



HAL
open science

Índice de vulnerabilidad al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia. Resumen Ejecutivo.

César Álvarez Díaz, Rodrigo Ayala Bluske, Ricardo Aguilar Guerrero, Jorge Rojo Gómez, Natalia Sampedro Caral, Elsa Cacho Taeño, Eduardo García Alonso, Claudia Oller Molina, Hubert Mazurek, Debra Pereira Fuentes, et al.

► To cite this version:

César Álvarez Díaz, Rodrigo Ayala Bluske, Ricardo Aguilar Guerrero, Jorge Rojo Gómez, Natalia Sampedro Caral, et al.. Índice de vulnerabilidad al cambio climático en la ciudad de Tarija, Bolivia. Resumen Ejecutivo.. CAF - AFD - Union Européenne, 2021, 978-980-422-245-0. halshs-03478263

HAL Id: halshs-03478263

<https://shs.hal.science/halshs-03478263>

Submitted on 13 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Índice de vulnerabilidad
al cambio climático
en la ciudad de

TARIJA

BOLIVIA

RESUMEN EJECUTIVO

Índice de vulnerabilidad
y adaptación al cambio
climático en la ciudad de

TARIJA

BOLIVIA

RESUMEN EJECUTIVO

Título

**Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático
en la ciudad de Tarija, Bolivia**

Editor: CAF

Depósito Legal: DC2021001308

ISBN: 978-980-422-245-0

Esta publicación es resultado de los estudios realizados en el marco de la Iniciativa UE LAIF CAF – AFD sobre ciudades y cambio climático*

Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible (VDS)
Julián Suárez, Vicepresidente

Autores:

Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria): César Álvarez Díaz; Jorge Rojo Gómez; Natalia Sampedro Carral; Elsa Cacho Taeño; Eduardo García Alonso.

Protección del Medio Ambiente Tarija (PROMETA): Rodrigo Ayala Bluske; Ricardo Aguilar Guerrero; Claudia Oller Molina.
Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD): Hubert Mazurek; Debra Pereira; José Antonio Peres.

Revisión equipo CAF:

Martha Castillo, Coordinadora de la Iniciativa UE LAIF CAF – AFD sobre ciudades y cambio climático.

María Carolina Torres, Ejecutiva Responsable del estudio.
Juan Felipe Caicedo, Consultor Urbano de la Iniciativa UE LAIF CAF – AFD sobre ciudades y cambio climático.

Diseño gráfico: Good, Comunicación para el Desarrollo Sostenible.

Las ideas y planteamientos contenidos en la presente edición son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen la posición oficial de CAF.

Esta publicación y otras sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático se encuentran en: scioteca.caf.com

© 2021 Corporación Andina de Fomento Todos los derechos reservados

* CAF – banco de desarrollo de América Latina y AFD - Agencia Francesa de Desarrollo, institución financiera francesa pública de desarrollo, como resultado de una cooperación en el tema de ciudades y cambio climático, en el marco de una donación de la Unión Europea, promueven la iniciativa "Ciudades y Cambio Climático" mediante la cual se proporciona a los gobiernos locales de la región asistencia técnica en el tema de cambio climático, apoyo en la elaboración de planes de acción y financiamiento de los estudios de factibilidad de proyectos con impacto positivo en términos de mitigación y/o adaptación al cambio climático.

Contenido	Pag.
1. Introducción	14
2. Identificación de actores	16
2.1. Proceso participativo	18
3. Línea base de la vulnerabilidad al cambio climático del municipio	20
3.1. Ubicación del área de estudio y principales características biofísicas del municipio	21
3.2. Organización administrativa para la gestión territorial del municipio	23
3.3. Aspectos demográficos, sociales, económicos y servicios básicos e infraestructuras	26
4. Índice de vulnerabilidad al cambio climático	28
4.1. Metodología para la construcción y obtención del índice de vulnerabilidad	29
4.2. Caracterización del clima y análisis del cambio climático	30
4.3. Selección y priorización de las amenazas hidro-climatológicas a las que está expuesto el municipio	35
4.4. Resultados del índice de vulnerabilidad	36
4.4.1. Indicadores	36
4.4.2. Índice agregado de riesgo actual al cambio climático	48
4.4.3. Índice agregado de riesgo futuro al cambio climático	51
5. Plan de adaptación al cambio climático	56
5.1. Definición, análisis y priorización de medidas de adaptación	57
5.2. Estructura del plan de adaptación	61
5.3. Subprogramas del PACC	63
5.4. Análisis coste-beneficio del PACC	80
5.5. Recomendaciones para la implantación del plan de adaptación	84
6 Bibliografía	88

Listado de figuras		Pag.
Figura 1.	Bosques nativos de la Cordillera de Sama. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	15
Figura 2.	Imágenes del primer taller participativo realizado en la ciudad de Tarija. Fuente: elaboración propia, 2019.	18
Figura 3.	Localización del municipio de Tarija respecto a los municipios colindantes. Fuente: elaboración propia, 2020.	21
Figura 4.	Cuencas hidrográficas del municipio de Tarija. Fuente: elaboración propia, 2020.	23
Figura 5.	Mapa de distritos urbanos del municipio de Tarija. Fuente: elaboración propia, 2020.	24
Figura 6.	Mapa de distritos rurales del municipio de Tarija. Fuente: elaboración propia, 2020.	25
Figura 7.	Esquema conceptual del Quinto Informe de Evaluación - IE5 del IPCC. Fuente: IPCC, 2014.	29
Figura 8.	Cadena de impactos: factores identificados por componentes para el riesgo de inundación. Fuente: elaboración propia, 2019	30
Figura 9.	Distribución espacial de la precipitación media anual (mm/año). Fuente: elaboración propia, 2020.	31
Figura 10.	Distribución espacial de la temperatura media (°C). Fuente: elaboración propia, 2020.	31
Figura 11.	Variación de la precipitación promedio anual respecto a la actual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100). Fuente: elaboración propia, 2020.	32
Figura 12.	Variación de la temperatura máxima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100). Fuente: elaboración propia, 2020.	33
Figura 13.	Variación de la temperatura mínima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100). Fuente: elaboración propia, 2020.	34
Figura 14.	Esquema lógico de amenazas y factores que refuerzan las mismas en el municipio de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado según los actores clave. Fuente: elaboración propia, 2020.	35
Figura 15.	Indicador de amenaza escasez de recursos hídricos. Fuente: elaboración propia, 2020.	37
Figura 16.	Indicador de amenaza de inundación. Fuente: elaboración propia, 2020.	38
Figura 17.	Indicador de amenaza de incendios forestales. Fuente: elaboración propia, 2020.	39
Figura 18.	Indicador de amenaza de heladas. Fuente: elaboración propia, 2020.	40

Figura 19.	Indicador agregado de amenaza. Fuente: elaboración propia, 2020.	41
Figura 20.	Indicador agregado de exposición. Fuente: elaboración propia, 2020.	43
Figura 21.	Indicador agregado de sensibilidad. Fuente: elaboración propia, 2020.	46
Figura 22.	Indicador agregado de capacidad de adaptación. Fuente: elaboración propia, 2020.	48
Figura 23.	Índice agregado de riesgo actual al cambio climático por distrito. Fuente: elaboración propia, 2020.	49
Figura 24.	Índice agregado de riesgo actual al cambio climático por distrito urbano. Fuente: elaboración propia, 2020.	50
Figura 25.	Esquema metodológico para la construcción del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático. Fuente: elaboración propia, 2020.	51
Figura 26.	Porcentaje de cambio del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático, RCP 4.5 - 2070. Fuente: elaboración propia, 2020.	54
Figura 27.	Porcentaje de cambio del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático, RCP 8.5 - 2070. Fuente: elaboración propia, 2020.	55
Figura 28.	Río Guadalquivir en estiaje. Fuente: Mateo Tapia, 2020.	58
Figura 29.	Área afectada por incendio en el Rincón de la Victoria, una de las principales fuentes de agua de Tarija. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	60
Figura 30.	Plantines de durazno en viveros comunales (Pinos Sur). Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	61
Figura 31.	Corredor fluvial en el que se compatibiliza la expansión del río con otros usos. Fuente: IDOM-IHCantabria, 2016.	63
Figura 32.	Obra de toma en el Rincón de La Victoria, una de las principales fuentes de agua de la ciudad de Tarija. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	65
Figura 33.	Cordillera de Sama, comunidad Tolomosa. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	67
Figura 34.	Inundación en la ciudad de Tarija. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	69
Figura 35.	Huerto frutal de durazneros en Pinos Sur. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	72
Figura 36.	Nevada histórica en Tarija en julio de 2019. Fuente: Mateo Tapia, 2019.	75
Figura 37.	Incendio forestal en Erquiz. Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.	78
Figura 38.	Evolución del flujo de caja actualizado y acumulado para el subprograma de conservación y recuperación de las fuentes de agua. Fuente: elaboración propia, 2020.	82
Figura 39.	Dimensión de protección ambiental y conservación. Fuente: elaboración propia, 2020.	84
Figura 40.	Elementos culturales, educativos y de sensibilización. Fuente: elaboración propia, 2020.	85
Figura 41.	Elementos de protección frente a riesgos naturales. Fuente: elaboración propia, 2020.	86

Listado de tablas		Pag.
Tabla 1.	Lista de actores clave, según tipo de amenaza y participación potencial. Fuente: elaboración propia, 2020.	17
Tabla 2.	VARIABLES UTILIZADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR DE AMENAZA. Fuente: elaboración propia, 2020.	36
Tabla 3.	VARIABLES UTILIZADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR DE EXPOSICIÓN. Fuente: elaboración propia, 2020.	42
Tabla 4.	VARIABLES UTILIZADAS PARA CONSTRUIR EL INDICADOR DE SENSIBILIDAD. Fuente: elaboración propia, 2020.	44
Tabla 5.	VARIABLES UTILIZADAS PARA CONSTRUIR EL INDICADOR DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN. Fuente: elaboración propia, 2020.	47
Tabla 6.	Rangos de los porcentajes de cambio en el índice agregado de riesgo futuro al cambio climático con relación al índice agregado de riesgo del periodo de referencia. Fuente: elaboración propia, 2020.	52
Tabla 7.	Matriz de porcentajes de cambio en el índice agregado de riesgo futuro al cambio climático con relación al índice agregado de riesgo del periodo de referencia. Fuente: elaboración propia, 2020.	52
Tabla 8.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de escasez de recursos hídricos. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	58
Tabla 9.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de inundación. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	59
Tabla 10.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de incendios forestales. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	59
Tabla 11.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de olas de calor. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	60
Tabla 12.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de heladas. En verde las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	60
Tabla 13.	Programas de adaptación y componentes del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija. Fuente: elaboración propia, 2020.	61
Tabla 14.	Plan de Adaptación al Cambio Climático. Fuente: elaboración propia, 2020.	62
Tabla 15.	Estimación de costes. Tabla resumen. Fuente: elaboración propia, 2020.	80
Tabla 16.	Resultados del análisis coste-beneficio del Plan de Adaptación al Cambio Climático en conjunto. Fuente: elaboración propia, 2020.	82

Acrónimos

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua y Saneamiento Básico
ABT	Autoridad Nacional Bosques y Tierras
ACB	Análisis Costo Beneficio
AFD	Agencia Francesa de Desarrollo
AMT	Asociación de Municipios de Tarija
APM	Áreas Protegidas Municipales
APMT	Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra
BDP	Banco de Desarrollo Productivo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina (Corporación Andina de Fomento)
CARE	Cooperative for Assistance and Relief Everywhere
CC	Cambio Climático
CEVITA	Centro Vitivinícola de Tarija
CFSR	Climate Forecast System Reanalysis
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COSAALT	Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado Tarija
DGR	Dirección Departamental de Gestión de Riesgos
FAM-BOLIVIA	Federación de Asociaciones Municipales
FEJUVE	Federación de Juntas Vecinales
GADT	Gobierno Autónomo Departamental de Tarija
GAMT	Gobierno Autónomo Municipal de Tarija
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (siglas en inglés)
GFC	Fondo Verde del clima (siglas en inglés)
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional (siglas en alemán)
IKI	International Climate Initiative (siglas en alemán)
INE	Instituto Nacional de Estadística de Bolivia
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
LAIF	Facilidad de Inversión para América Latina
LIDEMA	Liga de Defensa del Medio Ambiente
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organización no Gubernamental
OTN-PB	Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo

OXFAM	Oxford Committee for Famine Relief
PACC	Plan de Adaptación al Cambio Climático
PERTT	Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PMOT	Plan Municipal de Ordenamiento Territorial
PTDI	Plan Territorial de Desarrollo Integral
RCP	Trayectoria Representativa de Concentración
SAT	Sistema de Alerta Temprana
SDRNM	Secretaría Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente
SEDAG	Servicio Departamental Agropecuario
SEDEGIA	Servicio Departamental de Gestión Integral del Agua
SEDES	Servicio Departamental de Salud
SENABASA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico
SENADECI	Servicio Nacional de Defensa Civil
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENASAG	Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria
SIB-TARIJA	Sociedad de Ingenieros de Tarija
SINAGER	Sistema Integrado de Información Nacional para la Reducción de Riesgos
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SOBOCE	Sociedad Boliviana de Cemento
SUDS	Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
UAJMS	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
UCB	Universidad Católica Boliviana
UPA	Unidad de Producción Agropecuaria
UPDS	Universidad Privada Domingo Savio
UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (siglas en inglés)
VAPSB	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico
VMABCCYDGDF	Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal
VRHR	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
VIDECICODI	Viceministerio de Defensa Civil y Cooperación al Desarrollo
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza (siglas en inglés)

Glosario

- **Adaptación (al cambio climático):** Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014)¹.
- **Amenaza:** Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR, 2009).
- **Antropogénico:** Resultante o producido por acciones humanas (IPCC, 2001).
- **Cambio climático:** Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. (IPCC, 2013).
- **Capacidad de adaptación:** Capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2014).
- **Desastre:** Alteración grave del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a fenómenos físicos peligrosos que interactúan con las condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que puede requerir apoyo externo para la recuperación (IPCC, 2014).
- **Evaluación del riesgo:** Metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de posibles amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que conjuntamente podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de sustento expuestos, al igual que el entorno del cual dependen (UNISDR, 2009).
- **Exposición:** Presencia de personas; medios de subsistencia; ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014).
- **Gas de efecto invernadero (GEI):** Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el

¹ IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141.

óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO_2 , N_2O y CH_4 , el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (IPCC, 2013).

- **Mitigación:** La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines (UNISDR, 2009).
- **Mitigación (del cambio climático):** Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014).
- **Peligro (amenaza):** Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. Referido generalmente a sucesos o tendencias físicas relacionadas con el clima o los impactos físicos de este (IPCC, 2014).
- **Resiliencia:** La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (UNISDR, 2009).

Capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un fenómeno, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conserven al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014).

- **Riesgo:** Consecuencias eventuales en situaciones en que algo de valor está en peligro y el desenlace es incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de fenómenos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales fenómenos o tendencias.

Posibilidades, cuando el resultado es incierto, de que ocurran consecuencias adversas para la vida; los medios de subsistencia; la salud; los ecosistemas y las especies; los bienes económicos, sociales y culturales; los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura. (IPCC, 2014).

- **Sensibilidad:** Grado en el cual una determinada comunidad o ecosistema se ve afectado por el estrés climático (CARE, 2015).

Nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados con el clima (IPCC, 2014).

- **Sistema de alerta temprana:** Conjunto de capacidades que se necesitan para generar y difundir de forma oportuna y efectiva información destinada a permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro se preparen a actuar con prontitud y de forma adecuada a fin de reducir la posibilidad de que se produzcan daños o pérdidas (IPCC, 2014).
- **Sostenibilidad:** Proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales y humanos de forma equitativa (IPCC, 2014).
- **Variabilidad climática:** Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y tempo-

rales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa) (IPCC, 2014).

- **Vulnerabilidad:** Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza (UNISDR, 2009).

Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

Autor imagen: Juan Pablo Rodríguez



This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic license.

1

INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados del estudio “Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático” realizado para el municipio de Tarija en el marco del programa LAIF de la Unión Europa-AFD-CAF, sobre ciudades y cambio climático. Este programa tiene como objetivo estratégico apoyar las acciones de mitigación, adaptación al cambio climático y fomento de la protección del medio ambiente en ciudades de América Latina.

El estudio se centra en la identificación y priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático, a partir de la evaluación del índice de vulnerabilidad agregado actual y futuro, asociado al efecto del cambio climático, en el municipio de Tarija.

Para la obtención del índice de vulnerabilidad agregado actual y en los diferentes escenarios de cambio climático y horizontes temporales, se realiza una caracterización de los indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, para las amenazas de escasez de recursos hídricos, inundación, incendios forestales, olas de calor y heladas, que han sido priorizadas con base en un análisis técnico, y consensuadas con los actores clave del municipio de Tarija.

Figura 1. Bosques nativos de la Cordillera de Sama.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

En este sentido, la primera fase de este estudio se plantea con el fin de generar información que posibilite el planteamiento de soluciones integrales y multidisciplinarias. Se busca con esto reducir los niveles de exposición y sensibilidad e incrementar la capacidad adaptativa del municipio.

El Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija se construye sobre los resultados del índice de vulnerabilidad, presentando líneas de actuación y programas que reduzcan el riesgo asociado a las diferentes amenazas evaluadas y generen una capacidad de adaptación y resiliencia al cambio climático en el municipio.

La estructura del presente documento se compone de cinco capítulos. En primer lugar, se presentan la introducción y la identificación de actores. A continuación, los resultados de la primera fase del estudio que trata sobre obtención del índice de vulnerabilidad al cambio climático en Tarija, incluyendo la definición de la línea base de vulnerabilidad, la descripción de la metodología para la construcción del índice, la caracterización del cambio climático, la selección y priorización de las amenazas, la construcción de los indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, y la obtención de los índices agregados de riesgo actual y futuro al cambio climático. A continuación, se definen, analizan y priorizan, con base en criterios técnicos y en la consulta realizada a los actores clave identificados, las medidas de adaptación específicas a las diferentes amenazas y sus impactos. Y, por último, se desarrolla el Plan de Adaptación al Cambio Climático, los programas y subprogramas propuestos para la adaptación y el aumento de resiliencia del municipio, incluyendo unas consideraciones para la implantación del plan.

Los actores clave identificados para participar en la formulación o implementación de las medidas de adaptación al cambio climático en el municipio de Tarija se han clasificado según su capacidad de acción en función de la amenaza, su posible participación e interés en el proceso y también su posible aporte como entes financiadores.

2

IDENTIFICACIÓN DE ACTORES



El mapeo de actores representado en la Tabla 1 considera los diferentes sectores, tanto públicos como privados: sociedad civil, academia, ONG, empresas, etc., identificando sus principales roles en relación con la mitigación y la adaptación ante las diferentes amenazas. Cada actor clave identificado tiene un papel en relación con la planificación, la financiación o la toma de decisión para la aplicación del plan de adaptación y de la política de resiliencia ante el cambio climático.

Se necesita pensar el cambio climático de manera inclusiva, con la participación de actores extrains-titucionales para construir una institucionalidad climática. La coordinación entre actores se vuelve indispensable; actores que se influyen y se relacionan según sus competencias y posición estra-tégica en la toma de decisión. Se busca lograr alianzas entre el sector público y el privado para poder ejecutar las medidas de adaptación, en un marco que favorezca el desarrollo económico.

Los actores de la comunidad o cooperación internacional también cobran una gran importancia dado que, en términos globales, estas instancias van abordando la problemática del cambio climático y su aporte financiero puede dar un gran impulso al programa desde lo global a lo local, para los procesos de sensibilización, formación técnica, medidas específicas de infraestructuras, procesos de gobernanza, proyectos de mitigación, etc.

Tabla 1. Lista de actores clave, según tipo de amenaza y participación potencial.

Tipo de Institución	Inundación	Heladas	Escasez de recursos hídricos	Olas de Calor	Incendios
Competencias a nivel nacional, normativa general y posibilidad de captación de financiamiento	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA); Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP); Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)				
			Mi Agua	Banco de Desarrollo Productivo (BDP)	
Competencias a nivel departamental, poca posibilidad de financiamiento del municipio de Tarija	Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI); Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN-PB); Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG)				
			Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG); Centro Vitivinícola de Tarija (CEVITA)		
Competencias a nivel municipal, poco financiamiento, nivel técnico importante, control y monitoreo	Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación; Sub Gobernación de Cercado				
	Subalcaldía de Cercado			Red de monitoreo de la Calidad el Aire Tarija (Red MoniCA)	
Competencias a nivel sectorial, gestión de alcantarillado y agua.			Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija Ltda. (COSAALT); AAPS		
Apoyo técnico – científico, posibilidad de captación de financiamiento para estudio e investigaciones	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS); Universidad Católica Boliviana (UCB); Universidad Privada Domingo Savio (UPDS)				
Actores con influencia con los cuales se necesita concertación	Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE); Central de Campesinos de la Provincia Cercado; Federación de Asociaciones Municipales (FAM); Asociación de Municipios de Tarija (AMT); Colegio de Arquitectos; Sociedad de Ingenieros (SIB-Tarija); Radio Aclo				

Tipo de Institución	Inundación	Heladas	Escasez de recursos hídricos	Olas de Calor	Incendios
Cooperación internacional-financiadoras	PNUD; Cooperación Sueca; Agencia Francesa de Desarrollo (AFD); Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ); Stockholm Environment Institute; Swiss Contact; Banco Mundial; BID; CAF				
Fondos y fundaciones	Euroclima; Fondo Verde del Clima (GFC); Fondo de Adaptación; Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF); International Climate Initiative (IKI)				
ONG con competencias y proyectos en el dominio del cambio climático	Red Hábitat				
	OXFAM		Helvetas	Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); Conservación Internacional; Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA)	
	Sociedad de Ingenieros de Bolivia				
	Sociedad Boliviana de Cemento (SOBOCE)				
			Cervecería Boliviana Nacional S.A.; EMBOL; Fundación Alternativas		

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.1. Proceso participativo

Dos talleres participativos iniciales permitieron exponer los objetivos del proyecto, discutir los desafíos para la ciudad, validar la metodología y recolectar información suministrada por parte de los actores clave.

En el primer taller se procedió a la priorización de amenazas, donde se reunió a 88 personas de instituciones diferentes (Cooperación: 1 persona, ONG: 3, Sociedad civil: 7, GAMT: 20, GADT: 9, Universidad: 44, Servicios del Estado: 1, Defensa civil: 2, Dirección Distrital de educación: 1).

En un segundo taller se procedió a la selección y priorización de variables para la construcción de los indicadores, el cual contó con la participación con la participación de aproximadamente 30 personas (ONG: 2, GAMT: 9, GADT: 3, SEDEGIA: 1, Universidad: 2, Ministerio de Educación: 1, Entidad Municipal de Aseo: 2, ABT: 1, Concejo Municipal Cercado-Tarija: 2, Asamblea Legislativa Departamental: 5, Sub Alcaldía Cercado: 1).

Figura 2. Imágenes del primer taller participativo realizado en la ciudad de Tarija.



Fuente: equipo consultor, 2019.





3

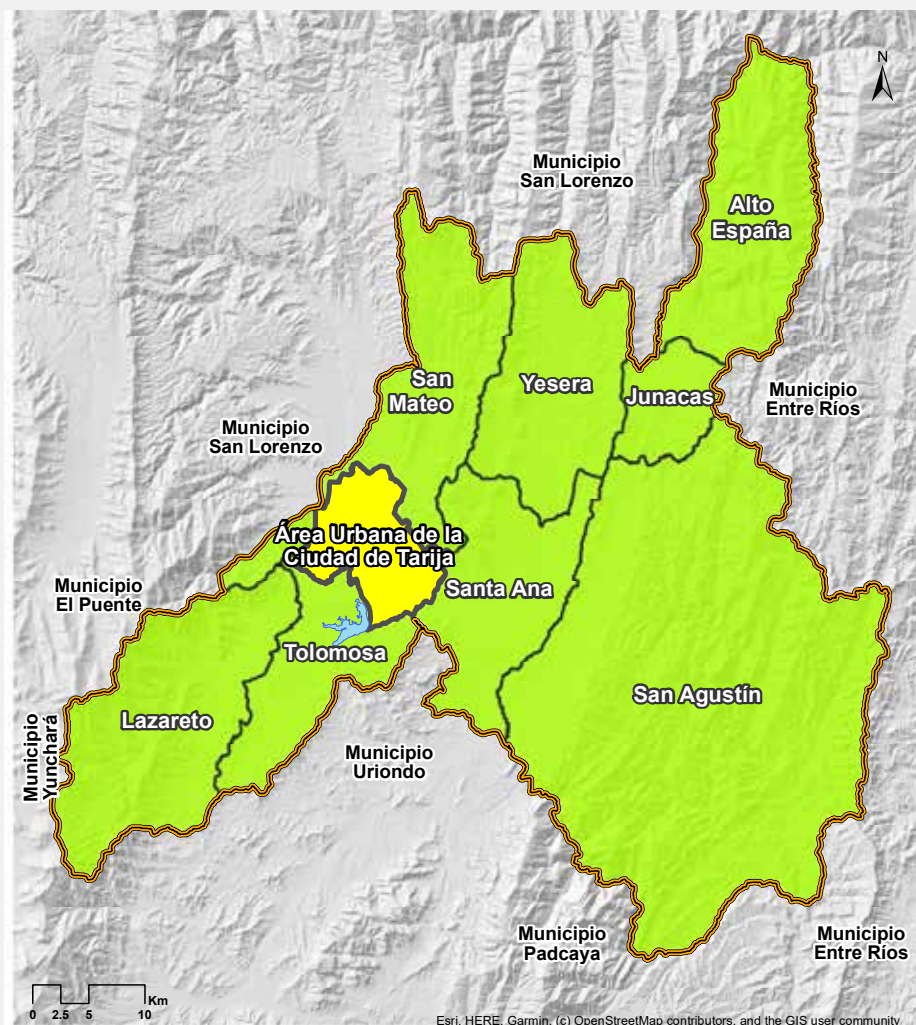
LÍNEA BASE DE LA
VULNERABILIDAD
**FRENTE AL
CAMBIO
CLIMÁTICO
DEL MUNICIPIO**

3.1. Ubicación del área de estudio y principales características biofísicas del municipio

Para los fines del presente estudio, se denominará al territorio como municipio de Tarija, entendiendo que en esta denominación se incluye a la ciudad de Tarija que corresponde a la zona urbana con sus 20 distritos, y al área rural con sus 8 distritos rurales; y se denominará Gobierno Autónomo Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado a la institución que administra el territorio.

