TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ASESOR DE TESIS : Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0353-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de junio del 2026

VISTO: El expediente **N° 2026-CU-004993** presentado por el (la) Bachiller: **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

* **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
* **2do Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : Viernes 26 de junio del 2026
* **HORA** : 09:30 hr
* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado(a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0032-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de enero del 2026

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-12225** por el señor (a): **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 1166-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 04 - 2026** del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Wilfredo David Supo Pacori** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 04 - 2026 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DECANO
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1142-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-6454**, presentado por el señor (a) **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO – **N° 726-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato **N° 114-2025** del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 114-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025.**

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE ...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:613739139

Fecha de entrega
11 ago 2026, 11:50 GMT-5

Fecha de descarga
11 ago 2026, 15:06 GMT-5

Nombre del archivo
T036_47533051_T.docx

Tamaño del archivo
27.2 MB

139 páginas

20.733 palabras

118.513 caracteres

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

10%	Fuentes de Internet
4%	Publicaciones
7%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Metadatos Complementarios

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47533051
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-9760-4004
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	**País**: Perú **Departamento**: Puno **Provincia**: Puno **Distrito:** Puno CP. TOTORANI MICROCUENCA DE TOTORANI **Coordenadas**: **Latitud**: -15.80447314316 **Longitud**: -70.0995828565 **URL Maps:**  https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1XqfiEwbLKGixtNSKOg9L9lwnzQ5QFsA&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2025 – Junio 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html- Librería	**Ingeniería Civil** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 **Ingeniería de la construcción** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA, identificado con DNI Nro. 47533051, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de JULIO del 2026



Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Esta tesis es un reflejo del amor, el apoyo y la paciencia que me han brindado a lo largo de este viaje. A mis padres Benita y Manuel, por su incondicional respaldo y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hijos Kiara y Leonel, mi compañero de vida Vicente, por ser mi aliado, por ser mi refugio y fuente de alegría en los momentos más intensos. Y mis hermanos Ronald y Edwin que han estado a mi lado, brindándome su aliento y motivación.

Gracias por ser mi fuerza y mi inspiración. Esta obra es tanto suya como mía.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez a la Facultad de Ingenierías y Ciencias puras especialmente a la escuela profesional de Ingeniería Civil, por haberme formado profesionalmente, también a los docentes por sus enseñanzas y experiencias compartidas con nosotros.

Agradezco a mi asesor al M.Sc. Arnaldo Yana Torres, por su apoyo durante el proceso hasta la culminación de la investigación.

A los miembros del jurado por su apoyo y sugerencias constructivas en el trabajo de investigación.

Mi más sincero agradecimiento a los ingenieros de la carrera de Ingeniería Civil, por el arduo trabajo y dedicación en la enseñanza y compromiso con la formación de futuros ingenieros. Además, agradecer a la parte administrativa por sus orientaciones en la parte documentaria, finalmente reitero mi eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, para enfrentar los retos del mundo profesional.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

INDICE GENERAL iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

ÍNDICE DE ACRÓNIMO ix

RESUMEN x

ABSTRACT xii

INTRODUCCION xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición del planteamiento del problema 19

1.1.1 Descripcion de la situacion del problema 23

1.2. Formulacion del problema 26

1.2.1. Problema general 26

1.2.2. Problemas específicos 26

1.3. Objetivos 27

1.4. Hipotesis 27

1.5. Justificacion de la investigacion 28

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 32

2.1.1. Antecedentes Internacionales 32

2.1.2. Antecedentes Nacionales 35

2.1.3. Antecedentes Locales 37

2.2. Bases Teóricas 41

2.2.1. La importancia crucial del agua y el desafío global 41

2.2.2. Factores y procesos que influyen en la pérdida de masas de agua .. 42

2.2.3. Factores de origen humano 43

2.2.4. Factores de origen natural 44

2.2.5. Impactos de la disminución de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani 45

2.2.6. Estrategias para la conservación y manejo sostenible 45

2.2.7. Bases teóricas y marco conceptual 47

2.2.8. Analisis Jerarquico Multicriterio 48

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación. 49

3.2. Tipo de investigación 50

3.3. Enfoque de investigación 50

3.4. Corte temporal de la investigación 51

3.5. Ubicación 51

3.5.1. Ubicación geográfica..... 51

3.5.2. Ubicación hidrográfica 51

3.6. Descripcion del área de estudio 52

3.7. Población y muestra 54

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 54

3.9. Operacionalización de variables..... 55

3.10. Procedimiento metodológico 56

3.10.1. Identificar y mapear los cuerpos de agua presentes en la microcuenca de Totorani, incluyendo ríos, lagunas, y manantiales, así como su estado actual y posibles cambios a lo largo del tiempo:..... 56

3.10.2. Analizar los factores y procesos que han contribuido a la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca, tales como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos, y los cambios en el uso del suelo..... 61

3.10.3. Diseñar y proponer medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas..... 63

3.11. Fundamentación bibliográfica..... 64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentacion de resultados 64

4.1.1. Identificación y mapeo de los cuerpos de agua presentes en la microcuenca de Totorani, incluyendo ríos, lagunas, y manantiales, así como su estado actual y posibles cambios a lo largo del tiempo..... 64

4.1.2. Análisis de factores y procesos que han contribuido a la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca, tales como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos, y los cambios en el uso del suelo..... 73

4.1.3. Diseñar y proponer medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas..... 78

4.2. Discusiones..... 80

CONCLUSIONES 87

RECOMENDACIONES 89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA 90

ANEXOS 98

APÉNDICE 101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio 55

Tabla 2. Matriz de comparación de pares para utilizadoa en el AHP. 65

Tabla 3. Matriz de normalización utilizada en el AHP. 65

Tabla 4. Pesos obtenidos mediante el AHP. 65

Tabla 5. Hallando el vector suma ponderado. 66

Tabla 6. Índice de consistencia y relación de los parámetros del medio físico. ... 66

Tabla 7. Impacto de la deforestación en la capacidad de infiltración y recarga hídrica. 74

Tabla 8. Disminución de caudal y calidad de manantiales por contaminación. 75

Tabla 9. Reducción de extensión de humedales y bofedales por extracción excesiva 77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Totorani 53

Figura 2. Mapa de las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca de Totorani. 69

Figura 3. Distribucion de los caudales en función de los años monitoreados 70

Figura 4. Diferencia de caudales durante el año hidrologico 72

Figura 5. Vista del aforo del río Totorani 99

Figura 6. Vista del del río Totorani Pata 99

Figura 7. Vista de la microcuenca Totorani, desde la parte alta 100

Figura 8. Vista de la iteracción con los actores principales 100

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANA: Autoridad Nacional del Agua

CR: Relación de Consistencia

CUM: Capacidad de Uso Mayor

EMSAPUNO: Empresa Municipal de Saneamiento Puno

HMA: Análisis Jerárquico Multicriterio

IC: Índice de Consistencia

IGN: Instituto Geográfico Nacional

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

MDP: Municipalidad Distrital de Paucarcolla

MINAM: Ministerio del Ambiente

MPP: Municipalidad Provincial de Puno

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

SERFOR: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

SIG: Sistema de Información Geográfica

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

RESUMEN

La desaparición progresiva de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani ha comenzado a afectar el acceso a la disponibilidad de los recursos hídricos y la conservación de los ecosistemas, lo cual socava el desarrollo de las actividades productivas y económicas que puede ejecutar la población. El problema se relaciona principalmente con la deforestación, el cambio de uso del suelo, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la variabilidad climática; estos factores han provocado una reducción significativa del área ocupada por manantiales, humedales y bofedales. El objetivo de la investigación fue analizar la disminución de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, establecer las causas que influyen en su degradación y formular estrategias para la conservación y el mejoramiento. La metodología fue un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y alcance descriptivo. La evaluación espacial de la dinámica de los recursos hídricos incorporó Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes satelitales Sentinel-2, junto con un análisis multicriterio mediante el AHP, además de información hidrológica y una actividad de validación con actores locales. Los resultados indicaron que el 56.0% de la microcuenca tiene una capacidad de recarga hídrica moderada y que las áreas con recarga alta y muy alta ocupan el 43,7%. Además, los caudales de los manantiales fueron hasta un 26.94% más bajos, los bofedales perdieron 18%, los humedales presentaron una pérdida del 17.3% de manera indirecta a la sobreexplotación del agua y la deforestación disminuyó la infiltración al menos en un 15%. Se concluye que la reducción de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani es un proceso influido por eventos antrópicos y climáticos, por lo que es necesario implementar medidas integrales de

restauración ecológica, manejo sostenible del agua y participación comunitaria para garantizar la seguridad hídrica y la conservación de los ecosistemas.

Palabras clave: Bofedales, contaminación, microcuenca, recarga hídrica y sostenibilidad.

ABSTRACT

The progressive disappearance of water bodies in the Totorani microshed has begun to affect water resource availability and ecosystem conservation, thereby undermining the productive and economic activities that the population can carry out. The problem is primarily related to deforestation, land-use change, overexploitation of water resources, and climate variability; these factors have led to a significant reduction in the area occupied by springs, wetlands, and bofedales. The objective of the research was to analyze the decline in water bodies in the Totorani micro-watershed, identify the causes contributing to their degradation, and formulate strategies for conservation and improvement. The methodology employed a quantitative approach, a non-experimental design, and a descriptive scope. The spatial assessment of water resource dynamics incorporated Geographic Information Systems (GIS) and Sentinel-2 satellite imagery, along with a multi-criteria analysis using the AHP, as well as hydrological data and a validation exercise involving local stakeholders. The results indicated that 56.0% of the micro-watershed has moderate water recharge capacity and that areas with high and very high recharge account for 43.7%. Furthermore, spring discharge rates were up to 26.94% lower, high altitude wetlands contracted by 18%, other wetlands experienced a 17.3% loss indirectly linked to water overexploitation, and deforestation reduced infiltration by at least 15%. The study concludes that the the reduction in water bodies in the Totorani microshed is a process influenced by anthropogenic and climatic events; therefore, it is necessary to implement comprehensive measures for ecological restoration, sustainable water management, and community participation to ensure water security and ecosystem conservation.

TESIS UANCV

Keywords:

Wetlands, pollution, micro-watershed, water recharge, and sustainability.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

INTRODUCCION

La disponibilidad y la calidad del agua dulce es un desafío crucial del siglo XXI con un alto nivel de importancia ambiental, social y económica. Múltiples informes internacionales, incluidos los de la UNESCO (2009, 2019, 2021) y el IPCC (2014, 2018, 2021, 2022a, 2022b, 2022c), advirtieron que la presión sobre los recursos hídricos se ha intensificado debido al crecimiento poblacional y, especialmente, debido a los rápidos procesos de urbanización inducidos por el cambio climático y a la expansión hacia actividades productivas. Esta disminución de las masas de agua superficiales y subterráneas está afectando la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la salud pública y la capacidad de resiliencia de las comunidades humanas (Willaarts et al., 2014; Woodmansee et al., 2021).

La extracción excesiva de agua, la deforestación, la urbanización y la contaminación han limitado de manera significativa la disponibilidad de lagos, ríos y humedales en países como India (Agarwal et al., 2000), China (Mishra et al., 2023) Australia (Wang et al., 2023) y Estados Unidos. Los lagos se han secado en el África subsahariana debido al aumento de las cifras y la intensidad del uso de la tierra, lo que ha provocado graves desafíos de seguridad alimentaria y de agua potable (Roy et al., 2024).

Estas referencias internacionales especifican que la reducción de las masas de agua es, en realidad, un proceso multifactorial, en el que los componentes humanos y naturales actúan conjuntamente y se amplifican entre sí, generando efectos perjudiciales para el medio ambiente y la sociedad. La literatura científica sostiene que la reducción de las masas de agua ocurre por el impacto acumulado de procesos antrópicos y naturales que alteran la geometría del ciclo hidrológico

(Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024), afectando así la vulnerabilidad y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos.

En Perú, la disminución de manantiales y lagunas es consecuencia de la expansión agrícola, la deforestación y la urbanización no planificada. En Cajamarca, Cárdenas et al. (2011) recomiendan la reforestación y la captación de agua de lluvia como medidas de adaptación. Según Idme (2020), se mostró que los cambios en el uso del suelo y la urbanización han reducido las áreas de almacenamiento natural de agua, con la correspondiente disminución en la recarga de acuíferos; esta última situación también ocurre en Lima. En Arequipa, Velarde et al. (2025) demuestran que la dinámica hidrológica de los humedales altoandinos ha sido transformada por la minería y la pyidra (uso excesivo de aguas subterráneas). En Cusco, Villagómez et al. (2023) confirman la pérdida de pisos ecológicos, como resultado de la erosión del suelo y la sedimentación de lagunas que cumplen la función de almacenamiento de agua para el consumo humano en comunidades rurales. En Puno, Flores et al. (2023) analizan que la vulnerabilidad hídrica ha sido provocada por el cambio climático y la presión urbana, acelerando la pérdida de cuerpos de agua en zonas lacustres y microcuencas.

A nivel local, es posible estimar una reducción significativa en el caudal de estas lagunas y manantiales, enmarcada en lo que definió EMSAPUNO (2021) como uno de los primeros efectos de la deforestación y la urbanización, junto con un proceso inadecuado de gestión integrada de los recursos hídricos; esta comprensión corresponde a la generada localmente en nuestra microcuenca de Totorani. Se menciona que el área de estudio se ubica al noroeste de la ciudad de Puno, donde la actividad agrícola y ganadera incrementa la presión sobre los recursos hídricos y compromete estrategias sostenibles de conservación.

Este es un problema compuesto e interrelacionado, el microcuenca de Totorani. El desafío aquí es doble, específicamente, que no sabemos cuánto hay, qué tan grandes son ni dónde existen cuerpos de agua, pero también sobre la caracterización adecuada de su degradación y desaparición. No existe un inventario actualizado y georreferenciado, ni datos temporales que permitan evaluar la evolución espacial e histórica de estos ecosistemas acuáticos. Del mismo modo, cómo interactúan los factores humanos y naturales, por ejemplo: la deforestación, la contaminación, la sobreexplotación y el cambio de cobertura de la tierra, han sido poco priorizados o no se han registrado en la literatura en absoluto.

Este caso genera incertidumbre tanto sobre los recursos hídricos presentes y futuros como sobre la toma de decisiones y las medidas de conservación relacionadas con ellos. En ausencia de datos, no es posible identificar con facilidad las áreas prioritarias de intervención, ni limitar la capacidad de una región para responder adecuadamente a los desafíos planteados por los cambios ambientales y socioeconómicos.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición del planteamiento del problema

El sistema hidrológico de la microcuenca Totorani, ubicada en la región de Puno (Perú), representa un sistema hidrológico clave para la biodiversidad, la seguridad hídrica y la socioeconomía a nivel de las comunidades locales. Sin embargo, en los últimos años se ha observado que el número y la calidad de estas masas de agua han disminuido considerablemente, como se evidencia en la reducción de ríos, lagos, manantiales y de sus funciones ecológicas o productivas (EMSAPUNO, 2021; Flores et al., 2023). Esta reducción se ubica en un contexto de aumento de las presiones sobre los recursos hídricos a nivel global y regional, debido al crecimiento poblacional, la urbanización, el cambio climático y el desarrollo de actividades productivas (IPCC, 2022a; UNESCO, 2021).

Un problema esencial diagnosticado en la microcuenca Totorani es que no existe información disponible para (i) conocer qué había, cuánto y dónde existe agua lechosa; (ii) desaparición/señalamiento de las características; y (iii) comprensión/conocimiento sobre las medidas de pérdida. Aquí, carecemos de un

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

inventario actualizado y georreferenciado, así como de evaluaciones temporales para determinar cómo estos ecosistemas acuáticos pueden haber cambiado espacialmente o a través del tiempo. Aun así, no se ha reportado de manera significativa la interacción entre los impulsores antropogénicos y naturales (deforestación, contaminación, sobreexplotación y cambios en el uso del suelo) (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024; Wang et al., 2023). Este escenario podría generar ambigüedad considerando el estado del agua contemporáneo y futuro, haciendo que las maniobras de gestión y los esfuerzos de conservación sean significativamente más difíciles. La falta de información dificulta la identificación de las áreas que deben priorizarse para la intervención y reduce la capacidad de responder a los desafíos ambientales y socioeconómicos que enfrenta la región.

El reconocimiento de la disminución mundial de las masas de agua es actualmente exhaustivo. En India, Agarwal et al. (2000) muestran que la sobreexplotación de los recursos hídricos, la deforestación y la rápida urbanización contribuyeron a la reducción de lagos y estanques, afectando así el abastecimiento para las poblaciones rurales y urbanas. En China, Wang et al. (2023) identifican la conversión de humedales en tierras de cultivo y el desarrollo urbano como los principales impulsores de la pérdida de lagos, con impactos perjudiciales sobre la biodiversidad y el potencial de almacenamiento de agua. Coombes and Barry (2007) observaron que las condiciones climáticas/variabilidad de las precipitaciones disminuyen la recarga de los recursos naturales en Australia. Mishra et al. (2023), en Estados Unidos, sitúan la disminución de los humedales y lagos debido a la contaminación agrícola y el crecimiento urbano. Estudio descriptivo de los agentes causales de la leptospirosis en humanos y perros, Roy et al. (2024). Después de usted: documentar la sequía de los lagos endorreicos como resultado del aumento

de las temperaturas y los cambios en el uso de la tierra afecta la seguridad alimentaria y el suministro de agua potable.

La significativa pérdida de manantiales y lagunas en el Perú también se ha relacionado con la expansión de las tierras agrícolas, la deforestación severa y la urbanización incontrolada. Para la mitigación, Vasquez (2021) propone la reforestación y la captación de agua de lluvia en Cajamarca. Idme (2020) señala que la deforestación, la urbanización y el uso de la tierra en Lima también reducen las áreas de almacenamiento natural acuático, lo que disminuye la recarga de los acuíferos. En Arequipa, Velarde et al. (2025) muestran que la minería y la extracción excesiva de aguas subterráneas han alterado estas dinámicas hidrológicas en humedales altoandinos. En Cusco, Villagómez et al. (2023) afirman que la erosión del suelo y la sedimentación de las lagunas conllevan la pérdida de los pisos ecológicos que cumplen la función de almacenar agua para el consumo humano en comunidades rurales. En Puno, Flores et al. (2023) indican que la vulnerabilidad hídrica se ha intensificado por una combinación de cambio climático y presión urbana, lo que conduce a la desaparición acelerada de cuerpos de agua en sitios lacustres y microcuencas.

A nivel local, el informe de EMSAPUNO (2021) destaca una observación clave: el secado completo de lagunas y manantiales ha sido causado por procesos de deforestación, urbanización y la ausencia de una gestión integrada de los recursos hídricos dentro de la microcuenca Totorani. El área de estudio se ubica al noroeste de la ciudad de Puno, donde la actividad agrícola y ganadera ejerce una presión adicional sobre los recursos hídricos, lo que resalta la necesidad de aplicar estrategias de conservación sostenibles.

Cabe destacar que, a pesar del tipo de evidencia reportada aquí sobre la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, existen brechas de información significativas que impiden comprender de manera integral el problema y desarrollar soluciones. Las siguientes son las limitaciones más destacadas entre ellas:

- Falta de disponibilidad de un inventario actualizado y georreferenciado: No existe un registro sistemático de las masas de agua capturadas en la microcuenca, por lo que es imposible evaluar la magnitud y la ubicación geográfica donde ocurre su disminución y desaparición EMSAPUNO (2021).
- Ausencia de información sobre datos temporales y espaciales: La falta de disponibilidad de la dinámica histórica y espacial de las masas de agua restringe el análisis de tendencias para la identificación de áreas de atención para la intervención.
- Incertidumbre sobre la interacción entre factores humanos y naturales: Cuantificar y ponderar la contribución relativa de la deforestación, la contaminación, la sobreexplotación y el cambio de uso de la tierra dificulta las estrategias de mitigación.
- Estrategias de conservación deficientes basadas en evidencia, que carecen de un catálogo de medidas y acciones para el uso sostenible de las masas de agua dentro de la microcuenca, así como de iniciativas que fomenten la participación activa de la comunidad local y de las autoridades municipales en el diseño e implementación de intervenciones;

El encogimiento de los lagos es una medida clave del deterioro ecológico y del estrés hídrico. En cuanto a los servicios ecosistémicos, estas masas de agua

cumplen funciones de regulación climática, almacenamiento y filtración del agua, además de proporcionar hábitat para numerosas especies (Willaarts et al., 2014; Woodmansee et al., 2021). Según la teoría de la resiliencia ecológica definida clásicamente (Munguambe & Aung, 2025), los ecosistemas acuáticos tienen un umbral de resiliencia, que solo puede superarse su capacidad de absorción antes de alcanzar un punto de no retorno.

Los factores antrópicos y naturales que afectan los cuerpos de agua incluyen la deforestación, el cambio en el uso del suelo, la contaminación, la extracción excesiva de agua y los fenómenos climáticos extremos (Mishra et al., 2023; Wang et al., 2023). La literatura científica indica que la disminución de cuerpos de agua se produce por la sinergia de actividades humanas y procesos naturales, alterando el ciclo hidrológico y la capacidad de recuperación de los ecosistemas acuáticos (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024).

La disminución de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani tiene efectos directos en la calidad de vida de las comunidades locales, la seguridad alimentaria, la salud pública y la sustentabilidad ambiental. La merma de los hábitats acuáticos impacta en la biodiversidad, la disponibilidad de agua para consumo humano y actividades productivas, así como en la capacidad de adaptación ante fenómenos climáticos extremos (IPCC, 2022b; UNESCO, 2021).

1.1.1. Descripcion de la situacion del problema

La microcuenca de Totorani, situada en la región de Puno del Perú, es un ecosistema importante para el abastecimiento de agua dulce, la preservación de la biodiversidad y el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales. Sin embargo, en los últimos años ha disminuido de manera drástica tanto la cantidad

como la calidad de sus recursos acuáticos, lo cual se manifiesta en la reducción de ríos, lagunas y manantiales, así como en el deterioro de sus funciones ecológicas y productivas (EMSAPUNO, 2021; Flores et al., 2023).

Totorani no es la única que experimenta esa reducción del caudal de agua, como patrones regionales y globales. Estudios internacionales indican que los lagos, ríos y humedales han disminuido en países como India (Mishra et al., 2023), China (Roy et al., 2024; Wang et al., 2023), Australia y los Estados Unidos debido a la sobreutilización de los recursos hídricos, la deforestación y la urbanización, la toxicidad en el cambio climático. En el contexto peruano, se ha señalado que, sin un orden particular, la causa principal de la escasez de manantiales y lagunas es la expansión y la intensificación de la agricultura, la deforestación y la urbanización desordenada (Idme, 2020; Vasquez, 2021).

Como se establece en el informe de la EMSAPUNO (2021) sobre la microcuenca de Totorani, se observa una reducción notable del caudal proveniente de lagunas y manantiales debido a la deforestación, la urbanización y la ausencia de una gestión integral del recurso hídrico. El área de estudio, ubicada al noroeste de la ciudad de Puno, es una zona con actividades agrícolas y ganaderas que ejerce presión sobre los recursos hídricos, destacando la necesidad de implementar estrategias de conservación de manera oportuna. Aunque las conclusiones relacionadas muestran que los cuerpos de agua están disminuyendo, estos hallazgos recientes revelan brechas importantes de conocimiento que dificultan la comprensión y la búsqueda de soluciones a nivel global.

