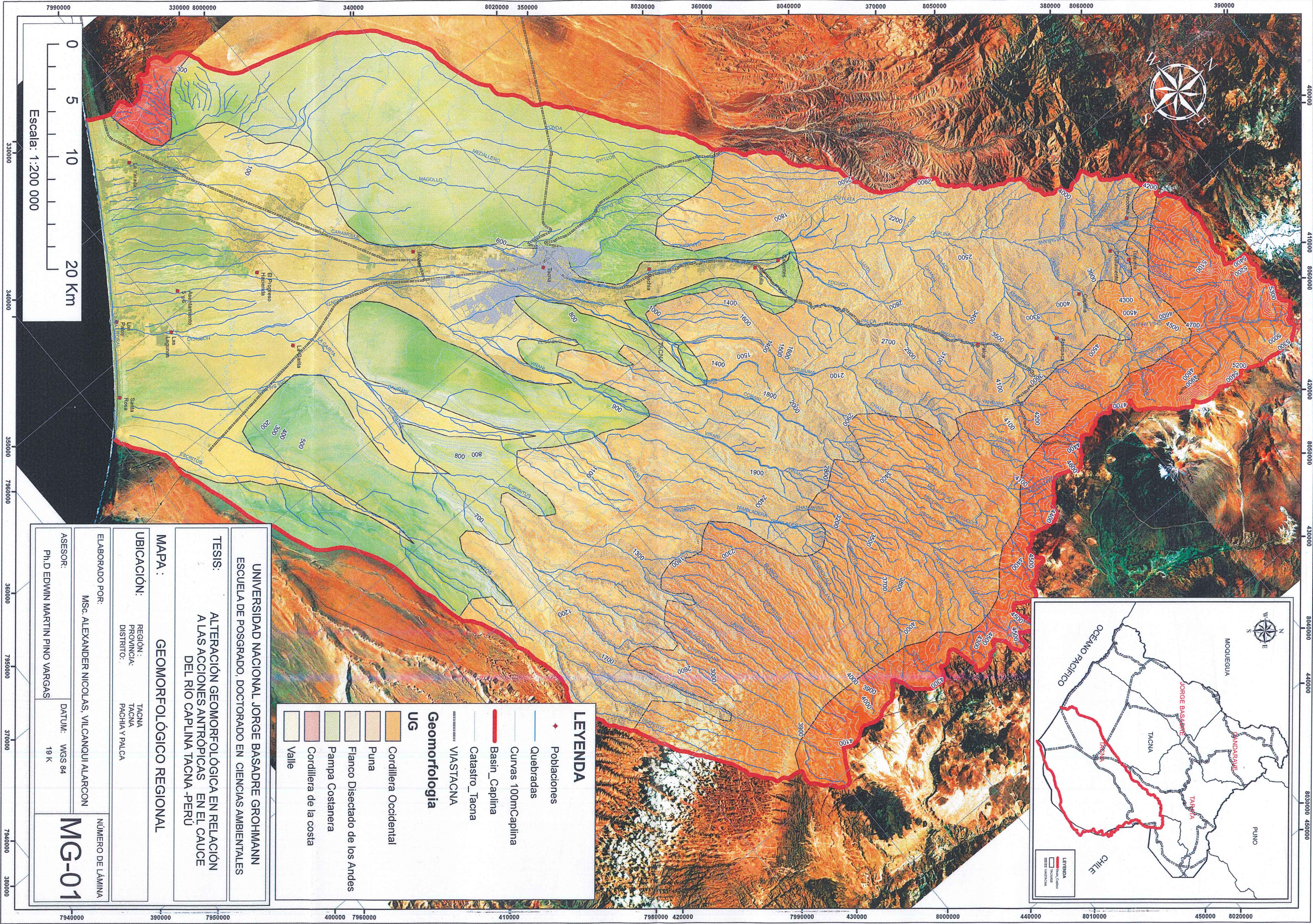
ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

DATUM: WGS 84

NÚMERO DE LÁMINA: MGL-01

Anexo 2. Mapa geomorfológico regional



LEYENDA

- ◆ Poblaciones
- Quebradas
- Curvas 100mCaplina
- Basin_Caplina
- Catastro_Tacna
- VIASTACNA

Geomorfología

- Cordillera Occidental
- Puna
- Flanco Disectado de los Andes
- Pampa Costanera
- Cordillera de la costa
- Valle

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO, DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS:
ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE DEL RÍO CAPLINA TACNA -PERÚ

MAPA : GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

UBICACIÓN: REGIÓN : TACNA
 PROVINCIA: TACNA
 DISTRITO: PACHIA Y PALCA

ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS, VILCANQUI ALARCON

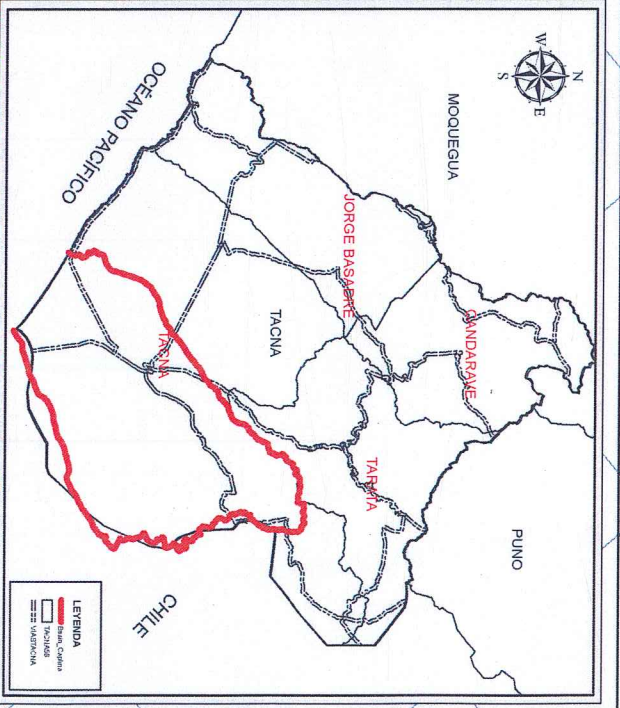
ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