El municipio de Tarija se encuentra ubicado en la provincia Cercado del departamento de Tarija, tiene una superficie de 2638 km² y sus límites son los siguientes: al norte con el municipio de San Lorenzo, al sur con los municipios de Padcaya y Uriondo, al este con el municipio de Entre Ríos, y al oeste con los municipios de San Lorenzo, El Puente y Yunchará.

Figura 3. Localización del municipio de Tarija respecto a los municipios colindantes.



UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE TARIJA

<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> Límite municipal Límites distritos Límite urbano Lago San Jacinto 	<p>Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial</p> <p>Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas</p>	
--	---	--

Fuente: elaboración propia, 2020.

El municipio de Tarija ocupa todo el territorio de la provincia Cercado, el área urbana de la ciudad de Tarija, que es la capital del departamento, está conformada por 20 distritos urbanos, identificados con números; y 8 distritos rurales: Lazareto, Tolomosa, San Mateo, Santa Ana, Yesera, San Agustín, Junacas y Alto España. Sin embargo, se hace notar que el GAMT aún no cuenta con la delimitación completa de distritos y barrios para el radio urbano.

De acuerdo a la **clasificación climática** realizada para el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT, 2007), en la provincia Cercado se encuentran las siguientes unidades climáticas: Páramo Alto Semihúmedo (en alturas superiores a los 3.700 msnm), Páramo Bajo (entre los 3.000 y los 3.700 msnm), Templado Árido, Templado Semiárido, Templado Semihúmedo, Frío Árido, Frío Semiárido, Frío Semihúmedo.

La ciudad de Tarija presenta una **temperatura** media anual de 17,9 °C con máximas medias anuales de 26,2°C y 9,5°C de mínima media anual. La temperatura máxima extrema fue de 39,3 °C, en tanto que la temperatura mínima extrema fue de 9,5°C. Olas de calor han aparecido en los últimos años con temperaturas extremas de casi 40°C y sequías, tal y como sucediera en el año 2017 y recientemente, en enero de 2019.

En lo referido a las **precipitaciones**, Tarija presenta una marcada estacionalidad, puesto que el 94% de las lluvias se presentan entre octubre y marzo con mucha variabilidad espacial. La precipitación anual alcanza los 596,8 mm en la estación AASANA, con oscilaciones geográficas que van desde los 303 mm en el distrito San Agustín, y llegan hasta los 1271 mm en la comunidad Calderillas (PMOT, 2007).

La provincia Cercado presenta **características geomórficas** complejas como resultado de los movimientos tectónicos y procesos morfológicos a los que estuvo sometida en épocas pasadas, los mismos que son responsables del desarrollo y evolución del paisaje actual, diferenciando las dos provincias fisiográficas: la Cordillera Oriental y la Faja Subandina. Las unidades de paisaje más abundantes en el municipio de Tarija son las serranías, seguidas de las montañas y los piedemontes.

En el municipio de Tarija según el mapa de vegetación de Bolivia (Navarro, 2007), se ha identificado una **vegetación** que corresponde a dos zonas biogeográficas: a) Boliviano Tucumana y b) Puna (cordillera Altiplano).

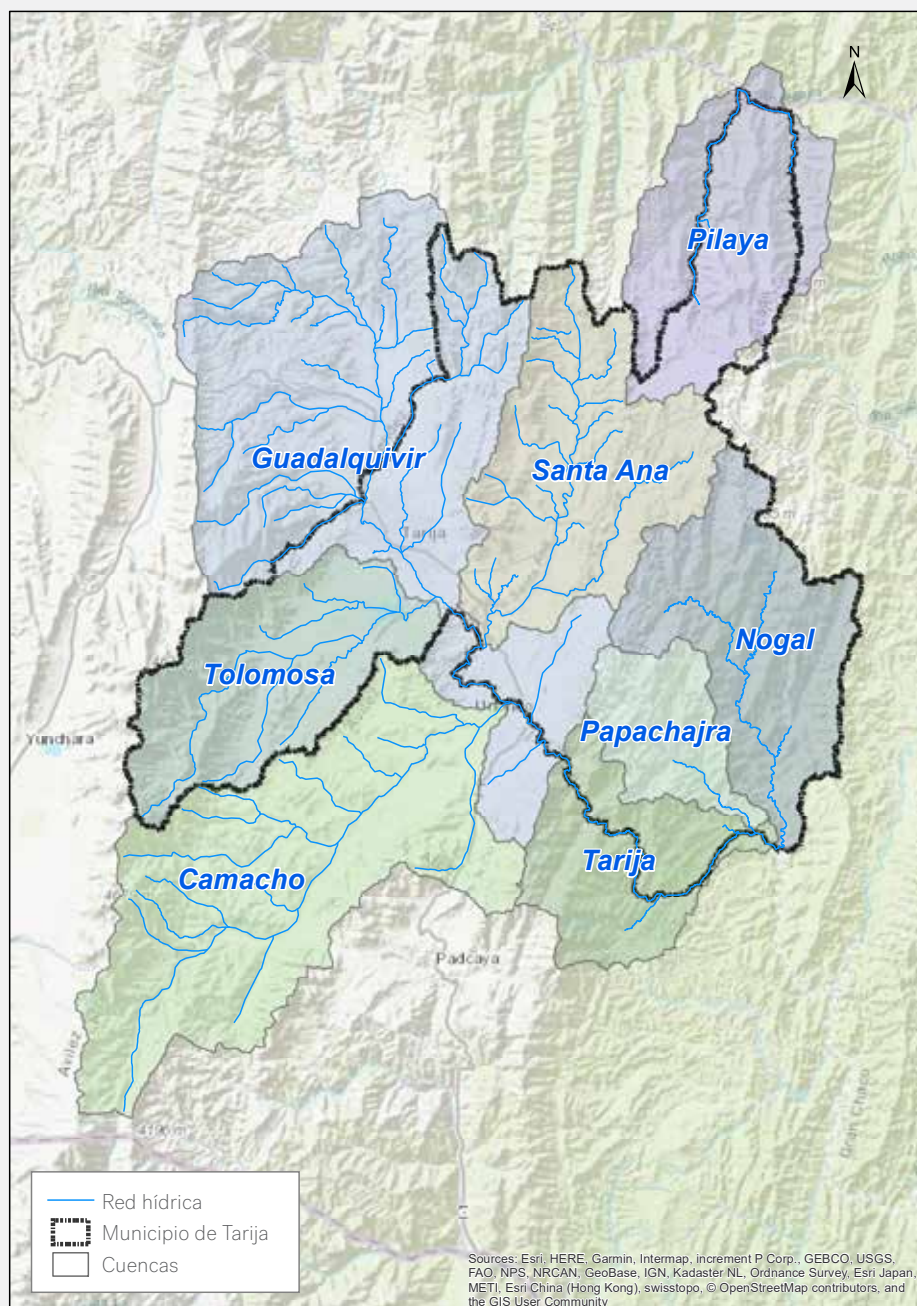
Según el PMOT del año 2007, la **hidrografía** del municipio de Tarija se conforma dentro de dos cuencas mayores: 1) Pilcomayo, que ocupa el 10% del total del municipio con 275 km², y 2) Bermejo, que abarca una extensión de 2363 km² representando el 90% del territorio municipal.

Las cuencas menores son la del Guadalquivir, Santa Ana, Tolomosa, Tarija, Cajas (Pilaya), Papachajra y Nogal. Entre estas, la cuenca de mayor área es Santa Ana con 581 km², ocupando el 22% del territorio (Figura 4).

El régimen de escurrimiento de los ríos es acorde con el régimen de precipitaciones, el caudal empieza a aumentar desde el mes de octubre y alcanza su máximo en el mes de febrero, para descender después. Un estiaje pronunciado se extiende de mayo a septiembre y los ríos menores pierden totalmente su caudal. El régimen hidrológico es por lo tanto irregular y torrencial.

El recurso hídrico siempre vital, adquiere, en el caso del municipio de Tarija, una dimensión especial debido a la importancia en la agricultura, de manera especial para cultivos bajo regadío como la vid, que cada año incrementa la superficie de cultivo, al igual que el de las hortalizas y frutales.

Figura 4. Cuencas hidrográficas del municipio de Tarija.



Fuente: elaboración propia, 2020.

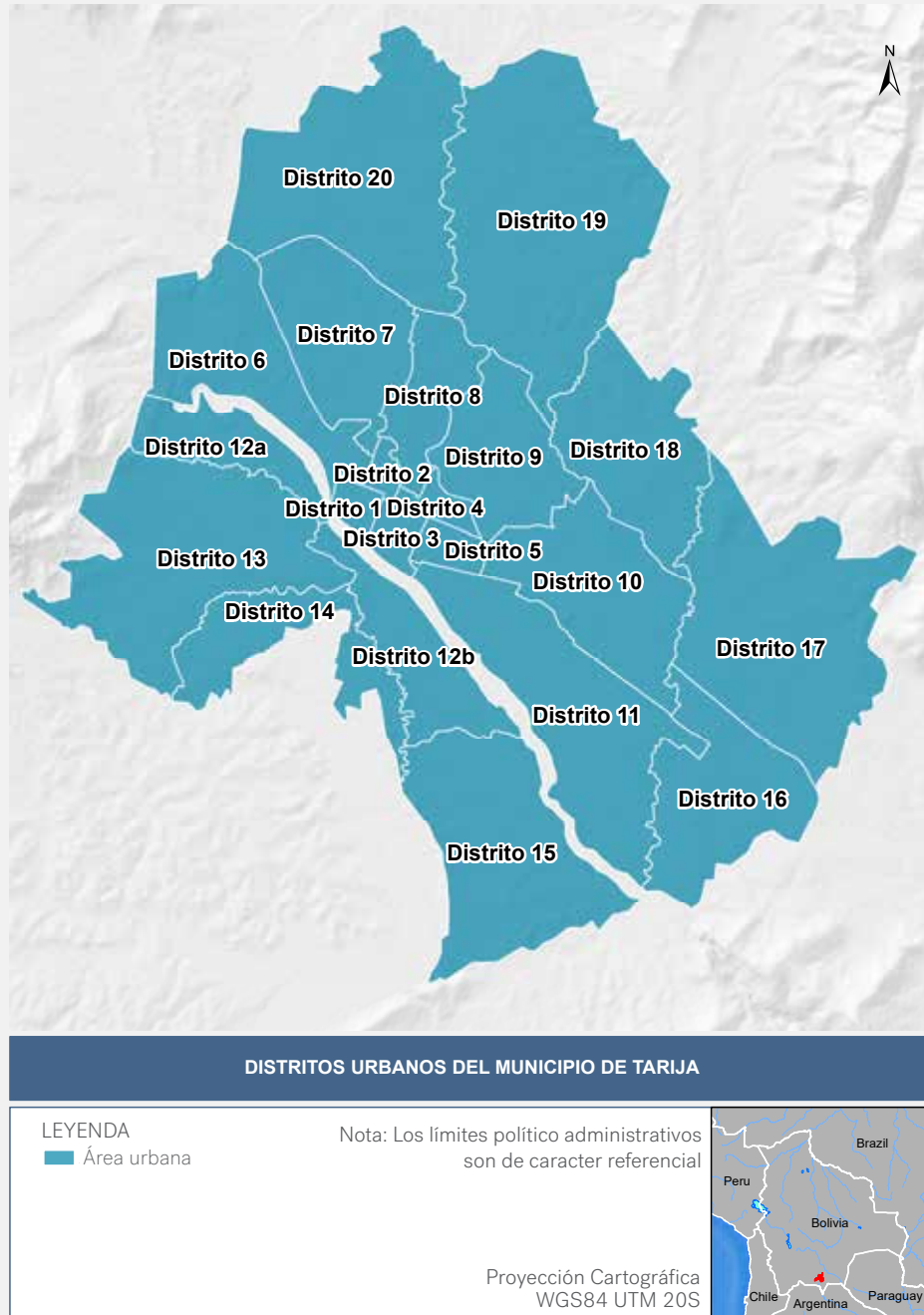
En el municipio de Tarija, se encuentran seis **áreas protegidas**, dos nacionales: 1) Reserva Biológica Cordillera de Sama y 2) Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquíu. Y cuatro áreas protegidas municipales: 1) El Área Protegida Municipal Bosques de Aranjuez, 2) Bioparque Urbano, 3) Reserva Ecoforestal Municipal de Interés de Captación de Carbono San Agustín y 4) Red Biológica Municipal de Interés Hidrológico Turumayo.

3.2. Organización administrativa para la gestión territorial del municipio

De acuerdo al último Plan Municipal de Ordenamiento Territorial del año 2007, el municipio de Tarija tiene una extensión de 2,638 km², siendo esta superficie no definitiva por posibles ajustes debido a conflictos limítrofes con provincias y municipios vecinos.

Debe señalarse que en la actualidad el GAMT aún no cuenta con una delimitación completa de los **distritos y barrios urbanos**. Para el presente estudio, se ha actualizado el número de distritos urbanos del municipio de Tarija a los límites oficiales del área urbana, habiéndose delimitado 20 distritos urbanos. Los cinco primeros distritos corresponden a los barrios originales de la ciudad de Tarija establecidos en los años 60: El Molino, San Roque, Las Panosas, La Pampa y Fátima con superficies promedio de 55 ha; mientras que el resto de los distritos tienen extensiones cuyo promedio supera las 600 ha.

Figura 5. Mapa de distritos urbanos del municipio de Tarija.



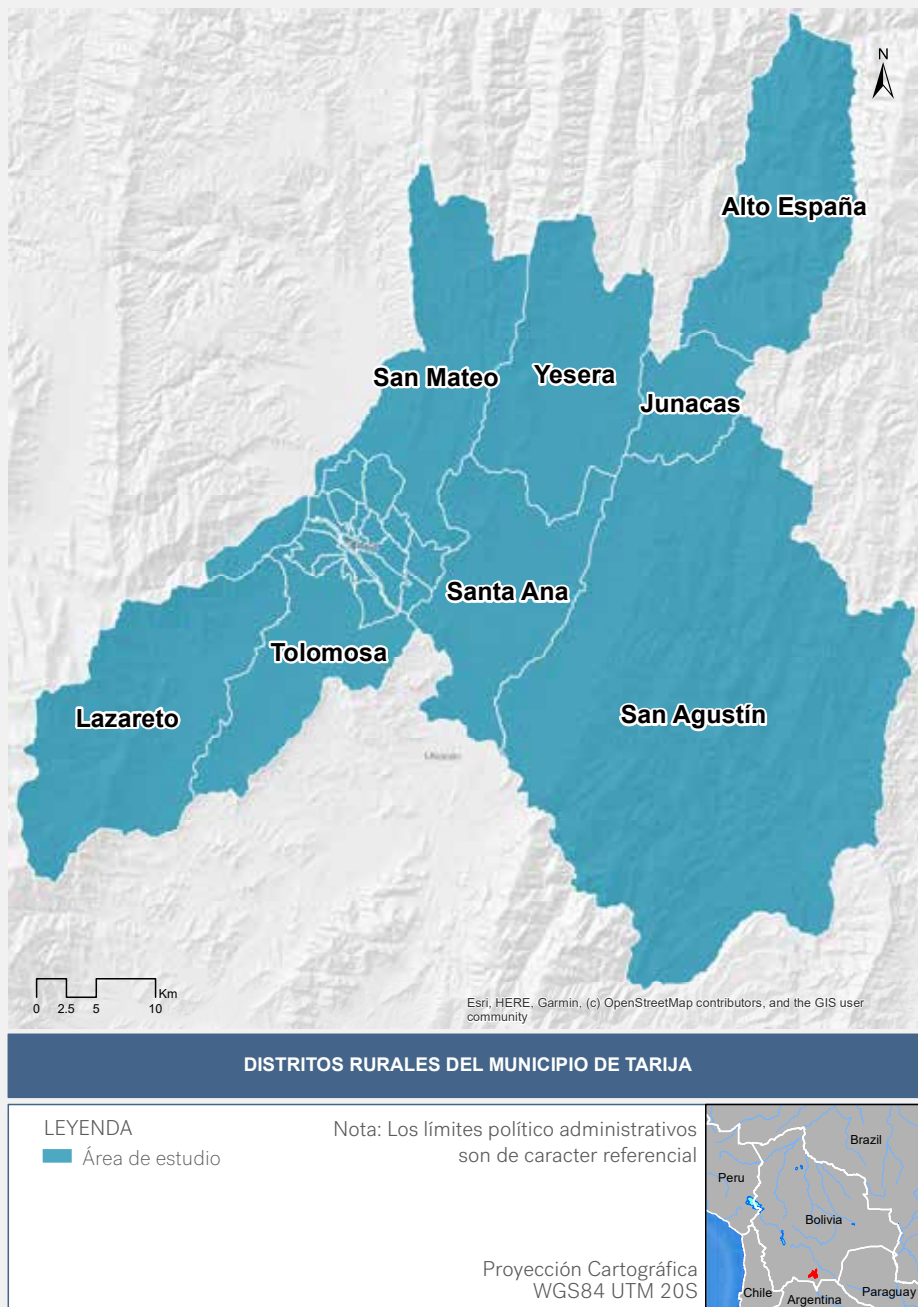
Fuente: elaboración propia, 2020.

Actualmente, solo 56 de 87 barrios de los primeros 13 distritos, cuentan con personería jurídica (reconocimiento legal) otorgada mediante resolución administrativa por el Gobierno Autónomo de la Ciudad de Tarija, la provincia Cercado y la Prefectura del departamento ahora Gobernación Departamental de Tarija. No existe delimitación barrial oficial para los distritos 14 al 20.

El **área rural** tiene una superficie de 2.263 km², está constituida por 8 distritos antiguamente denominados cantones, estos a su vez conforman las subcentrales campesinas: Lazareto, Tolomosa, Sella, Santa Ana, Yesera, San Agustín, Junacas y Alto España. La autoridad en cada subcentral agraria es el Secretario General, quien es elegido democráticamente a través de votación en asamblea general, al igual que su mesa directiva.

El área rural del municipio está constituida por 76 comunidades según la Central de Campesinos de Cercado, distribuidas en los 8 distritos rurales. En el PTDI 2016-2020 figuran 73 comunidades. En el presente estudio se han identificado 84 comunidades de acuerdo a la base cartográfica del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2012). Las diferencias obedecen a la superposición de límites entre municipios que aún no ha sido aclarada.

Figura 6. Mapa de distritos rurales del municipio de Tarija.



Fuente: elaboración propia, 2020.

3.3. Aspectos demográficos, sociales, económicos y servicios básicos e infraestructuras

La **población** del municipio de Tarija que se encuentra en la provincia Cercado, concentra a sus habitantes en dos áreas: el área urbana (poblamiento concentrado) y el área rural (poblamiento disperso), la primera ubicada en la ciudad de Tarija y la segunda distribuida en el área rural del municipio organizados en estructuras comunales.

En el año 2012 el INE realizó el Censo Nacional de Población y Vivienda, según el cual, en el municipio de Tarija, viven 205.375 habitantes, de los cuales 99.522 son hombres y 105.853 mujeres.

De la población total del municipio de Tarija, 179.498 habitantes, equivalente al 87,4%, viven en el área urbana y 25.877 habitantes, equivalente al 12,6%, viven en el área rural. La población urbana presenta una alta tasa de crecimiento anual (3% en los últimos 20 años).

El municipio de Tarija, y en especial la ciudad capital, ha experimentado durante los últimos años una fuerte migración desde las diferentes comunidades del área rural hacia la ciudad capital, así como desde diferentes puntos del país, atraídos principalmente por las regalías que el departamento ofrece como compensación a la explotación de los diferentes pozos gasíferos existentes.

La principal **actividad económica** del municipio de Tarija es la industria vitivinícola, aunque también se desarrolla una actividad agrícola diversa, sobre todo en el área rural. El departamento de Tarija posee uno de los más altos PIB del país, siendo desde el año 2010 uno de los mayores en la estructura del PIB boliviano, llegando en el año 2013 al 14,3% del PIB total (PTDI, 2016-2020).

Debido a las características de los ocho distritos rurales, se ha podido definir un modelo productivo tradicional basado en la agricultura y ganadería, el cual se constituye en el pilar fundamental de la economía de las familias que habitan en el área rural. Dada la fisiografía del área rural del municipio, la producción agrícola se divide en: productos cultivados a riego y a secano.

Respecto a la cobertura del **servicio de energía eléctrica**, según el censo de población y vivienda del año 2012, se verifica que, del total de 126.820 viviendas existentes y habitables en el municipio de la ciudad de Tarija, el 87% cuentan con este servicio, mientras que el 9,2% no tienen el servicio y el 2,39% de las viviendas tienen otra fuente alternativa para generar energía.

La entidad encargada de realizar la **distribución y suministro de agua potable** en la ciudad de Tarija y la provincia Cercado es la Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado Tarija (COSAALT). Siendo, a la fecha, el único ente avalado y autorizado por las autoridades correspondientes para que realice tal cometido.

De las 126.820 viviendas existentes y habitables en la ciudad de Tarija, el 81,48 % accede al agua potable por cañería de red suministrada por COSAALT y el resto a través de pozos, piletas públicas y otros. Según datos de la subalcaldía de Cercado, de la población del área rural solo el 76% tendría acceso al agua potable.

COSAALT es también la entidad encargada de realizar el **servicio sanitario**; en este caso, el 81,8% de las viviendas cuenta con este servicio y/u otro medio de eliminación de excretas (pozo ciego, cámara séptica, a la superficie), mientras que el 18,2% no dispone del mismo.

La provincia de Cercado cuenta con 67 **establecimientos de salud**, 38 públicos y 29 privados. Estos centros están organizados en la denominada red municipal de salud, y su distribución espacial obedece a un marco normativo sectorial que determina el umbral de aparición de los centros según la población existente.

En lo referido a los **niveles de pobreza** en comunidades, el diagnóstico realizado por la subalcaldía de Cercado para el PDI 2016-2020 indica que en el área rural la demanda insatisfecha en las comunidades es un tema pendiente, la crisis de los modos de producción continúa generando brechas de extrema pobreza. En el área urbana, más propiamente periurbana, todavía coexisten bolsones de pobreza en los barrios nuevos, de reciente creación y aquellos que no consolidaron sus límites ni situación jurídica.



4

ÍNDICE DE
VULNERABILIDAD
**AL CAMBIO
CLIMÁTICO**



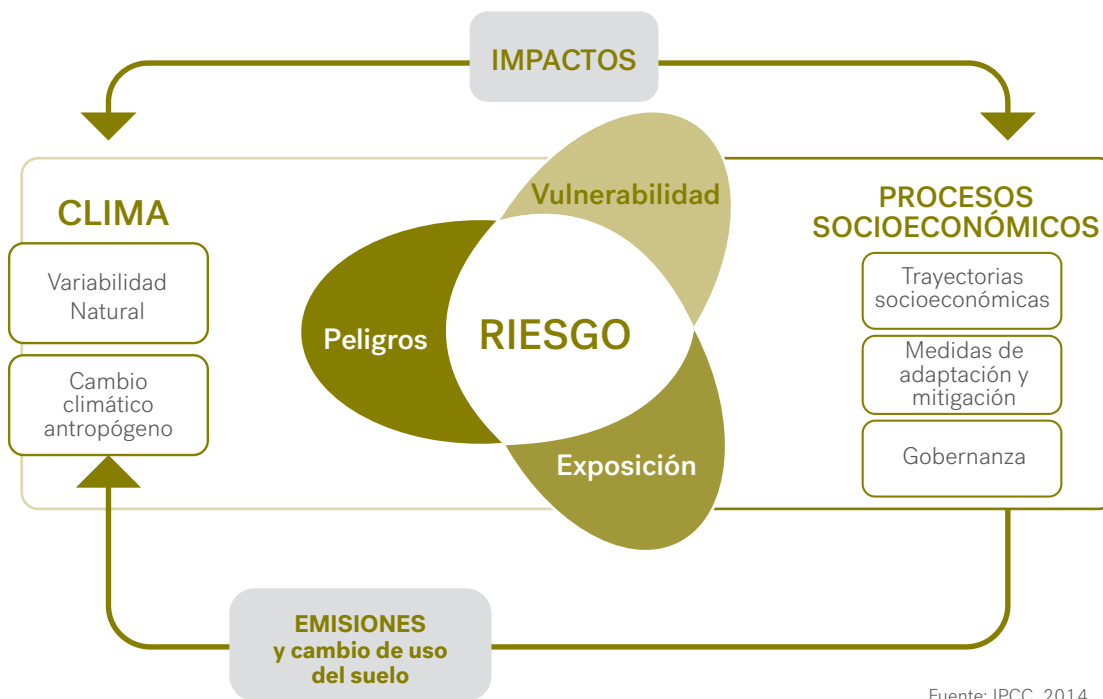
4.1. Metodología para la construcción y obtención del índice de vulnerabilidad

Para recopilar los datos necesarios para la realización del análisis de vulnerabilidad, se ha usado un enfoque que combina tanto métodos cuantitativos, incluyendo modelos y escenarios climáticos, cartografía y sistemas de información geográfica, como enfoques socio-geográficos, complementados con consultas a la comunidad a través de los grupos de actores clave y de entrevistas al personal e instituciones del gobierno local.

La metodología general de construcción de indicadores de vulnerabilidad se ha inspirado en el trabajo de Magaña (2012), y en el documento de la Cooperación Alemana (GIZ, 2018) para las cadenas de impacto.

La evaluación del riesgo frente al cambio climático, se ha realizado con el enfoque propuesto por el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático en su quinto informe de evaluación (IPCC, 2014), contemplando el riesgo como el resultado de la interacción de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (Figura 7).