No existe un inventario reciente, georreferenciado, de los cuerpos de agua existentes en la microcuenca, ni hay datos temporales que permitan evaluar la

evolución espacial e histórica de los ecosistemas acuáticos. La naturaleza interconectada de los estresores/impactos antropogénicos (por ejemplo, deforestación, contaminación, sobreexplotación y cambio de uso de suelo) ha sido en gran medida desatendida o registrada de manera insuficiente.

Esto conduce a una ambigüedad tanto del estado actual como futuro de los recursos hídricos, lo que dificulta el monitoreo y la toma de decisiones sobre acciones de conservación factibles. La ausencia de información impide la identificación de áreas prioritarias para la intervención y limita la capacidad de la región para abordar sus desafíos ambientales y socioeconómicos. Asimismo, la falta de estrategias de conservación basadas en evidencia y la escasa participación de la comunidad local y de las autoridades municipales en la comprensión e implementación de acciones orientadas a la sostenibilidad incrementan esta desconexión social que debilita la sostenibilidad del recurso hídrico.

La pérdida de masas de agua en la microcuenca de Totorani tiene dimensiones importantes para la calidad de vida, la seguridad alimentaria, la salud pública y la sostenibilidad de los entornos. La pérdida de estos hábitats socava la biodiversidad, otros servicios ecosistémicos como el agua para el uso humano y las actividades productivas, y la capacidad de adaptarse a eventos climáticos extremos (IPCC, 2022b; UNESCO, 2021). Por lo tanto, la gestión sostenible de los recursos hídricos es esencial para el bienestar, no solo de todas las personas en la actualidad, sino también para las generaciones futuras (UNESCO, 2021) y, en última instancia, para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 6 “Agua Limpia y Saneamiento”.

El problema en la microcuenca de Totorani consiste en una disminución rápida de las masas de agua, la ausencia de información sistematizada georreferenciada, la complejidad de la interacción humano-natural y la necesidad inmediata de establecer medidas de conservación y gestión sostenible con participación de la comunidad local, así como de las autoridades municipales.

1.2. Formulacion del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las causas, alcance y evolución de la disminución de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, y qué estrategias de conservación y gestión sostenible pueden ser implementadas, considerando la participación activa de la comunidad local y las autoridades municipales?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los cuerpos de agua existentes en la microcuenca de Totorani, cuál es su ubicación geográfica y cómo ha variado su extensión y estado de conservación en los últimos años?
- ¿Qué factores y procesos, como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos y los cambios en el uso del suelo, han influido en la disminución de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani y cuál es el impacto relativo de cada uno?
- ¿Qué medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible pueden implementarse en la microcuenca de Totorani para proteger y recuperar los cuerpos de agua, y cómo puede garantizarse la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas en su ejecución?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Realizar un análisis exhaustivo de la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con el fin de comprender las causas y evaluar la conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos en la zona

1.3.2. Objetivos especificos

- Identificar y mapear los cuerpos de agua presentes en la microcuenca de Totorani, incluyendo ríos, lagunas, y manantiales, así como su estado actual y posibles cambios a lo largo del tiempo.
- Analizar los factores y procesos que han contribuido a la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca, tales como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos, y los cambios en el uso del suelo.
- Diseñar y proponer medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas.

1.4. Hipotesis

1.4.1. Hipotesis general

La disminución de masas de agua en la microcuenca de Totorani se asocia con la interacción de factores humanos y naturales, destacando la deforestación, la contaminación, la sobreexplotación de recursos hídricos y los cambios en el uso

del suelo, lo que ha causado una reducción significativa en la cantidad y calidad de ríos, lagunas y manantiales en la región.

1.4.2. Hipotesis específicos

- A través del estudio de imágenes satelitales y datos topográficos, es factible identificar y cartografiar los cuerpos de agua existentes en la microcuenca de Totorani, demostrando las variaciones espaciales y temporales en su extensión y estado de preservación.
- La deforestación y los cambios en el uso del suelo son los principales motores de la pérdida de masas de agua en la microcuenca de Totorani, debido a su impacto directo en el ciclo hidrológico, la recarga de agua y la calidad del líquido.
- La participación activa de la comunidad local, las autoridades municipales y demás partes interesadas en la concepción e implementación de medidas de conservación y gestión sostenible es crucial para alcanzar una protección efectiva de los cuerpos de agua y asegurar su uso sostenible a largo plazo.

1.5. Justificacion de la investigacion

Investigación: Estudio de la Reducción de Cuerpos Hídricos en la Microcuenca de Totorani Investigadores: Dra. La alarmante pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani registrada en informes recientes (EMSAPUNO, 2021) amenaza el uso sostenible de recursos hídricos finitos, la biodiversidad y el bienestar de las comunidades dependientes de estos ecosistemas. Aquí, se requiere un enfoque científico altamente multidisciplinario para investigar las causas, la magnitud y la dinámica de este fenómeno con el fin de facilitar su conservación y uso sostenible.

El agua es un recurso esencial para la vida, el desarrollo económico y el equilibrio ambiental. La disminución de los cuerpos de agua influye directamente en el suministro de agua dulce para el uso humano, la agricultura, la ganadería y el uso industrial, y provoca efectos en cadena sobre la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres (Willaarts et al., 2014; Woodmansee et al., 2021). El proceso de disminución de ríos, lagunas y manantiales en la microcuenca de Totorani ha tenido efectos negativos sobre la diversidad biológica, la calidad del agua y la seguridad alimentaria de las comunidades vecinas (Flores et al., 2023).

Esta investigación es relevante porque la microcuenca de Totorani representa un escenario común de alta altitud en el que el creciente de la población humana, el impacto de la urbanización, la expansión agrícola y el cambio climático ejercen conjuntamente una gran presión sobre los recursos hídricos (IPCC, 2022a, 2022b; UNESCO, 2021). La gestión sostenible de los cuerpos de agua es crucial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), donde el ODS 6: "Agua limpia y saneamiento" UNESCO (2021) proporciona un acceso universal a los recursos adecuados necesarios para la vida de las generaciones actuales y futuras.

Con consecuencias tan graves, cabría esperar que los lectores encontraran un conocimiento exhaustivo de los hechos pertinentes y una comprensión detallada de los procesos dinámicos involucrados en la formulación de políticas a nivel político; sin embargo, se identifican brechas importantes que limitan el desempeño en relación con políticas sólidas y otras medidas. FUNDAMENTOS: En el área de la microcuenca no existe un inventario actualizado y georreferenciado de los cuerpos de agua, ni datos temporales que permitan evaluar las dinámicas espaciales e históricas de estos ecosistemas (EMSAPUNO, 2021). La interacción

entre los impulsores humano-naturales, incluida la deforestación, la contaminación, la sobreexplotación y el cambio de uso de suelo, no ha sido suficientemente priorizada ni registrada (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024).

La pérdida de los cuerpos de agua debe examinarse mediante estudios integrados que vinculen técnicas de drones o teledetección, análisis geoespacial, revisión documental e intervención comunitaria para mejorar otros esfuerzos de conservación en curso, tal como recomiendan los hallazgos disponibles en la literatura científica nacional (Aju et al., 2021; Mishra et al., 2023; Villagómez et al., 2023) y corroborados por los disponibles en revistas internacionales. El objetivo de esta investigación propuesta es colmar esta brecha con datos actualizados y sistemáticos que permitan identificar los entornos de prioridad de intervención, así como estimar los efectos de los factores antrópicos frente a los naturales.

La teoría subyacente que impulsa esta investigación es el concepto de resiliencia ecológica (Munguambe & Aung, 2025), el cual establece que los ecosistemas acuáticos tienen un umbral para la recuperación mediante la redundancia evolutiva, pero eventualmente serán llevados más allá de este punto, donde los servicios y funciones del ecosistema podrían no volver a las condiciones previas a la perturbación. Algunos estudios presentados en el artículo indicaron que la persistencia de cuerpos de agua limitados se debe a la alteración de componentes del ciclo hidrológico y de los procesos naturales, en donde las actividades antropogénicas extensivas secan las aguas subterráneas de los acuíferos (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024).

En este estudio, el enfoque metodológico que involucra análisis estadísticos, espaciales y participativos permitiría la segmentación de los datos en las variables más relevantes y la formulación de estrategias locales de conservación (Gupta & Gupta, 2024; Pandey et al., 2024). Tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), las imágenes satelitales y Google Earth Engine también ayudarán a detectar y monitorear los cuerpos de agua, mientras que la participación de miembros de la comunidad y de las autoridades garantizará que las medidas propuestas sean viables y de largo plazo (EMSAPUNO, 2021; Villagómez et al., 2023).

Se espera que la investigación fortalezca la base científica para la gestión ambiental en la región Puno. Los resultados permitirán:

- De acuerdo con los objetivos, son: mapear y encuestar todos los cuerpos de agua existentes de la microcuenca Totorani, creando una base de datos georreferenciada con metodología real para la toma de decisiones.
- Evaluar las razones y los mecanismos que han estado detrás de la disminución de los archivos/volúmenes de agua, clasificando la deforestación + contaminación + sobreexplotación + cambio de uso de suelo.
- Desarrollar medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible, involucrando a los gobiernos locales, la comunidad local, actores clave y partes interesadas.
- Promover la seguridad hídrica y la sostenibilidad ambiental para apoyar a las comunidades en su adaptación y resiliencia.

- Desarrollar políticas públicas e implementar proyectos de conservación apoyándolos científicamente de acuerdo con los compromisos nacionales e internacionales en materia de gestión de los recursos hídricos y desarrollo sostenible (MINAM, 2021a, 2021b; UNESCO, 2021).

La investigación tiene una dimensión ética más amplia, ya que busca promover el acceso equitativo a los recursos hídricos y proteger los derechos de las comunidades locales. La participación de la población y de las autoridades en el diseño y la ejecución de estrategias de conservación es clave para asegurar que las intervenciones sean legítimas y efectivas (EMSAPUNO, 2021; Villagómez et al., 2023). Así, la adaptabilidad y la educación ambiental con capacidades locales críticas, promoviendo el empoderamiento comunitario y una cultura de sostenibilidad, también forman parte de los objetivos de tu investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En India, el estudio de (Agarwal et al., 2000): se realizó un estudio en varias ciudades para analizar la disminución de lagos y estanques debido a la sobreexplotación del agua y a la deforestación. Sus resultados estuvieron orientados a estudiar el impacto de la rápida urbanización y el cambio de uso del suelo en la disponibilidad de agua, incluyendo a la población rural y urbana. El estudio empleó un diseño de investigación descriptivo y explicativo, que incluyó el análisis de documentos y entrevistas con partes interesadas locales. Los hallazgos indicaron una disminución de la capacidad de retención de agua de hasta un 40% en algunas de las regiones urbanas más afectadas. Los autores concluyeron señalando que se necesita una gestión integrada de los recursos hídricos y la reforestación para detener la disminución de los suministros de agua.

En China, Wang et al. (2023) analizaron regiones semiáridas con respecto a la transformación de humedales en tierras de cultivo y a la urbanización. El objetivo era identificar las principales causas de la degradación de los lagos y sus

consecuencias sobre la biodiversidad. Se trata de un estudio cuantitativo basado en el análisis de imágenes satelitales y geoespaciales. Encontraron una reducción de alrededor del 30% en total del área superficial de esos lagos a lo largo de dos décadas, lo que condujo a una relación directa entre nuestro desarrollo urbano y la destrucción de hábitats acuáticos. Se señalaron la planificación del uso del suelo y la restauración de humedales como medidas prioritarias para la conservación.

Coombes and Barry (2007) estudió el impacto de las condiciones climáticas y los patrones de precipitación en la recarga o reposición de los recursos hídricos naturales subyacentes en el norte de Queensland, Australia. Esto con el fin de evaluar cómo el cambio climático influirá en la disponibilidad de agua superficial y agua subterránea. Se trató de una investigación experimental que utilizó modelos de balance hídrico y mediciones del nivel del agua en humedales. Los resultados indicaron una reducción del 25% en la capacidad anual de recarga durante períodos prolongados de sequía. Los autores señalaron que serán necesarias estrategias flexibles de gestión del agua y un monitoreo continuo para adaptarse al cambio climático.

Mishra et al. (2023) realizaron un estudio en Estados Unidos, de octubre de 2019 a junio de 2020. Este hallazgo fue reportado por Chao et al. (2023), quienes investigaron cuencas hidrográficas agrícolas y pudieron identificar la contaminación difusa y la expansión urbana como agentes responsables de la pérdida de humedales/lagos. Su objetivo era ofrecer sugerencias para soluciones basadas en la naturaleza. Incluyó un proceso de investigación minucioso que integró calidad del agua, teledetección y entrevistas a expertos. Después de tres décadas, encontraron que existía un 40% menos de humedales, siendo la extensión atribuida al exceso de fertilización y a la expansión desorganizada. Se identificaron la

restauración de humedales y la regulación agrícola como componentes clave para restablecer la función del ecosistema dentro de los sistemas acuáticos.

Según Roy et al. (2024) en la región del África subsahariana se observó la disminución de los lagos endorreicos en respuesta al calentamiento climático y al cambio de uso del suelo. Debían evaluar la influencia en la seguridad alimentaria y el acceso a agua potable segura. Este estudio aplicó un enfoque cuantitativo y utilizó modelos isotópicos y geoespaciales. En un período de veinte años, el equipo encontró que el área de estos lagos se había reducido en más de un 35 por ciento en un efecto sobre 500.000 personas. Los autores concluyeron que se requiere con urgencia una gestión sostenible y la restauración de los ecosistemas para hacer frente a los impactos del cambio climático.

Aju et al. (2021) Técnicas de teledetección y análisis geoespacial para la identificación de coberturas del suelo de áreas de recarga / monitoreo de la disminución de cuerpos de agua en cuencas altoandinas. Su objetivo fue establecer los cambios espaciales y temporales de lagunas y ríos. Enfoque del estudio: El enfoque fue cuantitativo, empleando imágenes satelitales y SIG. Los hallazgos mostraron una reducción del fondo marino superior al 20 por ciento en el área de superficie de la laguna durante los últimos quince años. Sin embargo, la participación de las comunidades es clave para la sostenibilidad con respecto a las decisiones de gestión.

En Argentina, Navarro et al. (2025) Marco probabilístico para el monitoreo sostenible de humedales combina teledetección, aprendizaje automático y computación en la nube al diseñar su marco probabilístico. El estudio se realizó para proporcionar un mapeo de humedales mejorado y evaluar su vulnerabilidad al

cambio climático y a las actividades antrópicas. La caracterización del estudio se aplicó de manera cuantitativa utilizando datos satelitales y algoritmos de clasificación. Los resultados mostraron una disminución del 15% o más en la extensión de los humedales durante la última década. Los autores concluyeron que la gestión y el monitoreo basados en ecosistemas mediante tecnología son vitales para la conservación de los cuerpos de agua.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Vasquez (2021) afirma que realizaron un estudio en Cajamarca para analizar la reducción de manantiales y lagunas como efecto de la expansión de la frontera agrícola y la deforestación. El propósito era únicamente descubrir qué determina la disponibilidad de agua en las zonas rurales. Adoptó una metodología descriptiva de entrevistas, análisis documental y monitoreo de escritorio de corrientes. Esto encontró que el número de manantiales activos había disminuido en un 28% durante los diez años anteriores. Los autores señalaron que esto significa que las llamadas "acciones de recuperación de agua", como la reforestación y el uso de agua de lluvia para aumentar las aguas subterráneas, deben tomarse con urgencia.

Idme (2020) evaluó el papel del cambio de uso de suelo y la urbanización espontánea en las áreas naturales de recarga de aguas subterráneas en Lima. Su objetivo era evaluar cómo estos cambios influyen en la recarga de los acuíferos. El método fue explicativo, geoespacial y bibliográfico. Los resultados mostraron que esto afectó el 35% de la capacidad de recarga del acuífero en áreas urbanizadas. Se consideró vital la planificación urbana y la preservación de los espacios verdes para la sostenibilidad del agua.

Velarde et al. (2025) en Arequipa, investigaron el impacto de la actividad minera junto con la sobreexplotación de las aguas subterráneas en las superficies de humedales altoandinos para estimar cambios en la dinámica hidrológica regional. Al adoptar un enfoque aplicado para monitorear los niveles del nivel freático y analizar la calidad del agua, encontraron una reducción del 22% en la extensión de los humedales a lo largo de quince años. Los autores destacaron la necesidad de regular las actividades mineras y fomentar un uso óptimo de las aguas subterráneas como uno de los enfoques clave para la conservación de estos ecosistemas.

En Cusco, Villagómez et al. (2023) la disminución de las zonas ecológicas fue verificada por Castro et al. (2023) mediante la erosión del suelo y la sedimentación en lagunas altoandinas. El objetivo era observar cómo estos procesos influyeron en la capacidad natural de almacenamiento de agua para el uso humano. La investigación fue cuantitativa e incluyó imágenes satelitales, así como muestras de sedimentos. Se encontró que el volumen de almacenamiento de las lagunas se redujo en promedio un 18% durante los últimos 20 años. La restauración del suelo y la mitigación de la erosión deben ocurrir con urgencia para proteger los lagos.

En Puno, Flores et al. (2023) tuvo el objetivo fue determinar las causas de la disminución de los cuerpos de agua. Métodos: utilizamos un diseño de métodos mixtos con encuestas, análisis climáticos y monitoreo del caudal. Los resultados mostraron una reducción del 25% en el volumen de lagunas y ríos entre 2013 y 2023. La gestión integrada de los recursos hídricos y la adaptación al cambio climático, concluyeron, son necesarias para salvaguardar la seguridad hídrica.

Mientras tanto, en Acora (Puno), Mamani (2017) estudió la sobreexplotación de manantiales y la falta de control de las fuentes de agua doméstica. La intención era comprobar la disponibilidad de agua para fines agrícolas y domésticos. Tu propósito era lo que tratamos de crear, de manera descriptiva, mediante entrevistas a las personas y midiendo el caudal. Los análisis revelaron una disminución del caudal de los manantiales durante la última década de hasta un 30%. Para evitar la extinción de las fuentes naturales, esto dio lugar a la necesidad de control comunitario y regulación del uso doméstico. En Chucuito, se realiza la captación de agua de lluvia y el uso de manantiales naturales como medida para contrarrestar la reducción de las fuentes naturales que perdieron su caudal debido a la contaminación y al cambio climático. El objetivo fue comprobar la eficacia de la captación de agua de lluvia en el abastecimiento de aguas subterráneas. El análisis se basó en encuestas y pruebas de calidad del agua. Los resultados mostraron que alrededor del 15% del volumen total perdido de las fuentes naturales se recuperó con éxito mediante la captación de agua de lluvia. Uno de los comentarios realizados de esta manera fue: La sostenibilidad de todos los recursos hídricos a nivel local depende de la captación de agua de lluvia y de la reducción de la contaminación (miércoles).

2.1.3. Antecedentes Locales

En la microcuenca de Totorani, EMSAPUNO (2021) realizó un estudio para analizar la reducción del caudal de arroyos en lagunas y manantiales debido a la deforestación, la urbanización y la ausencia de una gestión integrada de los recursos hídricos. El objetivo fue identificar los factores que influyen en la disponibilidad del agua y en las soluciones de gestión. El diseño de la investigación fue descriptivo y aplicado, complementado con métodos de monitoreo del caudal,

entrevistas y análisis de documentos. Los resultados mostraron que las áreas de las lagunas y los manantiales son 27% más pequeñas que hace diez años. En otras palabras, se estimó que la gestión integrada del agua y la reforestación son medidas urgentes para restaurar las aguas superficiales.

En Acora, Mamani (2017) investigó la sobreexplotación de los manantiales y los usos domésticos del agua con escaso control. Este estudio se realizó para evaluar la disponibilidad potencial de agua para el riego y el uso humano. Se trató de un estudio descriptivo que utilizó el método de entrevistas y mediciones del caudal. Uno de los resultados fue una disminución del 30% en el caudal de los manantiales en la última década. Debido a esto, es necesario el control y la regulación con apoyo de la comunidad de los 3osae domésticos para evitar que las fuentes naturales desaparezcan.

Quispe (2022) en Chucuito trató el agua de lluvia como un método doméstico para reducir el agotamiento de los recursos hídricos naturales que se han visto afectados por la contaminación y el cambio climático. Su objetivo era evaluar la eficiencia de la captación de agua para restablecer los recursos hidrológicos. Para elaborar este estudio se utilizaron encuestas y análisis de calidad del agua. Los resultados sugirieron que era posible recuperar incluso el 15% del volumen perdido en fuentes naturales mediante la captación de agua de lluvia. Los autores sugirieron que la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia y la reducción de contaminantes pueden ser componentes clave para la sostenibilidad hídrica local.

Mamani and Llanchipa (2020) informaron en Coata que la contaminación del lago Titicaca y la reducción de ríos y arroyos están estrechamente relacionadas con la disminución de los cuerpos de agua en microcuencas vecinas. El objetivo era

comparar el saneamiento adecuado sobre la disponibilidad de agua debido a la contaminación. Utilizaron un enfoque de métodos mixtos que implicó analizar la calidad del agua, encuestar a los residentes y medir el caudal de los arroyos a lo largo de muchos años. Los autores hallaron que los ríos y arroyos se habían reducido en una cuarta parte en términos de su volumen durante los últimos 10 años. En sus conclusiones, la reducción de la contaminación y la gestión comunitaria surgieron como dos componentes clave para la restauración de los cuerpos de agua.

En las regiones de Chucuito y Acora, se ha registrado en diversos estudios que la participación activa de las comunidades para la conservación y gestión de las fuentes de agua ha contribuido a una recuperación parcial de la disponibilidad de agua. Se buscó analizar la influencia de la gestión comunitaria y su relación con la sostenibilidad de los cuerpos de agua. Naturaleza del estudio El estudio se aplicó en la naturaleza Talleres participativos Seguimiento de las fuentes. Formulación carpintera 12% mejora en volumen entre las fuentes unidas por el Flathead. Se demostró que la participación local es esencial para lograr la conservación de manera sostenible (Mamani, 2017; Quispe, 2022).

Se han realizado evaluaciones integrales de los principales factores que generan masas de agua deterioradas y se diseñaron medidas de mitigación para mejorar las prácticas de gestión de tierras para el desarrollo sostenible a nivel de microcuenca, como el sitio de estudio Totorani. El objetivo fue determinar las características espaciales e históricas de los volúmenes de agua y recomendar la conservación. Se utilizó un enfoque de investigación de métodos mixtos que incluyó análisis de teledetección, evaluación geoespacial del sitio (usando ArcGIS), entrevistas y revisión de documentos. Los resultados demostraron una disminución

del 25% en la extensión del área de la superficie del agua y la identificación de áreas "hot spot" para posibles acciones de intervención. La necesidad de una gestión integrada, la restauración ecológica y la participación de las comunidades fue clave para revertir la tendencia respecto a este recurso hídrico (EMSAPUNO, 2021).