DATUM: WGS 84

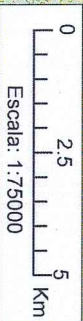
19 1K

MG-01

NÚMERO DE LÁMINA



Anexo 3. Mapa de pendientes local



SIMBOLOGIA	
	Curvas 20 m
	Curvas 100 m
	Drenaje
	Catastro Tacna
	Vias de comunicacion
	Estructuras de pase
	Poblaciones

PENDIENTE (°)	
	>0 - 5 Muy Baja
	5 - 15 Baja
	15 - 35 Media
	35 - 50 Alta
	> 50 Muy Alta

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO, DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO: ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE DEL RÍO CAPLINA TACNA -PERU

MAPA : PENDIENTES

UBICACIÓN: REGIÓN : TACNA
PROVINCIA: TACNA
DISTRITO: PACHIA Y PALCA

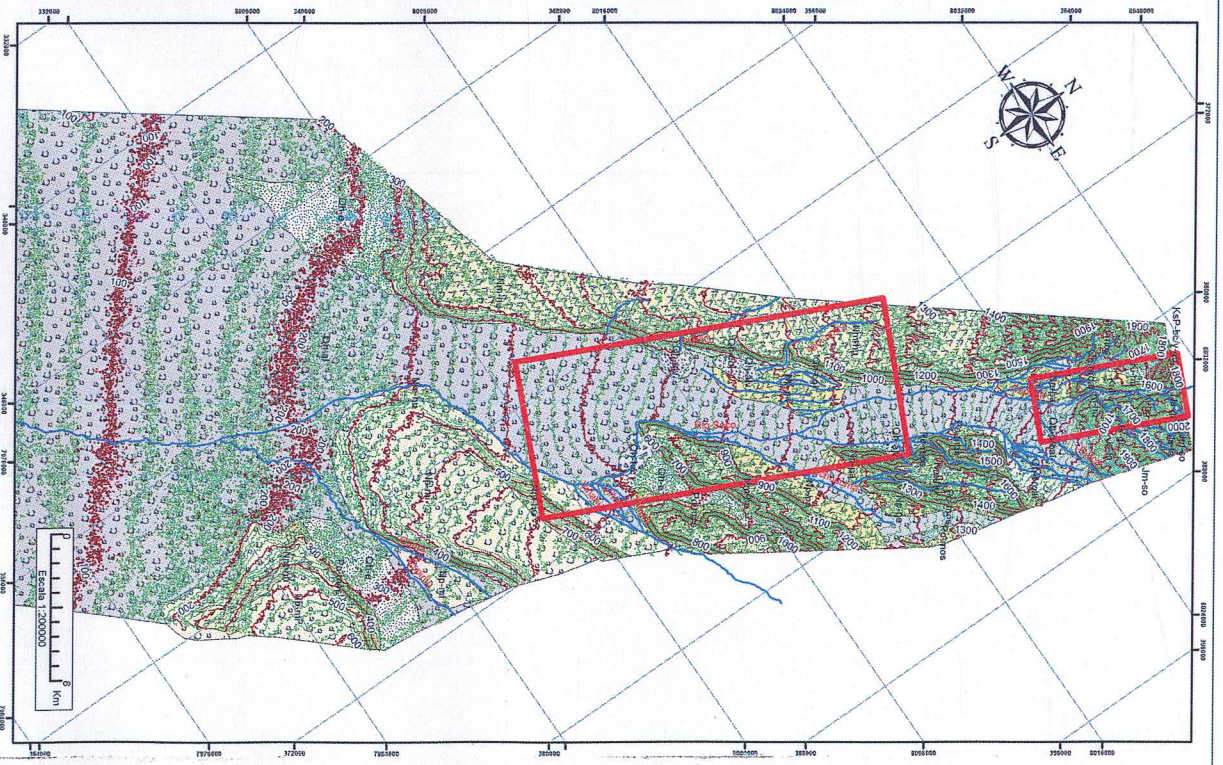
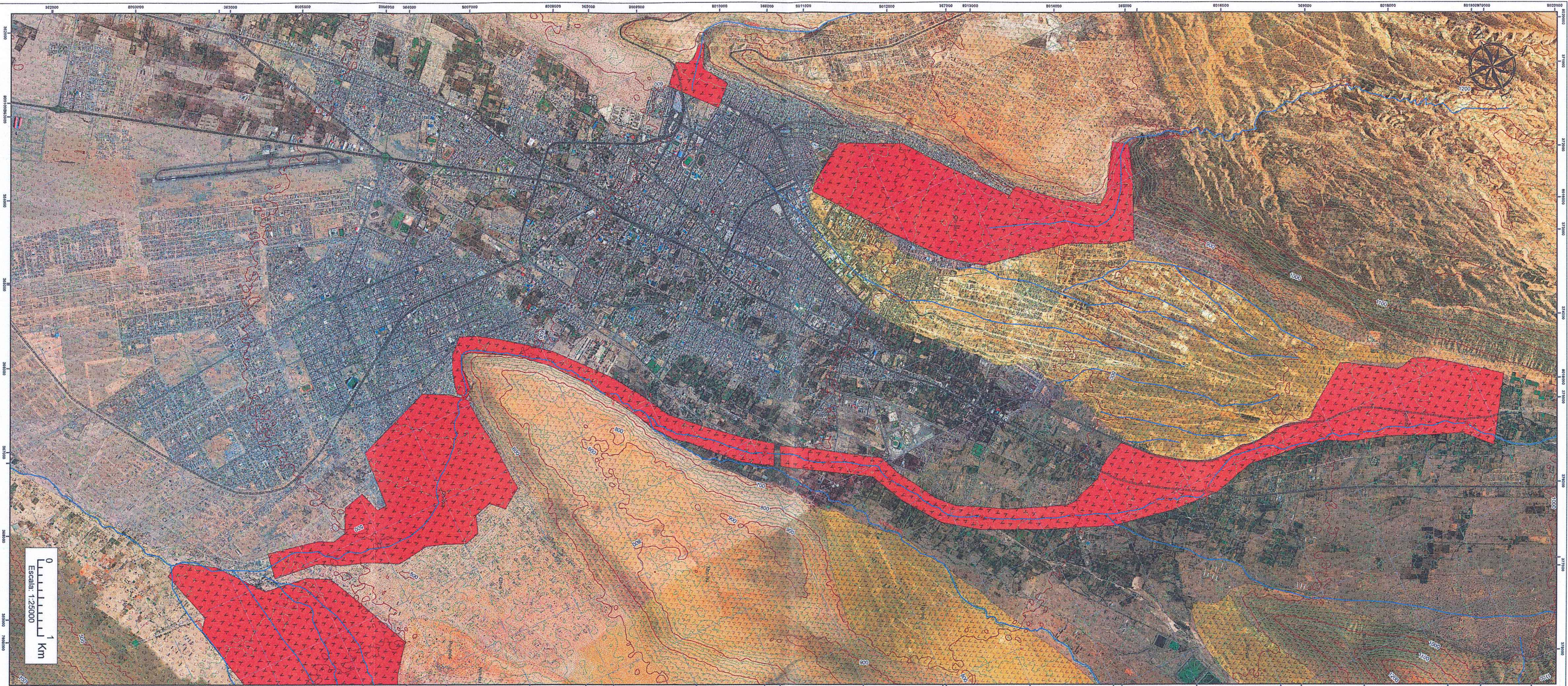
ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