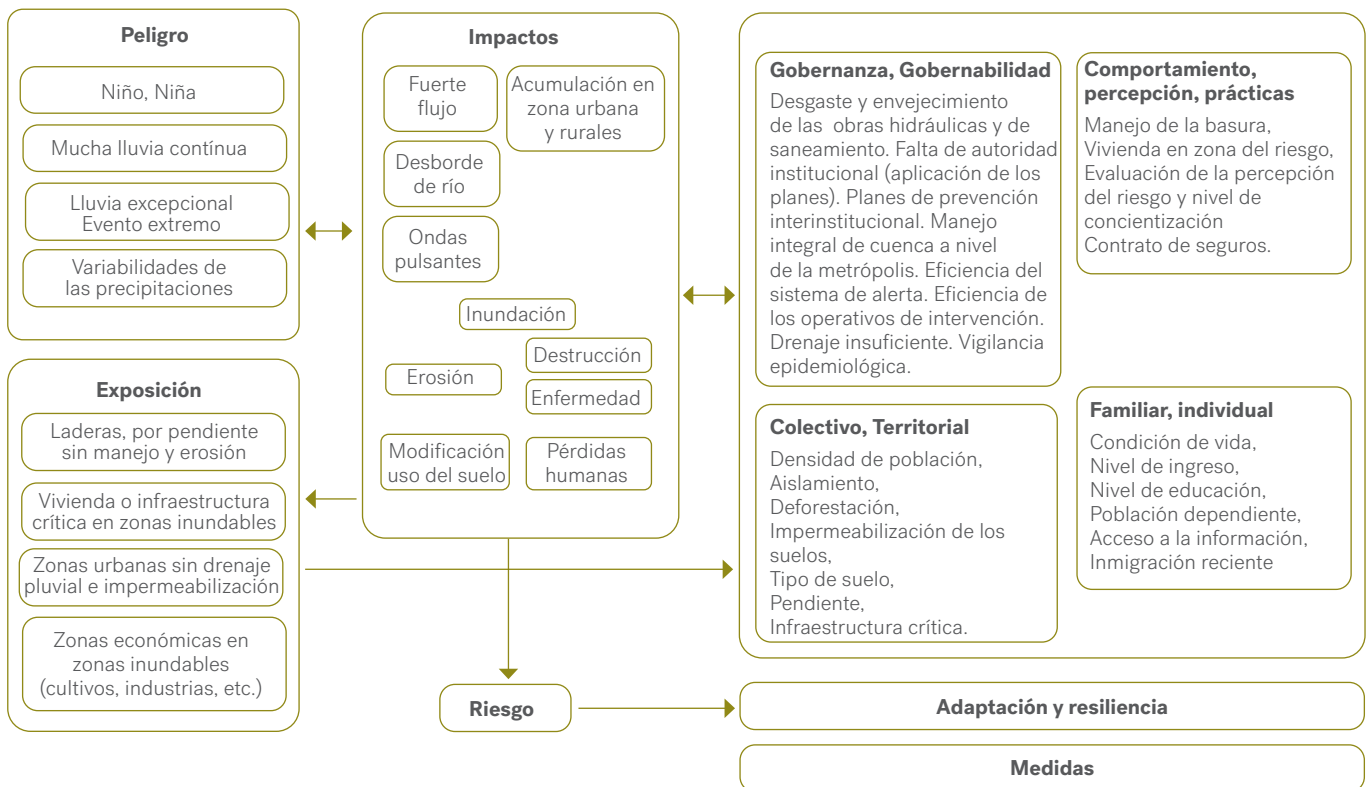
Figura 7. Esquema conceptual del Quinto Informe de Evaluación - IE5 del IPCC.



Las cadenas de impacto² han sido construidas según la metodología presentada en el documento de la GIZ (GIZ et al., 2018), y adaptadas a la problemática del cambio climático y de las amenazas seleccionadas.

Los factores identificados (ver ejemplo para la cadena de impactos del riesgo de inundación en la Figura 8) tienen que ser caracterizados mediante una variable o conjunto de variables que formarán un indicador. Se ha establecido un esquema de cadena de riesgo para cada amenaza y una lista de variables para la construcción de los indicadores.

² Una cadena de impacto es una herramienta que ayuda a entender, sistematizar y priorizar mejor los factores que intervienen en los mecanismos generadores de riesgo para el sistema de interés. https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2019/20190711_GIZ_Pub_ClimateRiskAssessment_eng.pdf

Figura 8. Cadena de impactos: factores identificados por componentes para el riesgo de inundación.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Se ha considerado y seleccionado un **indicador** cuando este demuestra relación cierta con la vulnerabilidad al cambio climático, construyendo una justificación de este enlace. Asimismo, se han seleccionado las **variables** que permiten construir los indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Para la obtención del **índice agregado** se han calculado los indicadores por amenaza (promedio de los valores normalizados de los indicadores de amenaza, exposición y sensibilidad para cada amenaza) y los indicadores por componente del riesgo (de las cinco amenazas priorizadas).

4.2. Caracterización del clima y análisis del cambio climático

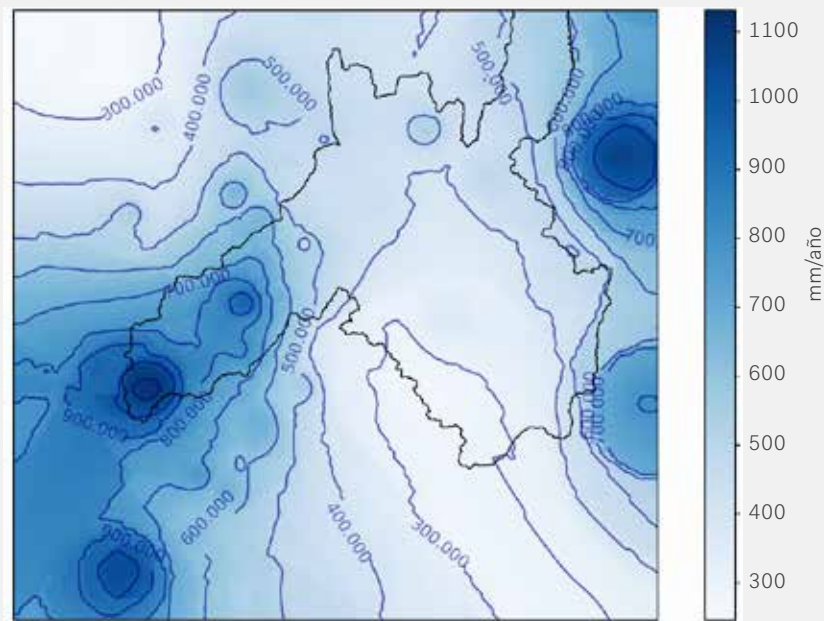
El análisis de la precipitación y de la temperatura actual y su variación en el tiempo por efecto del cambio climático, constituyen aspectos clave a la hora de abordar el análisis de las amenazas que afectan al municipio de Tarija y valorar su evolución en el futuro.

Para la caracterización de la precipitación y la temperatura actuales se han analizado los datos de 87 estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Sistema de Procesamiento de Datos Meteorológicos del SENHAMI, situadas en el entorno del área de estudio, las cuencas hidrográficas vertientes al municipio de Tarija (Figura 4).

El periodo de referencia, que servirá posteriormente para la elección del modelo de cambio climático, se encuentra comprendido entre los años 1979 y 2005, aquel en el que se dispone de mayor número de estaciones operativas simultáneamente, coincidiendo con el periodo histórico (retrospectivo: 1950-2005) que utilizan dichos modelos climáticos.

Se ha caracterizado la **precipitación media anual** en régimen medio (Figura 9) y también su **régimen extremal**, con el fin de estudiar posteriormente la amenaza de inundación.

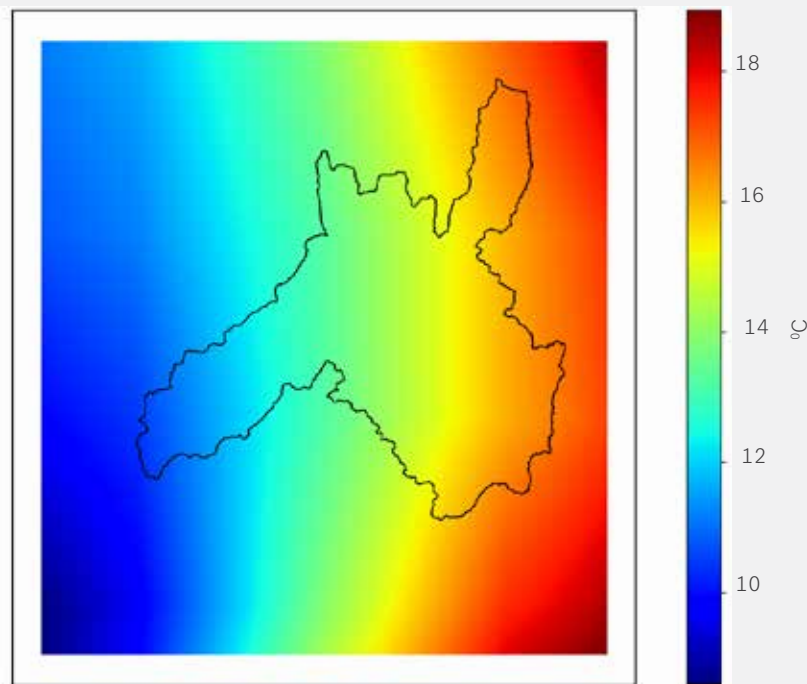
Figura 9. Distribución espacial de la precipitación media anual (mm/año).



Fuente: elaboración propia, 2020.

En lo referido a la **temperatura** (Figura 10), la zona de estudio cuenta con una densidad de estaciones con datos termométricos muy baja (menos de 2 estaciones con datos simultáneos), lo que complica la reconstrucción en el espacio de dicha variable climática, debido a esto se ha decidido utilizar información disponible en la base de datos global CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*)³, para obtener la temperatura media diaria.

Figura 10. Distribución espacial de la temperatura media (°C).



Fuente: elaboración propia, 2020.

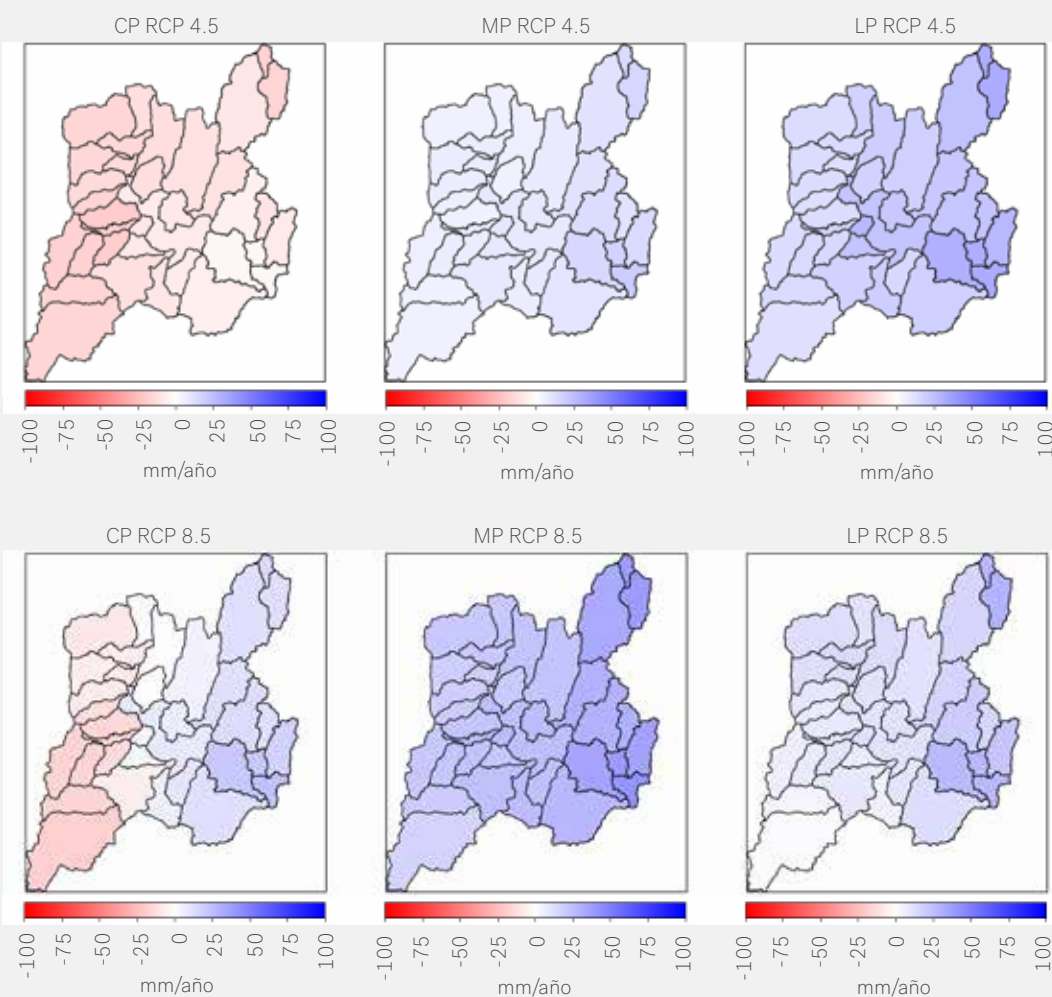
³ El CFSR es un producto de reanálisis de tercera generación. Se trata de un sistema global de alta resolución acoplado atmósfera-océano-superficie-hielo marino que se diseñó y ejecutó como un sistema para proporcionar la mejor estimación del estado atmosférico durante el período de 32 años (1979-2011).

Los resultados obtenidos del análisis de ambas variables ponen de manifiesto la **elevada variabilidad de la precipitación y, especialmente, de la temperatura en el área de estudio**, con un fuerte gradiente este-oeste en esta última.

En este estudio **las previsiones de cambio climático** se realizan para cada uno de los siete escenarios que resultan de la combinación de los horizontes temporales y de los escenarios de emisiones: periodo de referencia (1979-2005); corto plazo (2010-2040), medio plazo (2040-2070) y largo plazo (2070-2100), considerando para las proyecciones futuras dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 4.5 y RCP 8.5^[4]).

En los dos escenarios de emisiones considerados se produce una **reducción de la precipitación media en todas las cuencas** (Figura 11), aunque con cambios más notables en el escenario RCP 4.5. **Las mayores reducciones se producen en las cuencas occidentales del área de estudio coincidentes con los distritos Lazareto y Tolomosa y San Mateo que abastecen a de agua para consumo humano a la ciudad de Tarija**, con valores máximos del orden del 5% respecto a la precipitación media actual. Sin embargo, en el escenario RCP 8.5 los modelos apuntan a ligeros incrementos de la precipitación media en las zonas centro y este del municipio para el año 2040.

Figura 11. Variación de la precipitación promedio anual respecto a la actual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100).

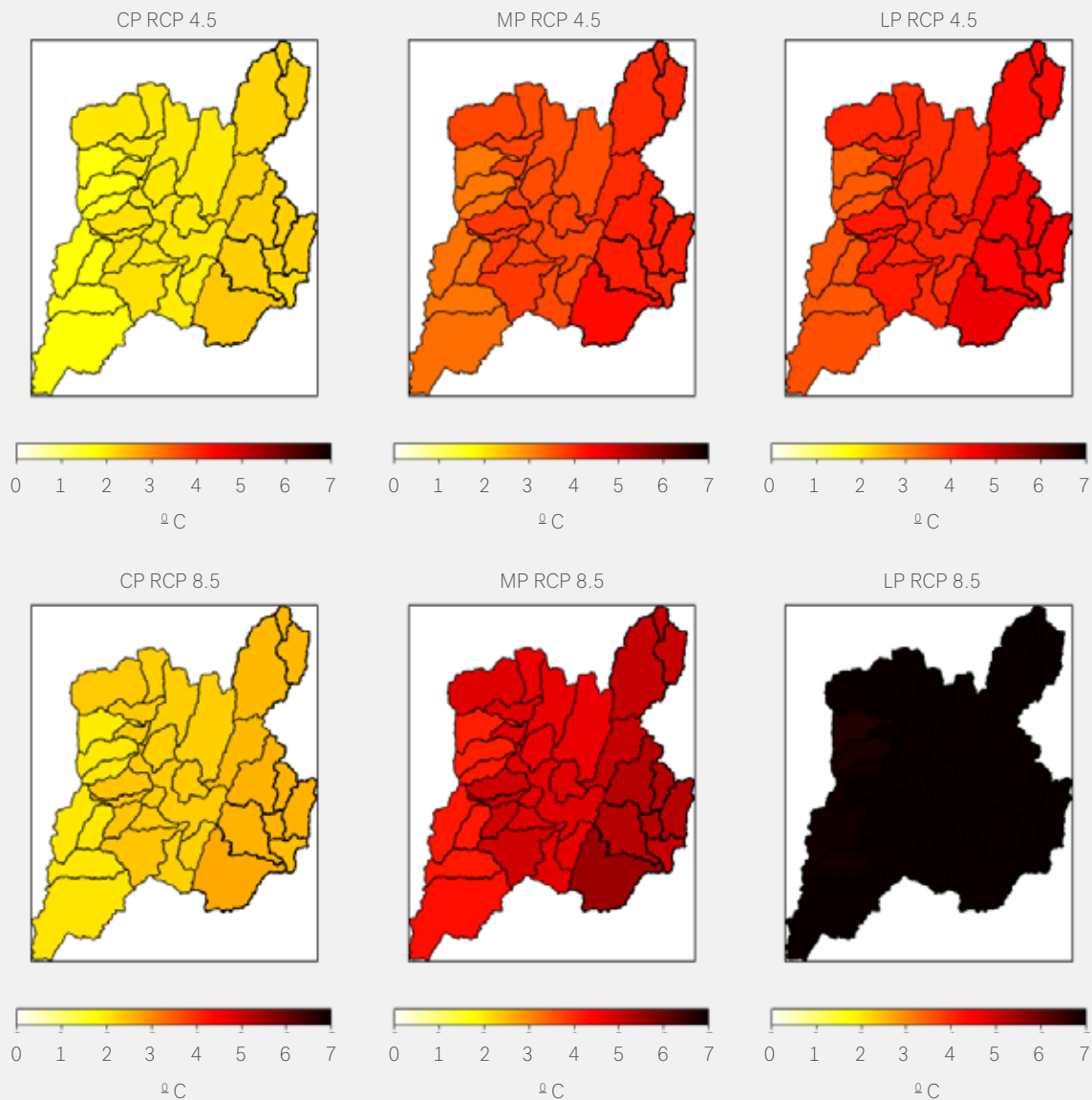


Fuente: elaboración propia, 2020.

4 Los RCPs (*Representative Concentration Pathways*) en el quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5), se plantearon 4 diferentes escenarios o RCPs. El RCP 4.5 corresponde a un escenario de estabilización. El forzamiento radiativo se estabiliza un poco luego del 2100. La temperatura muy probablemente excede los 2°C. En el RCP 8.5 se produce un incremento de las emisiones de GEI a lo largo del tiempo. La temperatura probablemente no excede los 4°C.

En el caso de la **temperatura máxima** (Figura 12), se prevé un **aumento progresivo a lo largo del tiempo**. Dicho aumento no se produce por igual en todo el municipio, sino que en la zona este coincidente con los distritos de Santa Ana, Yesera, Alto España, Junacas y San Agustín los incrementos son mayores que en la zona oeste. Los mayores aumentos se dan en el escenario RCP 8.5 claramente diferenciados con respecto al RCP 4.5 a mediano y largo plazo.

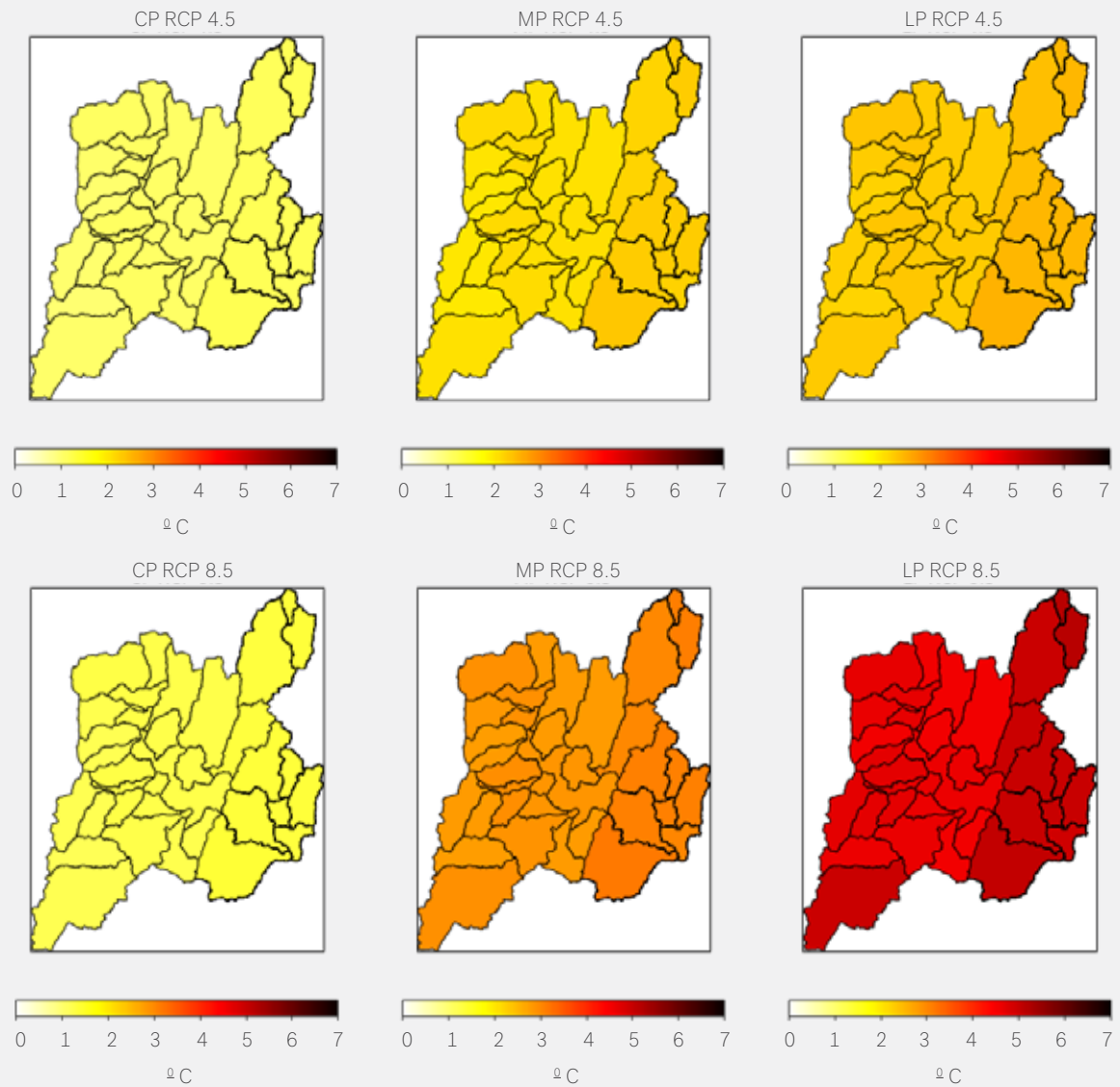
Figura 12. Variación de la temperatura máxima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100).



Fuente: elaboración propia, 2020.

Para la **temperatura mínima** (Figura 13), también existe un aumento progresivo a lo largo del tiempo con similar diferenciación que la temperatura máxima.

Figura 13. Variación de la temperatura mínima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100).



Fuente: elaboración propia, 2020.

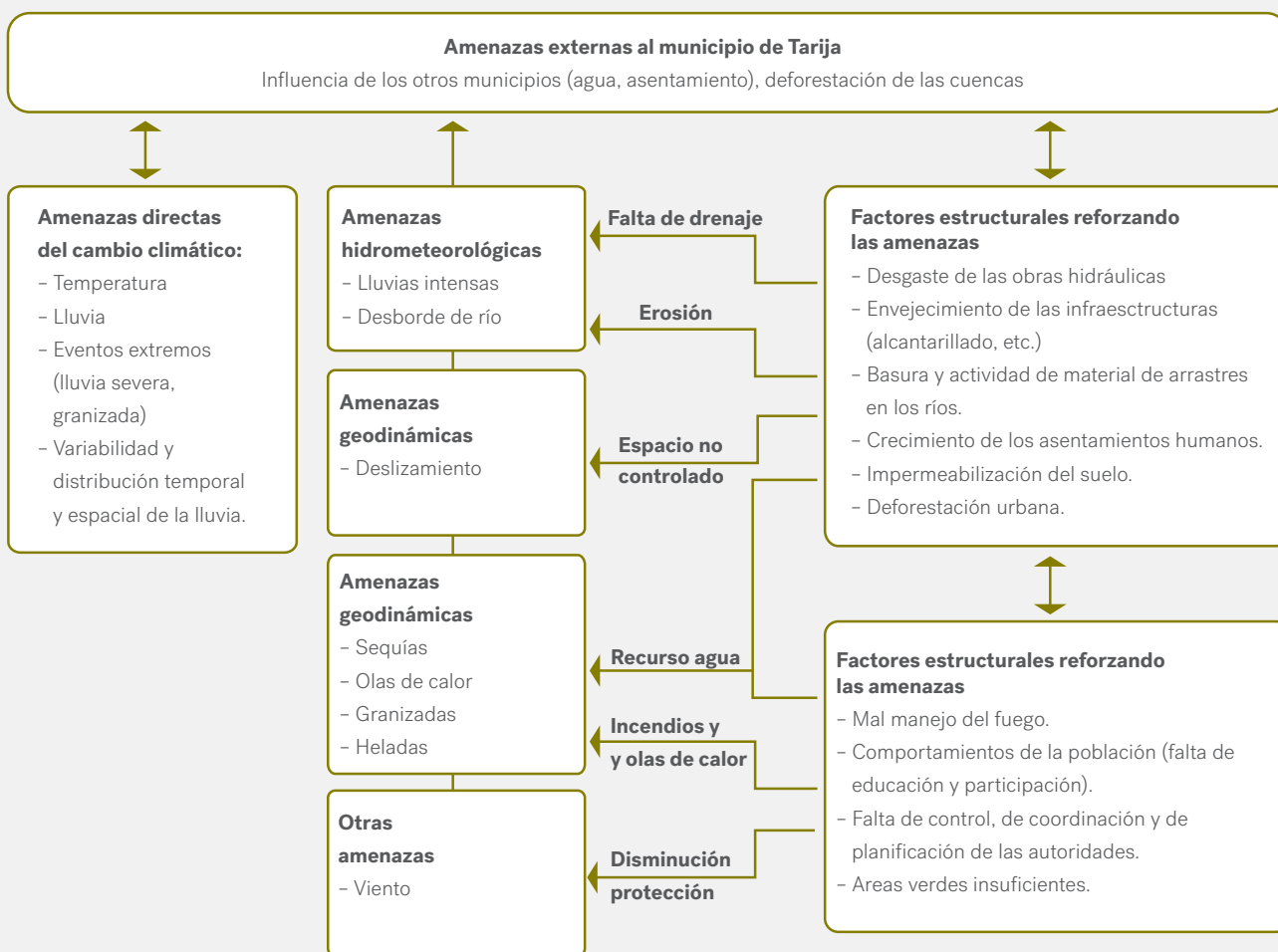
Por lo tanto, y según se desprende del análisis realizado, se espera que el **clima futuro** del municipio sea **más seco y más cálido**. Estas proyecciones podrían tener incidencia en los recursos hídricos, la biodiversidad y la salud, así como en los sectores tradicionales de la economía: como lo son la agricultura y la ganadería.