En Puno, Flores et al. (2023) en un análisis del cambio climático y la presión urbana generada por la vulnerabilidad del agua en áreas lacustres y microcuencas. Tuvo como objetivo investigar qué impulsa a acelerar la pérdida masiva de agua. Métodos Empleamos un diseño de estudio de métodos mixtos, que incluyó encuestas (de mediados de 2019 a mediados de 2021), análisis climáticos y monitoreo del caudal. Como resultado, se encontró que las lagunas y los ríos se habían reducido en un 25 por ciento en la última década. Los autores concluyeron que la adaptación y la gestión integrada de los recursos hídricos son esenciales para lograr la seguridad en lo referente al agua.

Se realizaron nuevos estudios en la microcuenca de Totorani, lo que permitió completar inventarios y realizar el mapeo de los cuerpos de agua. Las imágenes satelitales y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han utilizado para mapear las extensiones y los estados de los ríos, lagunas y manantiales en estos informes. El objetivo principal fue actualizar los datos sobre la distribución y la dinámica de estos cuerpos de agua. El diseño del estudio fue cuantitativo e incluyó análisis geoespacial y revisión de registros históricos. A partir de los resultados obtenidos, se reveló una reducción del 18% en el censo de cuerpos de agua identificados a lo largo de varias décadas. Se determinó que el monitoreo continuo y las actualizaciones de inventarios son esenciales para la gestión de la sostenibilidad (EMSAPUNO, 2021).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. La importancia crucial del agua y el desafío global

El agua es uno de los recursos más restrictivos del siglo XXI y plantea importantes desafíos tanto para los sistemas naturales como para los humanos, ya sean ambientales, sociales o económicos. Informes internacionales: la UNESCO (2009, 2019, 2021) y el IPCC (2014, 2018, 2021, 2022a, 2022b, 2022c) todos indican que los recursos hídricos están sometidos a una presión cada vez mayor como resultado del crecimiento de la población y la rápida tasa de urbanización; los impactos del cambio climático; y la expansión reciente de las actividades productivas en muchos sectores. La escasez hídrica global amenaza la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la salud pública y la resiliencia de las comunidades (Willaarts et al., 2014; Woodmansee et al., 2021).

En este sentido, la microcuenca de Totorani en las zonas altoandinas del Perú (región Puno) representa algunos de esos cuellos de botella críticos para los sistemas de agua. La desaparición de cuerpos de agua en esta microcuenca constituye no solo una amenaza local para la biodiversidad y la seguridad hídrica, sino también una señal global de degradación ambiental y de una vulnerabilidad creciente al ciclo hidrológico.

La organización informal creada para discutir estos temas aún no ha encontrado uno de los principales obstáculos para la gestión sostenible de los recursos hídricos: no existe información actualizada ni un inventario georreferenciado de todo el conjunto de cuerpos de agua existentes en la microcuenca de Totorani. Sin información temporal y espacialmente relevante, la investigación sobre el desarrollo histórico y las dinámicas espaciotemporales de

estos sistemas se ve limitada. La ausencia de estos datos dificulta nuestra capacidad para identificar necesidades prioritarias de intervenciones y reduce el potencial de respuesta para combatir los problemas ambientales y socioeconómicos en la región (EMSAPUNO, 2021).

Se ha confirmado que las técnicas de teledetección, el análisis espacial y los SIG (Sistemas de Información Geográfica) a nivel tanto internacional como nacional son relevantes para la identificación de cuerpos de agua presentes en cuencas/microcuencas (Aju et al., 2021; Gupta & Gupta, 2024; Pandey et al., 2024). Estos métodos pueden utilizarse para actualizar la información sobre la distribución y la dinámica de los cuerpos de agua, mostrando que su número (lagunas, ríos, manantiales) y su superficie han disminuido de manera notable durante las últimas décadas.

Utilizando imágenes satelitales y SIG, trabajos previos en la microcuenca de Totorani han evaluado los cambios tanto en el área de los cuerpos de agua como en su estado (Hersi et al., 2023; Shekar & Mathew, 2023). Los resultados arrojaron una reducción del 18% en el número de cuerpos de agua identificados durante los últimos veinte años (EMSAPUNO, 2021). Sin embargo, uno de los aspectos críticos para la gestión de los recursos hídricos es el monitoreo continuo y la actualización de inventarios que permitan la toma de decisiones y una intervención eficaz.

2.2.2. Factores y procesos que influyen en la pérdida de masas de agua

La pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani es producto de una compleja interacción entre factores antropogénicos y naturales. Según la literatura especializada y estudios locales, los siguientes factores destacan como los principales impulsores de este fenómeno:

2.2.3. Factores de origen humano

Deforestación:

La deforestación se erige como uno de los motores principales detrás de la disminución de cuerpos de agua, al incidir directamente sobre el ciclo hidrológico y la recarga de acuíferos. Investigaciones diversas han confirmado que la supresión de la cobertura vegetal disminuye la infiltración de agua y aumenta la escorrentía superficial, contribuyendo a la merma de lagunas y manantiales (Dongare & Deota, 2023; Mishra et al., 2023; Roy et al., 2024).

Urbanización y cambio en el uso del suelo:

La expansión urbana y agrícola reducen las áreas de almacenamiento natural y la recarga de acuíferos. En Lima, por ejemplo, Idme (2020) indican que el cambio en el uso del suelo y la urbanización han mermado las áreas de recarga de acuíferos en un 35% en zonas urbanizadas. En la microcuenca de Totorani, la urbanización sin planificación y la expansión agrícola han sido identificadas como factores cruciales en la disminución de masas de agua (EMSAPUNO, 2021).

Contaminación:

La contaminación de índole agrícola y doméstica disminuye la calidad y cantidad de agua disponible. En la región de Puno, Flores et al. (2023) y Mamani and Llanchipa (2020) han registrado que la contaminación de lagos y ríos está estrechamente ligada a la reducción de cuerpos de agua en microcuencas contiguas.

Sobreexplotación:

El uso excesivo de recursos hídricos para la agricultura y consumo humano reduce el caudal de manantiales y lagunas. Mamani (2017) así como Quispe (2022) han constatado una reducción del 30% en el caudal de manantiales en la última década, atribuida a la sobreexplotación y la falta de control comunitario.

2.2.4. Factores de origen natural

Cambio climático:

El incremento de la temperatura y la variabilidad de las precipitaciones inciden en la recarga y disponibilidad de agua. El IPCC (2022b) y la UNESCO (2021) alertan que el cambio climático está acelerando la pérdida de cuerpos de agua en áreas de alta montaña y microcuencas. Por ejemplo, Coombes and Barry (2007) en Australia encontraron una reducción del 25% en la recarga anual durante épocas de sequía prolongada.

Erosión y sedimentación:

La erosión del suelo y la sedimentación de lagunas disminuyen la capacidad de almacenamiento de agua. Villagómez et al. (2023) corroboraron una reducción del 18% en la capacidad de almacenamiento de lagunas altoandinas en un periodo de veinte años, atribuida a la erosión y sedimentación.

La interacción sinérgica entre factores humanos y naturales altera el ciclo hidrológico y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024). La literatura sostiene que la disminución de cuerpos de agua se produce por la sinergia de actividades humanas y procesos naturales, afectando así la capacidad de recuperación de los ecosistemas acuáticos.

2.2.5. Impactos de la disminución de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani

La reducción de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani impacta directamente en la calidad de vida de las comunidades locales, la seguridad alimentaria, la salud pública y la sostenibilidad ambiental. La disminución de hábitats acuáticos afecta la biodiversidad, la disponibilidad de agua para consumo humano y actividades productivas, así como la capacidad de adaptación frente a eventos climáticos extremos (IPCC, 2022b; UNESCO, 2021).

La literatura científica destaca que la pérdida de cuerpos de agua es un indicador crítico del deterioro ambiental y la vulnerabilidad hídrica. Desde una perspectiva ecosistémica, estos cuerpos desempeñan funciones de regulación climática, almacenamiento y filtración de agua, además de servir como hábitat de numerosas especies (Willaarts et al., 2014; Woodmansee et al., 2021). La teoría de la resiliencia ecológica Munguambe and Aung (2025) plantea que los ecosistemas acuáticos tienen un límite de capacidad de recuperación, y la presión continua puede llevar a un punto de no retorno.

2.2.6. Estrategias para la conservación y manejo sostenible

La literatura científica y estudios locales proponen diversas estrategias para la conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani:

Gestión integral y restauración ecológica:

Implementar estrategias respaldadas por evidencia, como la reforestación, la restauración de suelos y la regulación del uso del agua. Vasquez (2021) y Velarde

et al. (2025) sugieren que la reforestación y el uso razonable del agua subterránea son medidas esenciales para la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Captación de aguas pluviales:

La implementación de sistemas de recolección de aguas pluviales ha demostrado recuperar hasta un 15% del volumen perdido en fuentes naturales (Quispe, 2022). Esta medida es especialmente relevante en zonas de alta montaña y microcuencas donde la disponibilidad de agua es limitada.

Participación comunitaria:

La gestión comunitaria mejora la sostenibilidad y recuperación de cuerpos de agua. Mamani (2017) y Quispe (2022) han documentado que la participación activa de la comunidad en la conservación y manejo de las fuentes de agua ha contribuido a la recuperación parcial de la disponibilidad hídrica.

Monitoreo y actualización de inventarios:

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección permite identificar áreas prioritarias y evaluar el impacto de las intervenciones (Aju et al., 2021; Gupta & Gupta, 2024). El monitoreo continuo y la actualización de inventarios son fundamentales para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Educación ambiental y fortalecimiento de capacidades locales:

Promover la educación ambiental y el empoderamiento comunitario es fundamental para asegurar la legitimidad y eficacia de las acciones de conservación. La participación activa de la población y las autoridades en la concepción e implementación de estrategias de conservación es esencial para

garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos (EMSAPUNO, 2021; Villagómez et al., 2023).

2.2.7. Bases teóricas y marco conceptual

Munguambe and Aung (2025) exploran la teoría de la resiliencia ecológica, introduciendo presiones humanas hacia los ecosistemas acuáticos basadas en su capacidad de resistencia en constante aumento y en que habrá límites a la resiliencia antes de que los crecientes efectos antrópicos severos puedan dar lugar a un cambio de estado de un estado estable a otro. Se ha establecido, a través de numerosos estudios, que la disminución de las masas de agua se debe a las interacciones entre la presencia humana y los procesos naturales, que afectan tanto el ciclo hidrológico como la resiliencia del ecosistema (Dongare & Deota, 2023; Roy et al., 2024).

La posibilidad de desarrollar estrategias de conservación específicas del contexto para comprender los procesos a escala local se centra en el marco metodológico propuesto, que incorpora componentes estadísticos, espaciales y participativos (Gupta & Gupta, 2024; Pandey et al., 2024). Tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), imágenes satelitales y Google Earth Engine para identificar y monitorear masas de agua; participación activa de las comunidades y de las autoridades para que la propuesta sea viable a largo plazo (EMSAPUNO, 2021; Villagómez et al., 2023).

La gestión sostenible de las masas de agua es fundamental para el bienestar de las generaciones actuales y futuras, así como para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 6: “Agua limpia y saneamiento” (MINAM, 2021a, 2021b; UNESCO, 2021).

2.2.8. Analisis Jerarquico Multicriterio

Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP, Analytic Hierarchy Process) Una metodología de apoyo a la toma de decisiones nacida del trabajo de Saaty (1980), para resolver problemas complejos con múltiples especies involucradas en el proceso de evaluación. Consiste en estructurar el problema en una jerarquía formada por un objetivo, criterios e incluso subcriterios (cuando existen) y alternativas que permiten un análisis sistemático de cada uno de sus componentes.

Con el AHP es posible crear una jerarquía lógica para cada problema de decisión, y mediante la realización de comparaciones por pares puede establecerse la importancia relativa de cada criterio a partir de una escala básica de preferencia del 1 al 9 Saaty (1977). Estas comparaciones convierten las evaluaciones subjetivas de los expertos en valores numéricos, con base en los cuales se determinan los pesos (o importancia relativa) de los criterios para garantizar un apoyo objetivo para la decisión. También indica que una de las fortalezas centrales del AHP es la inclusión de un análisis de consistencia apropiado de los juicios. Para ello, el método calcula tanto el Índice de Consistencia (CI) como la Razón de Consistencia (CR), métricas que permiten comprobar si las comparaciones realizadas muestran un nivel de consistencia aceptable. Como indicador clave de la confiabilidad de los pesos derivados, una CR menor o igual a 0.10 sugiere que estas evaluaciones son consistentes y, en consecuencia, confiables (Saaty, 1980, 2021).

Luego, Saaty (2021) amplió el AHP hacia una perspectiva más amplia y lo denominó como uno de los métodos más típicos en la ciencia moderna de la toma de decisiones multicriterio. Esta colección de enfoques combina datos cuantitativos

y cualitativos, incluye el conocimiento experto y permite la priorización de criterios dentro de problemas complejos (por ejemplo 37). Estas características explican su amplia aplicación en áreas como la gestión ambiental, la planificación territorial, la evaluación de recursos naturales y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde los pesos obtenidos se utilizan para ponderar variables y desarrollar modelos de apoyo a la toma de decisiones espaciales.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que las variables relacionadas con la pérdida de cuerpos de agua y los factores considerados para la conservación fueron observadas y analizadas en su contexto natural, sin manipulación deliberada por parte del investigador. La información utilizada provino de registros existentes, imágenes satelitales, cartografía temática y bases de datos hidrológicas, las cuales fueron procesadas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el método de Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP).

Según (Hernández Sampieri et al., 2014), en los diseños no experimentales las variables no son manipuladas intencionalmente; el investigador observa los fenómenos tal como ocurren en su ambiente natural para posteriormente analizarlos.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es de alcance descriptivo, debido a que tuvo como propósito identificar y caracterizar la pérdida de los cuerpos de agua existentes en la microcuenca de Totorani, así como evaluar las condiciones ambientales relacionadas con su conservación. Asimismo, describió la distribución espacial de las variables analizadas y la importancia relativa de los criterios considerados para la formulación de estrategias de conservación.

De acuerdo con (Hernández Sampieri et al., 2014), los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y perfiles de un fenómeno sometido a análisis, permitiendo obtener una descripción detallada de la realidad investigada.

3.3. Enfoque de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que emplea datos numéricos obtenidos mediante información hidrológica, climática, cartográfica y espacial, los cuales fueron procesados mediante técnicas de análisis estadístico, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP). Este enfoque permitió medir, analizar e interpretar objetivamente las variables de estudio para alcanzar los objetivos planteados.

Según Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para responder preguntas de investigación, comprobar hipótesis y establecer patrones de comportamiento mediante procedimientos estadísticos y metodologías objetivas (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.4. Corte temporal de la investigación

La investigación corresponde a un diseño longitudinal, debido a que evaluó la pérdida de cuerpos de agua mediante el análisis de información correspondiente a diferentes periodos de tiempo, lo que permitió identificar la evolución espacial y temporal de dichos cuerpos de agua dentro de la microcuenca de Totorani. El análisis comparativo entre distintos años facilitó la identificación de tendencias de disminución y constituyó la base para la formulación de estrategias orientadas a su conservación.

Hernández et al. (2018) señalan que los diseños longitudinales se caracterizan por recolectar datos en diferentes momentos temporales con el propósito de analizar los cambios y la evolución de las variables a través del tiempo.

3.5. Ubicación

3.5.1. Ubicación geográfica

Departamento: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Puno

Localidad: Totorani Grande, Cachiña Grande, Lequene, San miguel Antoniani, San Salvador de Machallata, Llallahuane, Secsecani

3.5.2. Ubicación hidrográfica

Vertiente hidrográfica: Vertiente del Titicaca

Intercuenca: Intercuenca 0173

Microcuenca: Microcuenca de Totorani

3.6. Descripcion del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la microcuenca de Totorani, situada al noroeste de la ciudad de Puno, en el departamento de Puno, Perú. Esta microcuenca es un sistema hídrico de gran importancia para el suministro de agua dulce, la conservación de la biodiversidad de alta montaña y el desarrollo socioeconómico de las comunidades locales.

La microcuenca de Totorani se distingue por su elevada altitud, que varía entre los 3,800 y 4,200 metros sobre el nivel del mar, lo que la ubica en la región de alta montaña del sur peruano. El clima predominante es frío y seco, con lluvias concentradas en los meses de verano, y temperaturas que oscilan entre 2°C y 15°C, siendo comunes las heladas en invierno.

Desde el punto de vista hidrológico, el área está compuesta por una red de ríos, lagunas y manantiales que proveen agua tanto a la población local como a las actividades agrícolas y ganaderas. Destacan la laguna Totorani y varios manantiales, los cuales han experimentado una importante reducción en su caudal en la última década, según informes técnicos recientes (EMSAPUNO, 2021; Flores et al., 2023).

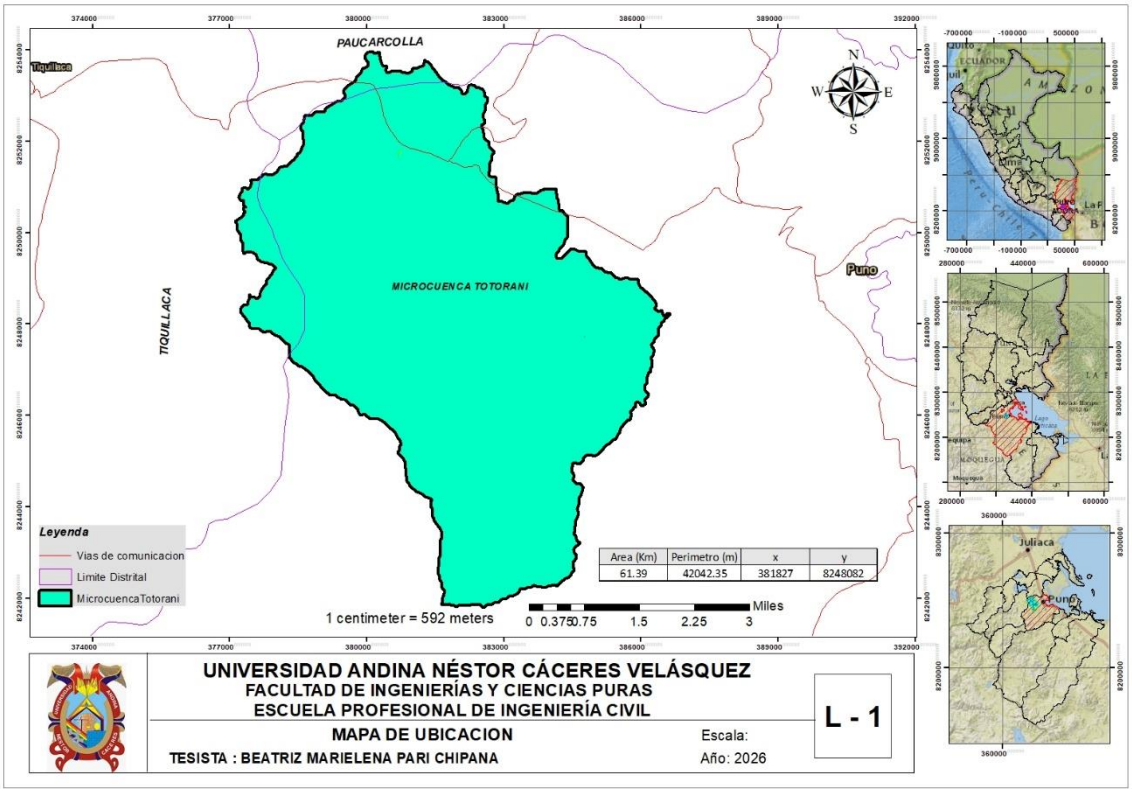
El uso del suelo en la microcuenca se centra principalmente en la agricultura de subsistencia y la producción ganadera, ambas de las cuales ejercen presión sobre los recursos hídricos. La expansión urbana y la deforestación han modificado

el paisaje en los últimos años, reduciendo las áreas para la recarga de agua e incrementando la vulnerabilidad ambiental de la región.

La microcuenca Totorani es significativa, porque no solo sirve para proporcionar agua para el consumo humano y del ganado, así como para el riego de la agricultura, sino que también contribuye a la conservación de la biodiversidad local y al equilibrio ambiental en la región. Aunque, poco a poco, se fue incrementando, la región presenta crecientes desafíos que superar: disminución de ríos y lagunas; escasez de un inventario actualizado, depurado y georreferenciado de cuerpos de agua; empeoramiento de la vulnerabilidad hídrica debido a los cambios climáticos y la presión urbana.

Figura 1

Mapa de ubicación de la microcuenca del río Totorani



En este sentido, la microcuenca Totorani representa una zona adecuada para identificar las causas y los impactos de la pérdida de cuerpos de agua, así

como para proponer planes de conservación y gestión que beneficien el bienestar de la población local y la sostenibilidad ambiental de esta región.

3.7. Población y muestra

3.7.1. Poblacion

Esta población, compuesta y especificada por las masas de agua (ríos, lagunas, manantiales) de la microcuenca de Totorani, así como por actores locales (comunidad, autoridades municipales y expertos).

3.7.2. Muestra

El muestreo también es no probabilístico, ya que las masas de agua seleccionadas se determinaron mediante SIG y teledetección.

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG):

Se utilizan imágenes de satélite y herramientas SIG (como Google Earth Engine y ArcGIS) para detectar, cartografiar y vigilar el tamaño y condición de los cuerpos de agua. Esta metodología facilita la actualización de inventarios y la determinación de áreas prioritarias para intervención (Aju et al., 2021; Villagómez et al., 2023).

Revisión bibliográfica:

Se examina detalladamente la literatura científica, informes técnicos y estudios previos, siguiendo el enfoque de triangulación de fuentes recomendado por IPCC (2022a, 2022b); MINAM (2021a, 2021b); UNESCO (2021).

Análisis estadístico y espacial:

Se utilizan métodos estadísticos para analizar las tendencias temporales y espaciales en la disminución de cuerpos de agua, así como para evaluar el impacto relativo de los factores identificados.