DATUM: WGS 84
19 K

NÚMERO DE LÁMINA
MPL-03

Anexo 4. Mapa de zonas de alteración geomorfológica por acción antrópica,
zona propensa a la inundación



SIMBOLOGIA

- Curvas 20 m
- Curvas_100_m
- Drenaje
- Vias_de_comunicacion
- Estructuras_de_pase
- ♦ Poblaciones
- Zonas de alteracion geomorfológica

LEYENDA GEOLOGICA

Qh-tec	Depósito Tecnógeno
Qh-e	Deposito Edífico
Qh-proal	Deposito Proaluvial
Qh-col	Depósito Coluvial
Qh-alv	Depósito Aluvional
Qh-al	Depósito Aluvial
Np-pa	Toba Pachia
Np-mi	Formacion Magollo
Nm-hu	Formacion Huayllillas
Po-mos	Formación Moquegua
KsP-bcy-gd	Intrusivo Yarbamba
Ki-hu	Formacion Hualhuni
Js-gr	Formacion Gramadal
Js-la	Formación Labra
Jm-so	Formacion Socosani

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 ESCUELA DE POSGRADO. DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO: ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN A LAS ACCIONES ANTROPICAS EN EL CAUCE DEL RIO CAPLINA TACNA -PERU

MAPA: ZONA DE ALTERACION GEOMORFOLOGICA POR ACCION ANTROPICA ZONA PROPENSAA LA INUNDACION

UBICACION: REGION: TACNA TACNA TACNA
 PROVINCIA: TACNA TACNA TACNA
 DISTRITO: PACHIA Y PALCA PACHIA Y PALCA PACHIA Y PALCA

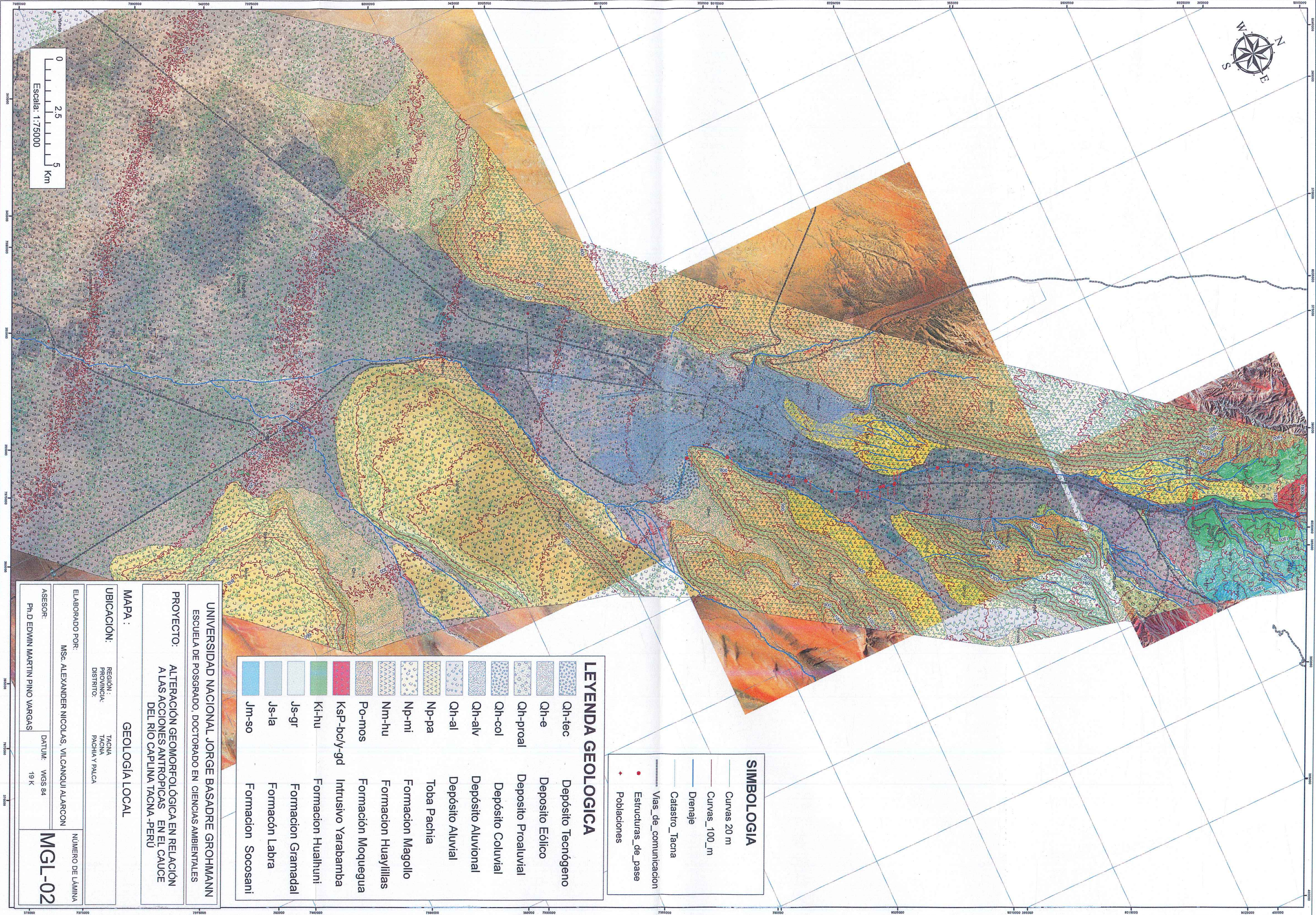
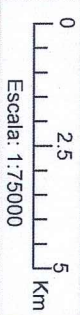
ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