4.3. Selección y priorización de las amenazas hidro-climatológicas a las que está expuesto el municipio

La selección y priorización de las amenazas que más afectan al municipio de Tarija se realizó en dos fases: 1) Recopilación y análisis de datos sobre ocurrencia de eventos de desastre y 2) Selección y priorización por parte de los actores clave.

El objetivo de los talleres fue realizar el balance de los conocimientos y de los avances en los temas según la experiencia de cada uno de los actores, y determinar las prioridades en materia de amenazas. Como síntesis se realizó el esquema mostrado en la Figura 14 que pretende inventariar los factores que generan amenazas en el municipio.

Figura 14. Esquema lógico de amenazas y factores que refuerzan las mismas en el municipio de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado según los actores clave.



Fuente: elaboración propia, 2020.

De la conjunción del análisis de los datos de eventos históricos y de la priorización realizada por los actores clave, se seleccionaron las siguientes amenazas ordenadas de acuerdo a dicha priorización: **i) Escasez de recursos hídricos; ii) Inundación fluvial; iii) Olas de calor; iv) Heladas y v) Incendios forestales.**

4.4. Resultados del índice de vulnerabilidad

4.1.1 Indicadores

Para la obtención del índice agregado se calcularon inicialmente los indicadores por componente del riesgo: (i) amenaza; (ii) exposición, (iii) sensibilidad y (iv) capacidad adaptativa, promediando los componentes de cada una de las cinco amenazas priorizadas.

A continuación, se presentan tanto las variables que permitieron construir estos indicadores, como los resultados de los mismos.

4.1.1.1 Indicador de amenaza

Con base en las variables de amenaza seleccionadas (Tabla 2), se elaboró un indicador para cada amenaza y otro que integra todas las amenazas utilizando como unidad de análisis el distrito.

Tabla 2. Variables utilizadas para la construcción del indicador de amenaza.

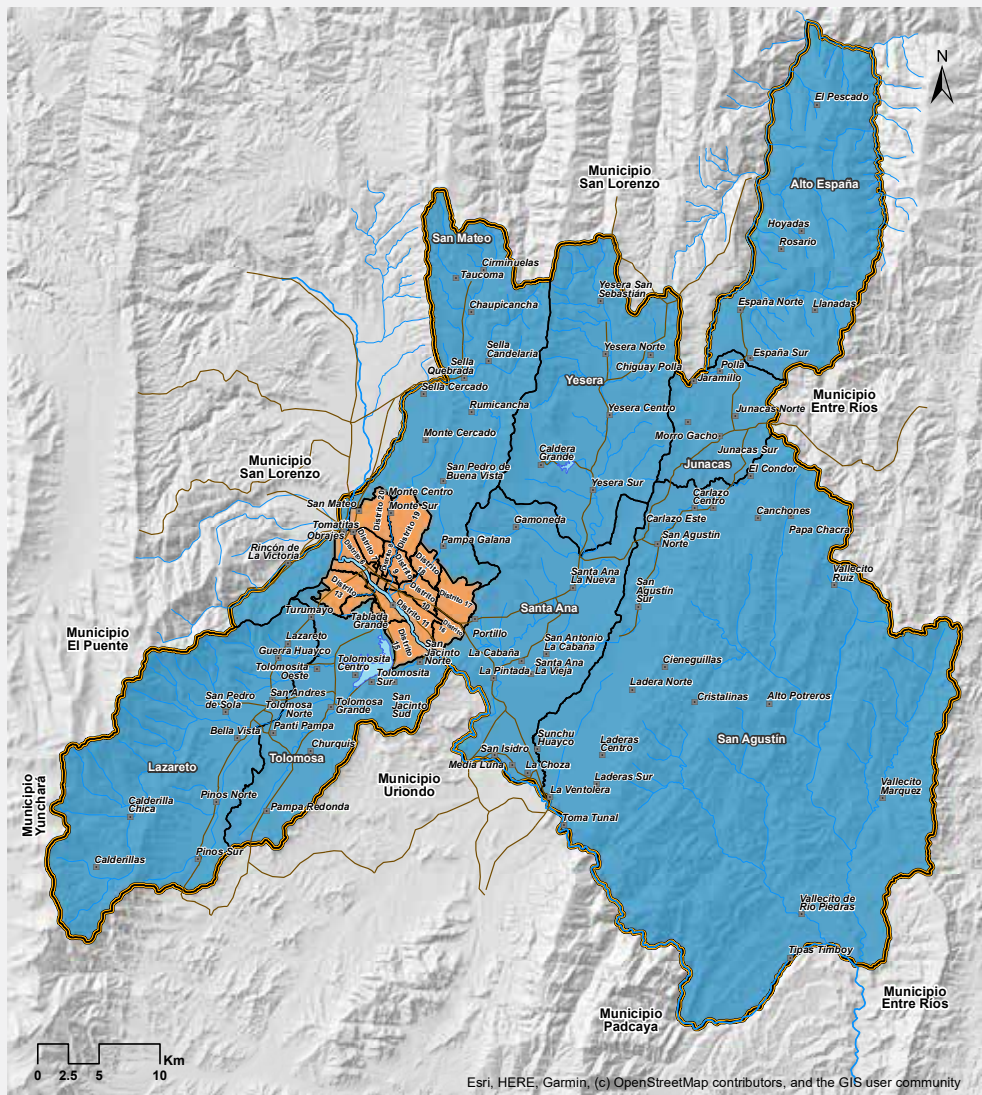
Variables de amenaza					
Amenaza	Variable	Unidad	Definición de la variable	Fuente	Año
Escasez de recursos hídricos	Recurso hídrico potencial anual	m ³ /hab/año	Disponibilidad potencial anual de recursos hídricos por habitante y distrito.	Modelización IHCantabria.	2019
Inundación	Lluvia extrema	mm/h	Intensidad de precipitación máxima diaria.	Modelización IHCantabria.	2019
	Superficie afectada por inundación	%	Porcentaje de superficie afectada por inundación.	Modelización IHCantabria.	2019
Incendios forestales	Tasa de ocurrencia de incendios	%	Variable que recoge la estadística oficial de ocurrencia de incendios del Viceministerio de Defensa Civil.	Modelización IHCantabria.	2019
	Índice Potencial del Fuego	Adimensional	Variable que estima el riesgo potencial de que ocurra un incendio a partir del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y la humedad relativa.	Modelización IHCantabria	2019
Olas de calor	Duración de las olas de calor	Días	Duración media de las olas de calor.	Modelización IHCantabria.	2019
	Número de olas de calor	Número	Promedio anual del número de olas de calor.	Modelización IHCantabria.	2019
Heladas	Número de heladas	Número	Promedio anual del número de heladas.	Modelización IHCantabria.	2019
	Número de heladas tardías	Número	Promedio anual del número de heladas tardías.	Modelización IHCantabria.	2019

Fuente: elaboración propia, 2020.

La variable utilizada para la caracterización de la amenaza de **escasez de recursos hídricos** es el recurso hídrico potencial ($m^3/hab/año$), entendido como la máxima cantidad de agua renovable disponible per cápita en las fuentes de agua.

Se aprecia que los distritos urbanos tienen menor disponibilidad de recursos hídricos por habitante en comparación a los distritos rurales, esta condición resulta en amenaza alta para lo urbano y muy baja para lo rural (Figura 15). Esta situación se explica por la elevada densidad poblacional del área urbana en relación con el área rural.

Figura 15. Indicador de amenaza escasez de recursos hídricos.



INDICADOR DE AMENAZA DE ESCASEZ DE RECURSOS HÍDRICOS

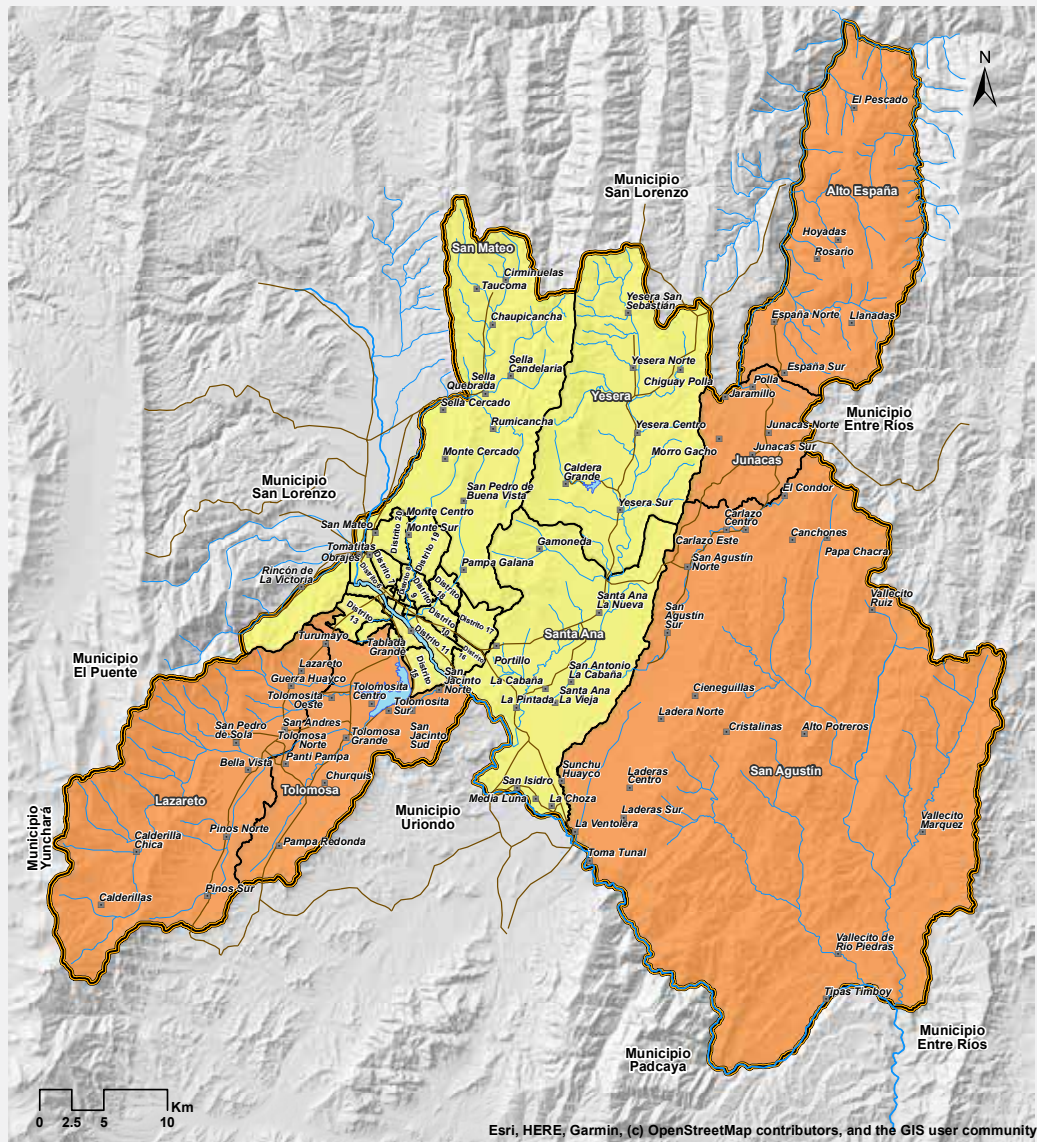
LEYENDA		Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades — Red caminos — Red hídrica — Limite distritos — Limite municipal 	Indicador de amenaza <ul style="list-style-type: none"> < 0.75 Muy bajo 0.76 - 0.90 Bajo 0.91 - 1.10 Promedio 1.11 - 1.50 Alto > 1.51 Muy alto 		
Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas			

Fuente: elaboración propia, 2020.

Las variables consideradas para la caracterización de la amenaza de **inundación** son la intensidad de precipitación máxima diaria (mm/h) y la superficie total afectada por inundación por distrito (expresada en porcentaje), ambas derivadas del análisis del régimen extremal de precipitaciones.

Los distritos rurales Lazareto, Tolomosa, Alto España, Junacas y San Agustín presentan amenaza de inundación alta, en tanto que el resto, incluido los distritos urbanos, presentan amenaza dentro del promedio (Figura 16). Los distritos urbanos 3, 5, 11 y 12, localizados en la ribera del río Guadalquivir, se encuentran entre los más afectados por inundación, con más del 20% de su superficie afectada.

Figura 16. Indicador de amenaza de inundación.



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

INDICADOR DE AMENAZA DE INUNDACIÓN

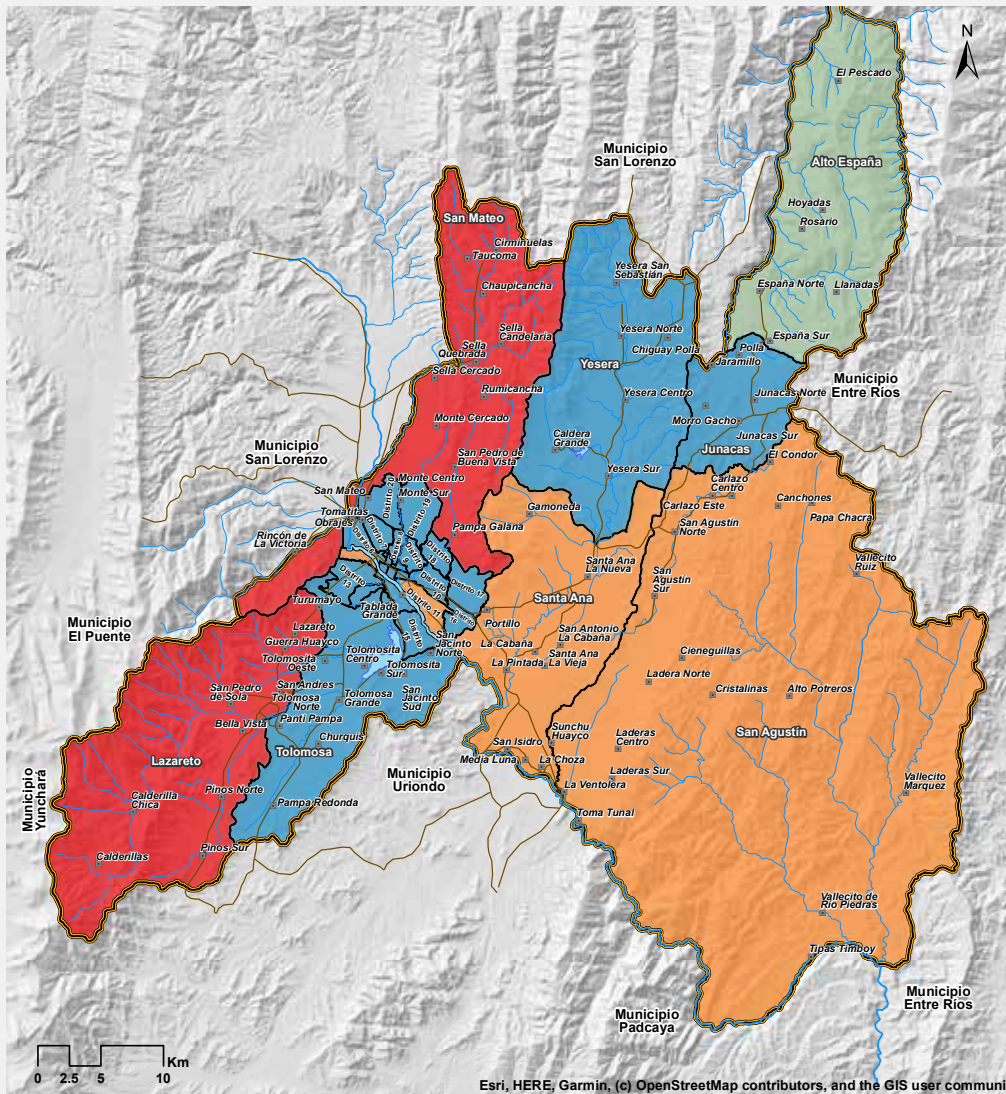
<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades — Red caminos — Red hidrica — Limite distritos — Limite municipal 		<p>Indicador de amenaza</p> <ul style="list-style-type: none"> < 0.75 Muy bajo 0.76 - 0.90 Bajo 0.91 - 1.10 Promedio 1.11 - 1.50 Alto > 1.51 Muy alto 	<p>Nota: Los límites político administrativos son de caracter referencial</p> <p>Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas</p>
---	--	---	---

Fuente: elaboración propia, 2020.

El indicador de amenaza de **incendios forestales** se ha determinado a partir de la tasa de ocurrencia de incendios forestales y el Índice Potencial de Incendios (*Fire Potential Index*: Huesca et al., 2009) que realiza una estimación del potencial de incendios basado en temperatura, biomasa y humedad relativa, es decir factores ambientales naturales.

Los incendios forestales (Figura 17) son una amenaza recurrente cada año, la cual está muy relacionada a la actividad de ganadería extensiva ya que se utiliza el fuego para provocar el rebrote de las praderas que se localizan especialmente en la Cordillera de Sama, en concreto en los distritos Lazareto y San Mateo, donde se da con nivel de amenaza muy alto. Los distritos San Agustín y Santa Ana se sitúan con nivel alto, al igual que los distritos urbanos 11 y 12. El resto se ubica en un nivel de amenaza bajo y muy bajo.

Figura 17. Indicador de amenaza de incendios forestales.



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

INDICADOR DE AMENAZA DE INCENDIOS FORESTALES

LEYENDA		Indicador de amenaza	Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas
	Red caminos	< 0.75 Muy bajo	
	Red hídrica	0.76 - 0.90 Bajo	
	Límite distritos	0.91 - 1.10 Promedio	
	Límite municipal	1.11 - 1.50 Alto	
		> 1.51 Muy alto	

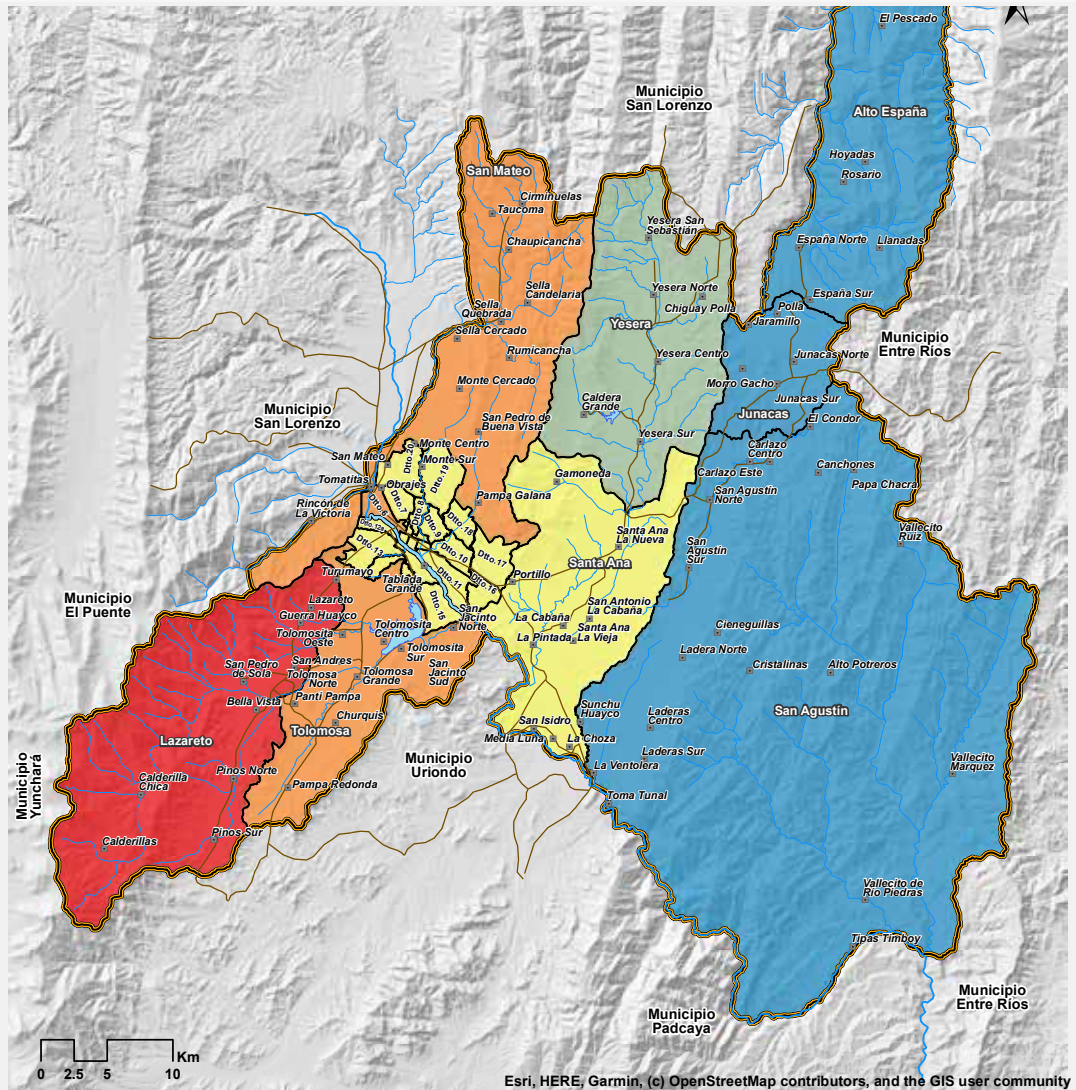


Fuente: elaboración propia, 2020.

La caracterización de la amenaza de **olas de calor** pasa por determinar los periodos de temperatura excepcionalmente alta a través del cálculo de un índice (*Excess Heat Factor*: Nairn and Fawcett, 2015) que identifica, a partir de las temperaturas máximas y mínimas, los eventos de al menos tres días de duración por encima de un umbral estadístico relativo al clima local. Con esta definición de ola de calor, se presentan en promedio 4 eventos anuales en todo el municipio.

La amenaza de **heladas** (Figura 18) se determinó a partir del número de heladas y el número de heladas tardías promedio por año. Su mayor recurrencia es en la zona de la Cordillera de Sama, aunque el valle central de Tarija se ve afectado de forma moderada. De esta manera, el distrito Lazareto presenta un nivel de amenaza muy alto, los distritos Tolomosa y San Mateo nivel de amenaza alto y el resto de distritos se encuentra en el promedio o por debajo.

Figura 18. Indicador de amenaza de heladas.



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

INDICADOR DE AMENAZA DE HELADAS

- LEYENDA**
- Comunidades
 - Red caminos
 - Red hídrica
 - Límite distritos
 - Límite municipal
- Indicador de amenaza**
- < 0.75 Muy bajo
 - 0.76 - 0.90 Bajo
 - 0.91 - 1.10 Promedio
 - 1.11 - 1.50 Alto
 - > 1.51 Muy alto

Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial

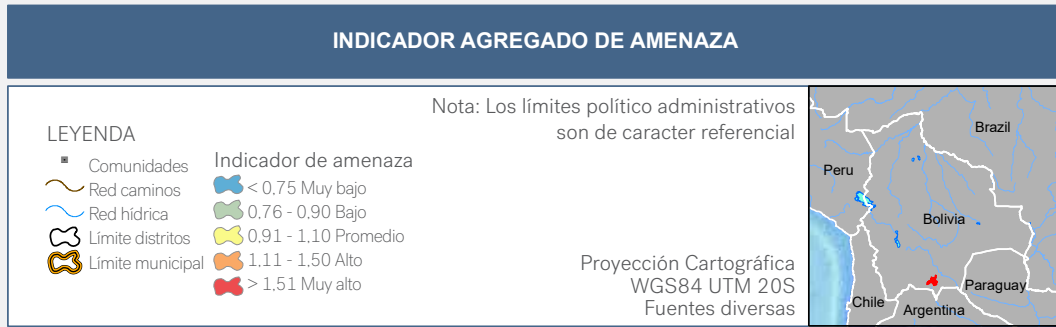
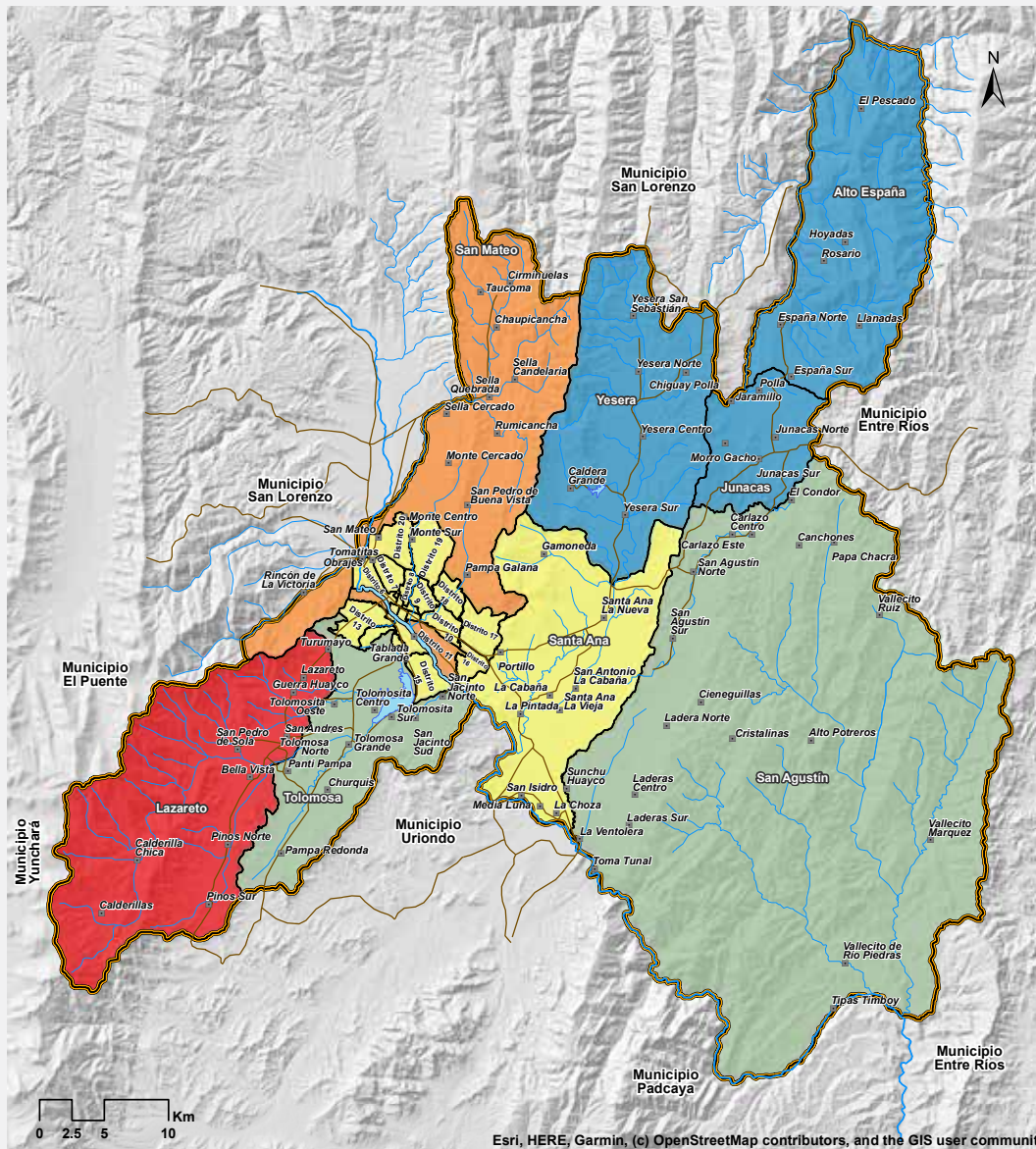
Proyección Cartográfica
WGS84 UTM 20S
Fuentes diversas



Fuente: elaboración propia, 2020.