3.9. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables de estudio

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento
Variable de interés	**Pérdida de cuerpos de agua**	Identificación	Número de cuerpos de agua	Análisis geoespacial	ArcGIS, Sentinel-2
		Estado actual	Área de cuerpos de agua (ha)	Análisis multitemporal	NDWI, Sentinel-2
		Variación temporal	Cambio de superficie (%)	Comparación temporal	ArcGIS
		Disponibilidad hídrica	Caudal (L/s)	Análisis hidrológico	SENAMHI, PMO EMSA Puno
		Factores asociados	Deforestación, contaminación, extracción hídrica y cambios en el uso del suelo	Análisis espacial y documental	Cartografía ZEE, Sentinel-2, PMO EMSA Puno
Variable de caracterización	**Estrategias de conservación de los cuerpos de agua**	Restauración de ecosistemas	Áreas priorizadas	Análisis técnico	Mapas temáticos
		Gestión del recurso hídrico	Sistemas de captación propuestos	Análisis documental	Bibliografía especializada
		Conservación del suelo	Prácticas agrícolas sostenibles	Revisión documental	Normativa y literatura
		Gobernanza	Comités de gestión	Talleres participativos	Actas y fichas
		Educación ambiental	Programas de capacitación	Revisión documental	Planes ambientales
		Financiamiento	Mecanismos de financiamiento	Análisis documental	Normativa y documentos técnicos

3.10. Procedimiento metodológico

3.10.1. Identificar y mapear los cuerpos de agua presentes en la microcuenca de Totorani, incluyendo ríos, lagunas, y manantiales, así como su estado actual y posibles cambios a lo largo del tiempo:

a) Recopilación de información geoespacial

Se recopiló información cartográfica y de percepción remota correspondiente a la microcuenca de Totorani. Como insumo principal se descargó el Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución espacial, obtenido desde la plataforma ASF Vertex de la Alaska Satellite Facility (ASF), administrada por la NASA y la Universidad de Alaska. Este modelo proporciona información altimétrica del terreno, incluyendo elevación, pendiente, orientación del relieve y características geomorfológicas utilizadas para la delimitación de la microcuenca y el análisis hidrológico**.**

Fuente oficial de descarga: https://search.asf.alaska.edu/

Asimismo, se descargaron imágenes satelitales de los sensores Sentinel-2A y Sentinel-2B, pertenecientes al programa europeo Copernicus, las cuales presentan resoluciones espaciales de 10, 20 y 60 m según la banda espectral. Estas imágenes contienen información en las bandas del espectro visible, infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR), permitiendo identificar y delimitar cuerpos de agua mediante el cálculo del Índice Normalizado de Diferencia de Agua (NDWI) y el análisis multitemporal**.**

Fuente oficial de descarga: https://browser.dataspace.copernicus.eu/,

https://dataspace.copernicus.eu/

De manera complementaria, se recopiló información vectorial en formato Shapefile (.shp) correspondiente a centros poblados, vías de comunicación, cobertura vegetal, geología, capacidad de uso mayor de tierras y uso del suelo, obtenida de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Puno, elaborada por el Gobierno Regional de Puno. Estas capas fueron empleadas para caracterizar el entorno físico y ambiental de la microcuenca y apoyar la interpretación de los resultados.

Fuente de descarga: https://zee.ot.regionpuno.gob.pe/

b) Preparación y procesamiento de la información

Toda la información geoespacial fue organizada en un mismo sistema de referencia (WGS 84, UTM Zona 19 Sur), garantizando la compatibilidad entre las capas temáticas. Posteriormente, las imágenes satelitales fueron recortadas utilizando el límite de la microcuenca de Totorani como área de estudio.

c) Estimación de las zonas de recarga hídrica mediante el Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP)

Con el propósito de identificar las zonas con mayor potencial de recarga hídrica dentro de la microcuenca Totorani, se aplicó el método de Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP) propuesto por Saaty (1980). Este método permitió jerarquizar la importancia relativa de las variables físicas que intervienen en el proceso de infiltración y recarga de agua subterránea mediante comparaciones por pares**.**

Para la evaluación se consideraron cinco variables del medio físico: cobertura vegetal, pendiente, capacidad de uso mayor de tierras (CUM), geología

y uso del suelo. Cada una de estas variables fue preparada como una capa temática en formato ráster y posteriormente estandarizada para su análisis en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS).

Las variables fueron organizadas en una matriz de comparación por pares de 5 × 5, utilizando la escala fundamental de Saaty, cuyos valores oscilan entre 1 y 9 para expresar la importancia relativa entre los criterios. A partir de esta matriz se calcularon los pesos de cada variable, así como el Índice de Consistencia (CI) y la Razón de Consistencia (CR), verificando que las comparaciones realizadas presentaran una consistencia aceptable (CR ≤ 0,10), conforme a la metodología propuesta por Saaty (Saaty, 1987).

Los pesos obtenidos fueron asignados a las capas temáticas mediante la herramienta Weighted Overlay de ArcGIS, obteniéndose como resultado el mapa de zonas con potencial de recarga hídrica de la microcuenca Totorani, clasificado en diferentes niveles de aptitud para la infiltración y almacenamiento del recurso hídrico**.**

d) Aplicación del Analisis Jerarquico Multicriterio (AHP)

Se aplicó el método de Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP) para obtener posibles zonas de recarga de agua en la microcuenca de Totorani con cinco variables físicas ambientales: cobertura vegetal, pendiente, tipo de suelo, geología y uso del suelo del sitio. La importancia de cada criterio se determinó mediante la matriz de comparación por pares de tamaño 5×5. Luego, la matriz se normalizó para identificar el vector de prioridades (pesos) y, finalmente, se verificó la consistencia de los juicios mediante el Índice de Consistencia (CI) para cada matriz de comparación por pares a través de la Razón de Consistencia (CR).

e) Identificación y delimitación de los cuerpos de agua

Posteriormente, la identificación de los cuerpos de agua se realizó mediante el procesamiento de imágenes satelitales Sentinel-2A y Sentinel-2B, utilizando el Índice Normalizado de Diferencia de Agua (NDWI), el cual permitió resaltar las superficies con presencia de agua y diferenciarlas de otras coberturas del terreno. Los resultados obtenidos fueron complementados mediante interpretación visual y digitalización para mejorar la delimitación de ríos, lagunas y manantiales presentes en la microcuenca.

f) Verificación de campo y aforamiento del caudal

Con la finalidad de validar la información obtenida mediante el análisis de imágenes satelitales y caracterizar el estado hidrológico actual de los cuerpos de agua identificados, se realizó una verificación de campo (in situ) en los principales ríos de la microcuenca de Totorani. Durante esta actividad se corroboró la ubicación y permanencia de los cuerpos de agua, registrándose además sus características físicas y ambientales mediante observación directa.

Asimismo, se efectuó el aforamiento del caudal utilizando el método del correntómetro, el cual consiste en medir la velocidad del flujo del agua en diferentes puntos de la sección transversal del cauce para posteriormente calcular el caudal mediante la expresión:

$$Q = A \times V$$

donde:

- Q = caudal (m^3/s)
- A = área de la sección transversal del cauce (m^2)
- V = velocidad media del flujo (m/s)

Para ello, previamente se determinó el ancho del cauce y las profundidades en varios puntos de la sección de medición, calculándose posteriormente el área hidráulica. La velocidad del flujo fue obtenida mediante un correntómetro instalado en los puntos de medición establecidos, permitiendo determinar el caudal de los cuerpos de agua evaluados

g) Análisis multitemporal de los cuerpos de agua

Una vez delimitados los cuerpos de agua, se efectuó un análisis comparativo utilizando imágenes satelitales correspondientes a diferentes años de estudio. Este procedimiento permitió identificar cambios en la extensión superficial de los cuerpos de agua y evaluar su estado de conservación, determinando las áreas que registraron pérdida, permanencia o incremento de la cobertura hídrica.

h) Elaboración de mapas temáticos

Finalmente, toda la información obtenida fue integrada en ArcGIS para la elaboración de los mapas temáticos correspondientes a la distribución de los cuerpos de agua, el potencial de recarga hídrica y los cambios identificados durante el periodo de estudio. Estos productos cartográficos constituyeron la base para el análisis de la pérdida de cuerpos de agua y la formulación de estrategias de conservación.

3.10.2. Analizar los factores y procesos que han contribuido a la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca, tales como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos, y los cambios en el uso del suelo

a) Recopilación de información geoespacial e hidrológica

Se recopiló información geoespacial en formato ráster y vectorial de la microcuenca de Totorani, utilizando imágenes satelitales Sentinel-2A y Sentinel-2B, así como capas temáticas de cobertura vegetal, uso del suelo, capacidad de uso mayor de tierras (CUM), geología, red hidrográfica, centros poblados y vías de comunicación, obtenidas de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Puno.

Asimismo, se recopiló información complementada con los aforos de los manantiales de Ccotos, Totorani Pata y Cachiña Grande del periodo 2023–2024, obtenidos del Plan Maestro Optimizado (PMO) de la Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno S.A. (EMSA Puno), y para el periodo 2025 se hizo el aforamiento In-situ para analizar la variación de la disponibilidad hídrica en la microcuenca.

b) Procesamiento de la información geoespacial

La información geoespacial fue procesada en ArcGIS, donde se realizó la corrección, estandarización y superposición de las capas temáticas. Posteriormente, mediante análisis espacial e interpretación de imágenes satelitales, se identificaron los cambios en la cobertura vegetal, el uso del suelo, la extensión de humedales y bofedales.

c) Evaluación del impacto de la deforestación

La pérdida de cobertura vegetal fue determinada mediante el análisis comparativo de imágenes satelitales correspondientes a diferentes periodos y su contraste con la cartografía temática de cobertura vegetal. Posteriormente, se evaluó su influencia sobre la capacidad de infiltración y la recarga hídrica en las zonas alta, media y baja de la microcuenca, identificando las áreas con mayor reducción de cobertura vegetal y estimando la disminución de la infiltración asociada a este proceso.

d) Evaluación de la contaminación

Se evaluó la influencia de la contaminación sobre la disponibilidad hídrica mediante el análisis comparativo de los caudales registrados en los manantiales de Ccotos, Totorani Pata y Cachiña Grande. Para ello, se utilizaron los aforos correspondientes a los años 2023 y 2024 obtenidos del Plan Maestro Optimizado (PMO) de EMSA Puno, complementados con el aforamiento in situ realizado durante el año 2025 mediante el método del correntómetro. Posteriormente, se compararon los registros para determinar la variación temporal del caudal y estimar la reducción de la disponibilidad de agua en las principales surgencias de la microcuenca.

e) Evaluación de la extracción excesiva de recursos hídricos

Se comparó la superficie de humedales y bofedales mediante imágenes satelitales de diferentes periodos para determinar la reducción de su extensión y relacionarla con la extracción de agua para consumo humano y actividades agropecuarias.

f) Evaluación de los cambios en el uso del suelo

Se analizaron los cambios en el uso del suelo mediante información de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de Puno e imágenes satelitales Sentinel-2A y Sentinel-2B, identificando las áreas transformadas y su relación con la pérdida de cuerpos de agua.

g) Integración e interpretación de resultados

Finalmente, los resultados obtenidos para cada uno de los factores evaluados fueron integrados mediante análisis espacial y revisión técnica, permitiendo determinar su influencia relativa sobre la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani. La información obtenida constituyó el sustento técnico para la identificación de las principales causas del deterioro del recurso hídrico y sirvió de base para la formulación de las estrategias de conservación desarrolladas en el tercer objetivo específico**.**

3.10.3. Diseñar y proponer medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas.

a) Recopilación de información

Se recopilaron los resultados obtenidos en los ítems 3.10.1. y 3.10.2, información bibliográfica, normativa vigente y experiencias relacionadas con la conservación y gestión sostenible de los recursos hídricos.

b) Identificación de áreas prioritarias

Se identificaron las áreas prioritarias para la conservación utilizando el mapa

de potencial de recarga hídrica, los mapas de pérdida de cuerpos de agua y los factores que contribuyen a su deterioro.

c) Formulación de las estrategias de conservación

Se diseñaron estrategias de conservación considerando la restauración de ecosistemas, la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, la participación comunitaria, la educación ambiental y mecanismos de financiamiento para la conservación.

d) Definición de metas e indicadores

Para cada estrategia se establecieron objetivos, metas e indicadores que permitan evaluar su implementación y contribuir al seguimiento de las acciones de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua.

e) Elaboración de la propuesta final

Finalmente, se integraron las estrategias, metas e indicadores en una propuesta de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua de la microcuenca de Totorani, orientada a fortalecer la gestión del recurso hídrico con la participación de los actores locales.

3.11. Fundamentación bibliográfica

La metodología se basa en la convergencia de enfoques y técnicas respaldados por la literatura científica tanto internacional como nacional, los cuales enfatizan la importancia de combinar métodos cuantitativos y cualitativos, implementar tecnologías geoespaciales y promover la participación comunitaria

para hacer frente a la disminución de cuerpos de agua (Aju et al., 2021; Dongare & Deota, 2023; EMSAPUNO, 2021; Gupta & Gupta, 2024; IPCC, 2022a, 2022b; Mamani, 2017; MINAM, 2021a, 2021b; Mishra et al., 2023; Quispe, 2022; Roy et al., 2024; UNESCO, 2021; Villagómez et al., 2023; Wang et al., 2023).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentacion de resultados

Los resultados obtenidos constituyen una base disciplinaria para el diseño y la planificación de obras hidráulicas para la conservación del agua en la microcuenca, tales como qochas, zanjas de infiltración, sistemas de captación, reservorios y estructuras de regulación del escurrimiento, que permiten el uso sostenible de los recursos hídricos dentro de la ingeniería civil.

4.1.1. Identificación y mapeo de los cuerpos de agua presentes en la microcuenca de Totorani, incluyendo ríos, lagunas, y manantiales, así como su estado actual y posibles cambios a lo largo del tiempo

La microcuenca de Totorani, localizada en el distrito de Puno, Perú, abarca un área aproximada de 61,39 km² y desempeña un papel crucial en el suministro de agua para más de 21,000 personas. El empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Análisis Jerárquico Multicriterio ha permitido clasificar y mapear los cuerpos de agua.

4.1.1.1. Análisis Jerárquico

La variabilidad climática y las precipitaciones irregulares han acentuado la mengua de caudales y la disminución de cuerpos de agua.

Tabla 2

Matriz de comparación de pares para utilizadoa en el AHP.

Criterio	Cobertura vegetal	Pendiente	Tipo de suelo	Geologia	Uso de suelo
Cobertura vegetal	1	2	5	7	9
Pendiente	1/2	1	3	4	7
Tipo de suelo	1/5	1/3	1	2	5
Geologia	1/7	1/4	1/2	1	3
Uso de suelo	1/9	1/7	1/5	1/3	1
SUMA	2.0	3.7	9.7	14.3	25.0
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.07	0.04

Tabla 3

Matriz de normalización utilizada en el AHP.

Criterio	Cobertura vegetal	Pendiente	Tipo de suelo	Geologia	Uso de suelo	Vector priorización
Cobertura vegetal	0.51	0.54	0.52	0.49	0.36	0.48
Pendiente	0.26	0.27	0.31	0.28	0.28	0.28
Tipo de suelo	0.10	0.09	0.10	0.14	0.20	0.13
Geologia	0.07	0.07	0.05	0.07	0.12	0.08
Uso de suelo	0.06	0.04	0.02	0.02	0.04	0.04

Tabla 4

Pesos obtenidos mediante el AHP.

Variable	Peso
Cobertura vegetal	0.48
Pendiente	0.28
Tipo de suelo	0.13
Geología	0.08
Uso del suelo	0.04

El uso del Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP) finalmente permitió la comparación jerárquica de las variables involucradas en el proceso de recarga de agua. La **Tabla 4** muestra los resultados del vector de priorización, que indica la

cobertura vegetal (0.48) (48%), la pendiente (0.28) (28%), el tipo de suelo (0.13) (13%), la geología (0.08) (8%) y el uso de la tierra, respectivamente, con un orden ascendente de importancia, que se vieron afectados por múltiples palabras clave de las razones de aspecto de los factores de peso basadas en el método de ponderación igualitaria. Estos resultados muestran que la cobertura de la vegetación y la topografía son los mejores factores determinantes de la infiltración y el almacenamiento de agua en la microcuenca de Totorani.

Tabla 5

Hallando el vector suma ponderado.

Resultados de la operación de matrices					Vector Suma Ponderada
0.48	0.56	0.63	0.53	0.32	2.53
0.24	0.28	0.38	0.31	0.25	1.46
0.10	0.09	0.13	0.15	0.18	0.65
0.07	0.07	0.06	0.08	0.11	0.39
0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.18

Tabla 6

Índice de consistencia y relación de los parámetros del medio físico.

		Vector Suma Ponderado / Vector Priorizacion
		5.24
		5.23
		5.11
		5.06
		5.03
	SUMA	25.67
	PROMEDIO	5.13
INDICE DE CONSISTENCIA	**IC**	0.03
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	**RC**	0.03

El análisis de consistencia propuesto por Saaty se realizó para validar la confiabilidad del modelo. La **Tabla 6** presenta un Índice de Consistencia (IC) de 0.03 y una Razón de Consistencia (RC) de 0.03, muy por debajo del valor de aceptabilidad (0.10). La comparación, por lo tanto, manifiesta cierta consistencia

matemática que justifica los pesos utilizados para producir el mapa de potencial de recarga mostrado en la microcuenca Totorani.

Se identificaron las áreas de recarga hídrica en cuatro niveles de susceptibilidad (**Figura 2**):

- Muy alta: 3.7 % del área (≈2,3 km²)
- Alta: 40,0% del área (≈24,5 km²)
- Moderada: 56,0% del área (≈34,4 km²)
- Baja: 0,3% del área (≈0,2 km²)

4.1.1.2. Principales recursos hídricos identificados

Bofedales y humedales de altura: Ecosistemas esenciales para la recarga hídrica, situados primordialmente en las zonas de Huancho y Ccotos. Han evidenciado una disminución en su extensión y capacidad de infiltración debido a la expansión de la actividad agrícola y el sobrepastoreo.

Manantiales: Los miembros de la comunidad informan de una reducción de caudales de hasta un 20% en las dos últimas décadas, atribuida a la variabilidad climática y la presión antropogénica.

Ríos y quebradas: Los principales cauces identificados (Totorani, Lluscamayo, Quelloccaca, Cachiña y Llallahuane) mantienen su función de desagüe, aunque presentan variaciones estacionales y una disminución del caudal en épocas secas.

4.1.1.3. Cambios observados a lo largo del tiempo

Reducción en caudales y extensión: Se ha registrado una marcada disminución en la extensión de los bofedales y en el caudal de los manantiales, especialmente en las áreas con una fuerte presión agrícola y urbana.

Fragmentación de los ecosistemas: La acción humana ha provocado la fragmentación de los humedales y ha reducido la conectividad entre los cuerpos de agua.

Amenazas identificadas: Expansión de la actividad agrícola, sobrepastoreo, variabilidad climática y falta de coordinación interinstitucional.

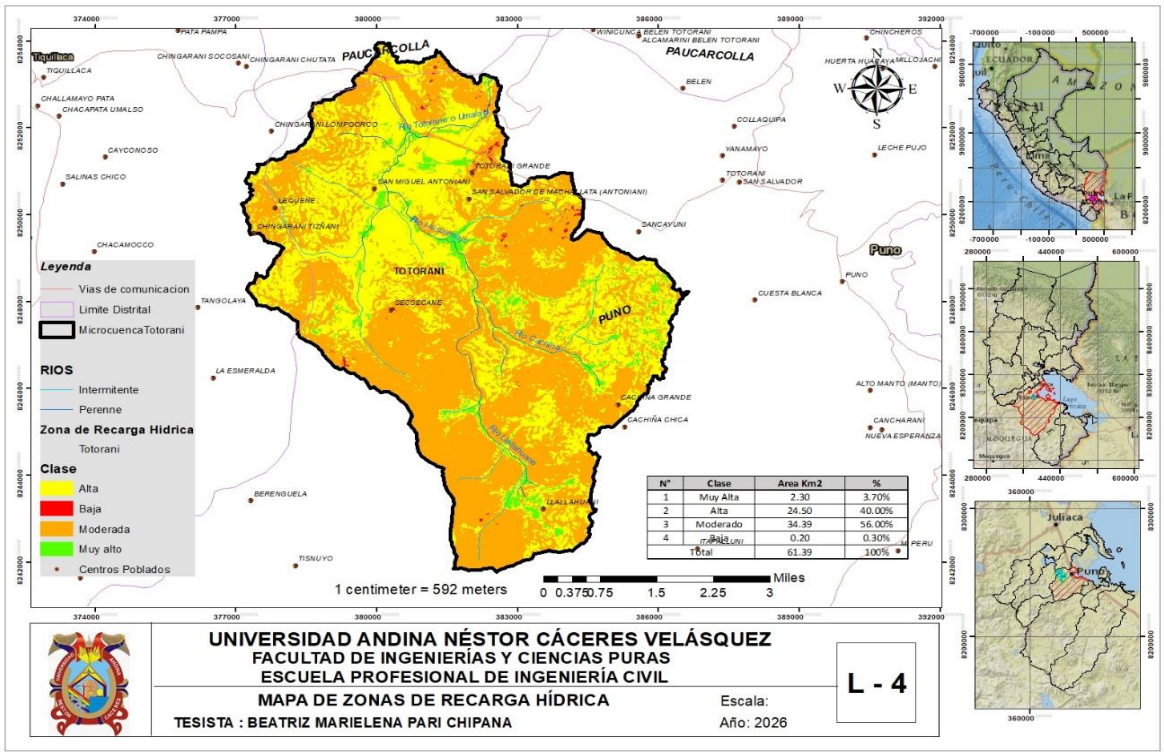
4.1.1.4. Áreas prioritarias para intervención

Se han identificado tres zonas prioritarias:

- Alta cuenca (sector Huancho–Ccotos): Bofedales y humedales clave para la regulación hídrica.
- Zona media (andenes tradicionales): Potencial para la restauración y prácticas agrícolas sostenibles.
- Zona baja (periurbana de Puno): Alta presión humana y riesgo de pérdida de manantiales.

Figura 2

Mapa de las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca de Totorani.



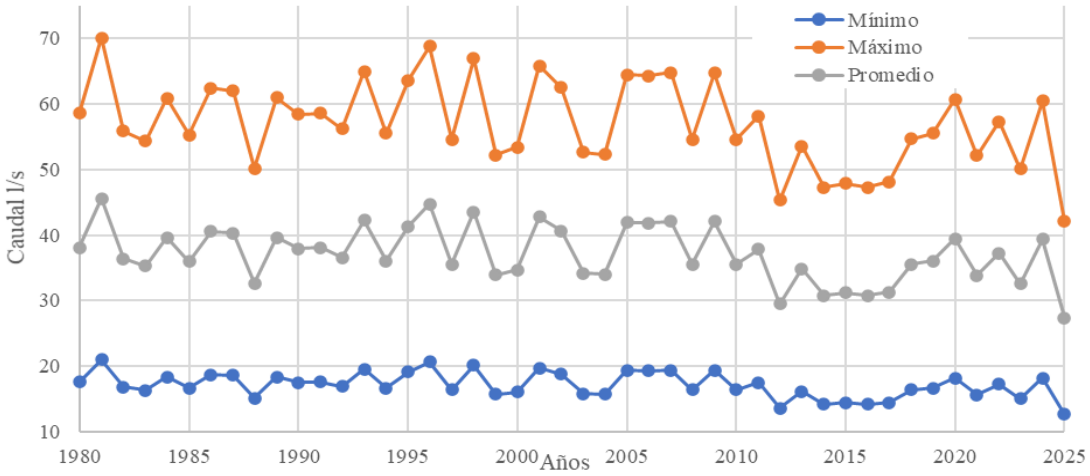
El mapeo y análisis espacial, complementados con la validación participativa, permitieron identificar y clasificar los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, evidenciando una disminución significativa en la extensión y caudal de los ecosistemas hídricos más críticos (bofedales y manantiales). Los resultados indican que el 56% del área presenta condiciones moderadas de recarga, mientras que las zonas de muy alta y alta recarga albergan los cuerpos de agua principales y demandan acciones urgentes de conservación.