NUMERO DE LAMINA: MZAG-02

FECHA: DATUM: WGS 84
 19 K

Anexo 5. Mapa geológico local



SIMBOLOGIA	
	Curvas 20 m
	Curvas 100_m
	Drenaje
	Catastro_Tacna
	Vias_de_comunicacion
	Estructuras_de_pase
	Poblaciones

LEYENDA GEOLOGICA		
	Qh-tec	Depósito Tecnógeno
	Qh-e	Deposito Edífico
	Qh-proal	Deposito Proaluvial
	Qh-col	Depósito Coluvial
	Qh-alv	Depósito Aluvional
	Qh-al	Depósito Aluvial
	Np-pa	Toba Pachia
	Np-mi	Formacion Magollo
	Nm-hu	Formacion Huayllillas
	Po-mos	Formación Moquegua
	KsP-bcy-gd	Intrusivo Yarabamba
	Ki-hu	Formacion Hualhuni
	Js-gr	Formacion Gramadal
	Js-la	Formación Labra
	Jm-so	Formacion Socosani

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO. DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO:
ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN
A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE
DEL RIO CAPLINA TACNA -PERU

MAPA :
GEOLOGIA LOCAL

UBICACION:
REGION: TACNA
PROVINCIA: TACNA
DISTRITO: PACHIA Y PALCA

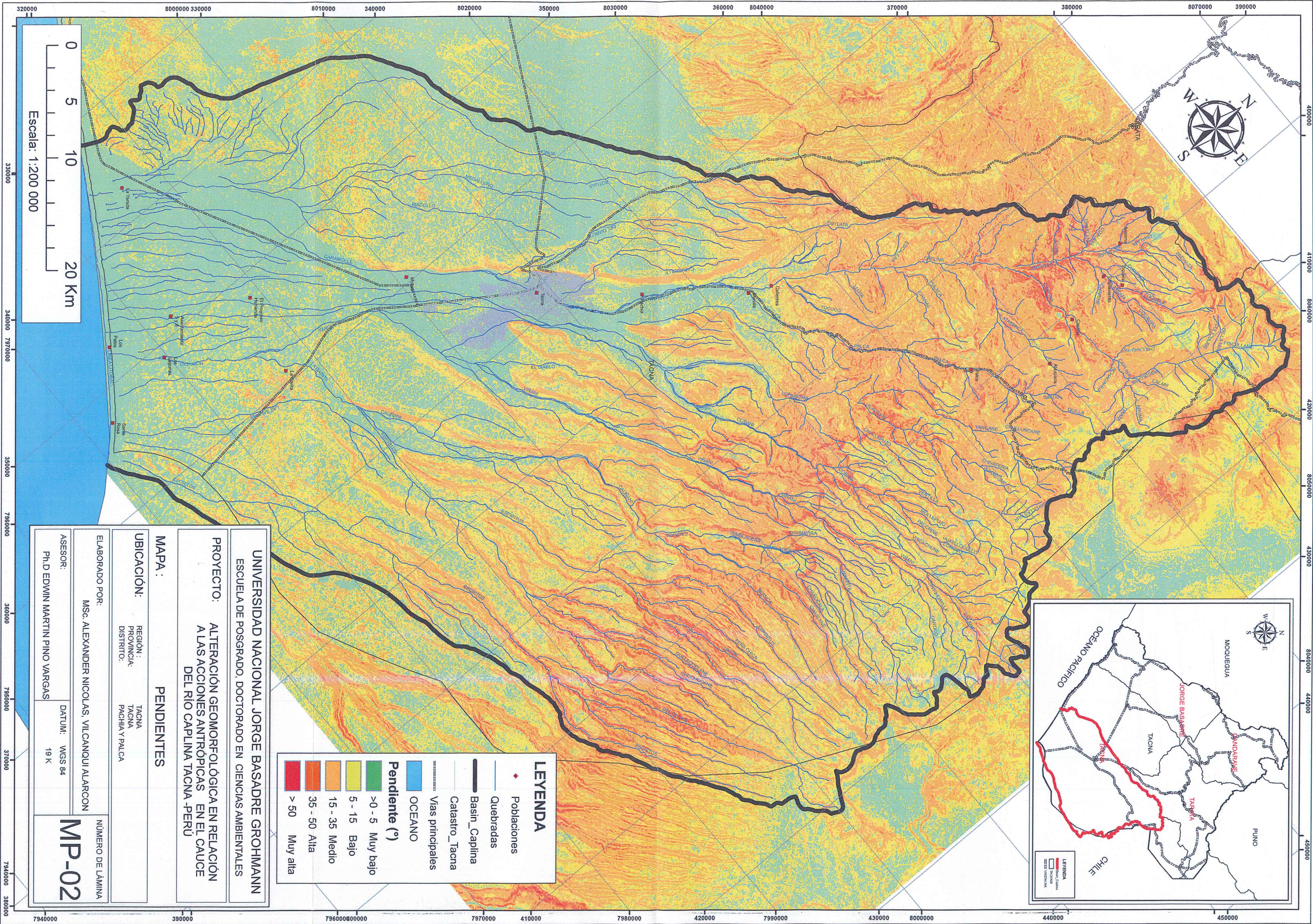
ELABORADO POR:
MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

ASESOR:
Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

NUMERO DE LAMINA:
MGL-02

FECHA:
DATUM: WGS 84
19 K

Anexo 6. Mapa de pendientes regional



LEYENDA

- ◆ Poblaciones
- Quebradas
- Basin_Caplina
- Catastro_Tacna
- Vias principales
- OCEANO

Pendiente (%)

- >0 - 5 Muy bajo
- 5 - 15 Bajo
- 15 - 35 Medio
- 35 - 50 Alta
- > 50 Muy alta

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO. DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO: ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN
 A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE
 DEL RÍO CAPLINA TACNA -PERÚ