El resultado del índice agregado de amenaza se presenta en la Figura 19. Se puede apreciar que el distrito de Lazareto concentra un nivel de amenaza muy alto, el distrito San Mateo nivel de amenaza alto al igual que los distritos urbanos 11 y 12. El distrito Santa Ana y el resto de distritos urbanos tienen nivel de amenaza promedio en tanto que los distritos Tolomosa y San Agustín presentan nivel de amenaza bajo mientras que los distritos Yesera y Alto España presentan niveles de amenaza muy bajos.

Figura 19. Indicador agregado de amenaza.



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.1.1.2. Indicador de exposición

Con base en las variables de exposición seleccionadas (Tabla 3), se elaboró el indicador de exposición para cada amenaza y otro que integra todas las amenazas utilizando como unidad de análisis el distrito.

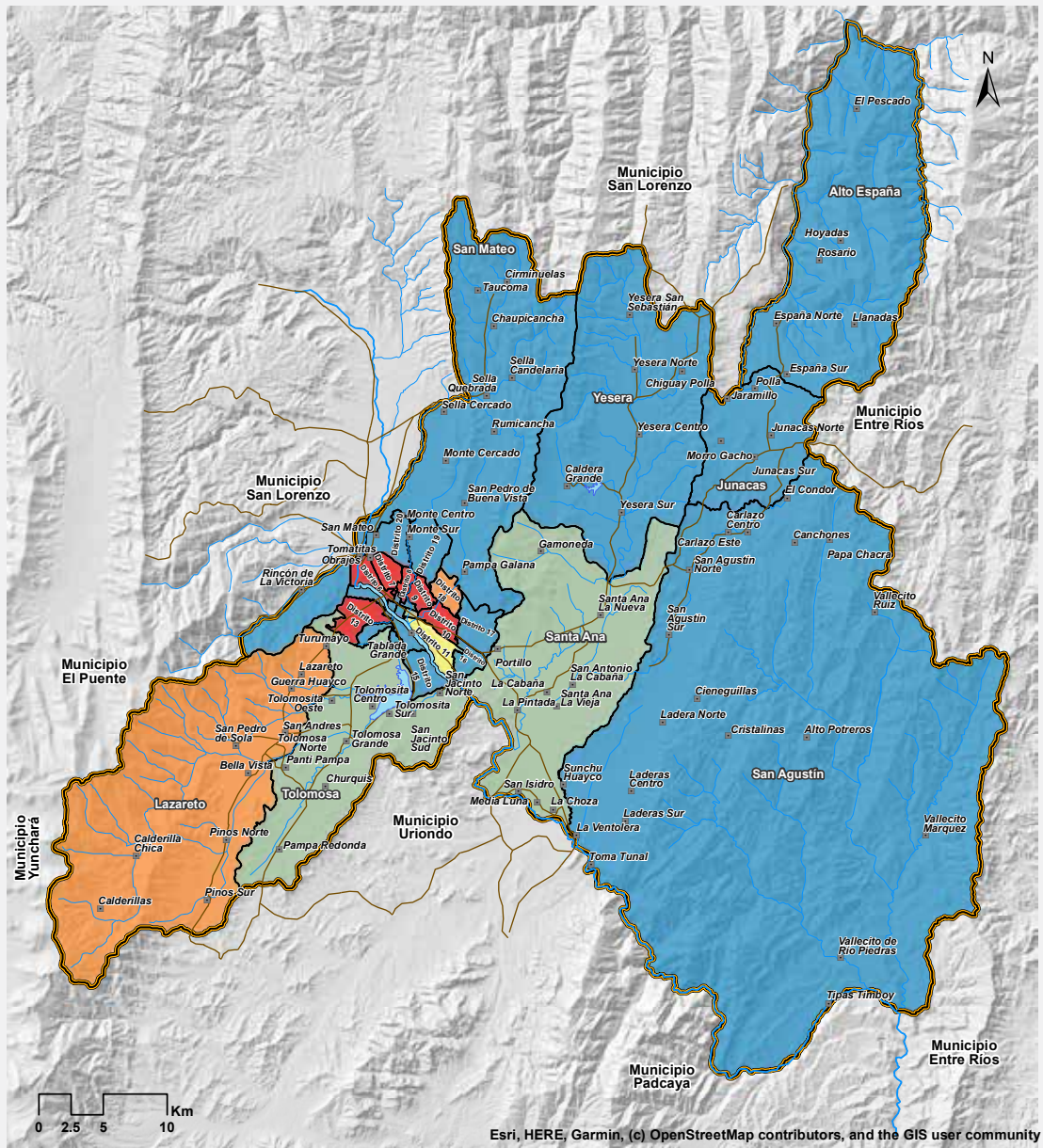
Tabla 3. Variables utilizadas para la construcción del indicador de exposición.

Variables de exposición					
Amenaza	Variable	Unidad	Definición de la variable	Fuente	Año
Escasez de recursos hídricos	Población total expuesta	%	Porcentaje de población expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población joven expuesta	%	Porcentaje de población menor a 15 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población adulto mayor expuesta	%	Porcentaje de población mayor a 64 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Cobertura arbórea	%	Porcentaje de superficie ocupada por cobertura arbórea en el distrito.	Global Forest Change 2000-2019. University of Maryland	2000-2019
Inundación	Población total expuesta	%	Porcentaje de población expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población joven expuesta	%	Porcentaje de población menor a 15 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población adulto mayor expuesta	%	Porcentaje de población mayor a 64 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
Incendios forestales	Población joven expuesta	%	Porcentaje de población menor a 15 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población adulto mayor expuesta	%	Porcentaje de población mayor a 64 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Velocidad del viento	m/s	Velocidad del viento a 10 y 50 metros de la superficie por distrito.	Global Wind Atlas v.3.0	2019
	Pendiente del terreno	%	Porcentaje promedio de la pendiente por distrito.	DEM ALOS PALSAR	2019
Olas de calor	Población joven expuesta	%	Porcentaje de población menor a 15 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población adulto mayor expuesta	%	Porcentaje de población mayor a 64 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Cobertura arbórea	%	Porcentaje de superficie ocupada por cobertura arbórea en el distrito.	Global Forest Change 2000-2019 University of Maryland	2000-2019
	Total de viviendas particulares	Número	Cantidad de viviendas por distrito.	INE 2012	2012
	Altitud	msnm	Altitud promedio del distrito.	DEM ALOS PALSAR	2019
Heladas	Población total expuesta	%	Porcentaje de población expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población joven expuesta	%	Porcentaje de población menor a 15 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población
	Población adulto mayor expuesta	%	Porcentaje de población mayor a 64 años expuesta por distrito.	INE 2012	2020 para la población

Fuente: elaboración propia, 2020.

En el indicador de exposición agregado (Figura 20) se puede apreciar que los distritos urbanos 6, 7, 8, 9, 10 y 13 concentran un nivel de exposición muy alto, el distrito 18 y el distrito Lazareto presentan nivel de exposición alto, mientras que el distrito 11 presenta nivel de exposición promedio. Los distritos Santa Ana y Tolomosa presentan nivel de exposición bajo en tanto que el resto de distritos presentan niveles de exposición muy bajos.

Figura 20. Indicador agregado de exposición.



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

INDICADOR AGREGADO DE EXPOSICIÓN

LEYENDA

■ Comunidades	Indicador de amenaza
~ Red caminos	■ < 0.75 Muy bajo
~ Red hídrica	■ 0.76 - 0.90 Bajo
~ Límite distritos	■ 0.91 - 1.10 Promedio
~ Límite municipal	■ 1.11 - 1.50 Alto
	■ > 1,51 Muy alto

Nota: Los límites político administrativos son de caracter referencial

Proyección Cartográfica
WGS84 UTM 20S
Fuentes diversas



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.1.1.3. Indicador de sensibilidad

Con base en las variables de sensibilidad seleccionadas (Tabla 4), se elaboró el indicador de sensibilidad para cada amenaza y otro que integra todas las amenazas utilizando como unidad de análisis el distrito.

Tabla 4. Variables utilizadas para construir el indicador de sensibilidad.

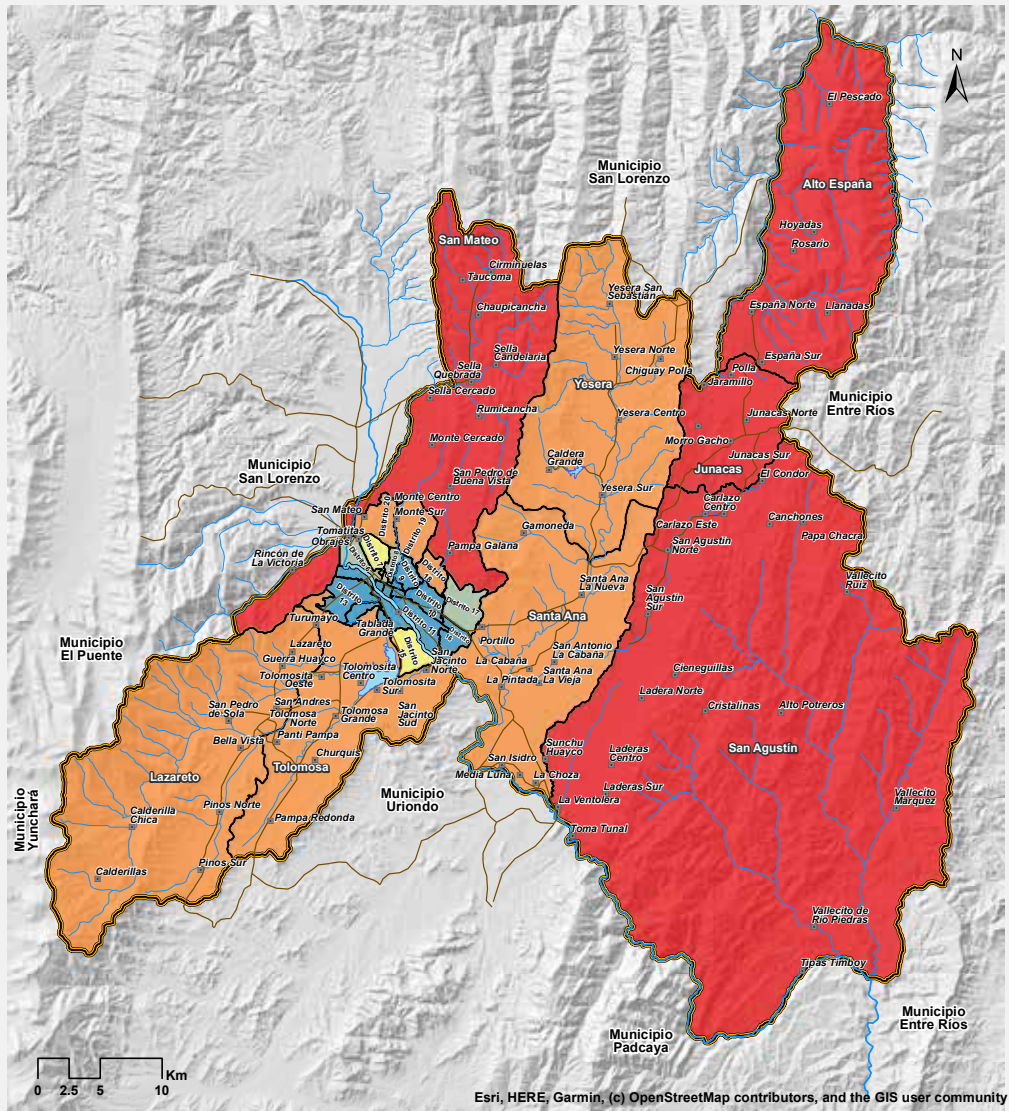
		Variables de sensibilidad			
Amenaza	Variable	Unidad	Definición de la variable	Fuente	Año
Escasez de recursos hídricos	Tasa de dependencia	Tasa	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar.	INE 2012	2020
	Procedencia del agua	%	Indicador compuesto por agua no procedente de cañería: pileta pública, carro cisterna, pozo, vertiente/acequia o lago.	INE 2012	2020
	Distribución del agua	%	Viviendas en las que el agua no se distribuye por cañería.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de baño	%	Viviendas sin disponibilidad de baño.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de alcantarillado	%	Viviendas sin disponibilidad de alcantarillado.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de energía eléctrica	%	Viviendas sin disponibilidad de energía eléctrica.	INE 2012	2020
	Combustible usado para cocinar	%	Viviendas que utilizan leña y guano para cocinar.	INE 2012	2020
	Formas de eliminación de la basura	%	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.	INE 2012	2020
	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	%	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE 2012	2012
	Deforestación	%	Superficie arbórea deforestada por Distrito.	Global Forest Change 2000-2019. University of Maryland	2000-2019
Inundación	Tipología constructiva	%	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con paredes de adobe, tabique, madera, caña o palma.	INE 2012	2012
	Tipología constructiva	%	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con piso de tierra o tablones	INE 2012	2012
	Densidad de población	Hab/km ²	Densidad poblacional en cada distrito	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia	Tasa	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia juvenil	Tasa	Ratio de la población juvenil dependiente con la población en edad de trabajar	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia vejez	Tasa	Ratio de la población adulta mayor dependiente con la población en edad de trabajar	INE 2012	2020
	Formas de eliminación de la basura	%	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.	INE 2012	2020
	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	%	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE 2012	2012
Deforestación	%	Superficie arbórea deforestada por distrito.	Global Forest Change 2000-2019. University of Maryland	2000-2019	

Variables de sensibilidad					
Amenaza	Variable	Unidad	Definición de la variable	Fuente	Año
Incendios forestales	Tasa de dependencia	Tasa	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar.	INE 2012	2020
	Formas de eliminación de la basura	%	Viviendas que eliminan la basura: la botan en el terreno/calle, la botan al río o la queman.	INE 2012	2020
	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	%	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE 2012	2012
	Cobertura de pastizales naturales	%	Porcentaje de superficie de pastizales naturales respecto al distrito.	INE 2013	2020
Olas de calor	Tipología constructiva	%	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja, caña o barro.	INE 2012	2020
	Densidad de población	Hab/km ²	Densidad como factor de generación de isla de calor urbano.	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia juvenil	Tasa	Ratio de la población juvenil dependiente con la población en edad de trabajar	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia vejez	Tasa	Ratio de la población adulto mayor dependiente con la población en edad de trabajar.	INE 2012	2020
	Procedencia del agua	%	Indicador compuesto por agua no procedente de cañería: pileta pública, carro cisterna, pozo, vertiente/acequia o lago.	INE 2012	2020
	Distribución del agua	%	Viviendas en las que el agua no se distribuye por cañería.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de baño	%	Viviendas sin disponibilidad de baño.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de alcantarillado	%	Viviendas sin disponibilidad de alcantarillado.	INE 2012	2020
	Disponibilidad de energía eléctrica	%	Viviendas sin disponibilidad de energía eléctrica.	INE 2012	2020
	Casos de dengue	Número	Número de casos por distrito.	SEDES 2020	2020
Heladas	Tipología constructiva	%	Indicador compuesto con porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja, caña o barro.	INE 2012	2020
	Tasa de dependencia	Tasa	Ratio de la población dependiente con la población en edad de trabajar.	INE 2012	2020
	Sin acceso a Tecnologías de Información (TIC)	%	Viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE 2012	2012
	Superficie agrícola	%	Porcentaje de superficie agrícola ocupada por distrito.	INE 2013	2020
	UPA	Número	Número de Unidades Productivas Agropecuarias (UPA) por distrito.	INE 2013	2020

Fuente: elaboración propia, 2020

Los distritos San Mateo, Alto España, Junacas y San Agustín concentran un nivel de sensibilidad muy alto, en tanto que los distritos Lazareto, Tolomosa, Santa Ana y Yesera al igual que los distritos urbanos 18, 19 y 20 presentan nivel de sensibilidad alto, mientras que los distritos 7 y 15 presentan nivel de sensibilidad promedio. El resto de distritos presentan niveles de sensibilidad entre bajo y muy bajo.

Figura 21. Indicador agregado de sensibilidad.



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

INDICADOR AGREGADO DE SENSIBILIDAD

<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades ~ Red caminos ~ Red hídrica ⬭ Límite distritos ⬭ Límite municipal 	<p>Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial</p> <p>Índice_agregado_Riesgo_Sensibil_5</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ < 0.75 Muy bajo ■ 0.76 - 0.90 Bajo ■ 0.91 - 1.10 Promedio ■ 1.11 - 1.50 Alto ■ > 1.51 Muy alto 	<p>Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas</p>
---	---	---

Fuente: elaboración propia, 2020.

4.1.1.3. Indicador de capacidad de adaptación

El indicador de capacidad de adaptación se ha construido sin especificidad de la amenaza, utilizando como unidad de análisis el distrito. El análisis se ha realizado cualitativamente a nivel institucional y territorial en la medida que no existe información disponible desagregada por distrito, y de manera cuantitativa a nivel poblacional y socioeconómico con las variables que se presentan en la Tabla 5.

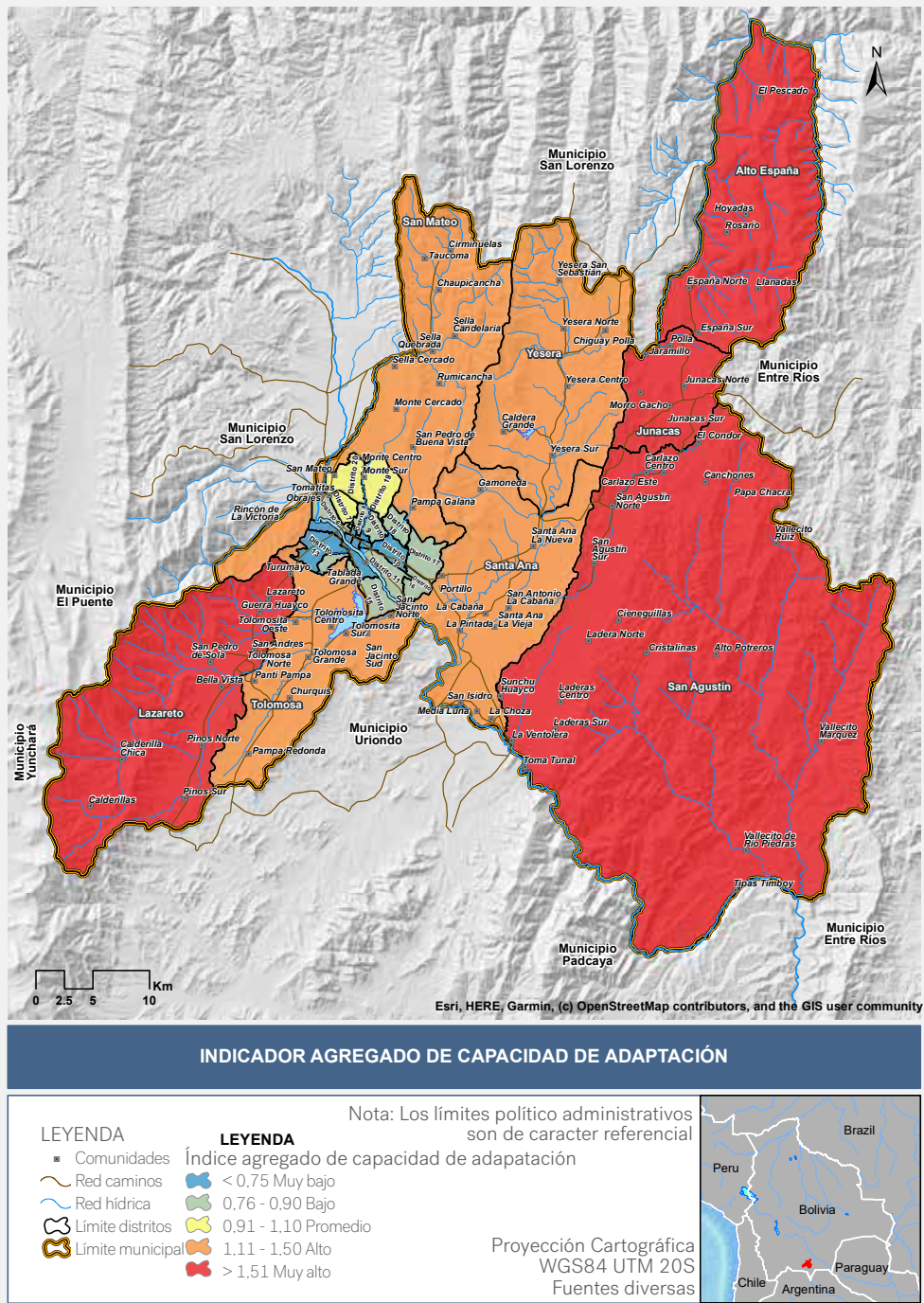
Tabla 5. Variables utilizadas para construir el indicador de capacidad de adaptación.

VARIABLES DE CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN				
Variable	Unidad	Definición de la variable	Fuente	Año
Nacidos en otro lugar	%	Porcentaje de personas nacidas en otro lugar fuera del municipio. Este grupo de población tiene menor conocimiento sobre las relaciones locales entre las personas con la naturaleza.	INE 2012	2020
Tasa de no asistencia escolar	%	Es el número de personas de 6 a 19 años que no asisten a la escuela por cada cien personas de la misma edad. La constancia en la asistencia escolar es fundamental para comprender y adoptar medidas de adaptación.	INE 2012	2020
Tasa de analfabetismo	%	Población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir. La educación básica es fundamental para comprender y adoptar medidas de adaptación.	INE 2012	2020
Población pobre según Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	%	Permite evaluar las carencias de bienes y servicios que admiten a un hogar satisfacer sus necesidades esenciales. Entre las necesidades se encuentran, las condiciones de infraestructura de vivienda, insumos energéticos (acceso a electricidad y combustible para cocinar), niveles educativos y atención de salud de la población. Se considera que una situación de pobreza no favorece la capacidad de adaptación al cambio climático, en la medida que las prioridades cotidianas son lejanas a esta situación.	INE 2012	2020
Nivel de ingresos económicos	Indicador compuesto	Combinación entre el nivel de PEA y el grupo ocupacional Trabajador vendedor + Agropecuarios + construcción e industria manufacturera + operadores + no calificados + sin especificar (Trabajadores sin calificación).	INE 2012	2020

Fuente: elaboración propia, 2020.

Atendiendo a los resultados del indicador agregado de capacidad adaptativa (Figura 22) los distritos con las mejores condiciones de capacidad de adaptación son los urbanos: distritos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 y 13. Les siguen en capacidad de adaptación los distritos 6, 8, 9, 11, 15, 16, 17 y 18. Los distritos 7, 19 y 20 se encuentran en el promedio de condiciones de adaptación. El resto se encuentra en condiciones de muy bajo nivel de capacidad de adaptación, siendo los que presentan mayores limitaciones de adaptación Lazareto, Alto España, Junacas y San Agustín.

Figura 22. Indicador agregado de capacidad de adaptación.



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.4.2. Índice agregado de riesgo actual al cambio climático

La construcción del índice de riesgo se obtiene por agregación, resultado de sumar el indicador de amenaza y el de exposición al indicador de vulnerabilidad (siendo este el resultado de la resta de la sensibilidad y la capacidad de adaptación).