La **Figura 3** muestra la variación temporal del caudal promedio de la microcuenca del río Totorani durante el periodo 1980-2025. Se observa una clara tendencia decreciente en la disponibilidad hídrica durante los últimos 45 años. Los primeros años del período de estudio, es decir, durante las décadas de 1980 y 1990, se registran algunos de los caudales promedio más altos más de 40 L/s, lo que

sugiere condiciones hidrológicas más benignas y una mayor regulación natural del sistema.

Figura 3

Distribucion de los caudales en función de los años monitoreados



A medida que avanzan los años 2000, la variabilidad de los caudales interanuales aumenta y se registra una tendencia a la baja en los caudales promedio, que en los años más recientes baja a menos de 35 L/s. La reducción se acelera a partir del año 2012 y, en 2025, se registra el caudal promedio anual más bajo de 27 L/s. La tendencia decreciente de los caudales en la figura sugiere un deterioro del régimen hidrológico de la microcuenca, que puede ser producto de la interacción de la variabilidad climática natural con factores antropogénicos como la variabilidad de la precipitación, el aumento en la frecuencia e intensidad de los períodos de estiaje, la deforestación, la expansión de la agricultura y la extracción continua de los recursos hídricos, entre otros. En su conjunto, los resultados confirman una reducción sostenida de la oferta hídrica, mayor vulnerabilidad de la microcuenca y limitación de su capacidad para atender la demanda ambiental y socioeconómica.

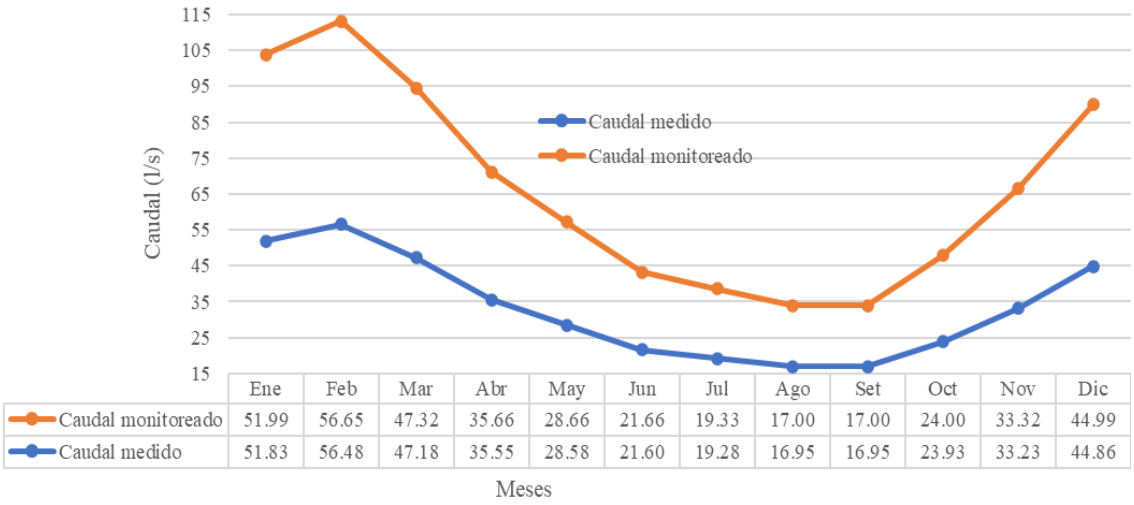
En la **Figura 4**, podemos observar el cambio de los caudales registrados a lo largo de los diferentes meses y estaciones durante un año hidrológico en la microcuenca de Totorani. La disponibilidad estacional de los recursos hídricos se muestra mediante la marcada estacionalidad en los caudales observándose caudales más altos durante los meses de la temporada de lluvias, esencialmente entre diciembre y marzo. Durante este periodo, la contribución de las precipitaciones incrementa la escorrentía superficial y las fuentes de agua se recargan. En cambio, es en la estación seca, de mayo a septiembre, cuando observamos los caudales más bajos, ya que no hay precipitaciones y el flujo en nuestros canales es mínimo.

Además, la variación entre los caudales máximos y mínimos indica que las microcuencas dependen de las precipitaciones estacionales, exponiendo los recursos hídricos a sequías severas. Esto conduce a variabilidad en la hidrología, que determina directamente cuánta agua hay disponible para que las personas la usen en consumo para la agricultura, ganadería, así como para conservar los ecosistemas vinculados a estos recursos. Por esta razón, es necesario establecer medidas de gestión y conservación que permitan regular y utilizar sosteniblemente este recurso hídrico a lo largo del año.

Para determinar si la tendencia en el caudal de escorrentía (streamflow) de de la microcuenca de Totorani es estadísticamente significativa, sugerimos utilizar la prueba no paramétrica de Mann-Kendall combinada con el estimador de la pendiente de Sen. Estos análisis permitirán establecer si el descenso observado es estadísticamente significativo y cuánto ha disminuido.

Figura 4

Diferencia de caudales durante el año hidrologico



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Caudal monitoreado	51.99	56.65	47.32	35.66	28.66	21.66	19.33	17.00	17.00	24.00	33.32	44.99
Caudal medido	51.83	56.48	47.18	35.55	28.58	21.60	19.28	16.95	16.95	23.93	33.23	44.86

Dichos biomas cumplen un papel vital en la regulación del flujo hídrico al actuar como reservorios naturales que permiten sostener el caudal base en épocas de estiaje. En contraposición, áreas de recarga baja y muy baja se distribuyen principalmente en áreas con mayor intervención antrópica, con predominancia de la actividad agrícola, urbanización y pérdida de cobertura vegetal. Estas condiciones reducen fuertemente la infiltración hídrica y favorecen la escorrentía superficial, lo cual conlleva a una fuerte reducción del caudal en el río Totorani.

Los resultados obtenidos de la **Figura 3** y **Figura 4** demuestran una correlación directa entre la disminución temporal del caudal y la capacidad de recarga hídrica del espacio en la microcuenca de Totorani. Al analizar la tendencia a la baja del caudal promedio anual, se encuentra una progresiva pérdida de la capacidad reguladora del sistema hidrológico, vinculada intrínsecamente a la reducción y degradación de zonas de recarga identificadas en el análisis espacial. La reducción del caudal en las últimas décadas, se puede atribuir a la infiltración efectiva en dichas zonas de recarga, producto de la deforestación, sobrepastoreo,

agricultura y presión urbana, y la variabilidad climática en la temporalidad de las precipitaciones.

La menor resiliencia de la microcuenca en períodos de bajo y escasez caudal manifiesta un mayor riesgo y demanda de los recursos disponibles, lo que no solo pone en riesgo la sostenibilidad a largo plazo sino también a corto plazo. De manera consensuada, esta afirmación refuerza la hipótesis de que la disminución del caudal y la desaparición de cuerpos de agua no responden a un solo factor sino a la interacción de procesos naturales y antrópicos que zonifican el ciclo hidrológico. Asimismo, se logra justificar la necesidad de asumir esfuerzos de conservación enfocados en zonas de recarga y en una administración integral como medida necesaria para revertir la tendencia a una corrección en un equilibrio hídrico.

Esta investigación se limitó al análisis espacial mediante SIG y AHP; por lo tanto, no se desarrolló ningún modelado hidrológico dinámico utilizando software especializado como HEC-HMS, SWAT o WEAP. Se alienta a que futuros estudios hagan esto empleando estas herramientas para simular cambios en el uso del suelo y la disponibilidad de agua.

4.1.2. Análisis de factores y procesos que han contribuido a la pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca, tales como la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de recursos hídricos, y los cambios en el uso del suelo

El análisis efectuado en la microcuenca de Totorani pone de manifiesto que la reducción de cuerpos de agua obedece a una interacción compleja entre factores antropogénicos y naturales, cuyos efectos se han visto acentuados en la última

década. Los factores principales identificados y cuantificados a través del modelo multicriterio y la validación participativa son los siguientes:

1. Deforestación

La deforestación se erige como uno de los principales impulsores de la disminución de cuerpos de agua, al incidir directamente en el ciclo hidrológico y la recarga de acuíferos.

Impacto cuantificado: Se estima que la deforestación ha mermado la capacidad de infiltración en las áreas de bofedales y humedales en un 15% durante la última década (**Tabla 7**).

Tabla 7

Impacto de la deforestación en la capacidad de infiltración y recarga hídrica.

Zona	Cobertura vegetal perdida (%)	Reducción de infiltración (%)
Alta	12	15
Media	10	13
Baja	8	10

Las zonas más afectadas corresponden a la región alta y media de la microcuenca, donde el manto vegetal ha sido sustituido por cultivos y pastizales.

2. Contaminación

La contaminación de origen agrícola y doméstico atenúa la calidad y cantidad de agua disponible, afectando de manera particular a los manantiales y ríos.

Respecto a la **Tabla 8**, se genera un resumen de la variación del caudal de los manantiales de la problemática durante el periodo 2023 – 2025, lo que sustenta

la disminución sostenida en cuanto a la disponibilidad de agua. En cuanto al año 2023, hay que decir que el caudal se calculó como de 32.55 l/s, lo que representa la condición previa para la intensificación de los procesos de contaminación.

Tabla 8

Disminución de caudal y calidad de manantiales por contaminación.

Zona	Caudal 2023 (l/s)	Caudal 2024 (l/s)	Caudal 2025 (l/s)	Disminución 2023-2025 (%)	Calidad actual
Ccotos	32.55	15.00	23.78	26.94	Regular
Totorani Pata	39.35	18.20	28.78	26.86	Regular
Cachina Grande	27.35	12.60	19.98	26.95	Deficiente

Según la **Tabla 8**, la evolución del caudal y del estado de calidad del agua de las surgencias en la microcuenca de Totorani evidencio una tendencia de disminución en la disponibilidad y accesibilidad de los recursos hídricos subterráneos durante el período de estudio. Los resultados parecen indicar un fenómeno de disminución de la accesibilidad al agua subterránea relacionado con procesos recurrentes debido a la contaminación antropogénica y a la lenta erosión de las zonas de recarga.

En el año 2024 las surgencias evaluadas presentaron caudales de 15,00 L/s en Ccotos, 18,20 L/s en Totorani Pata y 12,60 L/s en Cachina Grande. En comparación con los registros del año 2023, se observó una disminución en los tres puntos de monitoreo. Respecto a la calidad actual del agua, las surgencias de Ccotos y Totorani Pata fueron clasificadas como de calidad regular, mientras que Cachina Grande presentó una calidad deficiente.

Las mediciones de parámetros hidrológicos realizadas durante las campañas de campo corresponden a mediciones directas en campo, se registró un caudal de 23,78 l/s para el año 2025 en Ccotos, así como valores similares

obtenidos en las principales surgencias de la microcuenca. Sin embargo, para la mayoría de los puntos de monitoreo y períodos de evaluación analizados, esta mayor disponibilidad de agua no es suficiente para compensar la escasez hídrica general.

La comparación de los registros de 2023 a 2025 indica que el caudal de las surgencias se redujo en aproximadamente un 26.94 %, lo que nuevamente confirma el impacto adverso de la contaminación tanto en la cantidad como en la calidad del agua. Estos resultados, evidencian a través de la presión antropogénica sobre la capacidad natural de recarga, establecen que la degradación de los recursos hídricos es consecuencia de eventos continuos inherentemente posibles de cambiar la dinámica espacio-temporal, más que de eventos aislados.

Durante ambas visitas de campo y entrevistas in situ con los residentes locales, se encontró que los residuos sólidos en las temporadas húmedas se depositaban en los canales, así como que se observaban provenientes de las descargas de las surgencias. Lo mismo contribuye indirectamente a la pérdida de la calidad del agua, promoviendo una disminución de los caudales y generando consecuencias negativas en los ecosistemas asociados, incrementando la vulnerabilidad ambiental para la microcuenca de Totorani.

3. Extracción excesiva de recursos hídricos

La intensa utilización del agua para riego y consumo humano ha disminuido el caudal de manantiales y lagunas, especialmente en períodos de sequía.

Impacto cuantificado: La extracción excesiva ha ocasionado una reducción de hasta un 18% en la extensión de humedales y una disminución importante en la interconexión entre cuerpos de agua (**Tabla 9**).

Tabla 9

Reducción de extensión de humedales y bofedales por extracción excesiva

Ecosistema	Extensión inicial (km²)	Extensión actual (km²)	Reducción (%)
Bofedales	10	8.2	18
Humedales	7.5	6.2	17.3

Las zonas periurbanas y agrícolas presentan una mayor presión sobre los recursos hídricos.

4. Cambios en el uso del suelo

La expansión agrícola y urbana ha alterado el panorama, fragmentando los humedales y reduciendo las áreas de recarga hídrica.

Impacto cuantificado: El cambio en el uso del suelo ha provocado una pérdida del 10% en la superficie de bofedales y una mayor fragilidad hídrica en la región baja de la microcuenca (ver **Figura 2**).

5. Otros procesos relevantes

La variabilidad climática y las precipitaciones irregulares han acentuado la mengua de caudales y la disminución de cuerpos de agua.

El sobrepastoreo compacta los suelos y reduce la infiltración, exacerbando la erosión y la escorrentía superficial.

Los resultados revelaron que la deforestación, la contaminación, la extracción excesiva de agua y los cambios en el uso del suelo son las principales causas del deterioro de los cuerpos de agua en la microcuenca Totorani. El análisis multicriterio y la validación participativa empleados para cuantificar estos impactos e identificar las regiones más susceptibles a ellos permiten formular bases confiables para directrices de conservación y gestión sostenible.

4.1.3. Diseñar y proponer medidas y estrategias de conservación y manejo sostenible de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani, con la participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otras partes interesadas

Un análisis profundo de la microcuenca Totorani pone de manifiesto la necesidad de un conjunto de intervenciones técnicas, socioeconómicas y de gobernanza para revertir la tendencia de degradación a largo plazo de los cuerpos de agua y asegurar la disponibilidad sostenible del agua. Nuestras estrategias propuestas se basan en los hallazgos del análisis espacial, la validación participativa y las mejores prácticas encontradas mediante la revisión de la literatura y talleres comunitarios.

1. Restauración y protección de ecosistemas cruciales

Acción: Restaurar y proteger los bofedales, humedales y manantiales identificados como zonas de recarga "muy alta" y "alta" (consultar Figura 2: Cartografía de áreas potenciales de recarga hídrica).

Objetivo: Recuperar al menos el 10% de la extensión de bofedales en los próximos cinco años mediante reforestación, control de pastoreo y gestión de aguas superficiales.

Indicador: Superficie restaurada (km^2), cantidad de manantiales protegidos.

2. Implementación de sistemas de captación de aguas pluviales

Acción: Instalar sistemas de recolección de aguas pluviales en comunidades rurales y periurbanas, priorizando áreas con escasez de agua.

Objetivo: Aumentar la disponibilidad de agua durante la temporada seca y disminuir la presión sobre manantiales y ríos.

Indicador: Número de sistemas instalados, volumen de agua capturado (m^3/año).

3. Promoción de prácticas agrícolas sustentables

Acción: Promover el uso de terrazas, rotación de cultivos y técnicas de conservación de suelos en la zona media de la microcuenca.

Objetivo: Reducir la erosión y mejorar la infiltración, disminuyendo la pérdida de cuerpos de agua por escorrentía.

Indicador: Superficie cultivada con prácticas sostenibles, reducción de erosión (%).

4. Promoción de la gobernanza y participación comunitaria

Acción: Establecimiento y fortalecimiento de comités de gestión de cuenca con representación de comunidades, autoridades municipales, entidades públicas y organizaciones sociales.

Meta: Garantizar la planificación participativa, vigilancia y seguimiento de las acciones de conservación.

Indicador: Cantidad de comités activos, frecuencia de reuniones, grado de participación de la comunidad.

5. Educación ambiental y formación

Acción: Desarrollo de programas de educación ambiental y capacitación técnica dirigidos a líderes comunitarios, agricultores y estudiantes.

Meta: Incrementar el conocimiento sobre la importancia de los recursos hídricos y las prácticas de conservación.

Indicador: Número de talleres realizados, participantes capacitados.

6. Gestión financiera y compensación por servicios ecosistémicos

Acción: Fomento de mecanismos de financiamiento mixtos (recursos públicos, cooperación internacional, contribuciones comunitarias) y establecimiento de sistemas de pago por servicios ecosistémicos para promover la conservación.

Meta: Garantizar la sostenibilidad financiera de las acciones y reconocer el valor de los servicios ambientales.

Indicador: Monto recaudado, cantidad de beneficiarios.

La propuesta de medidas y estrategias para conservar y gestionar de manera sostenible los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani combina acciones técnicas, sociales y de gobernanza, con metas e indicadores precisos. La participación activa de la comunidad local, autoridades municipales y otros actores involucrados es esencial para garantizar la legitimidad, eficacia y sostenibilidad de las intervenciones. La inclusión de figuras y tablas facilita la comprensión y seguimiento de los progresos, permitiendo una gestión adaptativa y transparente.

4.2. Discusiones

La pérdida de cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani surge como un problema ecológico serio y socialmente relevante tanto para la región de Puno como para los ecosistemas altoandinos en todo el mundo. Los resultados de este estudio permitirán evaluar la importancia y destacar la escala, las causas y los posibles métodos de gestión para la conservación integrando (a) la integración

técnica con plataformas existentes para la recolección de datos de biodiversidad desde una perspectiva participativa, así como (b) comparaciones con la literatura sobre estrategias de pastoreo previas entre otras escalas académicas o locales en diferentes nidos geográficos en contextos nacionales e internacionales.

Esta delimitación precisa de las áreas de recarga hídrica y de los principales cuerpos de agua de la microcuenca ahora es posible con el uso amplio de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) en el análisis multicriterio. El 56% del territorio se encuentra en condiciones de recarga moderada, y las zonas de recarga muy alta y alta abarcan aproximadamente el 43,7% del territorio (= 26,8 km²). Estas áreas albergan bofedales, humedales y manantiales relevantes para la regulación del agua.

Estos resultados coinciden con investigaciones previas en ecosistemas andinos (Aju et al., 2021; Villagómez et al., 2023), resaltando la relevancia de los humedales y manantiales altoandinos como reservorios naturales y reguladores del ciclo hidrológico. La disminución en la extensión y caudal de estos cuerpos de agua, informada por habitantes locales y confirmada en talleres participativos, refleja una tendencia tanto a nivel regional como global de pérdida de ecosistemas acuáticos (IPCC, 2022b; UNESCO, 2021).

El análisis multicriterio, ha identificado y cuantificado los principales factores que han contribuido a la reducción de los cuerpos de agua en la microcuenca de Totorani: la última década, la deforestación ha disminuido la capacidad de infiltración en los bofedales y humedales en un 15%, lo cual concuerda con las investigaciones de Dongare and Deota (2023) y Mishra et al. (2023). Estos estudios

indican que la pérdida de cobertura vegetal perturba el ciclo hidrológico y reduce la recarga de los acuíferos.

Los resultados expuestos en la **Figura 3** y la **Figura 4** complementariamente confirman la progresiva pérdida de potencial hídrico de la microcuenca del río Totorani, tanto en su dimensión temporal como espacial. La Figura 3 evidenció una dinámica decreciente del caudal medio anual a lo largo del período 1980–2025, lo que confirma una tendencia de la disminución constante de la capacidad hídrica. Dicho comportamiento se corresponde con lo informado en la sección de resultados, donde el análisis de datos relevó la disminución del caudal de manantiales de hasta el 20 % en los últimos decenios, y una significativa reducción de la extensión de bofedales en el área (EMSAPUNO, 2021; Flores et al., 2023).

La disminución del caudal observada en la **Figura 3** puede explicarse como la interacción de la variabilidad climática y una creciente presión antrópica. La irregularidad de las precipitaciones y la expansión de los períodos de estiaje han reducido la recarga natural, mientras que la deforestación, la extensión agraria, el sobrepastoreo y la extracción sostenida del recurso han disminuido la capacidad de regulación del sistema hídrico, como se menciona en el marco teórico y los análisis de microcuencas altoandinas previos (IPCC, 2022b; UNESCO, 2021).

La **Figura 4** evidencia una marcada variación estacional de los caudales en la microcuenca de Totorani a lo largo del año hidrológico, con valores máximos durante la temporada de lluvias, entre diciembre y marzo, y mínimos durante el periodo de estiaje, comprendido entre mayo y septiembre. Este comportamiento responde directamente al régimen de precipitaciones característico de los

ecosistemas altoandinos, donde la disponibilidad hídrica depende en gran medida de la concentración temporal de las lluvias.

Los mayores caudales registrados durante la época húmeda se asocian con el incremento de la escorrentía superficial y la recarga de acuíferos, mientras que los caudales mínimos observados en la estación seca reflejan la dependencia del flujo base proveniente de manantiales, humedales y otras áreas de recarga hídrica. En este contexto, la degradación progresiva de estos ecosistemas, causada por la deforestación y los cambios en el uso del suelo, podría estar reduciendo la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, afectando la regulación hídrica natural de la (Dongare & Deota, 2023; EMSAPUNO, 2021).

La correlación entre la disminución temporal del caudal y la degradación espacial de zonas de recarga demuestra que la pérdida hídrica en la microcuenca del río Totorani no es un fenómeno aislado, sino una manifestación acumulada de alteración del ciclo hídrico. La restricción de la recarga efectiva reduce la capacidad del sistema de mantener caudales regulares y estables y aumenta la vulnerabilidad de la microcuenca a la variabilidad climática y la disminución de la resiliencia ecológica, como lo plantea la teoría de resiliencia aplicada a ecosistemas aquáticos (Munguambe & Aung, 2025).

La contaminación agrícola y doméstica ha ocasionado una disminución de hasta un 26.94% en el caudal de manantiales, impactando la calidad y cantidad de agua disponible. Según Flores et al. (2023) y Mamani and Llanchipa (2020), la contaminación de lagos y ríos se asocia estrechamente con la disminución de cuerpos de agua en microcuencas adyacentes.

La intensa extracción de agua para fines de riego y consumo humano ha reducido en un 17.3 % la extensión de los humedales, además de fragmentar los ecosistemas acuáticos. Este fenómeno también se evidencia en otras áreas altoandinas (Roy et al., 2024; Wang et al., 2023).

La expansión de la actividad agrícola y urbana ha ocasionado una pérdida del 10% de la superficie de los bofedales y ha incrementado la vulnerabilidad hídrica en la parte baja de la microcuenca. Tanto Idme (2020) como Vasquez (2021) resaltan que la urbanización y los cambios en el uso del suelo son factores determinantes en la reducción de las áreas de recarga hídrica.

La interacción sinérgica de estos factores ha acelerado la pérdida de cuerpos de agua, fragmentando los ecosistemas y reduciendo la conectividad hídrica. La variabilidad climática y las irregularidades en las precipitaciones han exacerbado estos efectos, tal como indica el IPCC (2022b) y estudios locales realizados en Puno.

El estudio realizado respalda la urgencia de establecer medidas integrales para la conservación y el manejo sostenible, las cuales combinan acciones de índole técnica, social y de gobernanza:

Recuperación de ecosistemas críticos: Priorizando la restauración y preservación de bofedales, humedales y manantiales. Se sugiere la recuperación del 10% de la superficie de bofedales en un lapso de cinco años, a través de procesos de revegetación y control del pastoreo.