MAPA: PENDIENTES

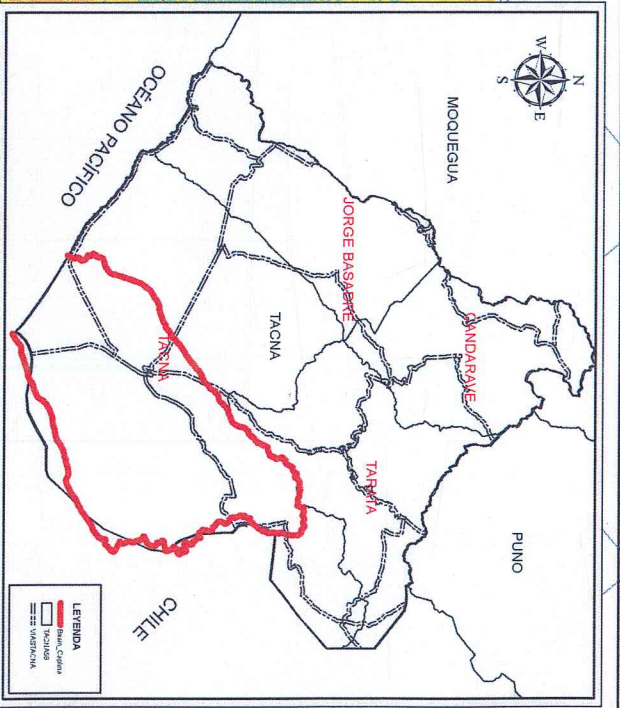
UBICACIÓN: REGIÓN: TACNA
 PROVINCIA: TACNA
 DISTRITO: PACHIA Y PALCA

ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS, VILCANQUI ALARCON

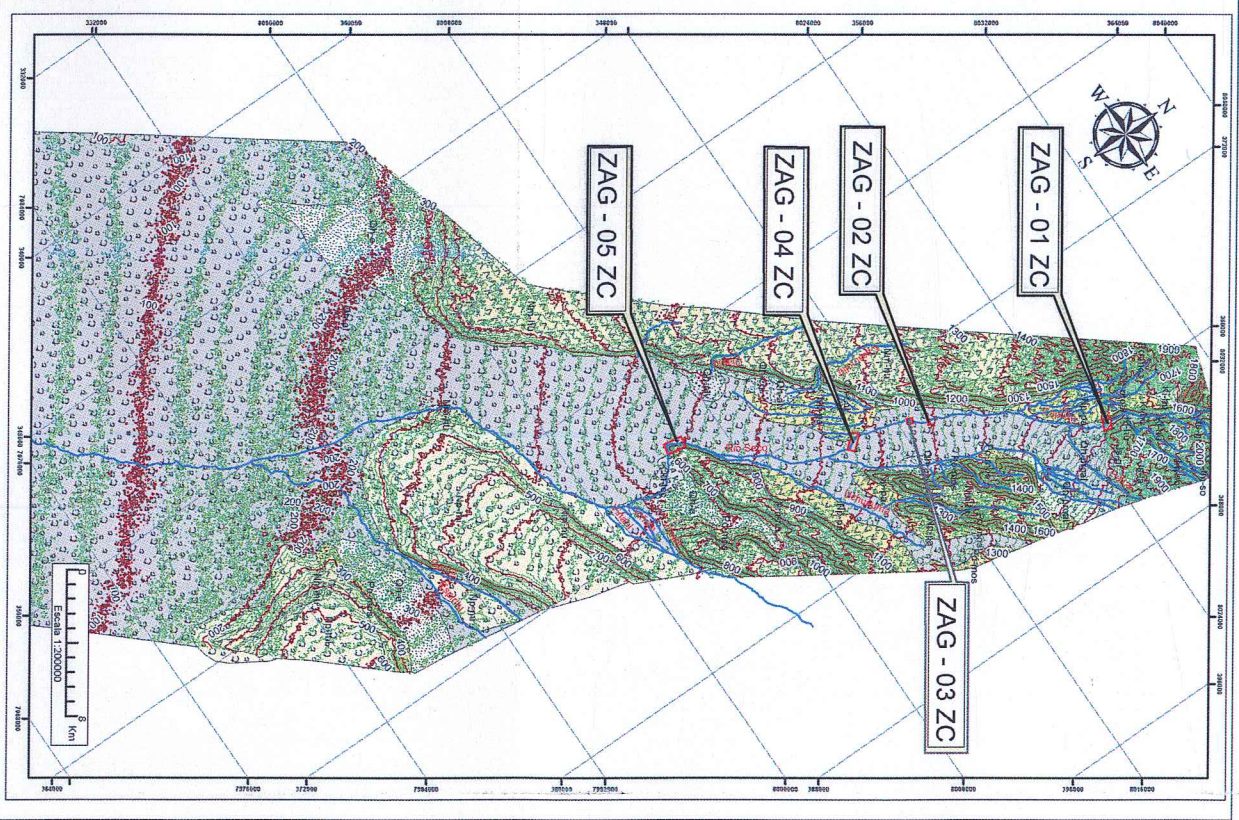
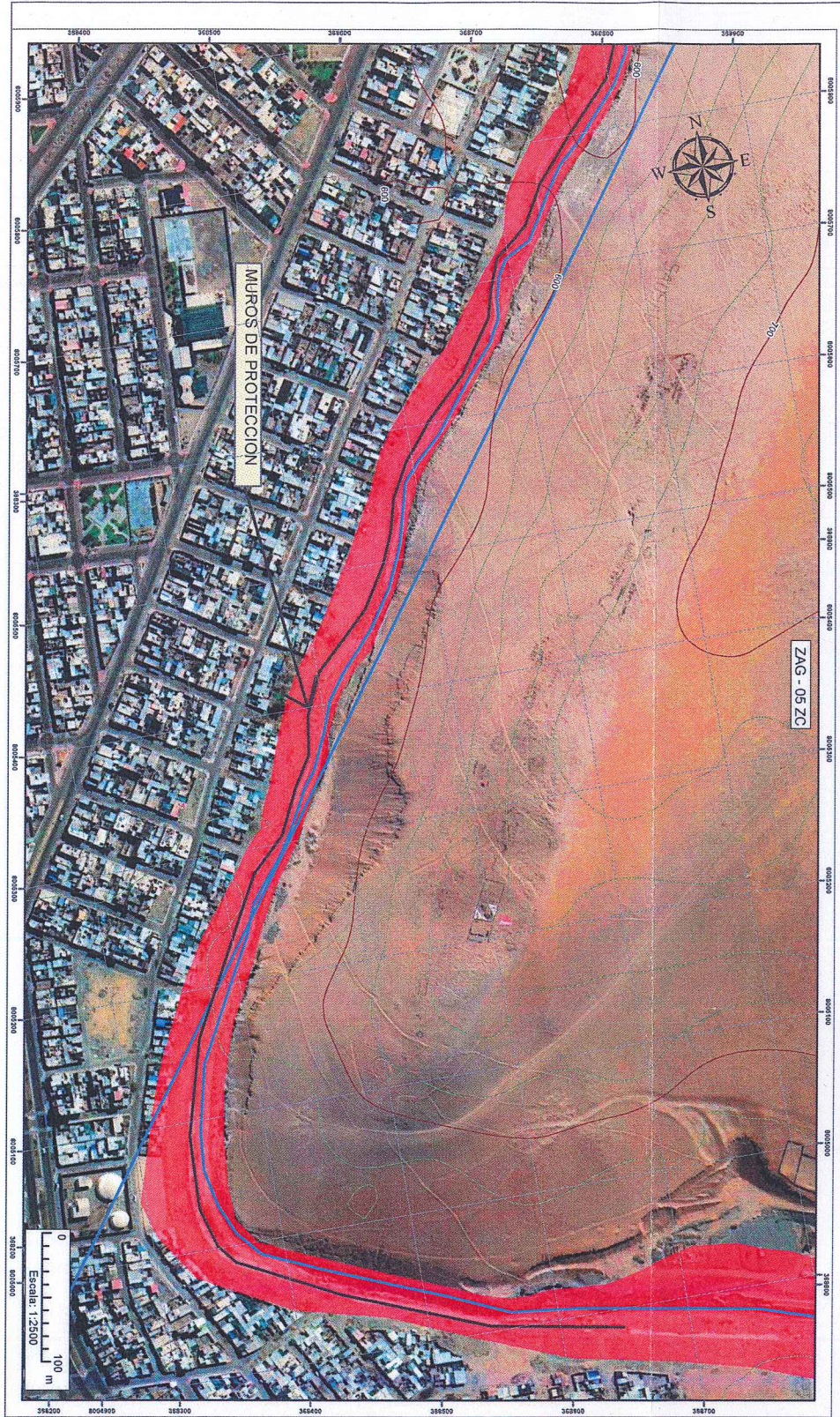
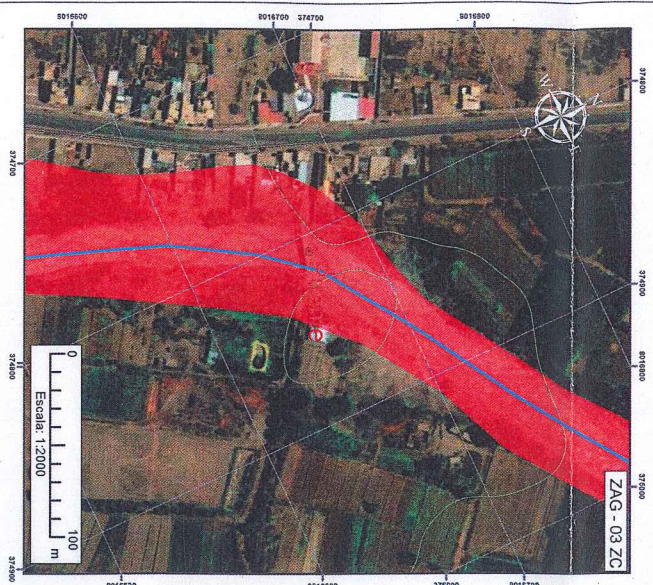