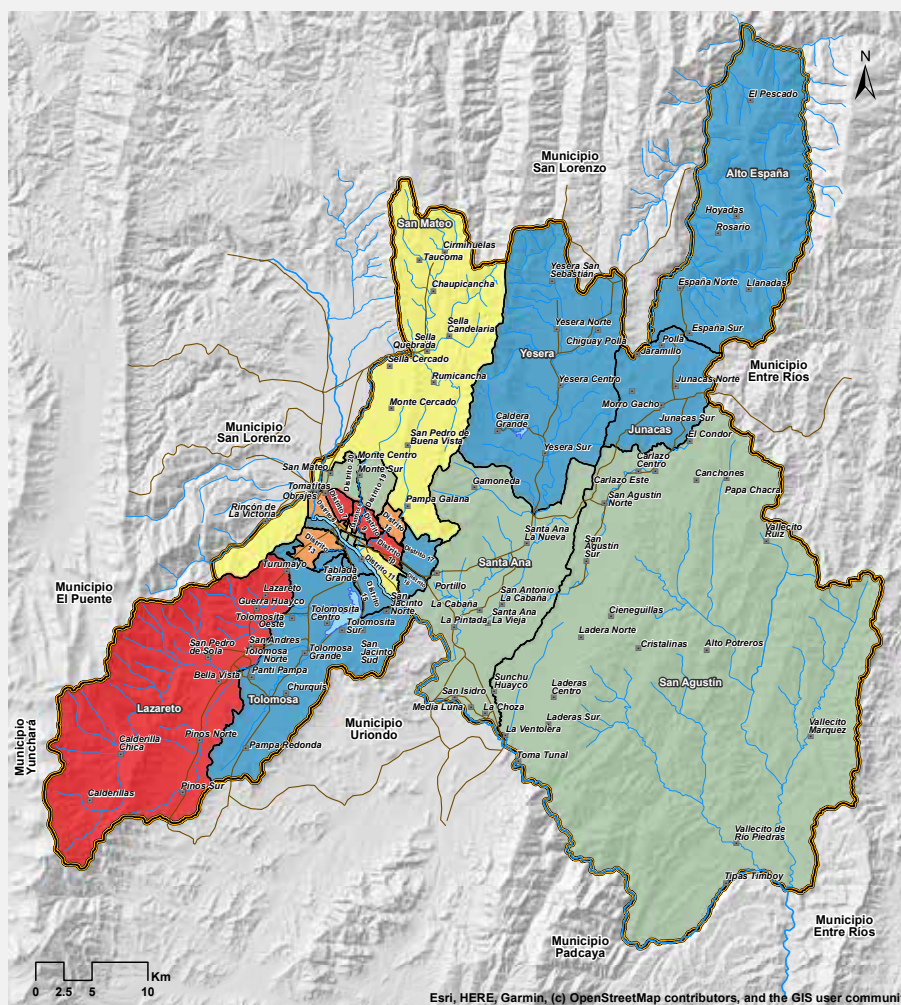
El índice integrado posibilita jerarquizar los distritos por su riesgo a las variaciones de las amenazas analizadas. De esta forma, la proporción del aporte del índice de riesgo de cada amenaza al índice agregado de riesgo es la siguiente: las inundaciones y heladas aportan entre el 24 y 23%, en tanto que las olas de calor aportan un 20%, y la escasez de recursos hídricos y los incendios forestales suponen un 17 y 16%, respectivamente.

De los resultados obtenidos del índice agregado de riesgo, como se aprecia en las Figuras 23 y 24, pueden establecerse **dos grandes zonas de alto riesgo**:

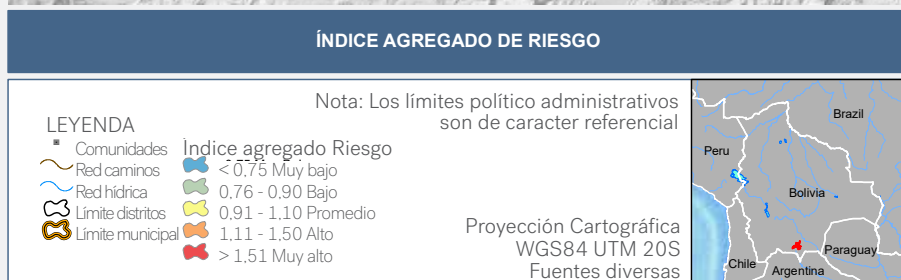
- La zona suroeste y centro-oeste que abarca el distrito Lazareto y los distritos urbanos 7, 8, 9 y 10 son los que presentan un nivel de riesgo muy alto al cambio climático. En estos distritos se encuentra cerca del 50% de la población del municipio censada en 2012, unos 100.000 habitantes.
- Los distritos urbanos 6, 13 y 18 que presentan un nivel de riesgo alto al cambio climático. Aproximadamente 40.000 personas habitan en estas zonas de alto riesgo, un 20% de la población censada en el municipio en 2012.

En conclusión el 50% de la población del municipio de Tarja se encuentra en un área de muy alto riesgo. Asimismo, si se consideran tanto las áreas de muy alto riesgo como las de alto riesgo, esa cifra asciende al 70% de la población censada en el municipio de Tarja en 2012.

Figura 23. Índice agregado de riesgo actual al cambio climático por distrito.

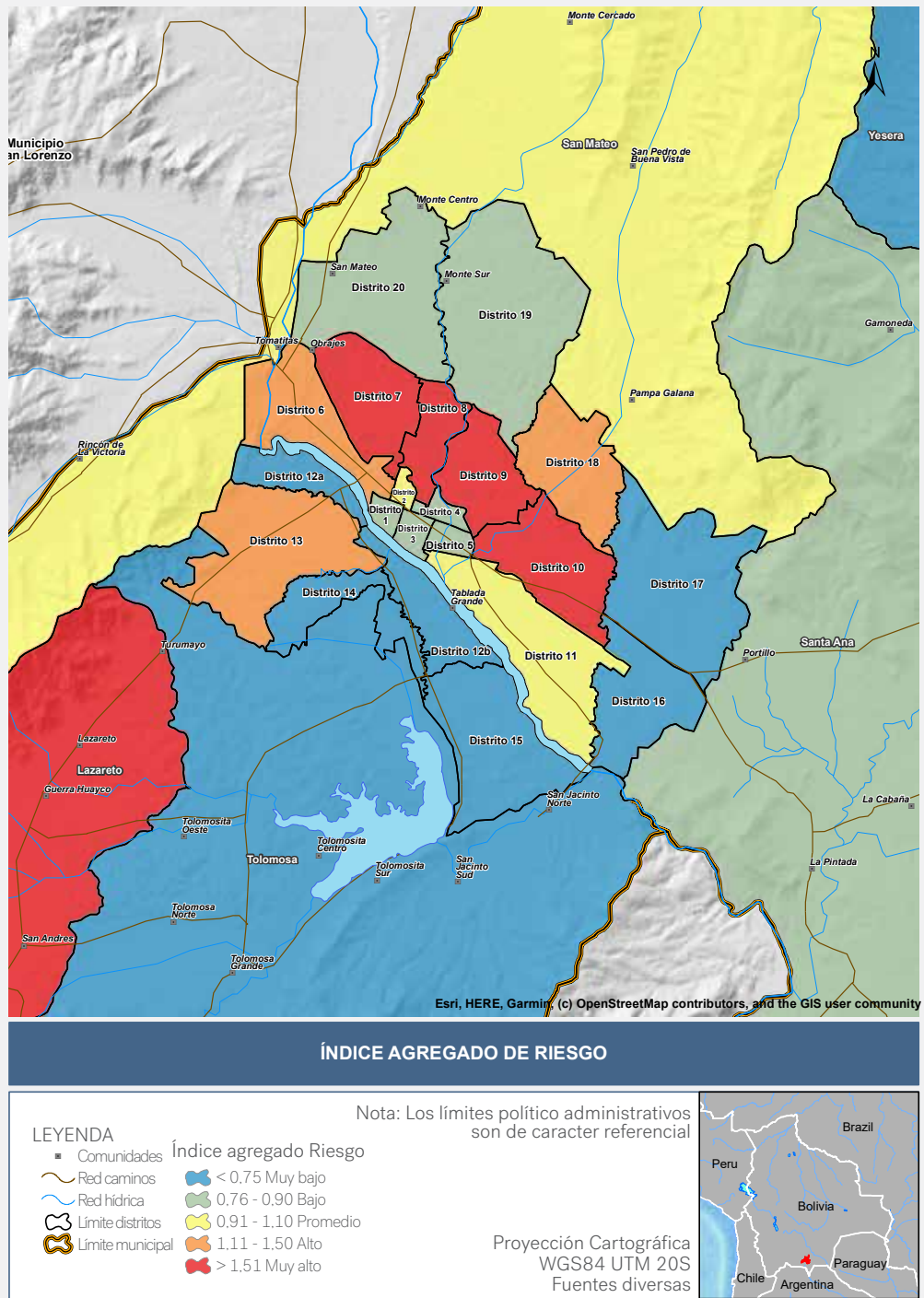


Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 24. Índice agregado de riesgo actual al cambio climático por distrito urbano.



Fuente: elaboración propia, 2020.

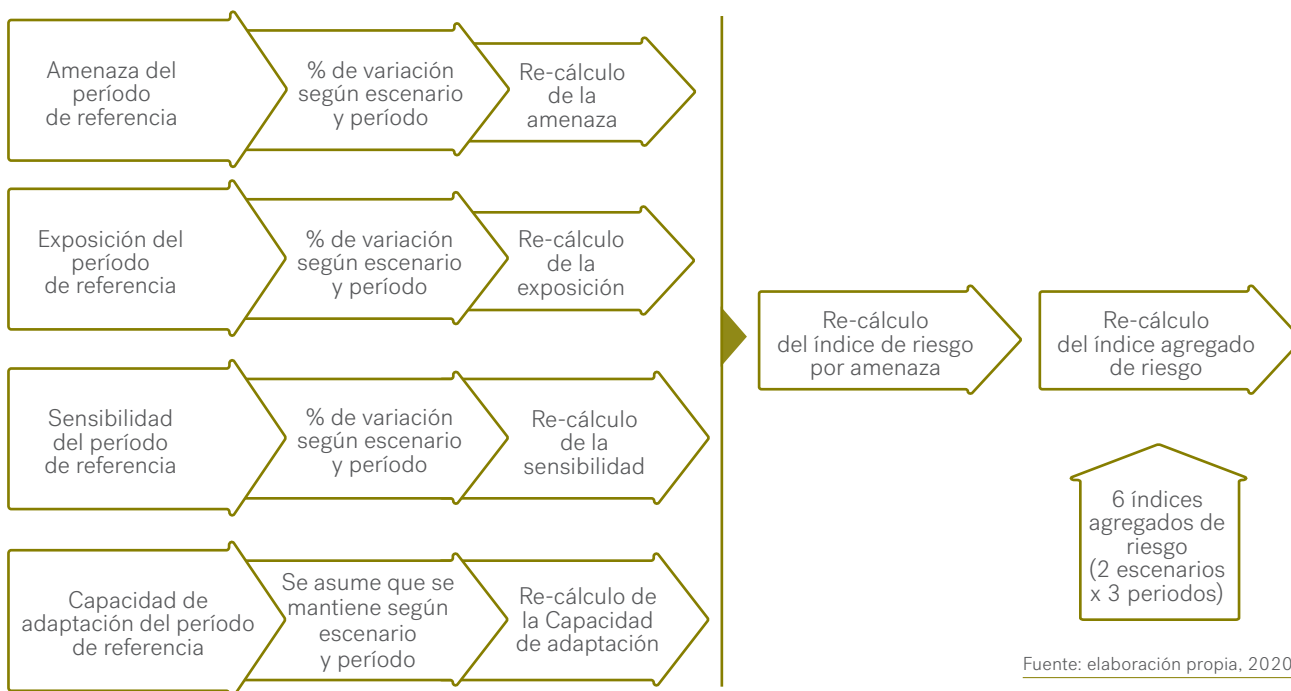
4.4.3. Índice agregado de riesgo futuro al cambio climático

Para la construcción del índice de riesgo futuro al cambio climático se han asumido una serie de hipótesis:

- Los cambios de los parámetros de los componentes del riesgo: amenazas, exposición y sensibilidad, según el escenario y el plazo temporal, afectarán de manera directa al índice agregado de riesgo.
- La variación de las variables de exposición y sensibilidad, está basada preferentemente en la proyección de indicadores socioeconómicos.
- Respecto a la capacidad de adaptación, en la medida en que no se puede realizar una retrosección o proyección cuantitativa a nivel de distrito, se asume que la misma no cambia según escenario y plazo temporal.
- Para la proyección de cada una de las variables que contribuyen a los componentes del riesgo, se ha asumido como factor de variación el porcentaje de cambio entre las variables según escenario y plazo temporal futuros con relación al periodo de referencia.

Con estas premisas se han recalculado las variables para los 6 escenarios futuros analizados, definiendo, en variación porcentual, su evolución con respecto al periodo de referencia, siguiendo el esquema metodológico indicado en la Figura 25.

Figura 25. Esquema metodológico para la construcción del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático.



Fuente: elaboración propia, 2020.

En la Tabla 7 se detallan los resultados de la proyección del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático según escenarios (RCP 4.5 y RCP 8.5) y periodos de tiempo (corto plazo al 2040, mediano plazo al 2070 y largo plazo al 2100), para cada uno de los distritos, los colores de los rangos de la variable normalizada se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Rangos de los porcentajes de cambio en el índice agregado de riesgo futuro al cambio climático con relación al índice agregado de riesgo del periodo de referencia.

Porcentaje de cambio del índice de riesgo	Clasificación
<0,20	Muy Bajo
0,21 - 0,40	Bajo
0,41 - 0,62	Promedio
0,63 - 0,99	Alto
>1,00	Muy Alto

Tabla 7. Matriz de porcentajes de cambio en el índice agregado de riesgo futuro al cambio climático con relación al índice agregado de riesgo del periodo de referencia.

No.	Distrito	Diferencial de Riesgo 4.5CP	Diferencial de Riesgo 8.5CP	Diferencial de Riesgo 4.5MP	Diferencial de Riesgo 8.5MP	Diferencial de Riesgo 4.5LP	Diferencial de Riesgo 8.5LP
1	Distrito 1	0,52	0,55	0,52	0,56	0,58	0,46
2	Distrito 2	0,52	0,53	0,55	0,58	0,60	0,53
3	Distrito 3	0,57	0,58	0,58	0,61	0,63	0,55
4	Distrito 4	0,59	0,59	0,61	0,64	0,66	0,58
5	Distrito 5	0,62	0,60	0,64	0,68	0,70	0,62
6	Distrito 6	0,65	0,55	0,79	0,81	0,82	0,76
7	Distrito 7	0,70	0,53	0,86	0,88	0,89	0,85
8	Distrito 8	0,73	0,63	0,84	0,86	0,87	0,83
9	Distrito 9	0,69	0,53	0,85	0,86	0,87	0,86
10	Distrito 10	0,66	0,53	0,80	0,82	0,83	0,79
11	Distrito 11	0,65	0,59	0,70	0,73	0,75	0,70
12	Distrito 12a	0,51	0,61	0,51	0,56	0,58	0,44
12	Distrito 12b	0,58	0,63	0,58	0,62	0,65	0,50
13	Distrito 13	0,67	0,54	0,83	0,85	0,86	0,73
14	Distrito 14	0,66	0,71	0,61	0,65	0,67	0,38
15	Distrito 15	0,60	0,62	0,55	0,60	0,62	0,35
16	Distrito 16	0,66	0,69	0,58	0,64	0,67	0,48
17	Distrito 17	0,58	0,61	0,58	0,62	0,65	0,50
18	Distrito 18	0,70	0,69	0,71	0,73	0,74	0,70
19	Distrito 19	0,84	0,92	0,94	0,99	1,01	0,97
20	Distrito 20	1,36	1,48	1,60	1,65	1,67	1,51
21	Alto España	0,21	0,51	0,50	0,54	0,55	0,40
22	Junacas	0,46	0,56	0,60	0,64	0,65	0,55
23	Lazareto	0,54	0,57	0,93	1,11	0,99	1,39
24	San Agustín	0,33	0,44	0,52	0,56	0,59	0,45
25	San Mateo	0,29	0,28	0,45	0,49	0,48	0,48
26	Santa Ana	0,46	0,41	0,58	0,61	0,61	0,57
27	Tolomosa	0,95	0,84	1,18	1,21	1,21	0,96
28	Yesera	0,40	0,50	0,59	0,62	0,62	0,57

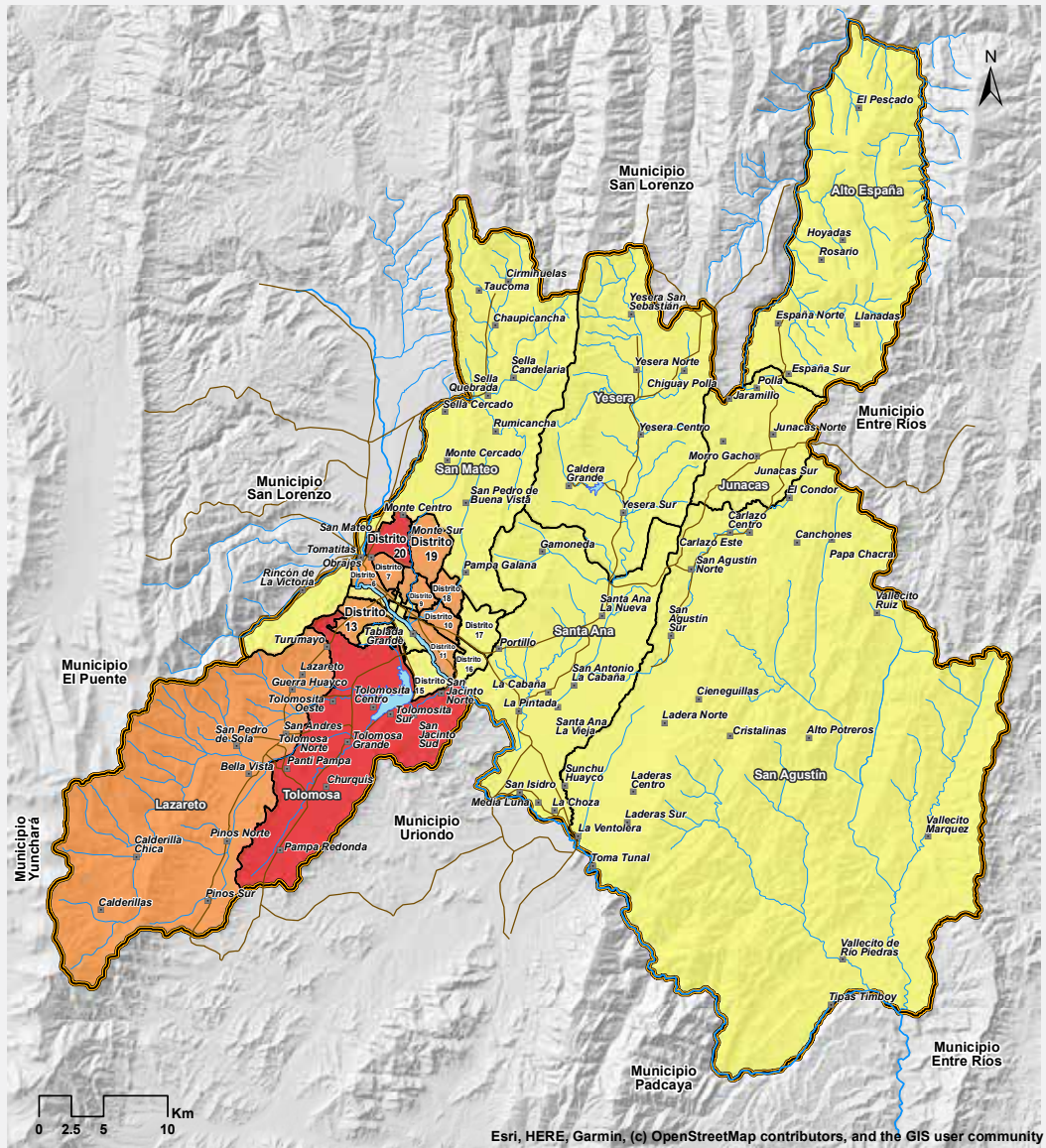
Fuente: elaboración propia, 2020.

De manera general estos resultados indican que se incrementa gradualmente el nivel de riesgo conforme se avanza hacia los escenarios y periodos más altos, con excepción del escenario 8.5 a largo plazo en el 2100, que es el que presenta mayor incertidumbre y donde las condiciones de riesgo disminuyen ligeramente:

- Respecto a la **escasez de recursos hídricos**, dada la importancia de las cuencas La Victoria, Erquiz y Tolomosa en la provisión de recursos hídricos para uso humano, riego y para la naturaleza del municipio de Tarija, el índice agregado de riesgo futuro proyecta escenarios de incremento del riesgo para esta amenaza. De esta manera, las fuentes de abastecimiento de agua para riego como el embalse San Jacinto y el proyecto CENAVIT-Calamuchita podrían verse fuertemente afectados.
- Con relación a las **inundaciones**, se mantienen e incrementan las condiciones de riesgo a nivel urbano y rural especialmente en los distritos Lazareto y Tolomosa que recurrentemente son afectados por este tipo de eventos.
- En cuanto a las **olas de calor**, dadas las condiciones de incremento en la densidad poblacional y las características constructivas de las viviendas, se proyecta incremento de las condiciones de riesgo para esta amenaza, lo que hace prever mejores condiciones y prevalencias para el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades como el dengue, además, de disminución del confort climático natural para la población.
- Respecto a los **incendios forestales**, las condiciones de riesgo se incrementan especialmente en los distritos Lazareto y Tolomosa que coinciden parcialmente con la Reserva Biológica Cordillera de Sama y las principales fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Tarija y las comunidades aledañas.
- Con relación a las **heladas**, las condiciones de riesgo se ven incrementadas en las regiones de producción de alimentos tales como los distritos Tolomosa, San Mateo, Santa Ana y Yesera por lo que habrá que tener en cuenta esta consideración para la aplicación de medidas de mitigación.
- En cuanto al índice agregado de riesgo, se proyecta un gradual incremento en las condiciones de riesgo en la medida que se va pasando del escenario 4.5 al 8.5 y del periodo a corto plazo 2040 hasta el mediano (2070) y largo plazo (2100).

En las siguientes figuras (Figura 26 y Figura 27) se presentan, a modo de resumen de los resultados obtenidos, los mapas de la variación del índice agregado de riesgo futuro con respecto a la situación actual para el medio plazo (año 2070), en los dos escenarios de cambio climático considerados.

Figura 26. Porcentaje de cambio del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático, RCP 4.5 - 2070.



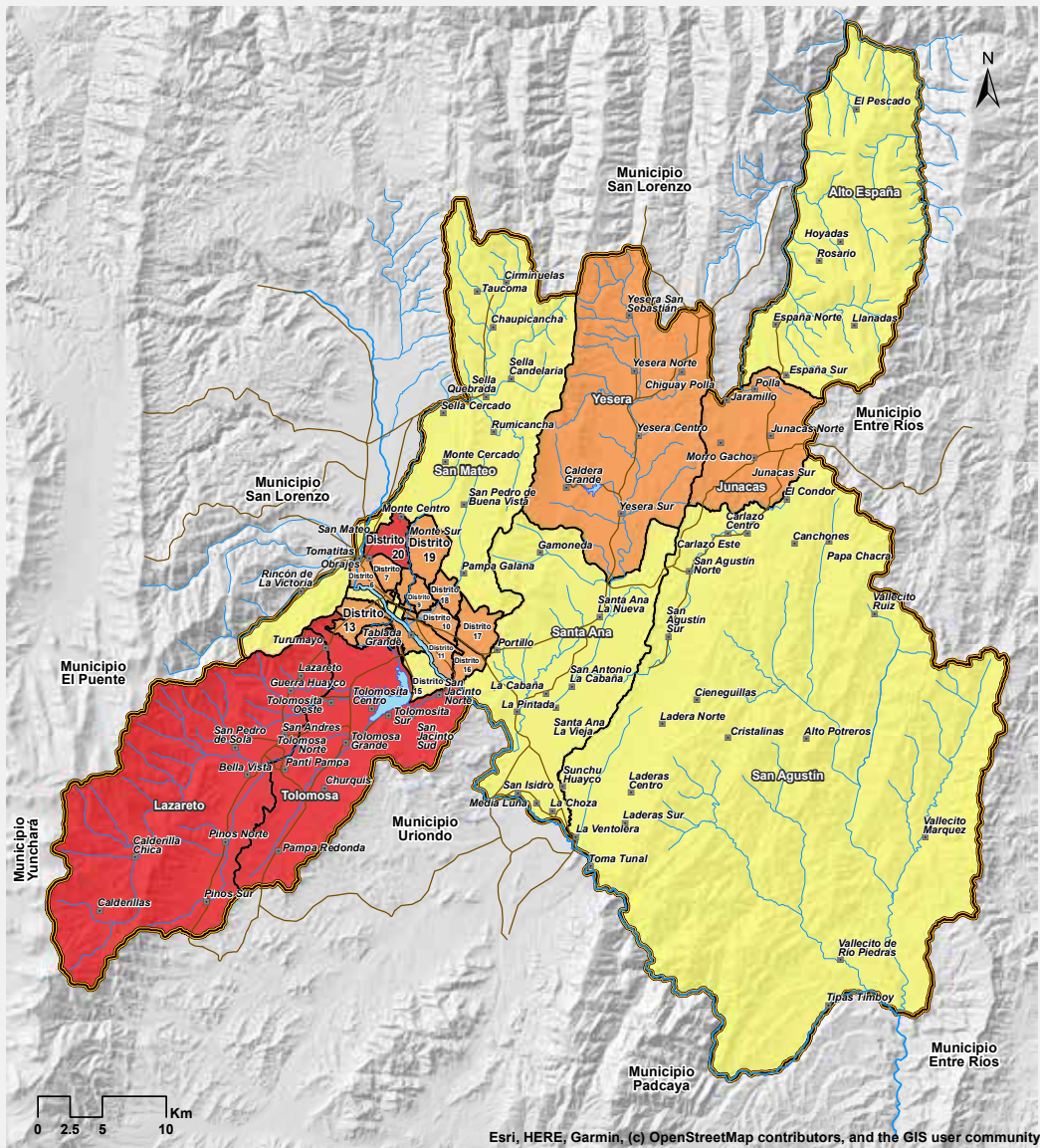
Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

PORCENTAJE DE CAMBIO DEL ÍNDICE AGREGADO DE RIESGO - ESCENARIO 4.5 MEDIANO

<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades — Red caminos — Red hídrica — Límite distritos — Límite municipal 	<p>Diferencial de Riesgo 45 MP-2070</p> <ul style="list-style-type: none"> < 0.75 Muy bajo 0.76 - 0.90 Bajo 0.91 - 1.10 Promedio 1.11 - 1.50 Alto > 1.51 Muy alto 	<p>Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial</p> <p>Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas</p>	
---	---	---	--

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 27. Porcentaje de cambio del índice agregado de riesgo futuro al cambio climático, RCP 8.5 - 2070.