Captación de aguas pluviales: Implementar sistemas para la recolección de aguas de lluvia podría aumentar la disponibilidad hídrica y reducir la presión sobre

manantiales y ríos. Estos sistemas tienen el potencial de recuperar hasta un 15% del volumen perdido en fuentes naturales (Quispe, 2022).

Prácticas agrícolas sostenibles: Fomentar la creación de terrazas, la rotación de cultivos y la conservación del suelo en la zona media puede disminuir la erosión, mejorar la infiltración y reducir la pérdida de cuerpos de agua por escorrentía.

Gobernanza y participación comunitaria: Es esencial crear comités de gestión de cuencas y fortalecer la participación de la comunidad para planificar, vigilar y dar seguimiento a las acciones de conservación. Aunque la densidad de salida institucional es alta (87.5%), la participación comunitaria es baja (24.3%), lo que señala la necesidad de incrementar la autogestión y la corresponsabilidad.

Educación ambiental y formación: El diseño de programas educativos y de capacitación técnica puede elevar el conocimiento y la adopción de prácticas de conservación, fortaleciendo así la sostenibilidad de las acciones.

Gestión financiera y pago por servicios de los ecosistemas: Diversificar las fuentes de financiamiento e implementar sistemas de pago por servicios ecosistémicos pueden garantizar la sostenibilidad financiera de las acciones y reconocer el valor de los servicios ambientales.

Estas propuestas están en sintonía con las directrices de la Ley de Recursos Hídricos N.º 29338 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6), que promueven la gestión del agua de manera integral y participativa (MINAM, 2021a, 2021b; UNESCO, 2021).

Los resultados, es decir, las estadísticas descriptivas del sitio Totorani, son congruentes con la literatura pertinente a escala global y nacional, confirmando enfoques adecuados e integrados e inclusivos de gestión del agua para el

desarrollo sostenible (Aju et al., 2021; Gupta & Gupta, 2024; IPCC, 2022b; Villagómez et al., 2023). El análisis espacial, combinado con la validación participativa y la evaluación de impactos, identifica áreas prioritarias para estrategias de adaptación que informen la incidencia en políticas y la gobernanza ambiental.

Los mapas resultantes son una síntesis adecuada de los conocimientos técnicos y locales, y aumentan la legitimidad y la eficacia de las acciones en ese sentido. Las preocupaciones sobre la fragmentación y la insuficiencia de recursos identificadas durante los talleres participativos son problemas de larga data, que con frecuencia se plantean en el contexto de la gestión del agua en zonas de alta montaña Moreano (2021) y Shekar and Mathew (2023).

La experiencia de Totorani ofrece lecciones que pueden replicarse en la diversidad de microcuencas de alta montaña, a saber: la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales; el reconocimiento del conocimiento local; y los mecanismos financieros para la sostenibilidad ambiental (y la sostenibilidad social, al mismo tiempo).

CONCLUSIONES

PRIMERA: El amplio análisis de la microcuenca de Totorani permitió demostrar una reducción gradual de los cuerpos de agua, lo que favoreció la disminución del caudal de los ríos; con ello, se produjo una disminución del área de bofedales y, llevó al deterioro de los humedales, poniendo así en riesgo la disponibilidad de los recursos hídricos. Se determinó que este problema es resultado de una combinación de acciones antropogénicas, como la deforestación, cambios en el uso del suelo, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos hídricos, junto con variaciones climáticas ocasionales que exacerban estos impactos. En este contexto, se definieron estrategias de conservación y gestión sostenible, de carácter técnico, para restaurar y gestionar de manera sostenible los recursos hídricos de la microcuenca de Totorani, basadas en la restauración de ecosistemas, el uso eficiente del agua y el fortalecimiento de la participación comunitaria como institución.

SEGUNDA: El 56% de la microcuenca de Totorani presenta condiciones moderadas de recarga hídrica y, con solo las áreas de recarga muy alta y alta, que representan el 43.7% del territorio (alrededor de 26.8 km²), donde espacialmente se observa el área de humedales y manantiales. El caudal de los manantiales ha disminuido hasta en un 26.94% y el área ocupada por los bofedales se ha reducido en casi un 18% durante la última década.

TERCERA: La disminución de los cuerpos de agua está relacionada con la pérdida de infiltración debido a la deforestación (con un 15% menos), la contaminación (hasta una reducción del 26.94% en el caudal de los manantiales) por residuos agrícolas y domésticos, la sobreexplotación de las cuencas hidrográficas (que provoca una reducción de humedales del 17.3%) y los cambios en el uso del suelo, responsables de una caída de aproximadamente el 10% en la pérdida de bofedales. Los impactos de estos cambios se ven exacerbados por la variabilidad climática.

CUARTA: Por último, los resultados conjuntos del análisis espacial y de los talleres participativos mostraron que las áreas de bofedal, humedales y manantiales, que se agrupan principalmente en el sector Huancho (junto con algunas ubicadas dentro del sector Ccotos), constituyen zonas priorizadas para la regulación del agua, directamente asociadas con un flujo base estable de la microcuenca. En consecuencia, se propusieron planes y estrategias de conservación basados en la gestión sostenible de los bofedales y en sistemas de captación de agua de lluvia (por ejemplo, la construcción de diversas formas de estanques poco profundos) y prácticas de agroecología.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: La restauración y conservación de bofedales, humedales y zonas de recarga de agua deben priorizarse como parte de los programas de reforestación con especies nativas, junto con el control del sobrepastoreo.

PRIMERA: Desarrollar sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia que permitan que el agua excedente esté disponible para su uso durante los períodos secos, al mismo tiempo que se alivia la presión sobre los manantiales naturales.

SEGUNDA: Es esencial implementar sistemas de captación de aguas pluviales en las áreas más afectadas, así como fomentar prácticas agrícolas sostenibles y un adecuado control del pastoreo para mejorar la infiltración y disminuir la erosión

TERCERA: Es necesario potenciar la participación activa de la comunidad local en la gestión del agua, a través de la puesta en marcha de programas de educación ambiental y formación técnica

CUARTA: Resulta crucial diversificar las fuentes de financiamiento y establecer mecanismos de pago por servicios ecosistémicos para garantizar la sostenibilidad de las acciones de conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Agarwal, A., Angeles, M., Bhatia, R., Chéret, I., Dávila, S., Falkenmark, M., Gonzalez, F., Jonch, T., Aït, M., Kindler, J., Rees, J., Roberts, P., Rogers, P., Solanes, M., y Wright, A. (2000). *Manejo integrado de recursos hídricos*. Asociación Mundial para el Agua.

Aju, C. D., Achu, A. L., Raicy, M. C., y Reghunath, R. (2021). Identification of suitable sites and structures for artificial groundwater recharge for sustainable water resources management in Vamanapuram River Basin, South India. *HydroResearch*, *4*, 24 - 37 p. https://doi.org/10.1016/j.hydres.2021.04.001

Cárdenas, C. d. l. Á., Gómez, P., Insuasty, J., Rojas, O., y Vargas, O. (2011). *Cuidando y restaurando los páramos de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Grupo de Restauración Ecológica.

Coombes, P. J., y Barry, M. E. (2007). The effect of selection of time steps and average assumptions on the continuous simulation of rainwater harvesting strategies. *Water Sci Technol*, *55*(4), 125-133. https://doi.org/10.2166/wst.2007.102

Dongare, C. U., y Deota, B. S. (2023). Significance of geomorphic indicators for identification of groundwater recharge potential in the Khapri watershed of Deccan Volcanic Province (DVP), district Dangs, western India. *Groundwater for Sustainable Development*, *22*, 100956. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100956

EMSAPUNO. (2021). *Plan maestro optimizado 2021-2051*. EPS EMSAPUNO SA. https://www.emsapuno.com.pe/downloads/pmo/PMO_2021-2051.pdf

Flores, E. L., Flores, E., Yana, V., Quino, G., y Mamani, J. A. (2023). Relationship between daily evaporation of class A tank and climate elements at the Ichuña meteorological station in Moquegua Perú. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, *12*(9), 55 - 67 p. https://doi.org/10.9790/1813-12095567

Gupta, S., y Gupta, S. K. (2024). Chapter 25 - Water resource mapping, monitoring, and modeling using geospatial approaches. In S. Chandra Pal, S. S. Roy, A. Saha, y M. Abioui (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 16, pp. 575-602). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23665-5.00025-9

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. d. P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana. http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf

Hersi, N. A. M., Mulungu, D. M. M., y Nobert, J. (2023). Groundwater recharge estimation under changing climate and land use scenarios in a data-scarce Bahi (Manyoni) catchment in Internal Drainage Basin (IDB), Tanzania using Soil and Water Assessment Tool (SWAT). *Groundwater for Sustainable Development*, *22*, 100957. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100957

Idme, B. A. (2020). *Modelación de flujo del sistema acuífero de la cuenca Totorani* Universidad Nacional del Altiplano; Facultad de Ciencias Agrarias; Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura]. Puno, PE. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/16165

IPCC. (2014). Summary for Policymakers. In C. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.), *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the*

Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1-30). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (V. Masson, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, y T. Waterfield, Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press. https://doi.org/https://doi.org/ 10.1017/9781009157940

IPCC. (2021). *Climate change 2021: the physical science basis* (V. Masson, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, y M. Gomis, Eds. Vol. 2). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896

IPCC. (2022a). *AR6 Climate Change 2022: mitigation of Climate Change, the Working Group III Contribution*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

IPCC. (2022b). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, H. Adams, C. Adler, P. Aldunce, E. Ali, R. A. Begum, R. Betts, R. B. Kerr, y R. Biesbroek, Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

IPCC. (2022c). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (P. R. Shukla, J. Skeg, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, S. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, y J. Malley, Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1017/9781009157988.002

Mamani, E. (2017). *Recarga artificial de acuíferos en función de las características geohidraulicas para incremento de la disponibilidad hídrica en el manantial Collana-Cabanilla* Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5162

Mamani, R., y Llanchipa, D. (2020). *Definición de zonas de inundación mediante el modelo de simulación Hec-Ras en la cuenca baja del río Coata - Puno* Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental]. Juliaca, PE.

MINAM. (2021a). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú: un insumo para la actualización de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático*. Ministerio del Ambiente (MINAM). https://cdn.www.gob.pe/

MINAM. (2021b). *Política Nacional del Ambiente al 2030*. Ministerio del Ambiente (MINAM). https://cdn.www.gob.pe/

Mishra, U., Mohapatra, A. K., Mandal, A., y Singh, A. (2023). Identification of potential artificial groundwater recharge sites in an alluvial setting: A coupled

electrical resistivity tomography and sediment characterization study. *Groundwater for Sustainable Development*, *20*, 100875. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100875

Moreano, C. (2021). *Valoración económica de los flujos hidrológicos y la biodiversidad por el uso del agua en la cuenca del río Mariño* Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Doctorado en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable]. Lima, PE. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4871

Munguambe, G. E., y Aung, N. N. (2025). Climate finance and economic resilience: The role of sustainable investments in mitigating climate change risks in developing economies. *Development and Sustainability in Economics and Finance*, *7*, 100073. https://doi.org/10.1016/j.dsef.2025.100073

Navarro, M. F., Calamari, N. C., Navarro, C. S., Enriquez, A., Mosciaro, M. J., Saucedo, G., Barrios, R., Curcio, M., Dieta, V., Martínez, G. G., Iturralde Elortegui, M. d. R., Michard, N. J., Paredes, P., Umaña, F., Alday, S., Pezzola, A., Vidal, C., Winschel, C., Franco, S. A.,…Kurtz, D. B. (2025). Advancing wetland mapping in Argentina: A probabilistic approach integrating remote sensing, machine learning, and cloud computing towards sustainable ecosystem monitoring. *Watershed Ecology and the Environment*, *7*, 144-158. https://doi.org/10.1016/j.wsee.2025.04.001

Pandey, M., Senapati, S., y Bhunia, G. S. (2024). Chapter 27 - GIS-based modeling for water resource monitoring and management: a critical review. In S. Chandra Pal, S. S. Roy, A. Saha, y M. Abioui (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 16, pp. 621-636). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-23665-5.00027-2

Quispe, M. J. (2022). *Análisis de riesgo por inundaciones pluviales y actitud hacia sistemas de drenaje sostenible en zonas comerciales de la ciudad de Juliaca* Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agrícola. Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola]. Puno, PE. https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19354

Roy, A., Chatterjee, S., Kumar, U., Kumar, A., Mohokar, H., Jaryal, A., Keesari, T., y Jagat, H. (2024). Recharge and vulnerability assessment of groundwater resources in North west India: Insights from isotope-geospatial modelling approach. *Geoscience Frontiers*, *15*(1), 101721. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101721

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, *15*(3), 234 - 281 p. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process : planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill International Book Co.

Saaty, T. L. (2021). Correction to: Some mathematical concepts of the analytic hierarchy process. *Behaviormetrika*, *48*(1), 193 - 194 p. https://doi.org/10.1007/s41237-020-00125-5

SENAMHI. (2025). *Portal do SENAMHI: Download de dados meteorológicos a nível nacional*. Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia do Peru. Retrieved 30 de janeiro from https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos

Shekar, P. R., y Mathew, A. (2023). Integrated assessment of groundwater potential zones and artificial recharge sites using GIS and Fuzzy-AHP: a case study in Peddavagu watershed, India [Article]. *Environmental Monitoring and*

Assessment, *195*(7), Article 906. https://doi.org/10.1007/s10661-023-11474-5

UNESCO. (2009). *Water in a changing world: the United Nations world water development report 3*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), World Water Assessment Programme UN-Water. https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=96&menu=1515

UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), World Water Assessment Programme UN-Water. https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf

UNESCO. (2021). *The United Nations world water development report 2021: valuing water*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/

Vasquez, D. I. (2021). *Nivel de riesgo por inundación en la zona de Huacariz Sector - 24 mediante diseño de gaviones tipo caja en la quebrada Los Chilcos Cajamarca 2021* Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil]. Cajamarca, PE. https://hdl.handle.net/11537/30003

Velarde, E. A., Rondan, G., Flores, E., y Mendoza, J. (2025, 2025//). Multidimensional Evaluation of Agrivoltaic Systems to Enhance Crop Resilience in Arid Climates of Souther Arequipa-Peru. Research and Innovation in Renewable Energy and Environment, Cham.

Villagómez, N., Abrell, L., Foley, T., y Ramírez, M. D. (2023). Organic micropollutants measured in roof-harvested rainwater from rural and urban

environmental justice communities in Arizona. *Science of The Total Environment*, *876*, 162662. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162662

Wang, W., Li, S., Sun, J., Huang, Y., Han, F., y Li, Z. (2023). Mechanism of groundwater recharge in the thick loess deposits by multiple environmental tracers. *Science of The Total Environment*, *897*, 165360. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165360

Willaarts, B. A., Garrido, A., y Llamas, M. R. (2014). *Water for food security and well-being in Latin America and the Caribbean: Social and environmental implications for a globalized economy* [Book]. Taylor and Francis. https://doi.org/10.4324/9781315883137

Woodmansee, R. G., Moore, J. C., Ojima, D. S., y Richards, L. (2021). *Natural resource management reimagined: using the systems ecology paradigm* (R. G. Woodmansee, J. C. Moore, D. S. Ojima, y L. Richards, Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108655354

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ANEXO 01

CAUDAL HISTÓRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TOTORANI (L/S)

Caudal histórico de la microcuenca del río Totorani (l/s)

Año/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Caudal (l/s)
1980	53.78	58.60	48.95	36.89	29.66	22.42	20.01	17.60	17.60	24.84	34.48	46.54	58.60
1981	64.32	70.10	58.55	44.11	35.44	26.78	23.89	21.00	21.00	29.66	41.22	55.66	70.10
1982	51.30	55.90	46.70	35.20	28.30	21.40	19.10	16.80	16.80	23.70	32.90	44.40	55.90
1983	49.83	54.30	45.36	34.18	27.48	20.77	18.54	16.30	16.30	23.01	31.95	43.12	54.30
1984	55.89	60.90	50.88	38.35	30.83	23.31	20.81	18.30	18.30	25.82	35.84	48.37	60.90
1985	50.75	55.30	46.19	34.81	27.98	21.15	18.88	16.60	16.60	23.43	32.54	43.92	55.30
1986	57.26	62.40	52.12	39.26	31.55	23.84	21.27	18.70	18.70	26.41	36.69	49.55	62.40
1987	56.89	62.00	51.79	39.02	31.36	23.71	21.15	18.60	18.60	26.26	36.47	49.24	62.00
1988	46.07	50.20	41.94	31.62	25.42	19.23	17.16	15.10	15.10	21.29	29.55	39.88	50.20
1989	55.98	61.00	50.95	38.39	30.86	23.32	20.81	18.30	18.30	25.84	35.88	48.44	61.00
1990	53.59	58.40	48.78	36.75	29.53	22.31	19.91	17.50	17.50	24.72	34.34	46.37	58.40
1991	53.78	58.60	48.95	36.89	29.66	22.42	20.01	17.60	17.60	24.84	34.48	46.54	58.60
1992	51.58	56.20	46.95	35.39	28.46	21.52	19.21	16.90	16.90	23.84	33.08	44.64	56.20
1993	59.65	65.00	54.29	40.91	32.88	24.85	22.18	19.50	19.50	27.53	38.24	51.62	65.00
1994	50.92	55.50	46.35	34.91	28.04	21.18	18.89	16.60	16.60	23.46	32.62	44.06	55.50
1995	58.36	63.60	53.13	40.04	32.19	24.34	21.72	19.10	19.10	26.95	37.42	50.51	63.60
1996	63.13	68.80	57.46	43.28	34.78	26.27	23.44	20.60	20.60	29.11	40.45	54.62	68.80
1997	50.11	54.60	45.61	34.38	27.64	20.89	18.65	16.40	16.40	23.14	32.13	43.36	54.60
1998	61.39	66.90	55.89	42.12	33.86	25.61	22.85	20.10	20.10	28.36	39.37	53.14	66.90
1999	47.91	52.20	43.61	32.88	26.44	19.99	17.85	15.70	15.70	22.14	30.73	41.46	52.20
2000	49.00	53.40	44.60	33.60	27.00	20.40	18.20	16.00	16.00	22.60	31.40	42.40	53.40
2001	60.38	65.80	54.95	41.39	33.26	25.12	22.41	19.70	19.70	27.84	38.68	52.24	65.80
2002	57.36	62.50	52.22	39.36	31.65	23.94	21.37	18.80	18.80	26.51	36.79	49.65	62.50
2003	48.27	52.60	43.94	33.12	26.62	20.13	17.96	15.80	15.80	22.29	30.95	41.78	52.60
2004	47.99	52.30	43.69	32.92	26.46	20.01	17.85	15.70	15.70	22.16	30.77	41.54	52.30
2005	59.19	64.50	53.89	40.62	32.66	24.71	22.05	19.40	19.40	27.36	37.97	51.24	64.50
2006	59.01	64.30	53.71	40.48	32.54	24.59	21.95	19.30	19.30	27.24	37.83	51.06	64.30
2007	59.46	64.80	54.12	40.76	32.75	24.74	22.07	19.40	19.40	27.41	38.09	51.45	64.80
2008	50.11	54.60	45.61	34.38	27.64	20.89	18.65	16.40	16.40	23.14	32.13	43.36	54.60
2009	59.37	64.70	54.04	40.72	32.72	24.73	22.06	19.40	19.40	27.39	38.05	51.38	64.70
2010	50.11	54.60	45.61	34.38	27.64	20.89	18.65	16.40	16.40	23.14	32.13	43.36	54.60
2011	53.41	58.20	48.62	36.65	29.47	22.29	19.89	17.50	17.50	24.68	34.26	46.23	58.20
2012	41.57	45.30	37.84	28.52	22.92	17.33	15.46	13.60	13.60	19.19	26.65	35.98	45.30
2013	49.19	53.60	44.78	33.75	27.13	20.51	18.31	16.10	16.10	22.72	31.54	42.57	53.60
2014	43.41	47.30	39.51	29.78	23.94	18.09	16.15	14.20	14.20	20.04	27.83	37.56	47.30
2015	43.96	47.90	40.02	30.16	24.25	18.34	16.37	14.40	14.40	20.31	28.19	38.05	47.90
2016	43.41	47.30	39.51	29.78	23.94	18.09	16.15	14.20	14.20	20.04	27.83	37.56	47.30
2017	44.14	48.10	40.17	30.26	24.31	18.36	16.38	14.40	14.40	20.35	28.28	38.19	48.10
2018	50.19	54.70	45.69	34.42	27.66	20.91	18.65	16.40	16.40	23.16	32.17	43.44	54.70
2019	50.92	55.50	46.35	34.91	28.04	21.18	18.89	16.60	16.60	23.46	32.62	44.06	55.50
2020	55.70	60.70	50.70	38.20	30.70	23.20	20.70	18.20	18.20	25.70	35.70	48.20	60.70
2021	47.81	52.10	43.51	32.78	26.34	19.89	17.75	15.60	15.60	22.04	30.63	41.36	52.10
2022	52.58	57.30	47.86	36.07	28.99	21.92	19.56	17.20	17.20	24.28	33.71	45.51	57.30
2023	45.97	50.10	41.84	31.52	25.32	19.13	17.06	15.00	15.00	21.19	29.45	39.78	50.10
2024	55.52	60.50	50.55	38.11	30.64	23.18	20.69	18.20	18.20	25.66	35.62	48.06	60.50
2025	38.63	42.10	35.16	26.48	21.28	16.07	14.34	12.60	12.60	17.81	24.75	33.42	42.10

Fuente: SENAMHI (2025)

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 02

PANEL FOTOGRÁFICO

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 5. Vista del aforo del río Totorani