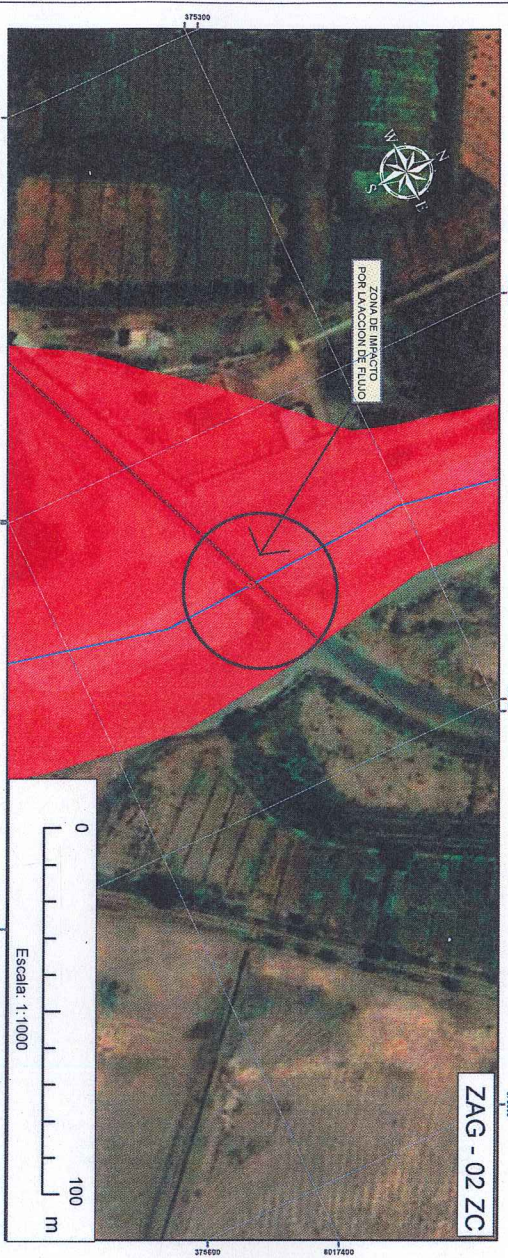
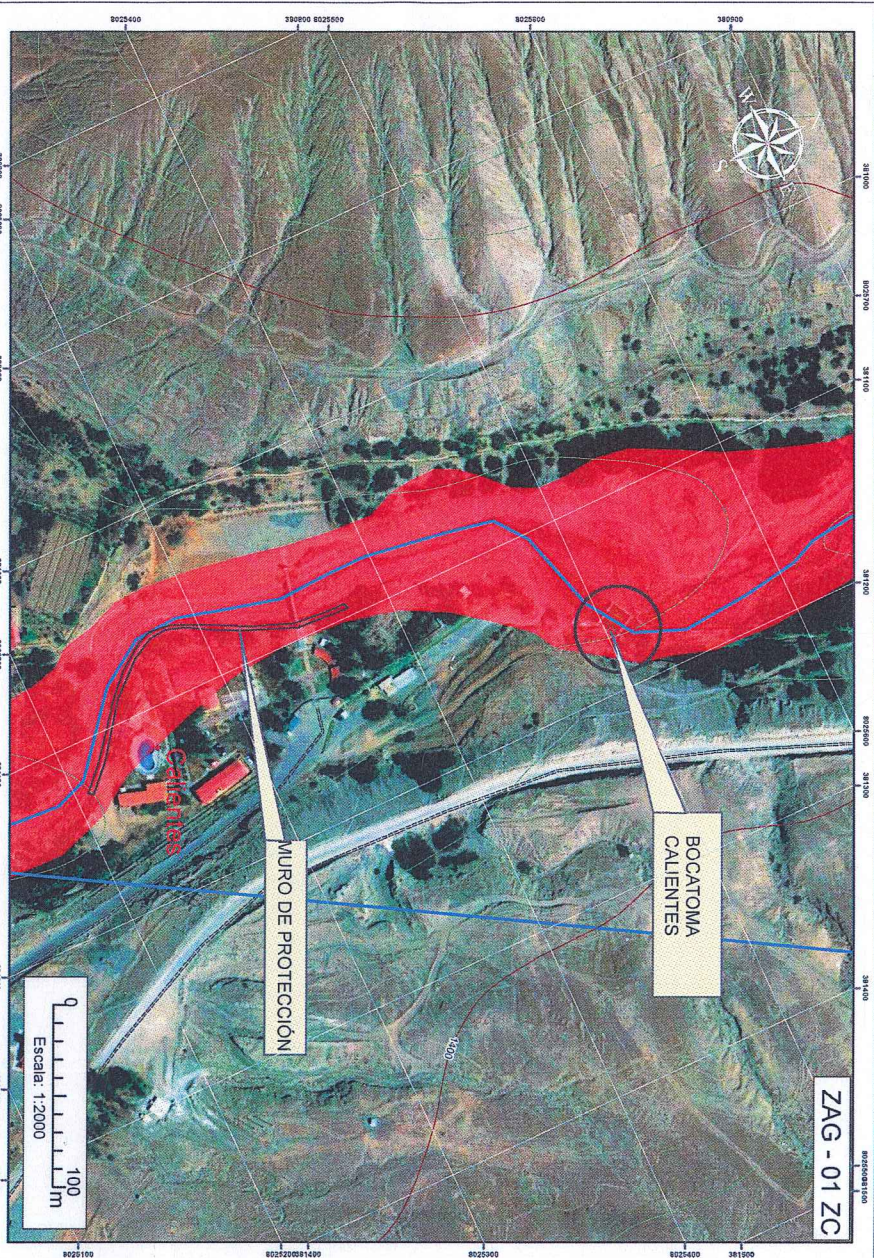
ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