Esrri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

PORCENTAJE DE CAMBIO DEL ÍNDICE AGREGADO DE RIESGO - ESCENARIO 8.5 MEDIANO

<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Comunidades — Red caminos — Red hidrica — Limite distritos — Limite municipal 		<p>Diferencial de riesgo 85 MP-2070</p> <ul style="list-style-type: none"> < 0.20 Muy bajo 0.21 - 0.40 Bajo 0.41 - 0.62 Promedio 0.63 - 0.99 Alto > 1.00 Muy alto 		<p>Nota: Los límites político administrativos son de carácter referencial</p>	
				<p>Proyección Cartográfica WGS84 UTM 20S Fuentes diversas</p>	

Fuente: elaboración propia, 2020.

Autor imagen:Dieter Jungblut



5

PLAN DE ADAPTACIÓN **AL CAMBIO CLIMÁTICO**



5.1. Definición, análisis y priorización de medidas de adaptación

Las medidas de adaptación al cambio climático tienen que ser flexibles para poder adecuarse a la evolución de los riesgos y del clima; también tienen que aportar beneficios a los territorios en los que se aplican, independientemente de la situación futura.

El proceso de planificación y aplicación de las medidas de adaptación tiene que ser transversal, e insertarse en todos los niveles de las políticas de las instituciones a cargo, lo que supone un proceso de capacitación de estas a los desafíos que representa el plan de adaptación. Además, es necesario también articular el plan con el resto de planes territoriales existentes, en particular con la Agenda de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), e insertar las medidas propuestas en los planes en curso, especialmente en el plan de gestión integral de riesgos.

De acuerdo con estas premisas, a continuación, se definen una serie de medidas orientadas a reducir el riesgo asociado a las diferentes amenazas priorizadas en el municipio: escasez de recursos hídricos, inundación, incendios forestales, olas de calor y heladas; y medidas generales enfocadas a la construcción de una capacidad de adaptación y resiliencia en el municipio a nivel institucional y social.

Estas medidas se han definido con base en los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad, expuesta en los capítulos anteriores, para finalmente obtener una relación de medidas priorizadas con las que estructurar el plan de adaptación al cambio climático en el municipio de Tarija.

Medidas específicas de adaptación a las diferentes amenazas

Para las amenazas analizadas se ha seleccionado una serie de medidas, dentro de unas líneas generales de actuación, adecuadas a las necesidades que reflejan los índices de vulnerabilidad obtenidos en el municipio de Tarija.

Para cada una de estas medidas se ha desarrollado un análisis técnico de sus características, objetivos y resultados esperados. Asimismo, estas medidas han sido sometidas a un proceso participativo para su evaluación por los diferentes actores.

Con base en criterios técnicos y en el análisis realizado por los actores consultados se han priorizado unas medidas para su posterior implementación dentro del plan de acción.

En las siguientes tablas se presentan las medidas analizadas, resaltándose las priorizadas para cada uno de los riesgos analizados.

Así, la escasez de recursos hídricos es una de las amenazas prioritarias del municipio de Tarija, por lo que deben primarse las medidas destinadas a la conservación y recuperación de las fuentes de agua. Por otro lado, el hecho de que el 90% del recurso superficial se destine a riego y la importancia de la producción agrícola dentro del municipio, motiva la priorización con criterios técnicos de las medidas relacionadas con la gestión sostenible del recurso para agricultura (Tabla 8).

Tabla 8. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de escasez de recursos hídricos. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Escasez de recursos hídricos		
Línea de actuación	Código	Medida
Conservación de las fuentes de agua	RH-01	Conservación y recuperación de las fuentes de agua.
	RH-02	Protección y recuperación de la cobertura vegetal de las áreas de recarga hídrica.
Gestión sostenible del recurso hídrico	RH-03	Plan de expansión y modernización de la red. Medidas de gestión para reducir las pérdidas del sistema de abastecimiento.
	RH-04	Campaña de información y sensibilización para el ahorro y buen uso del agua.
	RH-05	Programa municipal de financiamiento para sistemas de riego tecnificado.
	RH-06	Coordinación entre el GAM Tarija y la COSAALT para mejorar la gestión.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 28. Río Guadalquivir en estiaje.

Fuente: Mateo Tapia, 2020.

Las medidas propuestas frente a **inundaciones**, recogidas en la Tabla 9, tienen el objetivo principal de reducir la exposición a través de la reducción de la superficie inundable y del número de viviendas e infraestructuras críticas expuestas. Se basan en la implantación de infraestructuras verdes y en el establecimiento de áreas de amortiguación.

Son medidas de bajo coste de implantación y fácil mantenimiento, que aportan una gran variedad de beneficios, además de la reducción del impacto de las inundaciones, tales como incremento del valor ecológico de los cauces, mejora de la calidad de las aguas, regulación del clima y aumento del valor paisajístico.

Tabla 9. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de inundación. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Inundaciones		
Línea de actuación	Código	Medida
Reducción de la exposición	INUN-01	Reforestación y revegetación de franjas ribereñas.
	INUN-02	Respetar las servidumbres ecológicas y zonas de dominio público de los ríos establecidas en el Reglamento General de la Ley Forestal y el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial.
	INUN-03	Plan Maestro de Drenaje Pluvial. Mejoramiento y densificación de la red de alcantarillado pluvial.
	INUN-04	Programa normativo para el establecimiento de corredores fluviales.
	INUN-05	Guía para el acondicionamiento y restauración de cauces. Implementación de actuaciones en zonas priorizadas.
	INUN-06	Paquete de medidas para la reubicación de viviendas e infraestructuras críticas localizadas en áreas de alto riesgo.
Fortalecimiento de capacidades	INUN-07	Creación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) contra inundaciones.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Las medidas presentadas en la Tabla 10 se orientan hacia el fortalecimiento de capacidades para la alerta, prevención y control de los **incendios forestales** especialmente en las zonas de recarga de las fuentes de agua. Este planteamiento enlaza con las medidas asociadas a la conservación y recuperación de las fuentes de agua, entre las que se encuentra la gestión de incendios mediante la reducción del material combustible en los bosques.

Tabla 10. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de incendios forestales. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Incendios forestales		
Línea de actuación	Código	Medida
Fortalecimiento de capacidades	IF-01	Capacitación y equipamiento de los grupos de respuesta.
	IF-02	Capacitación a los pobladores del área rural en mejores prácticas de ganadería.
	IF-03	Implementar sitios de vigía permanente en lugares estratégicos de la Cordillera para el avistamiento y la alerta temprana.
	IF-04	Fortalecimiento de capacidades en el personal de la Unidad de Gestión de Riesgos en la elaboración de cartografía y manejo de plataformas de alerta temprana global.
	IF-06	Campaña de información y sensibilización sobre el riesgo de incendios forestales.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 29. Área afectada por incendio en el Rincón de la Victoria, una de las principales fuentes de agua de Tarija.

Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

En cuanto a las **olas de calor**, se plantean las medidas que se presentan en la Tabla 11, las cuales pretenden mejorar la calidad de vida y la concienciación sobre los efectos del cambio climático. Para ello se proponen medidas de reducción de la contaminación, de adaptación basadas en ecosistemas de fortalecimiento de las capacidades.

Tabla 11. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de olas de calor. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Olas de calor		
Línea de actuación	Código	Medida
Reducción de la contaminación y adaptación basada en ecosistemas	OC-01	Paquete de medidas de forestación y revegetación de las calles, avenidas, parques y áreas verdes.
	OC-02	Programa de huertos urbanos en zonas de alto riesgo.
	OC-03	Incrementar la superficie de áreas verdes urbanas y crear un cinturón ecológico de amortiguamiento entre la mancha urbana y el área rural del municipio.
Fortalecimiento de capacidades	OC-04	Modificación de las normas de construcción y de mejora de las viviendas.
	OC-05	Educación de los niños y adolescentes con participación en programas de mejora de la cobertura vegetal urbana.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Para mitigar los riesgos de **heladas**, se proponen medidas para crear capacidad de resiliencia y reducir los impactos de estos eventos adversos en la producción agropecuaria y la salud.

Tabla 12. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de heladas. Resaltadas las medidas priorizadas.

Heladas		
Línea de actuación	Código	Medida
Reducción de los impactos adversos en la producción agropecuaria y la salud	HE-01	Generar conocimiento sobre la factibilidad de realizar cambios en el calendario agrícola.
	HE-02	Investigar, rescatar, probar e implementar prácticas tradicionales mejoradas para la reducción de daño por heladas.
	HE-03	Desarrollar e implementar sistemas de producción familiar en invernaderos.
Fortalecimiento de capacidades	HE-04	Fortalecer las capacidades de los ganaderos del Valle Central para que el ganado permanezca en su lugar de origen por más tiempo.
	HE-05	Mejorar los procesos de educación y comunicación que informen sobre el fortalecimiento de las defensas ante las Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs).

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 30. Plantines de durazno en viveros comunales (Pinos Sur).



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

5.2. Estructura del plan de adaptación

El Plan de Adaptación al Cambio Climático (PACC) para el municipio de Tarija, que se articula a partir del listado de medidas priorizadas presentado en el capítulo anterior, está conformado por tres programas de adaptación que se muestran en la Tabla 13: 1) adaptación basada en ecosistemas; 2) desarrollo sostenible de la gestión de riesgos; y 3) fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza. Cada uno de estos programas se compone de subprogramas que agrupan medidas de adaptación afines y que se complementan.

Tabla 13. Programas de adaptación y componentes del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija.



Fuente: elaboración propia, 2020.

El enfoque de **adaptación basada en ecosistemas** integra el uso de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos para ayudar a adaptarse a la población frente a los impactos del cambio climático. Incluye el manejo sostenible, la conservación y restauración de los ecosistemas que proveen servicios para la adaptación al cambio climático. Este enfoque contribuye a reducir la vulnerabilidad y a incrementar la resiliencia frente al riesgo y provee una serie de beneficios a la sociedad y al ambiente, como la regulación del clima, la purificación del agua y el incremento de la calidad paisajística.

El **desarrollo sostenible de la gestión de riesgos** busca reducir los impactos que se podrían generar por la escasez de recursos hídricos e inundaciones a través de medidas que satisfacen las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, abordando la gestión del riesgo desde una perspectiva integral.

Por último, es fundamental considerar, dentro de las tendencias de adaptación al cambio climático, el **fortalecimiento de una serie de capacidades** con las que cuentan las instituciones y los distintos sectores de la población, para prevenir o tener capacidad de respuesta frente a situaciones de emergencia futuras.

De acuerdo con esta estructura, en la Tabla 14, se presenta el Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija con las medidas incluidas en cada programa y subprograma y, a continuación, se desarrolla cada subprograma en forma de ficha, donde se muestran los elementos más relevantes a considerar.

Tabla 14. Plan de Adaptación al Cambio Climático.

Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija		
Adaptación basada en ecosistemas	Desarrollo sostenible de la gestión de riesgos	Fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza
<p>Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición de corredores fluviales Restauración ribereña Creación de espacios públicos <p>Conservación y recuperación de las fuentes de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> Protección de ecosistemas específicos como bosques, praderas y humedales Reforestación y revegetación Restauración ribereña Buenas prácticas de gestión agrícola y ganadera Gestión del riesgo de incendios <p>Áreas protegidas para conservar vida:</p> <ul style="list-style-type: none"> Creación de una red de áreas protegidas municipal 	<p>Tarija hacia un drenaje urbano sostenible:</p> <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo del Plan Maestro de Drenaje Pluvial de la ciudad Tarija con criterios de sostenibilidad y resiliencia Implementación de actuaciones piloto basadas en Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible <p>Desarrollo de una producción agrícola sostenible:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducir al mínimo la alteración del suelo Mejorar y conservar la cubierta orgánica Cultivar una mayor variedad de especies, bien adaptadas y de alto rendimiento Nutrición mejorada de los cultivos Gestión de plagas Gestión eficiente del agua 	<p>Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de documentos para la toma de decisión y sectores sensibles al cambio climático Realización de material pedagógico para escuelas y universidades Campañas de capacitación para los diferentes sectores de la sociedad Elaboración y actualización de normativa con criterios de resiliencia y sostenibilidad <p>Alerta, prevención y control de los incendios forestales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de cartografía y manejo de plataformas de alerta temprana global Campaña de información y sensibilización sobre el riesgo de incendios forestales Capacitación y equipamiento de los grupos de respuesta

Fuente: elaboración propia, 2020.

5.3. Subprogramas del PACC

Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos

Desafío climático:

Inundación por desbordamiento de los ríos y quebradas y aumento de la intensidad de las olas de calor

Los ríos deben considerarse como elementos vertebradores del desarrollo sostenible de las ciudades.

Objetivo: Fomentar la relación río-ciudad potenciando el papel de los corredores fluviales en la reducción de los riesgos de inundación y olas de calor.

Figura 31. Corredor fluvial en el que se compatibiliza la expansión del río con otros usos.



Fuente: IDOM-IHCantabria, 2016.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Corredores fluviales del área urbana de la ciudad de Tarija.

Antecedentes: En el área urbana, el río Guadalquivir y las quebradas El Monte, San Pedro, Verdun, Sagredo, Sosa, Torrecillas y Cabeza de Toro, ocasionan problemas de inundaciones especialmente a las viviendas próximas a los bordes de los cauces, además de ser zonas de cría de vectores transmisores de enfermedades como el dengue. Asimismo, se ha identificado la invasión de las servidumbres ecológicas y zonas de dominio público de los ríos, riachuelos, torrenteras y quebradas donde se ubican asentamientos clandestinos.

En cuanto a las olas de calor, en la ciudad de Tarija la elevada densidad habitacional, sumado a las características de las viviendas, con techo de calamina en muchos casos, generan un efecto invernadero localizado. A esto se suman las precarias condiciones de acceso al agua y servicios sanitarios que predominan especialmente en los barrios periféricos de los distritos con riesgo alto y muy alto.

Descripción de la medida: Se plantea desarrollar una propuesta de ordenación y mejora de los espacios fluviales de la ciudad de Tarija, orientada a fomentar la relación río-ciudad, a crear espacios adecuados de uso público y privado, a potenciar la integración de las zonas urbanas situadas en ambos márgenes del río Guadalquivir y a reducir los riesgos de inundación y olas de calor en la ciudad. La propuesta se compone de las siguientes acciones particulares:

1. Definición jurídica y técnica de corredores fluviales en el río Guadalquivir y las quebradas El Monte, San Pedro, Verdun, Sagredo, Sosa, Torrecillas y Cabeza de Toro a través de un programa normativo que permita proteger las zonas urbanas y restringir los usos y ocupación de las áreas afectadas en grandes avenidas.

2. Creación de franjas de vegetación riparia en las márgenes de los cauces, que contribuyan a mejorar la calidad del agua de los ríos protegiéndolos de la contaminación, y a mitigar los efectos de las inundaciones. Asimismo, la presencia de árboles y vegetación en la ciudad es un factor de regulación de la temperatura a nivel local. Las plantas contribuyen a disminuir la contaminación atmosférica y proporcionan un aumento de la humedad y los beneficios ambientales que proveen son muy importantes para la salud, el bienestar y la calidad paisajística.
3. Compatibilizar la expansión del río Guadalquivir dentro de los límites establecidos en la definición de los corredores fluviales, manteniendo un buen estado ecológico (continuidad de la vegetación en las riberas), con otros usos dentro del núcleo de población mediante la creación de zonas recreativas, paseos o espacios deportivos en bermas inundables para grandes periodos de retorno.
4. Creación de parques urbanos, en las zonas limítrofes al río, si es preciso adquiriendo terrenos privados para uso público.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Reducción del riesgo de inundación asociado al desbordamiento de los ríos y quebradas en la ciudad de Tarija.
- Restauración de los ecosistemas fluviales de la ciudad y mejora de la calidad de las aguas.
- Reducción del “efecto isla de calor”.
- Mejora de la calidad paisajística y creación de nuevos espacios públicos.
- Longitud y superficie de corredores fluviales urbanos establecidos.

Temporalidad: El desarrollo de las inversiones previstas se plantean en un horizonte temporal de 3 años.

Beneficiarios: Los beneficiarios directos serán los habitantes de los barrios aledaños a los ríos y quebradas identificados como prioritarios para la implementación de la medida, unos 37.000 habitantes. A medio plazo, la totalidad de la población de la ciudad (180.000 habitantes) se beneficiará de las medidas de implementación de los corredores fluviales urbanos y creación de espacios verdes.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas.

Actores clave:

- La Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE) para la coordinación con los barrios y las autoridades municipales.
- La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Universidad Privada Domingo Savio y la Universidad Católica Boliviana para el asesoramiento de la revegetación.
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, Gobierno Autónomo Departamental de Tarija en concurrencia con el GAM Tarija, CAF, AFD, BID, El Banco Mundial, Fondo Verde del Clima (GCF), Fundación para la Biodiversidad y Euroclima.

Por su carácter de protección, conservación del recurso agua y de la biodiversidad, este proyecto es compatible con el GCF y la Fundación para la Biodiversidad.

Conservación y recuperación de las fuentes de agua

Desafío climático:

Reducción en la disponibilidad del recurso hídrico y aumento del riesgo de incendios forestales

Proteger y restaurar la infraestructura natural de las cuencas hidrográficas puede mejorar directamente la calidad y la cantidad del agua.

Objetivo: Desarrollar una propuesta de medidas de conservación y restauración destinadas a mantener o mejorar el estado de las fuentes de agua y de las funciones ecosistémicas que proveen.

Figura 32. Obra de toma en el Rincón de La Victoria, una de las principales fuentes de agua de la ciudad de Tarija.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Cuencas de los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Tarija.

Antecedentes: Gran parte del territorio municipal carece de acceso suficiente al agua y la sequía afecta a todos los distritos, en particular en el periodo de estiaje, cuando el recurso disponible no alcanza la demanda de agua para riego que es máxima al final de esta época.

El río Guadalquivir, todo un ícono en la memoria colectiva de los chapacos, ha sufrido un fuerte descenso en su caudal a lo largo de las décadas. Hoy en día, el río tiene un caudal muy escaso, y recibe en diversos puntos efluentes contaminados o las diversas aguas grises de las zonas residenciales. Además, el río Guadalquivir, que drena gran parte por zonas de agricultura intensiva en la cuenca, resulta afectado por una contaminación por fertilizantes y pesticidas proveniente de la actividad de medianos y pequeños agricultores.

Descripción de la medida:

Se plantea la redacción de un *Plan para la conservación y uso racional de las fuentes de agua del municipio de Tarija*, que establezca una propuesta de medidas de conservación y restauración de las cuencas hidrográficas que abastecen al municipio.

Para definir las medidas a aplicar en cada caso, en primer lugar, es preciso realizar una evaluación del estado de conservación de las cuencas hidrográficas que intervienen en el municipio. Esto determina el tipo de medidas que deben ser aplicadas: en cuencas con un estado de conservación favorable, las medidas son de conservación, mientras que en las que presentan un peor estado, las medidas a aplicar son de restauración.

Existen muchas intervenciones efectivas para proteger las fuentes de agua, pero dada la problemática del municipio las medidas deben centrarse en las siguientes líneas estratégicas: protección de tierras; cerramientos perimetrales de la zona de recarga hídrica; reforestación y revegetación; restauración ribereña; buenas prácticas de gestión agrícola y ganadera; y gestión del riesgo de incendios.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Conservación y mejora de las áreas de recarga hídrica.
- Número de microcuencas intervenidas.
- Superficie de áreas de recarga hídrica protegidas con cerramientos perimetrales y/o reforestadas.
- Caudales de agua por microcuenca.

Temporalidad: 5 años, además de un plan de mantenimiento y gestión que debería continuar en el tiempo una vez implementada la medida.

Beneficiarios: La totalidad de las comunidades usuarias del agua para consumo humano, animal y para riego, aproximadamente 27.000 habitantes en la zona rural. A mediano plazo, toda la población de la ciudad de Tarija (180.000 habitantes aproximadamente) se beneficiará de las medidas de protección y conservación de las fuentes de agua.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas.

Actores clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), mediante el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) y el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCYDGDF).
- Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN).
- GAD de Tarija, encargado de ejecutar la Política General de Conservación y Protección de Cuencas y Acuíferos en su ámbito de jurisdicción.
- Servicio Departamental de Gestión Integral de Recursos Hídricos (SEDEGIA).
- Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas del GAM de Tarija.
- Sindicatos comunales y subcentrales campesinas para la coordinación con los barrios y las autoridades municipales.
- La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, la Universidad Privada Domingo Savio y la Universidad Católica Boliviana para el asesoramiento de la revegetación.
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, Gobierno Autónomo Departamental de Tarija en concurrencia con el GAM Tarija, CAF, AFD, BID, El Banco Mundial, Fondo Verde del Clima (GCF), Fundación para la Biodiversidad y Euroclima.

Por su carácter de protección, conservación del recurso agua y de la biodiversidad, este proyecto es compatible con el GCF y la Fundación Biodiversidad.

Áreas protegidas para conservar vida

Desafío climático:

Pérdida de la biodiversidad, degradación de áreas de recarga hídrica e incremento de incendios forestales

Proteger los ecosistemas a través de la creación áreas protegidas locales puede conservar la biodiversidad y mantener las funciones ambientales relacionadas con el ciclo del agua.

Objetivo: Crear y fortalecer una red de áreas protegidas, que mantengan ecosistemas sanos, conserven fuentes de agua y ciclos hidrológicos, y ofrezcan hábitat para especies de fauna que contribuyan a lograr los objetivos de desarrollo sostenible y la adaptación al cambio climático en el municipio de Tarija.

Figura 33. Cordillera de Sama, comunidad Tolomosa.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Todas las áreas protegidas creadas y por crear en el municipio, corredores fluviales, forestales y áreas verdes del área urbana: Reserva Forestal, Flora y Fauna San Agustín; Área Protegida Municipal Bosques de Aranjuez; Reserva Biológica Municipal de Interés Hidrológico Turumayo; Reserva de Inmovilización Bioparque Urbano.

Antecedentes: El área protegida municipal, es desde el año 2009 una competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Municipales, como indica el artículo 302 de la Constitución Política del Estado. Esta figura legal de protección ha tomado fuerza en Bolivia para proteger necesidades de conservación que no son prioridades para el gobierno central, pero si necesidades urgentes para los gobiernos municipales.

El municipio de Tarija, cuenta actualmente con cuatro Áreas Protegidas Municipales (APM). En el área urbana se encuentran el Área Protegida Municipal Bosques de Aranjuez, de 97 hectáreas, y el Área Protegida Municipal Bioparque Urbano, con 26 hectáreas. En el área rural se encuentran la Reserva Biológica Municipal de Interés Hidrológico Turumayo y la Reserva Forestal de Flora y Fauna San Agustín, hay que señalar que estas no tienen gestión, solo son áreas protegidas sobre el papel.

Descripción de la medida:

Se propone crear una red municipal de áreas protegidas, corredores fluviales y forestales, arboledas y áreas verdes conectados de manera que funcionen como un todo que favorezca la conservación de la biodiversidad, la protección de las fuentes de agua, las áreas de recarga hídrica, y reduzcan la vulnerabilidad a la escasez de recursos hídricos, inundaciones y olas de calor. Este trabajo implica:

1. Homogenizar el estatus legal de las áreas protegidas creadas en el municipio.
2. Relevar y realizar valoraciones ecológicas de los corredores fluviales y forestales.
3. Identificar y proponer nuevas áreas protegidas.
4. Proponer la creación de un fondo fiduciario para el funcionamiento operativo de la red municipal de áreas protegidas, áreas verdes y corredores fluviales y boscosos.
5. Programa de comunicación y educación que sensibilice sobre la figura legal de APM.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Número de áreas protegidas respaldadas con instrumento legal favorable.
- Comité consultivo que asesore la administración de las áreas protegidas, áreas verdes, corredores fluviales y forestales.
- Propuesta técnica, legal y económica para la creación de un fondo fiduciario.
- Superficie bajo manejo.
- Áreas protegidas con instrumentos de gestión y recursos asignados.

Temporalidad: El programa es factible de implementarse en el corto plazo, a 5 o 10 años, los resultados tangibles podrán verse a partir del segundo año de implementación.

Beneficiarios: Las comunidades localizadas en las áreas protegidas actuales y futuras, aproximadamente 25.000 habitantes. A medio plazo, toda la población del municipio de Tarija aproximadamente también se beneficiaría de las medidas de gestión de las áreas protegidas urbanas y rurales.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación y la Secretaría de Planificación.

Actores clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), mediante el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB) y el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambio Climático y de Gestión y Desarrollo Forestal (VMABCCYDGDF).
- GAD de Tarija, encargado de ejecutar la Política General de Conservación y Protección de Cuenecas y Acuíferos en su ámbito de jurisdicción.
- Servicio Departamental de Gestión Integral de Recursos Hídricos (SEDEGIA).
- SERNAP.
- Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas del GAM de Tarija.
- Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN).
- Sindicatos comunales y subcentrales campesinas para la coordinación con los barrios y las autoridades municipales.
- Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE).
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, Gobierno Autónomo Departamental de Tarija en concurrencia con el GAM Tarija, CAF, AFD, BID, El Banco Mundial, Fondo Verde del Clima (GCF), Fundación para la Biodiversidad y Euroclima.

Por su carácter de protección, conservación del recurso agua y de la biodiversidad, este proyecto es compatible con el GCF y la Fundación Biodiversidad.

Taraja hacia un drenaje urbano sostenible

Desafío climático:

Régimen de precipitaciones extremas

Las técnicas de drenaje sostenible permiten controlar tanto los volúmenes de agua de escorrentía urbana como su calidad, restaurando el ciclo hidrológico natural.

Objetivo: Desarrollar una propuesta de medidas para la gestión de la escorrentía urbana, que reduzcan el riesgo de inundación y mejoren la calidad medioambiental del entorno urbano, y fomentar la implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

Figura 34. Inundación en la ciudad de Tarija.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Los distritos urbanos del municipio Tarija.

Antecedentes: En el área urbana de Tarija las lluvias intensas generan inundaciones temporales en las calles y avenidas de la ciudad, donde el sistema de desagüe pluvial es obsoleto e insuficiente, ocasionando daños a la infraestructura civil, especialmente a casas antiguas y patrimoniales e incluso centros de salud. Estos eventos adversos se presentan en sitios como: Avenida Las Américas, Avenida Integración y Avenida Circunvalación en intersección con las vías localizadas en lugares con depresiones de las áreas situadas en el casco viejo como la calle General Trigo, sector del Complejo Deportivo García Ágreda y de aquellos barrios de nueva creación o periurbanos con viviendas de construcción precaria y calles sin características hidráulicas que favorezcan la evacuación de las aguas pluviales.