Figura 6. Vista del del río Totorani Pata



Figura 7. Vista de la microcuenca Totorani, desde la parte alta



Figura 8. Vista de la iteracción con los actores principales

APÉNDICE

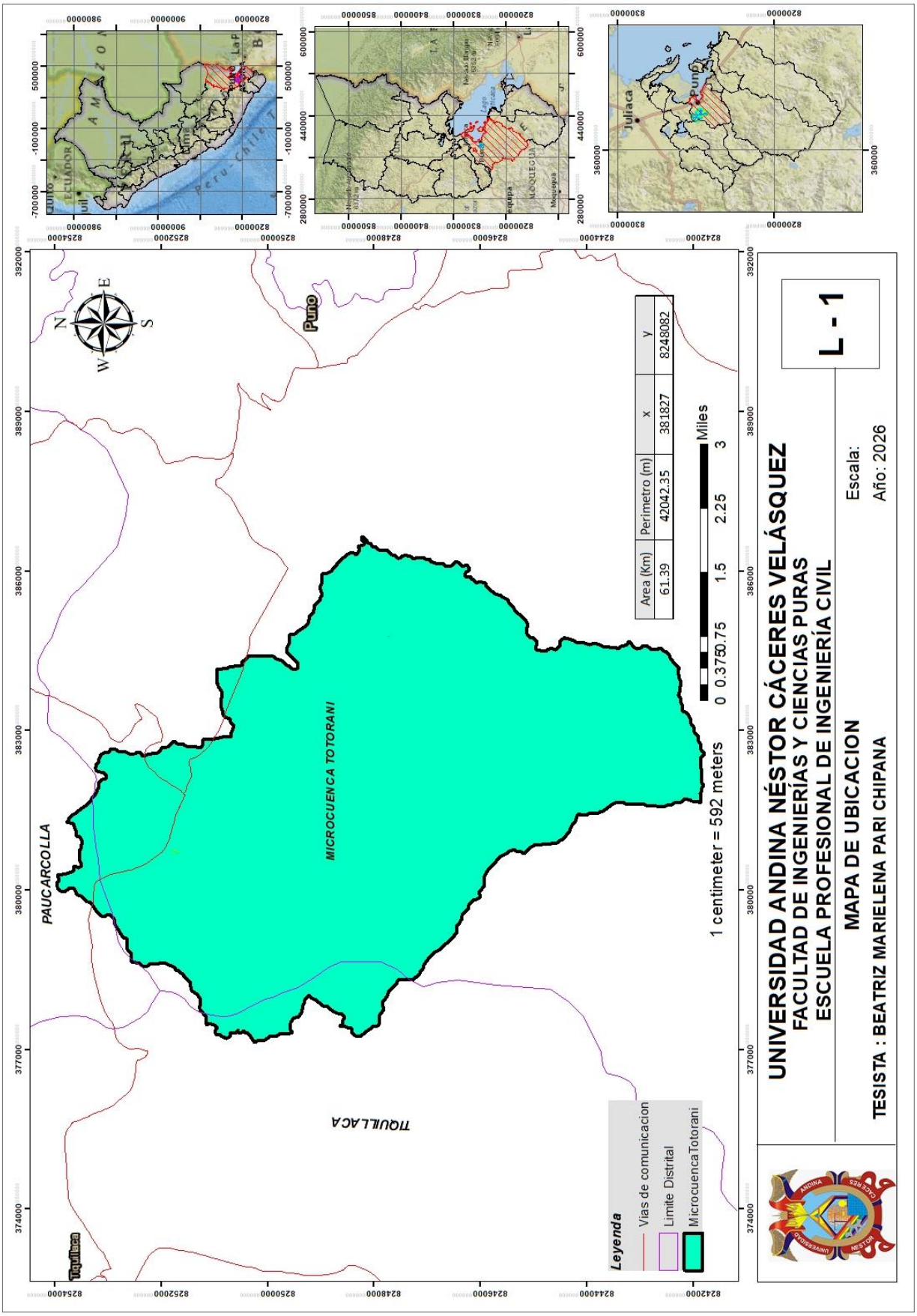
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 01

MAPA DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

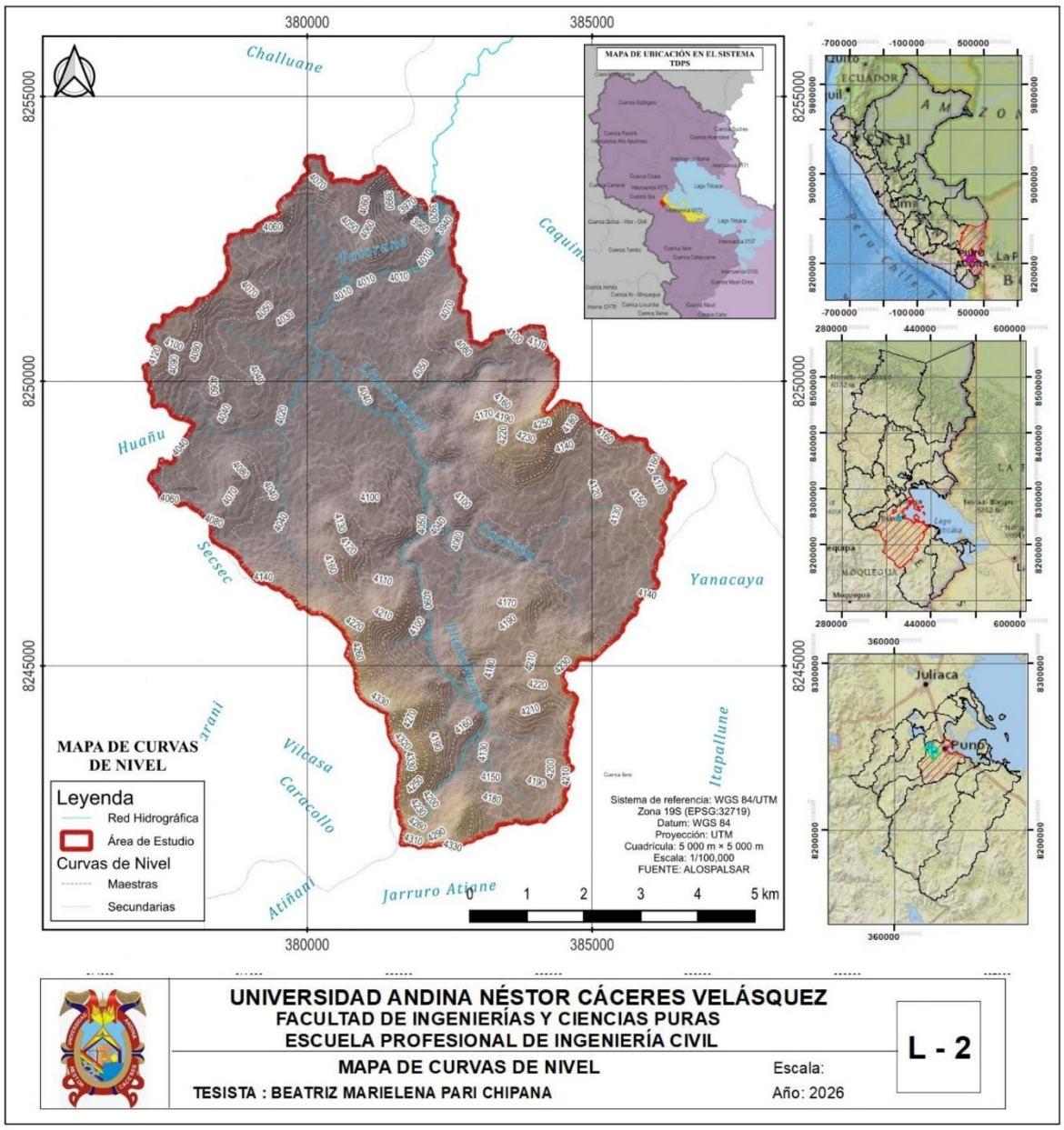

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE UBICACION
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 1
MICROCUENCA TOTORANI
PAUCARCOLLA
TIQUILLACA
Puno
Juliaca
Area (Km) | Perimetro (m) | x | y
61.39 | 42042.35 | 381827 | 8248082
1 centimeter = 592 meters
0 0.375 0.75 1.5 2.25 3
Miles
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 02

MAPA DE CURVAS DE NIVEL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

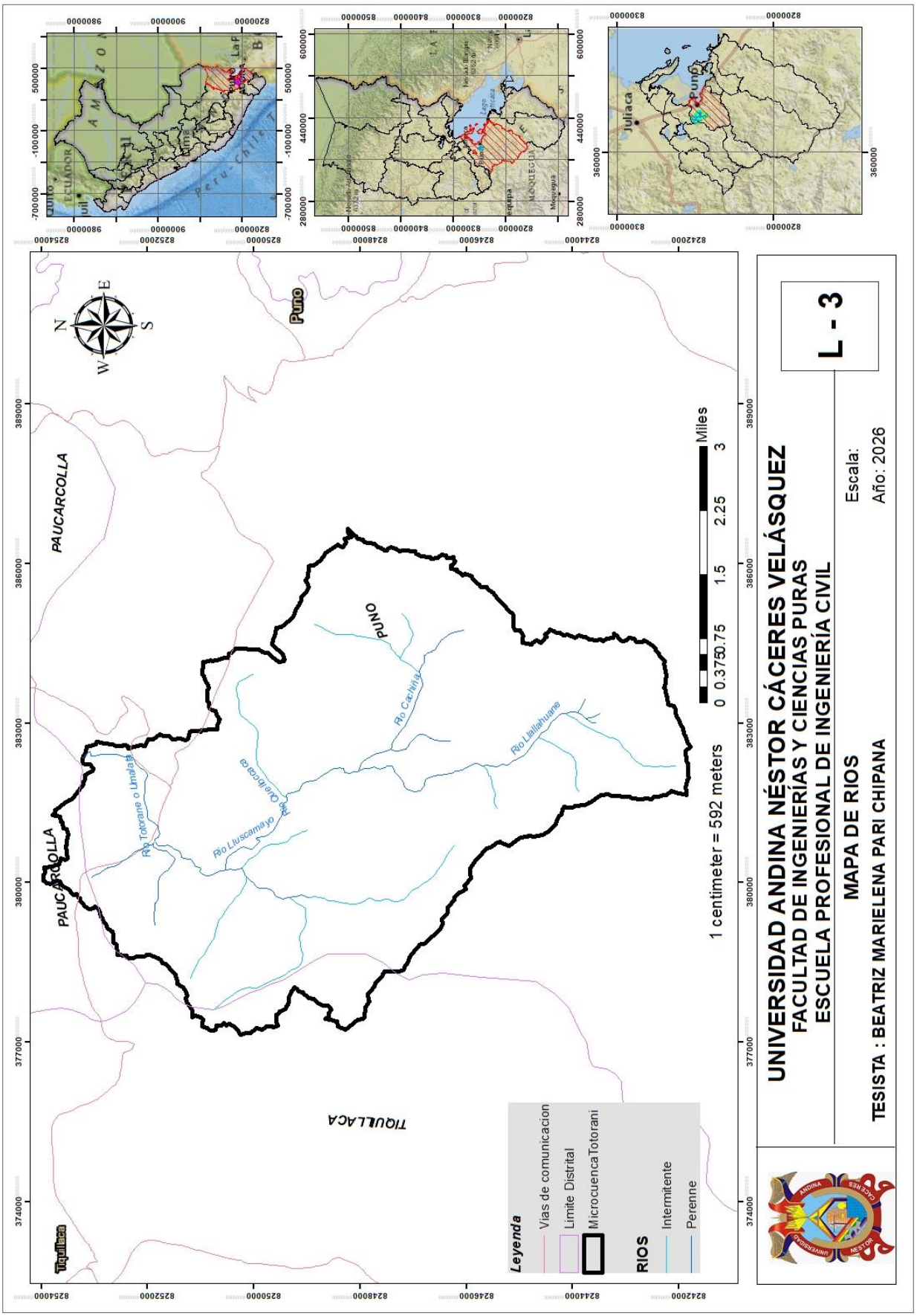

380000
385000
8255000
8250000
8245000
Challuane
Caquina
Huañu
Secsec
Cachuña
Yanacaya
Vilcasa
Caracollo
Atiñani
Jarruro Atiane
Itapallune
MAPA DE UBICACIÓN EN EL SISTEMA TDPS
MAPA DE CURVAS DE NIVEL
Leyenda
Red Hidrográfica
Área de Estudio
Curvas de Nivel
Maestras
Secundarias
Sistema de referencia: WGS 84/UTM
Zona 19S (EPSG:32719)
Datum: WGS 84
Proyección: UTM
Cuadrícula: 5 000 m × 5 000 m
Escala: 1/100,000
FUENTE: ALOSPALSAR
0 1 2 3 4 5 km
ECUADOR
Juliaca
Puno
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE CURVAS DE NIVEL
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 2

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 03

MAPA DE RIOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

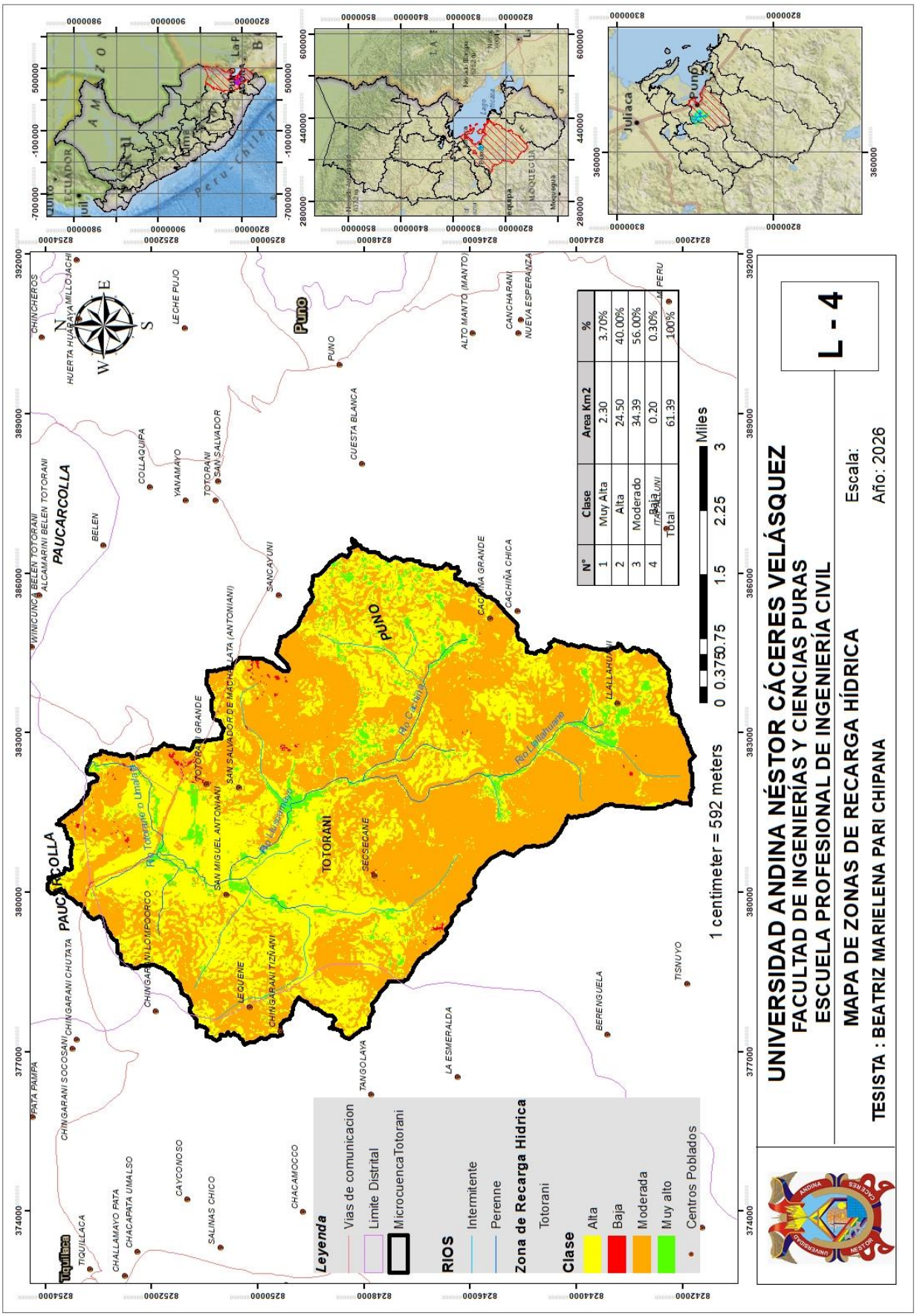

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE RIOS
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 3
PUNO
PAUCARCOLLA
TIQUILLACA
Río Cachilla
Río Llallahuane
Río Quebracaa
Río Llusicamayo
Río Totorane o Umalaja
1 centimeter = 592 meters
0 0.375 0.75 1.5 2.25 3
Miles
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani
RIOS
Intermitente
Perenne

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 04

MAPA DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

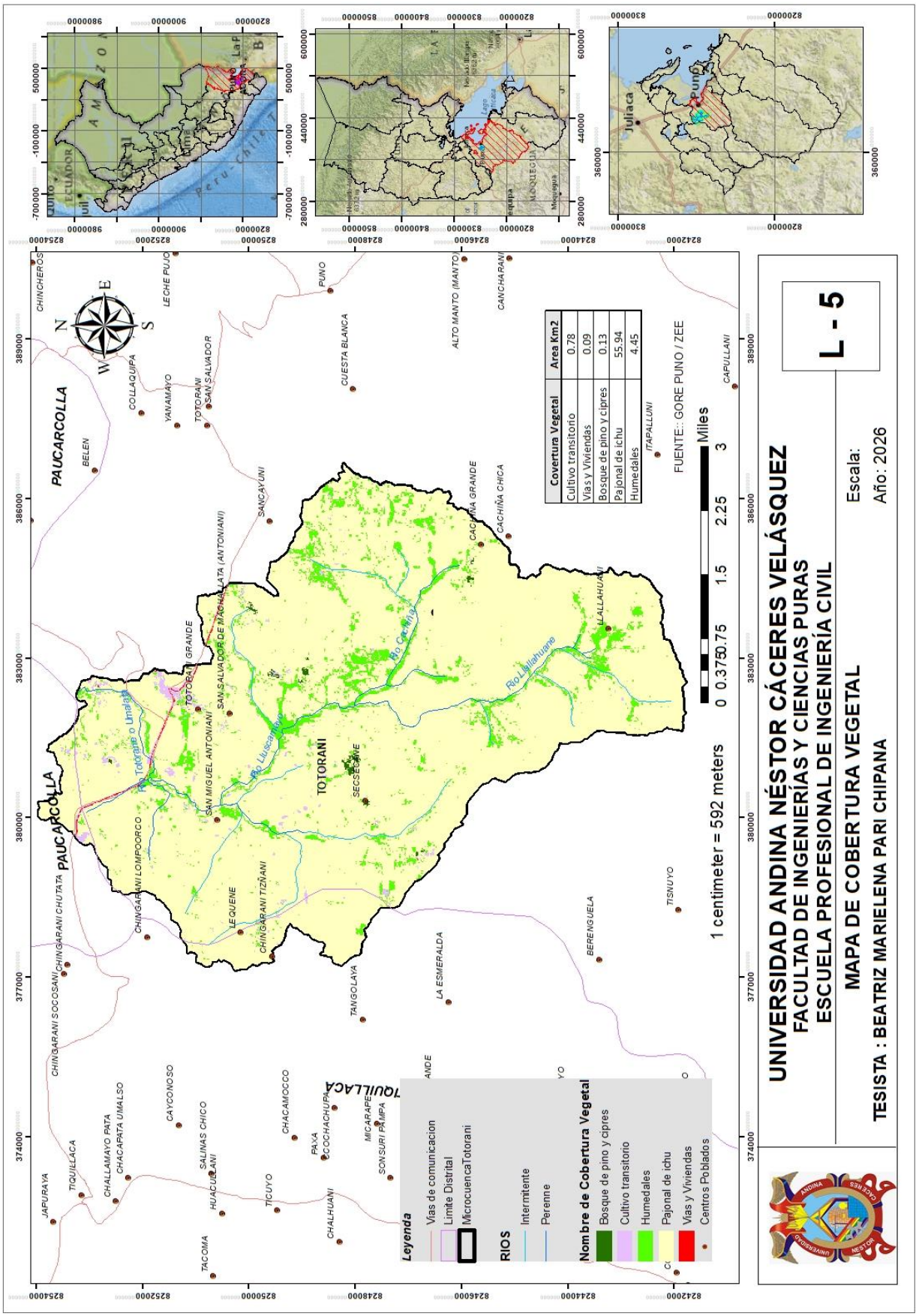

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 4
N° Clase Area Km2 %
1 Muy Alta 2.30 3.70%
2 Alta 24.50 40.00%
3 Moderado 34.39 56.00%
4 Baja 0.20 0.30%
Total 61.39 100%
1 centimeter = 592 meters
Miles
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani
RIOS
Intermitente
Perenne
Zona de Recarga Hidrica
Totorani
Clase
Alta
Baja
Moderada
Muy alto
Centros Poblados
PUNO
PAUCARCOLLA
TOTORANI

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 05

MAPA DE COBERTURA VEGETAL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

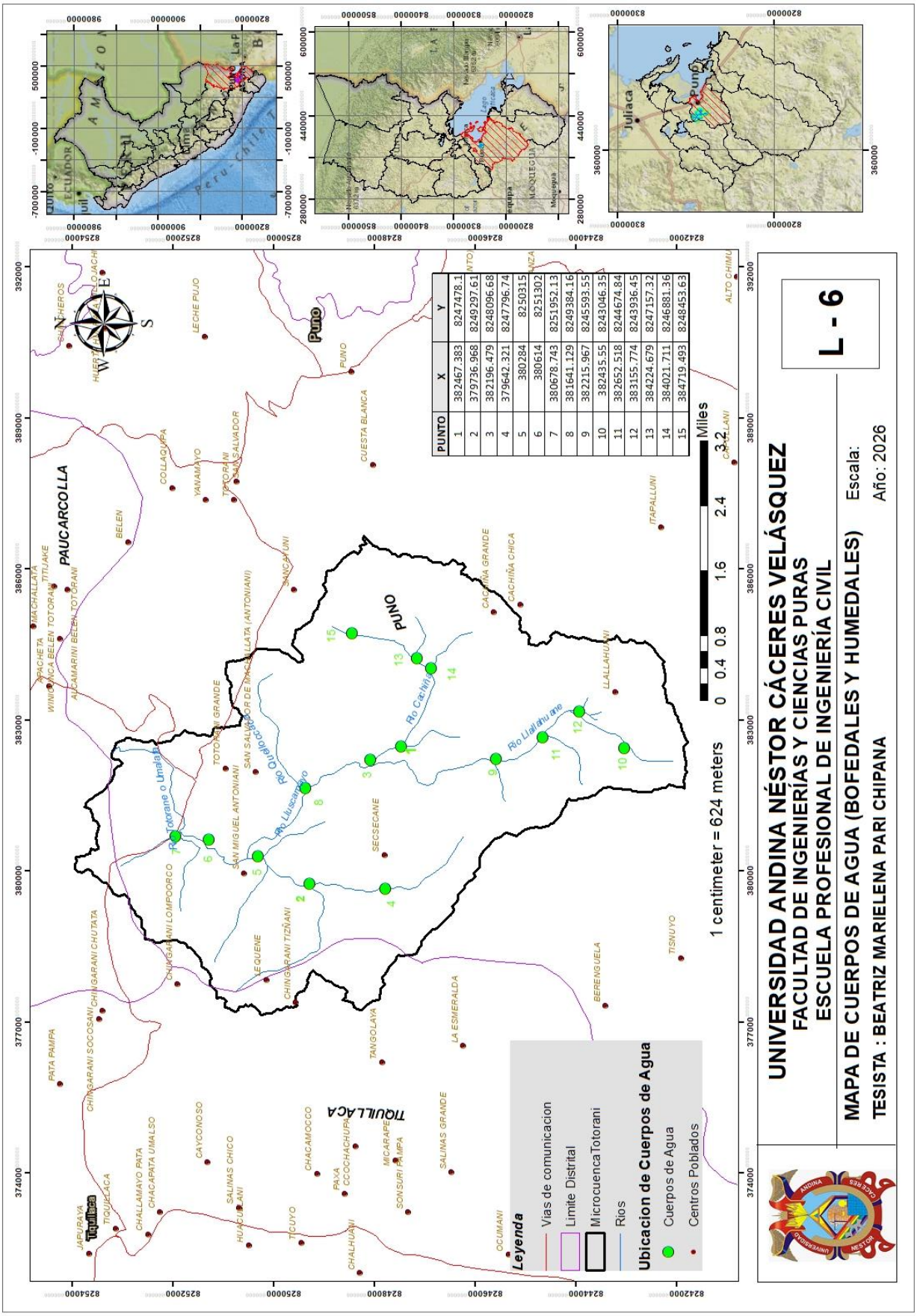

Covertura Vegetal | Area Km2
Cultivo transitorio | 0.78
Vias y Viviendas | 0.09
Bosque de pino y cipres | 0.13
Pajonal de ichu | 55.94
Humedales | 4.45
FUENTE:: GORE PUNO / ZEE
Miles
0 0.375 0.75 1.5 2.25 3
1 centimeter = 592 meters
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani
RIOS
Intermitente
Perenne
Nombre de Cobertura Vegetal
Bosque de pino y cipres
Cultivo transitorio
Humedales
Pajonal de ichu
Vias y Viviendas
Centros Poblados
PAUCARCOLLA
TOTORANI
Rio Totorani o Umalso
Rio Llallahuane
Rio Cachiña
Rio Lluscapata
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE COBERTURA VEGETAL
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 5