DATUM: WGS 84

NÚMERO DE LÁMINA
MP-02



Anexo 7. Mapa de zonas de alteración geomorfológica por acción antrópica, zona propensa a la inundación y puntos críticos



SIMBOLOGIA

- Curvas 20 m
- Curvas 100 m
- Drenaje
- Vias de comunicación
- Estructuras de pase
- Poblaciones

Zona probable de inundación

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 ESCUELA DE POSGRADO DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO:
 ATERAZACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACION
 A LAS ACCIONES ANTROPICAS EN EL CAUCE
 DEL RIO CAPLINA TACNA - PERU

MAPA: ZONA DE ATERAZACION GEOMORFOLOGICA POR ACCION ANTROPICA
 ZONA PROPENSAA LA INUNDACION Y RANTOS SINTICOS

UBICACION:
 REGION TACNA
 PROVINCIA TACNA
 DISTRITO PACHA Y PALCA

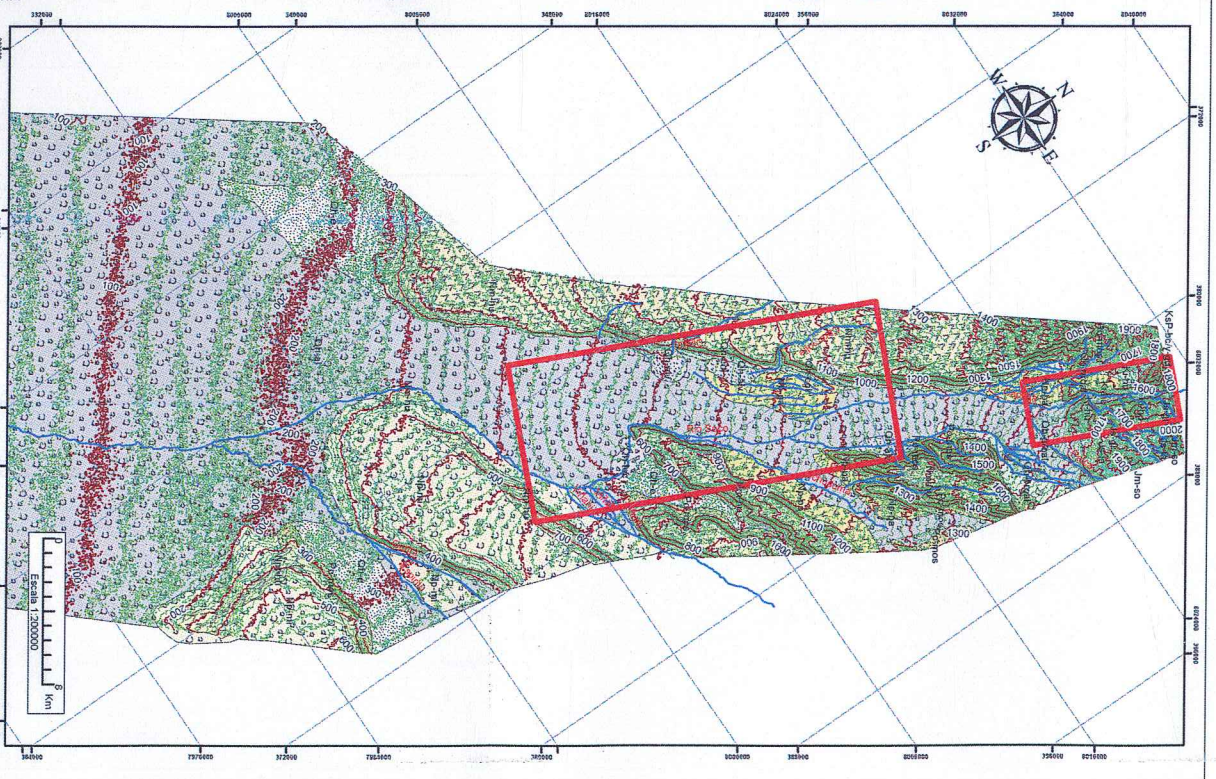
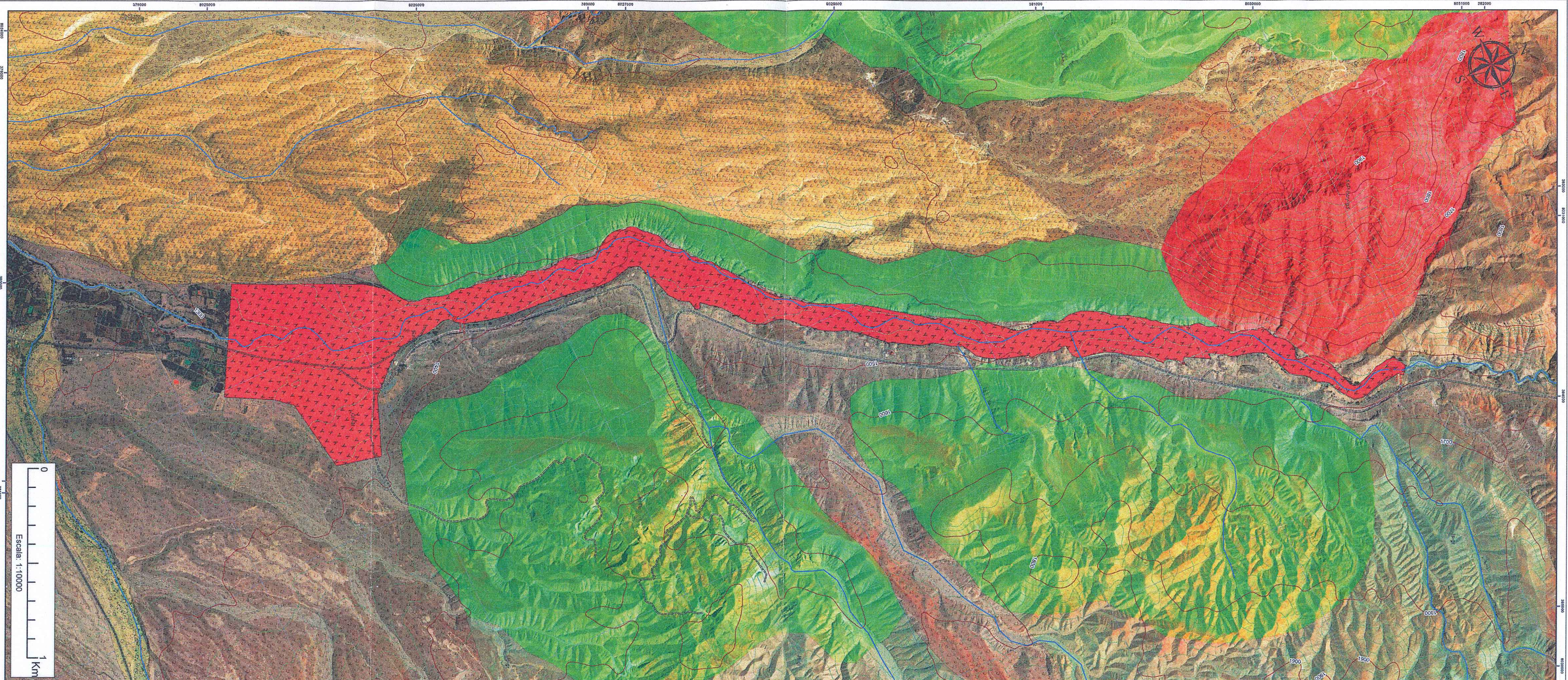
ELABORADO POR:
 MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

ASESOR:
 Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

FECHA: MAR 2014

NUMERO DE LAMINA:
 MZAG-ZC-01

Anexo 8. Mapa de zonas de alteración geomorfológica por acción de los cultivos, zona propensa a la inundación



SIMBOLOGIA

	Curvas 20 m
	Curvas_100_m
	Drenaje
	Vias_de_comunicacion
	Estructuras_de_pase
	Poblaciones
	Zonas de alteracion geomorfoloica

LEYENDA GEOLOGICA

	Qh-tec	Depósito Tecnógeno
	Qh-e	Deposito Edifico
	Qh-proal	Deposito Proaluvial
	Qh-col	Depósito Coluvial
	Qh-alv	Depósito Aluvional
	Qh-al	Depósito Aluvial
	Np-pa	Toba Pachia
	Np-mi	Formacion Magollo
	Nm-hu	Formacion Huayillas
	Po-nos	Formación Moquegua
	kSP-bcy-gd	Intrusivo Yarabamba
	Kl-hu	Formacion Hualhuni
	Js-gr	Formacion Gramadal
	Js-la	Formación Labra
	Jm-so	Formacion Socosani

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 ESCUELA DE POSGRADO. DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

PROYECTO: ALTERACIÓN GEOMORFOLÓGICA EN RELACIÓN
 A LAS ACCIONES ANTRÓPICAS EN EL CAUCE
 DEL RÍO CAPLINA TACNA-PERÚ

MAPA: ZONA DE ALTERACION GEOMORFOLOGICA POR ACCION DE LOS CULTIVOS
 ZONA PROPENSA A LA INUNDACION

UBICACION: REGION: TACNA
 PROVINCIA: TACNA
 DISTRITO: PACHIA Y PALCA

ELABORADO POR: MSc. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

NÚMERO DE LÁMINA

ASESOR: Ph.D EDWIN MARTIN PINO VARGAS

WGS 84
 DATUM: 19 K

MZAG-01