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 06

MAPA DE CUERPOS DE AGUA (BOFEDALES HUMEDALES)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE CUERPOS DE AGUA (BOFEDALES Y HUMEDALES)
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Escala:
Año: 2026
L - 6
PUNTO X Y
1 382467.383 8247478.1
2 379736.968 8249297.61
3 382196.479 8248096.68
4 379642.321 8247796.74
5 380284 8250315
6 380614 8251302
7 380678.743 8251952.13
8 381641.129 8249384.16
9 382215.967 8245593.55
10 382435.55 8243046.35
11 382652.518 8244674.84
12 383155.774 8243936.45
13 384224.679 8247157.32
14 384021.711 8246881.36
15 384719.493 8248453.63
1 centimeter = 624 meters
0 0.4 0.8 1.6 2.4 3.2 Miles
Ubicacion de Cuerpos de Agua
Cuerpos de Agua
Centros Poblados
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani
Rios
PAUCARCOLLA
PUNO
TIQUILLACA
Rio Totorane o Umalso
Rio Llallahuane
Rio Cachiña
Rio Llusicamayo
Puno
Juliaca
Tiquillaca

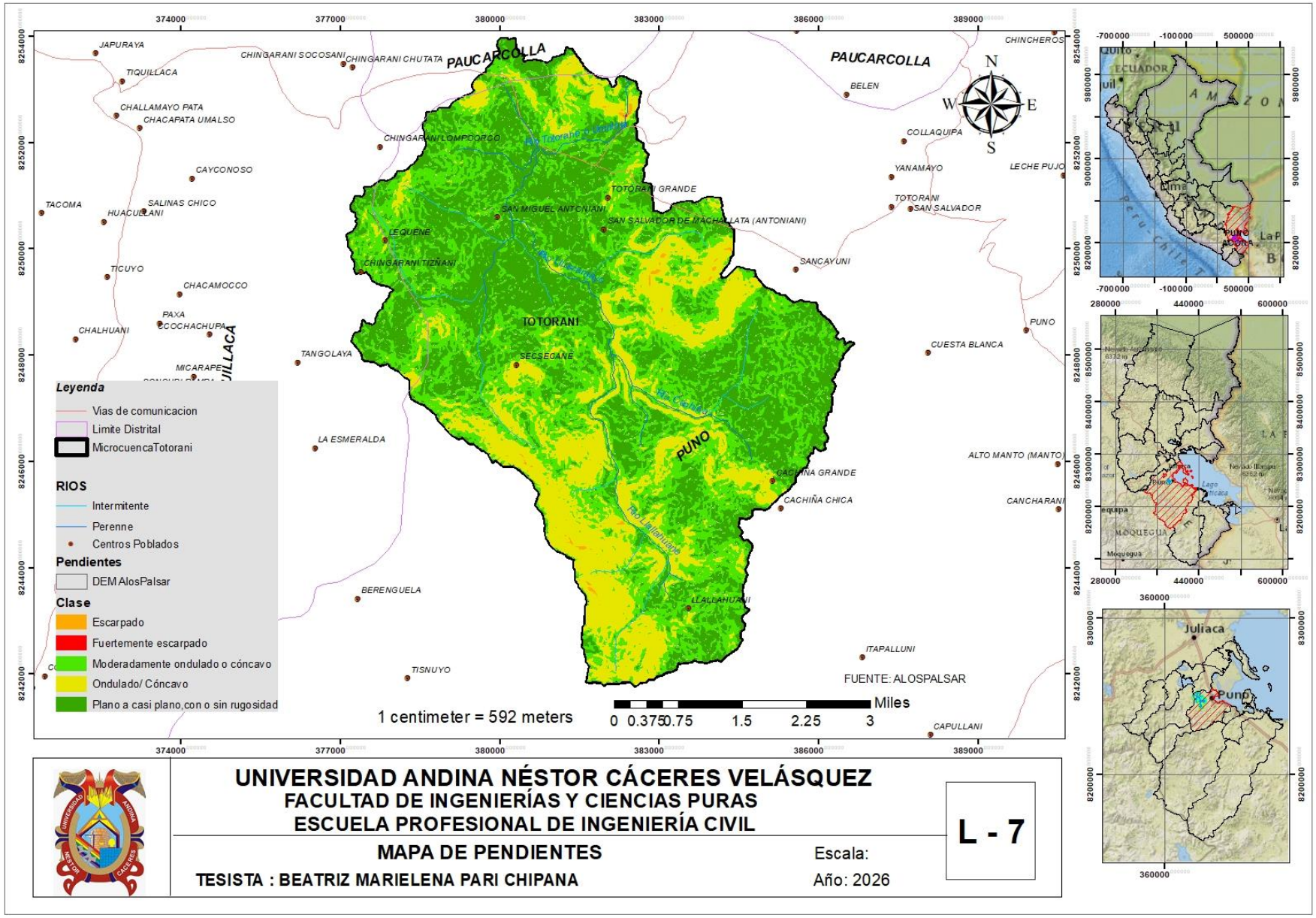
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 07

MAPA DE PENDIENTES

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA DE PENDIENTES

TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

Escala:

Año: 2026

L - 7

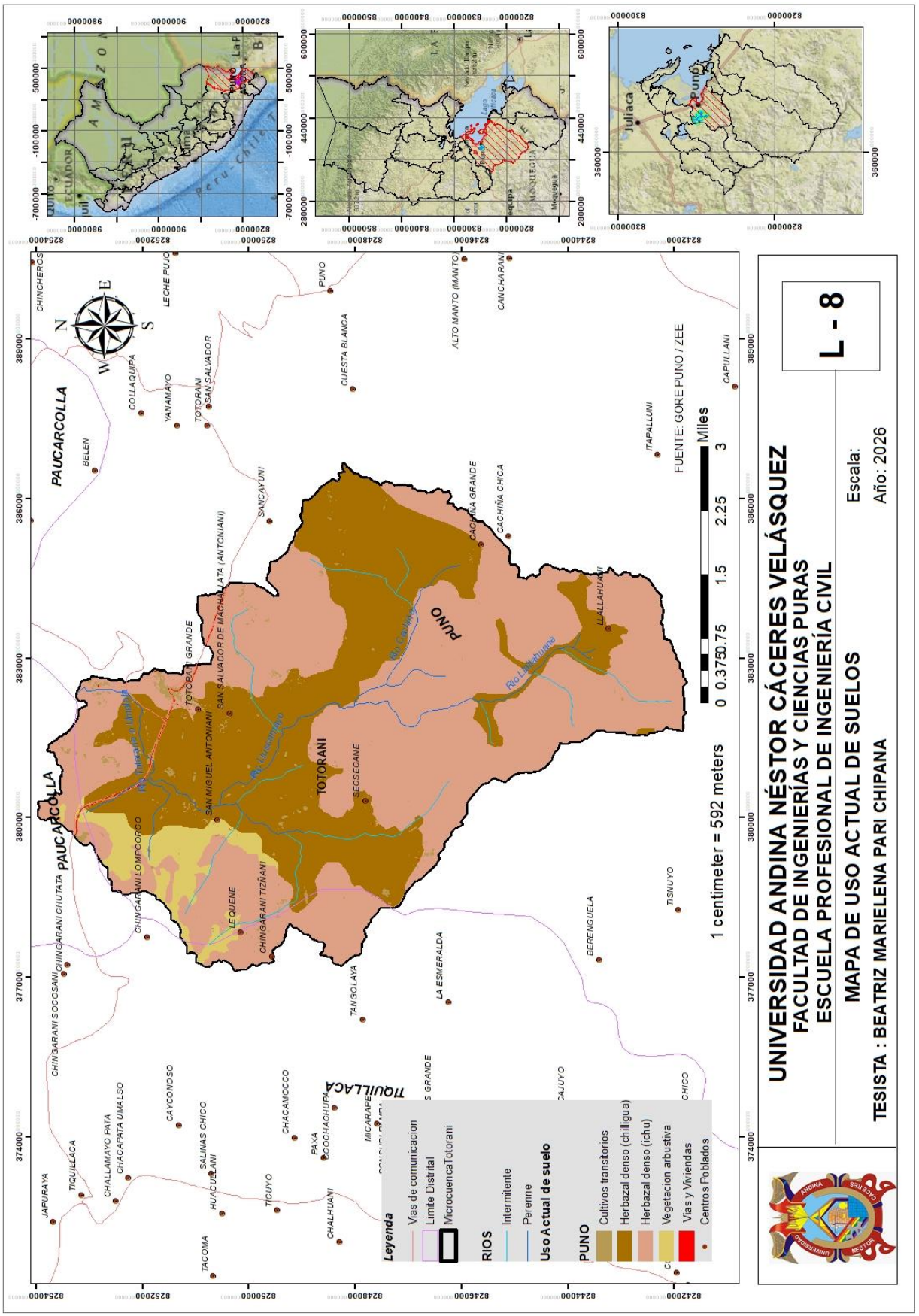
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 08

MAPA DE USO ACTUAL DE SUELOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/


UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MAPA DE USO ACTUAL DE SUELOS
TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
L - 8
Escala:
Año: 2026
FUENTE: GORE PUNO / ZEE
Miles
0 0.375 0.75 1.5 2.25 3
1 centimeter = 592 meters
Leyenda
Vias de comunicacion
Limite Distrital
MicrocuencaTotorani
RIOS
Intermitente
Perenne
Uso Actual de suelo
PUNO
Cultivos transitorios
Herbazal denso (chilligua)
Herbazal denso (ichu)
Vegetacion arbustiva
Vias y Viviendas
Centros Poblados
PAUCARCOLLA
TOTORANI
PUNO
TIQUILLACA
Río Coata
Río Ramis
Río Llallahuani
Río Ussicayhua
Río Lampa o Cabanillas

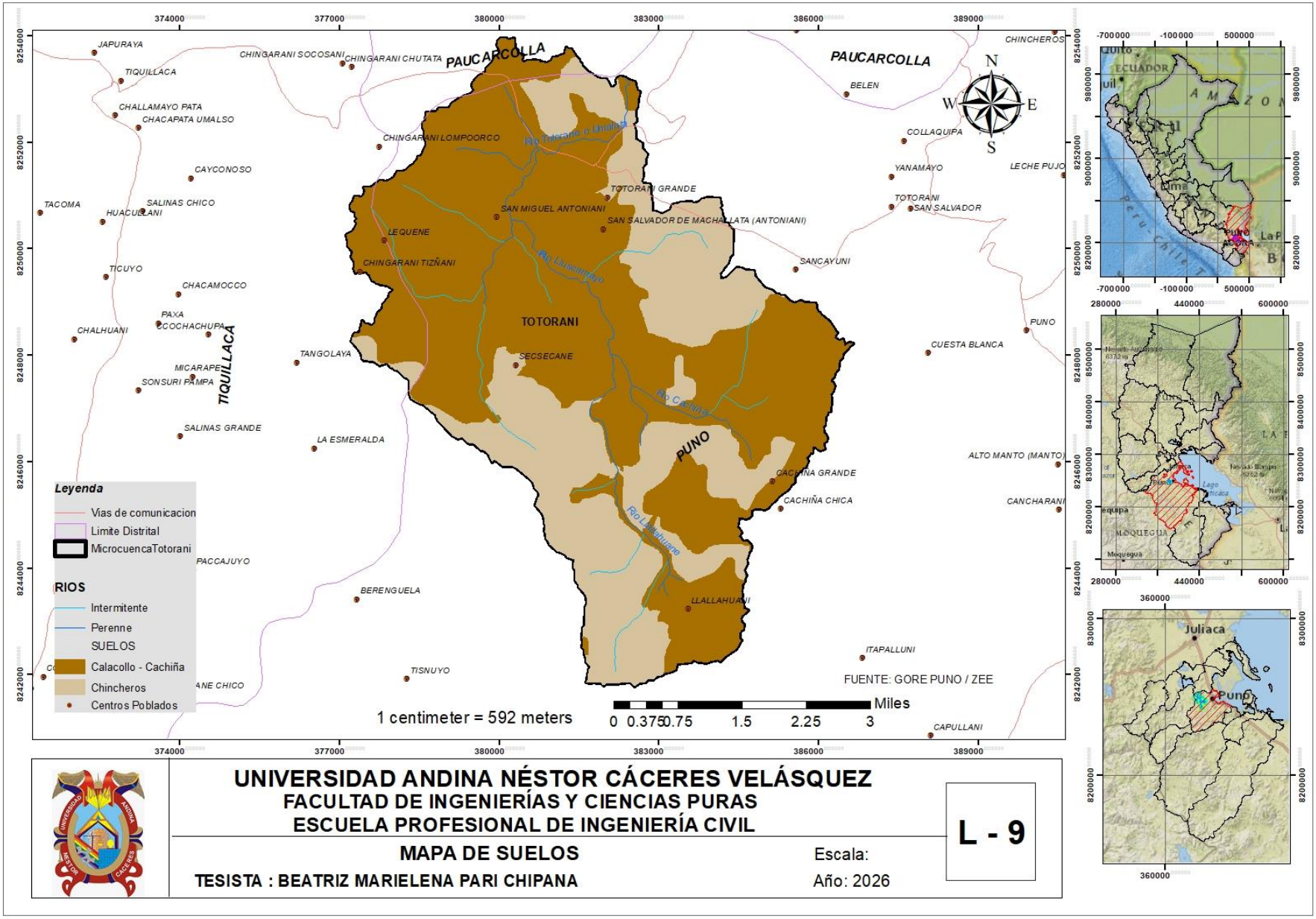
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 09

MAPA DE SUELOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA DE SUELOS

Escala:

TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

Año: 2026

L - 9

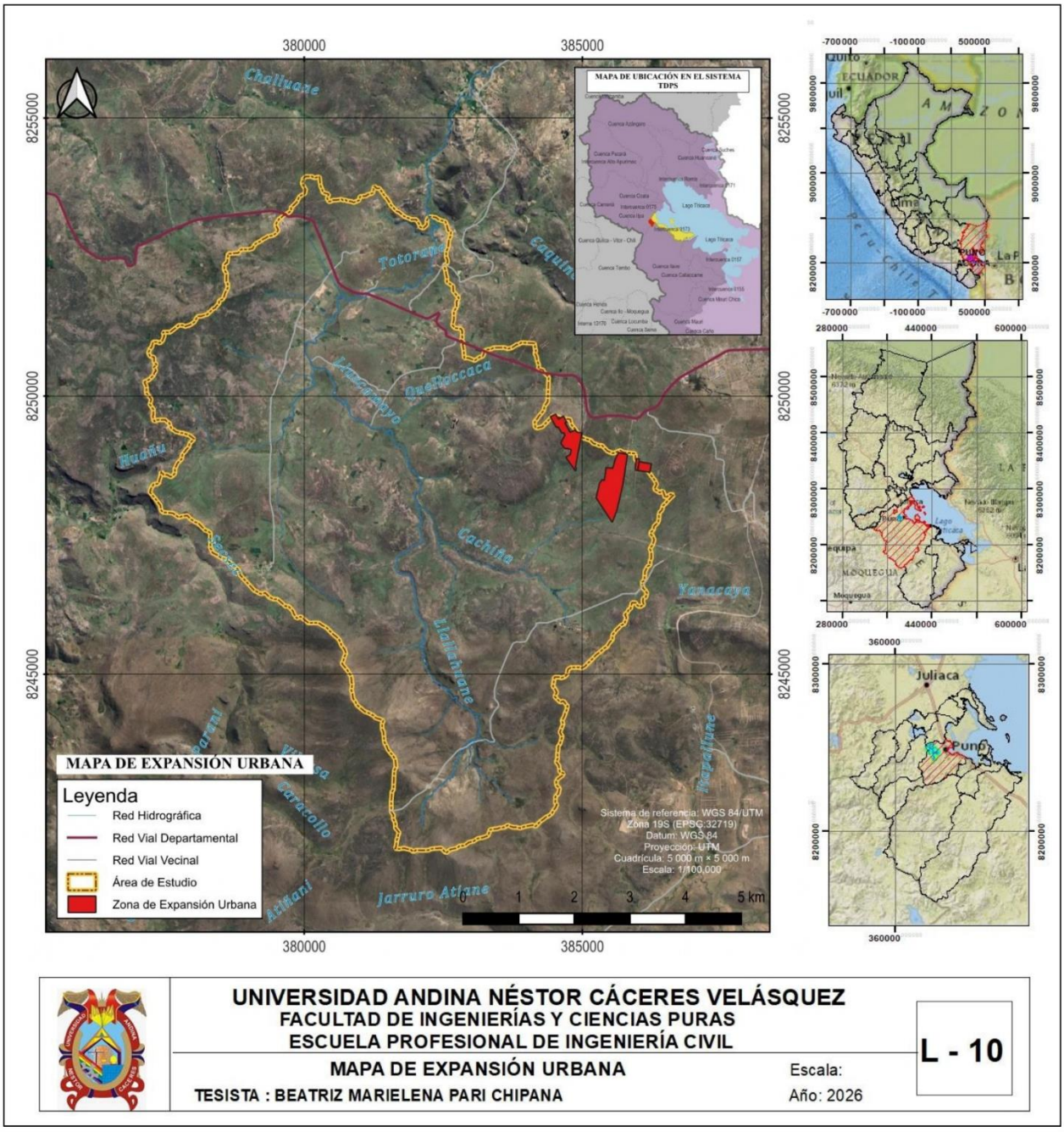
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 10

MAPA DE EXPANSIÓN URBANA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA DE EXPANSIÓN URBANA

TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA

Escala:

Año: 2026

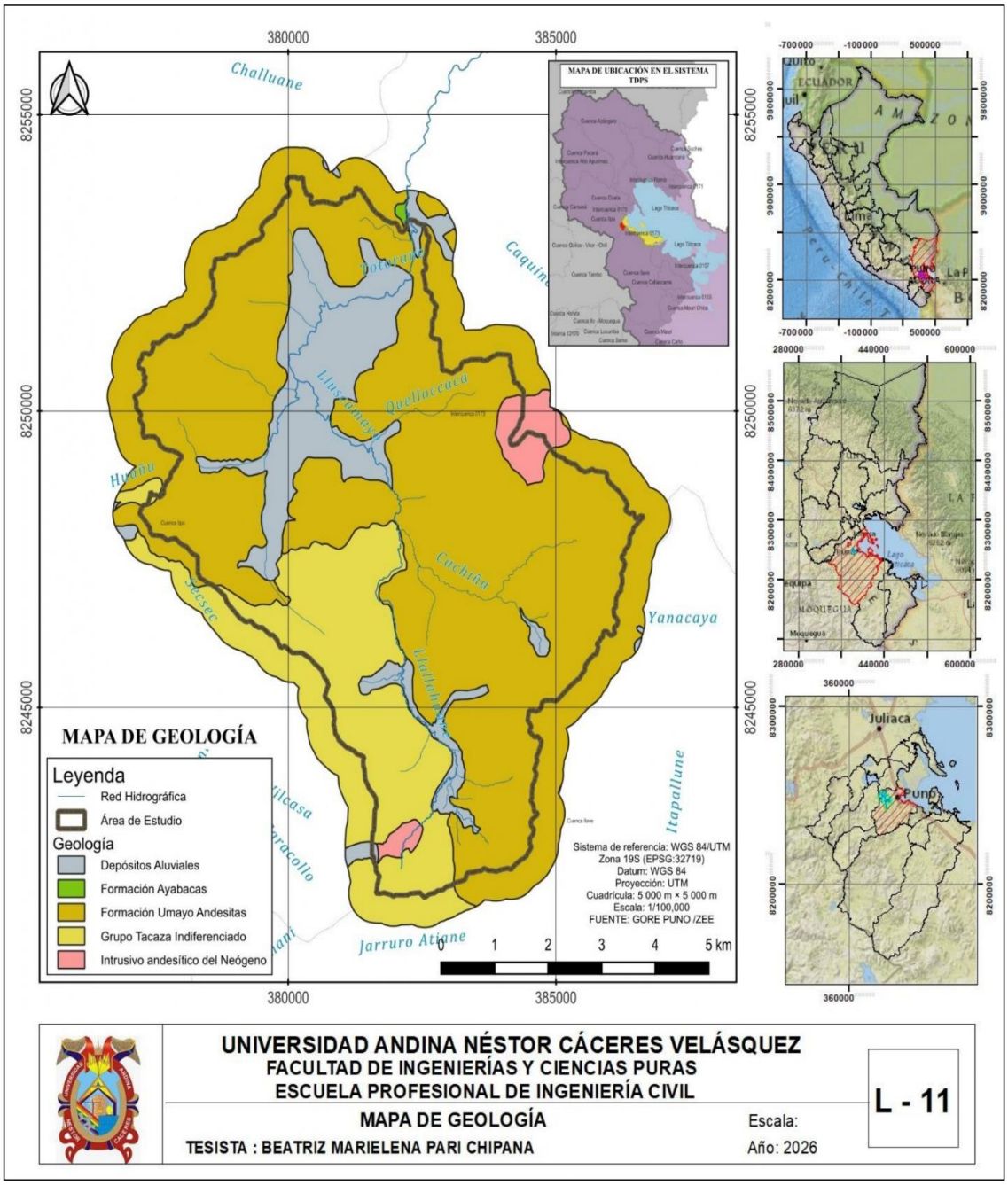
L - 10

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

APÉNDICE 11

MAPA DE GEOLOGÍA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA DE GEOLOGÍA — Escala:

TESISTA : BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA — Año: 2026

L - 11

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 30/07/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BEATRIZ MARIELENA PARI CHIPANA
Dirección: Av. Don Bosco Mz. I lt. 12, Urb. Aprovi Salcedo - Puno
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47533051
Teléfono: 944 455 110 email: paribeatriz916@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE CUERPOS DE AGUA Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA DE TOTORANI, PUNO 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Bofedales, contaminación, microcuenca, recarga hídrica y sostenibilidad

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

1, 2

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

[ ] Bachiller [X] Titulo [ ] 2da Especialidad [ ] Maestría [ ] Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

[X] Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

[ ] Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

[ ] No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

[ ] Sí autorizo

[X] No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral**. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

		30 – JULIO – 2026
Firma de Autor	huella digital	Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/