Descripción de la medida:

1. Desarrollo del Plan Maestro de Drenaje Pluvial para la ciudad de Tarija.

El desarrollo de un Plan Maestro de Drenaje Pluvial orientado a fomentar la implantación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), permitiría llevar a cabo una gestión de las aguas pluviales independiente de la de las aguas residuales, que propicie la permeabilización del entorno urbano y la recuperación del ciclo hidrológico natural, para prevenir y controlar los riesgos de inundación.

Para la correcta definición del Plan Maestro debe plantearse la realización de las siguientes actividades:

- Estudios hidrológicos de las cuencas urbanas de la ciudad de Tarija: caracterización y modelado.
- Levantamiento y diagnóstico del sistema actual de drenaje.
- Planteamiento y priorización de alternativas.

- Definición de una propuesta de medidas para la gestión de la escorrentía urbana a corto, medio y largo plazo.
- Proceso transversal de participación pública.

2. Implementación de actuaciones piloto basadas en (SUDS) en zonas priorizadas.

Los (SUDS) son una herramienta preventiva de gestión del agua de lluvia que contribuye a minimizar los riesgos de inundación. Su estrategia se basa en dos objetivos principales: reducir la cantidad de agua que llega al punto final de vertido, y mejorar la calidad del agua que se vierte al medio natural.

El carácter preventivo de los SUDS se combina con la capacidad de aprovechamiento del agua de lluvia para labores de riego y baldeo, y con su utilización como elemento paisajístico y para la mejora medioambiental del entorno.

La estrategia para conseguir una adecuada gestión del agua de lluvia consiste en actuar en cada uno de los tramos de su recorrido, desde el inicio, cuando la lluvia llega a la superficie, hasta el final, cuando es vertida al medio receptor o es infiltrada en el terreno, pasando por el recorrido y transporte.

Este recorrido se conoce como tren o cadena de gestión, y considera el ciclo del agua de forma global: en primer lugar, se debe detener el agua en su lugar de origen; en segundo lugar, ralentizar su recorrido a través del terreno urbanizado disminuyendo así la escorrentía; el tercer paso consiste en almacenar la cantidad de agua sobrante y, por último, infiltrar esta agua al terreno o reutilizarla.

Es necesario abordar la problemática del drenaje urbano desde el concepto de cadena de gestión; es decir, de manera integral y en el orden expuesto. Siguiendo esta estrategia conseguimos que el ciclo urbano del agua se asemeje lo máximo posible al ciclo natural.

Con base en esta estrategia deben desarrollarse proyectos piloto de implantación de sistemas de drenaje sostenible en zonas priorizadas afectadas por riesgos de inundación. La implantación de este tipo de sistemas requiere un diseño cualificado para que la cadena de gestión del agua funcione correctamente. La elección y el diseño de estos sistemas de drenaje depende de los condicionantes del entorno: la permeabilidad del terreno, la morfología y la climatología del lugar, el estado del acuífero y la calidad del agua recibida. Asimismo, el diseño de estos sistemas debe acompañar al diseño urbanístico de la zona en cuestión, entendiendo que el sistema de drenaje es un elemento más que forma parte del planteamiento urbanístico.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Reducción del riesgo de inundación urbana.
- Número de eventos anuales de inundación.
- Variación de la inversión en gestión de riesgo de inundación.
- Variación del nivel de daño por inundación.
- Mejora de la calidad del agua.
- Incremento de la calidad paisajística.
- Reducción del “efecto isla calor”.

Temporalidad: Los estudios básicos necesarios pueden desarrollarse en el plazo de 1-2 años, mientras que la ejecución y seguimiento del plan puede desarrollarse por fases de 5 años de duración. Después de cada fase, que incluirá un conjunto de medidas priorizadas, se analizarán los resultados obtenidos y se revisará la estrategia en función de dichos resultados.

Beneficiarios: Se beneficiará toda la población del área urbana de la ciudad de Tarija, 180.000 habitantes aproximadamente.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas.

Actores clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), que promueve la realización de estudios y planes.
- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico (SENABASA), que brinda asistencia técnica, fortalecimiento institucional y formación a la EPSAS.
- Servicio Departamental de Gestión Integral de Recursos Hídricos (SEDEGIA).
- Secretaría Municipal de Gestión Ambiental (SMGA) del GAM Tarija.
- Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija (COSAALT).
- La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Universidad Privada Domingo Savio y la Universidad Católica Boliviana para el asesoramiento de la revegetación.
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, CAF, AFD, BID y El Banco Mundial.

Desarrollar una producción agrícola sostenible

Desafío climático:

Reducción y cambios en la disponibilidad del recurso hídrico

La intensificación sostenible de la producción agrícola debe basarse en sistemas que ofrezcan una variedad de beneficios socioeconómicos y ambientales.

Objetivo: Fomentar el desarrollo de una producción agrícola sostenible basada en prácticas de conservación y gestión eficaz del agua que garantice la demanda de alimentos actual y futura.

Figura 35. Huerto frutal de durazneros en Pinos Sur.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Tierras de cultivo en las cuencas de los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Tarija.

Antecedentes: Gran parte del territorio municipal carece de agua y la sequía afecta a todos los distritos, en particular en el periodo de estiaje, cuando el recurso disponible no alcanza la demanda de agua para riego que es máxima al final de esta época. Otro problema es el mismo uso del riego, que actualmente se desarrolla de una forma absolutamente inadecuada, los sistemas de captación y distribución son rústicos, producen un alto porcentaje de pérdidas y fomentan el uso irracional e ineficiente del agua.

Descripción de la medida:

El principal objetivo de la agricultura sostenible es aumentar la producción de alimentos de manera sostenible y mejorar la seguridad alimentaria y nutricional.

Se proponen dos inversiones de capital básicas: modernización de regadíos y sistemas mancomunados de ayuda en tiempo real para gestión de cosechas. En el primer caso, se persigue aumentar la eficiencia de los sistemas de riego, disminuyendo las pérdidas tanto de aducción como debido a la evaporación. El segundo tipo de medidas se refiere al uso de sensores remotos (imágenes de satélite), acompañadas por datos in situ de humedad del suelo y estado fenológico de los cultivos, para administrar el agua disponible de forma óptima.

Asimismo, se plantea una modificación en sistemas de explotación agrícola, las prácticas propuestas para la consecución de una mayor productividad y de un mejoramiento del capital natural, son las siguientes:

1. Reducir al mínimo la alteración del suelo mediante la minimización de la labranza mecánica.
2. Mejorar y conservar la cubierta orgánica protectora de la superficie del suelo empleando cultivos de cobertura, conservar agua y nutrientes, promover la actividad biológica del suelo y contribuir al manejo integrado de las malas hierbas y las plagas.
3. Cultivar una mayor variedad de especies de plantas, tanto perennes como anuales, en asociaciones, secuencias y rotaciones en las que se pueden incluir árboles, arbustos, pastos y cultivos para mejorar la resistencia del sistema.

Estas tres prácticas suelen asociarse con la agricultura de conservación, adoptada ampliamente en regiones tanto desarrolladas como en desarrollo. Sin embargo, para conseguir la intensificación sostenible necesaria para incrementar la producción de alimentos, es necesario que tales prácticas se acompañen de otras cuatro prácticas de gestión, a saber:

1. El empleo de variedades bien adaptadas y de alto rendimiento con una calidad nutricional mejorada y resistente al estrés biótico y abiótico.
2. La nutrición mejorada de los cultivos basada en unos suelos sanos mediante la rotación de cultivos y el uso racional de fertilizante orgánico e inorgánico.
3. El manejo integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas empleando prácticas adecuadas, biodiversidad y plaguicidas selectivos y de bajo riesgo cuando sea necesario.
4. La gestión eficiente del agua mediante la obtención de más cultivos con menos agua, al tiempo que se conserva la salud del suelo y se reducen al mínimo las repercusiones fuera de la explotación.

Lo ideal es la combinación de estas siete prácticas aplicadas simultáneamente de manera oportuna y eficiente. No obstante, la naturaleza de los sistemas de producción sostenible es dinámica, por lo que los agricultores deberían tener a su disposición muchas combinaciones posibles de prácticas entre las que elegir y a las que adaptarse en función de las condiciones productivas locales y las limitaciones existentes.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Aumento de la productividad y calidad de los cultivos.
- Conservación de los recursos naturales y de la calidad ambiental.
- Reducción de las pérdidas y del consumo de agua para riego.
- Población con acceso a información y financiamiento sobre prácticas de producción agrícola sostenible.
- Fondo municipal de financiamiento para sistemas de riego tecnificado.

Temporalidad: Es factible implementar esta medida a corto y medio plazo, en unos 5 o 7 años.

Beneficiarios: La totalidad de las comunidades usuarias del agua para riego, unos 16.000 usuarios.

A mediano plazo, toda la población de Tarija (205.000 habitantes aproximadamente) se beneficiará de esta medida pues repercute en la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Desarrollo Económico y Productivo.

Actores clave:

- Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG).
- Gobernación - Secretaría Departamental de Recursos Naturales y Medio Ambiente - Dirección Departamental de Gestión de Riesgos Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras (PERTT).
- Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN).
- Servicio Departamental de Gestión Integral de Recursos Hídricos (SEDEGIA).
- Sindicatos comunales y subcentrales campesinas para la coordinación con los barrios y las autoridades municipales.
- Organizaciones de productores y de regantes, como la Central de Campesinos de la provincia Cercado.
- La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Universidad Privada Domingo Savio y la Universidad Católica Boliviana para el asesoramiento de la producción.
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, CAF, AFD, BID y el Banco Mundial.

Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales

Desafío climático:

Todas las amenazas

Una política eficiente de resiliencia tiene que basarse en información actualizada, integrada y de calidad. Esta información debe estar al servicio de la toma de decisiones y del fortalecimiento de la capacidad de adaptación de la sociedad civil y de los profesionales.

Objetivo: Implementar un servicio de coordinación de la información municipal y de monitoreo del cambio climático, evaluando constantemente la capacidad de adaptación de la sociedad, para proponer capacitaciones específicas a profesionales y grupos sociales.

Figura 36. Nevada histórica en Tarija en julio de 2019.



Fuente: Mateo Tapia, 2019.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: La totalidad de los distritos urbanos y rurales de Tarija.

Antecedentes: El GAM Tarija dispone de múltiples bases de datos dispersas en las diferentes secretarías, que no son utilizadas para la construcción de indicadores transversales para un desafío dado, ya sea ambiental, económico, espacial o social. Tampoco existe una coordinación permanente entre las secretarías del GAM Tarija con los colegios de profesionales, la academia, el sector privado y la sociedad civil.

Por otro lado, existen pocos programas de capacitación en materia de medio ambiente, y los que existen no están bien coordinados ni cuentan con información relacionada con el cambio climático.

Descripción de la medida:

La construcción de una verdadera política resiliente frente al cambio climático necesita de una visión holística y transversal a las diferentes secretarías del GAM Tarija que toman decisión. Por otro, es necesario una coordinación más próxima del GAM Tarija con los actores institucionales y privados, así como con la academia, y con la sociedad civil. Se propone la creación de una oficina municipal de resiliencia al cambio climático, dentro del organigrama del GAM Tarija que cuente con:

1. La compilación en tiempo real de la información disponible, en relación con los indicadores de cambio climático, dentro de las secretarías municipales y la recolección de información original por medio de captosres, encuestas, entrevistas, etc.

2. La organización de esta información como sistema de monitoreo de las amenazas del cambio climático y la restitución en forma sintética de la información a las secretarías, para la toma de decisión.
 3. La elaboración de documentos de prospectiva transversales, con destino a los tomadores de decisión y sectores sensibles al cambio climático.
 4. La realización de material pedagógico actualizado con destino a las escuelas, universidades y productores.
 5. La organización de sesiones de capacitación a las escuelas, universidades, profesionales de los sectores privados y públicos, incluyendo temáticas técnicas, legislativas, sociales, ambientales, productivas, etc.
- 5) La compilación de las normas y reglamentos para la formulación de nuevas normas facilitando la resiliencia municipal (construcción, rehabilitación, medio ambiente, educación, etc.).

Medidas de gestión para el funcionamiento del servicio:

La organización la oficina de resiliencia no necesita una nueva infraestructura dentro del GAM Tarija sino una reestructuración de la existente con dos medidas:

1. Formación de los profesionales de las distintas reparticiones involucradas, como la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Desarrollo Económico y Productivo y la Secretaría de Planificación, en materia de estadística, cartografía, educación, desarrollo web, etc.
2. Una coordinación reforzada entre las secretarías, según un protocolo bien establecido, que implica una priorización interna del tema del cambio climático, y un beneficio común en compartir tal información.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Número de indicadores utilizados para el seguimiento de las acciones llevadas a cabo por la oficina de resiliencia.
- Número de secretarías que participan de manera regular en las reuniones y acciones realizadas por la oficina de resiliencia.
- Número de boletines realizados y distribuidos por mes, en instituciones, ONG, universidades y asociaciones de la sociedad civil.
- Número de reuniones con la sociedad civil, las instituciones públicas y privadas, y los profesionales de varios sectores.
- Número de sesiones de capacitación según tipo de público.
- A medio y largo plazo, número de medidas realizadas a partir de las recomendaciones de la oficina.

Temporalidad: La implementación de la oficina se plantea con un horizonte de 5 años, aunque con vocación de continuar su actividad a más largo plazo. Los indicadores de eficiencia pueden emitirse a corto (uno a dos años) y a mediano plazo. Esta estructura tiene que ser permanente y tener una estabilidad laboral a largo plazo para monitorear los efectos del cambio climático, la eficiencia de las medidas tomadas, y evaluar la resiliencia en un periodo no menor a 20 años.

Beneficiarios: La totalidad de la población del municipio de Tarija, a nivel urbano y rural, aproximadamente 205.0000 habitantes.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación, la Secretaría de Planificación y la Secretaría de Obras Públicas.

Actores Clave:

- El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).
- Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra (APMT).
- La Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Universidad Privada Domingo Savio y la Universidad Católica Boliviana e instituciones de investigación.
- Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE).
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, CAF, AFD, BID y el Banco Mundial.

Alerta, prevención y control de incendios forestales

Desafío climático:

Aumento del riesgo de incendios forestales, pérdida de biodiversidad y afectación a las fuentes de agua.

Proteger las fuentes de agua y áreas con alta biodiversidad de los incendios forestales para mejorar la calidad de vida de la población y de la vida silvestre.

Objetivo: Desarrollar un programa de fortalecimiento de capacidades en gestión de riesgos, prevención y control de incendios forestales con la finalidad de contar con el equipamiento y personal capacitado para llevar adelante tareas de prevención, detección, alerta temprana y control oportuno y efectivo de los incendios forestales en el Valle Central de Tarija que contribuya al manejo sostenible de los recursos naturales presentes en el territorio.

Figura 37. Incendio forestal en Erquiz.



Fuente: Ricardo Aguilar, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Valle Central de Tarija en general, con especial énfasis en la Cordillera de Sama.

Antecedentes: El impacto de los incendios sobre las fuentes de agua se evidencia de manera directa en la quema de la cobertura vegetal que actúa como regulador en la interceptación e infiltración de las precipitaciones, lo cual se traduce en alteraciones en la cantidad y calidad del agua por la contaminación y pérdida de la capacidad de infiltración a las capas subterráneas. Además, los incendios afectan a la biodiversidad, alterando el hábitat natural y también se producen pérdidas materiales en los medios de vida de las familias, especialmente aquellas aledañas a la Cordillera de Sama.

En el área rural, los incendios se relacionan con las actividades en las que se utiliza el fuego para provocar el rebrote de las praderas nativas que sustentan la ganadería extensiva. En el caso de los distritos urbanos, tiene más que ver con el descuido en el uso del fuego para la eliminación de basura, matorrales y herbazales.

Descripción de la medida:

Las medidas a desarrollar deben orientarse bajo el enfoque de priorizar acciones de prevención sobre las de control y restauración, sin ser excluyentes. En este sentido, se plantea desarrollar las siguientes medidas:

- 1) Capacitación y equipamiento de los grupos de primera respuesta ante el fuego.
- 2) Capacitación a los pobladores del área rural en mejores prácticas de ganadería y manejo integral del fuego.

- 3) Fortalecimiento de capacidades en el personal de la Unidad de Gestión de Riesgos en la elaboración de cartografía y manejo de plataformas de alerta temprana global.
- 4) Implementar un sitio de vigía permanente en la cumbre del cerro Chismuri, sobre la Cordillera de Sama, para el avistamiento y la alerta temprana de focos de calor y del fuego.
- 5) Campaña masiva de información y sensibilización.
- 6) Capacitación a técnicos de mando y oficiales en Sistema de Comando de Incidentes.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Capacidad institucional y comunitaria fortalecida para la prevención y control de incendios forestales y Sistema de Comando de Incidentes.
- Capacidades en manejo integral del fuego y quema controlada a nivel comunitario.
- Al menos 20% de la población comunitaria fueron capacitados y cambiaron su perspectiva sobre las quemadas y la relación de estas con sus medios de vida.
- Se cuenta con equipo y herramientas suficientes para el combate contra incendios forestales.
- Oficiales e instructores del ejército capacitados para impartir enseñanza sobre bomberos forestales en los centros de reclutamiento.

Beneficiarios: Los beneficiarios directos son las comunidades aledañas a la Cordillera de Sama, donde se localizan unos 7.000 habitantes. A corto y mediano plazo, toda la población de Tarija (205.000 habitantes aproximadamente) se beneficiará de las medidas de protección y conservación de la Reserva de Sama por contener las principales fuentes de agua.

Instituciones responsables: El GAM Tarija a través de una coordinación entre la Secretaría de Medio Ambiente y Gestión de la Cooperación y la Secretaría de Planificación.

Actores clave:

- Defensa Civil.
- Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTN).
- Servicio Departamental de Gestión Integral de Recursos Hídricos (SEDEGIA).
- Sindicatos comunales y subcentrales campesinas para la coordinación con las autoridades municipales.
- Grupos operativos de primera respuesta ante incendios.
- ONG para el asesoramiento y participación de la sociedad civil.

Temporalidad: El conjunto de las medidas podría implantarse a corto plazo, en 5 años.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de Tarija, CAF, AFD, BID, El Banco Mundial, Oficina Regional de USAID/OFDA para América Latina y El Caribe (OFDA-LAC).

5.4. Análisis coste-beneficio del PACC

Se ha realizado un análisis coste-beneficio (ACB) para cada uno de los siete subprogramas del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de Tarija presentados en el apartado anterior.

Se han estimado los costes de cada una de las medidas incluidas en cada programa y subprograma, atendiendo a diferentes partidas en función de la naturaleza de la medida a evaluar incluyendo entre ellas costes de planificación, estudios de factibilidad, inversión en infraestructuras, mantenimiento/ explotación, etc.

Asimismo, se ha estimado el coste total para cada programa dentro del plan. La Tabla 15 resume estos resultados con un coste total del PACC que asciende a 57 MUS\$.

Tabla 15. Estimación de costes. Tabla resumen.

Programa	Medida	Coste (MUS\$)
Adaptación basada en ecosistemas	Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos	5,30
	Conservación y recuperación de las fuentes de agua	2,31
	Áreas protegidas para conservar vida	4,55
SUBTOTAL		12,16
Gestión integral del ciclo del agua	Tarija hacia un drenaje urbano sostenible	7,86
	Desarrollo de una producción agrícola sostenible	33,40
SUBTOTAL		41,26
Fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza	Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales	1,44
	Alerta, prevención y control de los incendios forestales	1,84
SUBTOTAL		3,28
TOTAL		56,70

Fuente: elaboración propia, 2020.

Para el desarrollo del ACB, se han separado los costes de inversión de capital (CAPEX), que se realizan habitualmente en los 2-3 años iniciales, de los costes variables (OPEX), que incluyen el mantenimiento y explotación de las posibles infraestructuras a lo largo de su periodo de funcionamiento, así como todo tipo de inversiones recurrentes en formación, capacitación, sensibilización, etc.

En la cuantificación de los beneficios se han considerado los siguientes factores como susceptibles de producirlos:

- **Reducción en daños medios anuales por catástrofes asociadas al clima.** Este componente de la evaluación de beneficios se centra en la reducción de daños económicos, los daños humanos se tratan en el siguiente componente.

En el subprograma “Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos”, la superficie de reducción de riesgos se aplica a un buffer de 100 m (50 m por cada ribera) a lo largo de los 4 km de corredores fluviales que se prevé crear, así como en las nuevas 5 ha de parques urbanos. El otro subprograma con una fuerte reducción de riesgos es “Tarija hacia un drenaje urbano sostenible”, en el que se considera que las actuaciones de drenaje, tanto convencionales como basadas en ecosistemas (SUDS), mejorarán las condiciones de inundabilidad de unas 54 ha. Por último, el subprograma “Alerta, prevención y control de los incendios forestales” cuenta también con la componente de reducción de daños por catástrofe, con una superficie de reducción del riesgo de 2 ha. Los valores medios en riesgo adoptados (1000 USD por ha y año) se basan en cifras medias obtenidas empíricamente de otras ciudades similares en Latinoamérica.

- **Beneficios de salud pública.** En esta componente se pretende cuantificar el efecto en la salud que tendría la reducción de riesgos: muertos y heridos; problemas respiratorios, diarreas, deshidratación, propagación de enfermedades infecciosas, etc.; y daños psicológicos y sociales ligados a unas condiciones insalubres de vida, abandono temporal de la vivienda e interrupción de servicios básicos.

Los subprogramas que mayores beneficios aportarían en este sentido son “Conservación y recuperación de fuentes de agua” y “Tarija hacia un drenaje urbano sostenible”. Los beneficios de salud pública incluyen el ahorro derivado de no necesitar fuentes de agua alternativas, por lo general de mayor coste o de peor calidad. En el programa de drenaje urbano, el beneficio es el correlato en términos humanos de la superficie con reducción de daños materiales.

- **Plusvalías de suelo urbano y agrícola.** Los subprogramas que más beneficios aportan en este sentido son la “Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos” y “Tarija hacia un drenaje sostenible”, como consecuencia de que se crean parques, corredores fluviales y mejoras en cuanto a inundaciones, todos ellos factores que incrementan el valor del suelo y la calidad del entorno urbano, a medio plazo.

El subprograma “Desarrollo de una producción agrícola sostenible” también produce una revalorización del suelo agrícola; en concreto, se ha supuesto que se mejorarán unas 5.000 ha de las más de 20.000 ha de cultivo bajo riego que existen en el Valle Central de Tarija. El valor medio del suelo agrícola se ha estimado a partir de la producción media por hectárea y el precio de mercado de tres cultivos típicos de la zona: el maíz, la soya y la uva. El valor medio adoptado para la producción agrícola en esta zona es de 4.000 USD/ha (0,4 USD/m²), y se ha considerado que las medidas propuestas pueden incrementar de media un 20% esta producción, lo que supondría un beneficio neto equivalente.

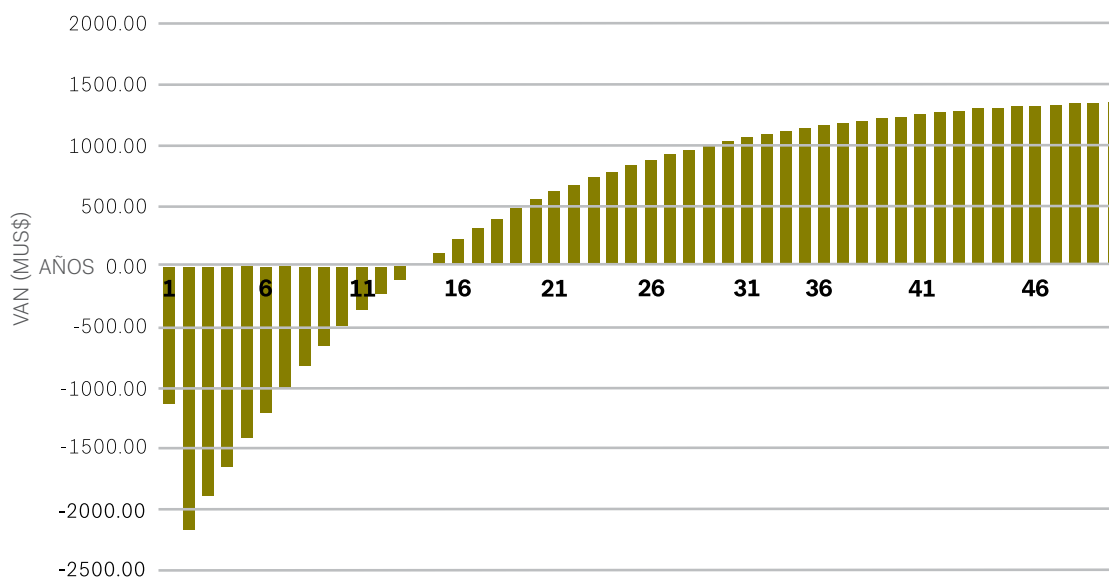
- **Beneficios por servicios ecosistémicos.** Los principales servicios ecosistémicos que se han valorado para este proyecto, a veces de manera agregada, son los siguientes: depuración natural del agua; servicios turísticos asociados a la naturaleza (senderismo, pesca, etc.); mantenimiento del suelo por la vegetación; almacenamiento del agua y reducción de riesgos de inundación.

Los subprogramas del plan que más beneficios en forma de servicios ambientales aportan son “Conservación y recuperación de las fuentes de agua”, “Áreas protegidas para conservar vida” e “Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales”. Los beneficios medios anuales aplicados oscilan entre 100 y 600 USD/ha, dependiendo del tipo de inversión y del gasto asociado.

- **Beneficios sociales diversos.** Este componente considera los beneficios asociados al fortalecimiento institucional, redistribución de la renta, igualdad de género, educación, etc.

Para considerar estos efectos se ha considerado un factor de beneficios sociales, estimado por juicio de experto en función de la naturaleza de cada componente, que se aplica sobre la inversión total (CAPEX) prorrateada a lo largo de 10 años. El factor empleado para todas las componentes ha sido del 15%, salvo en el caso del subprograma “Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales” que, por su naturaleza, se considera que retorna el 100% de la inversión en beneficios sociales.

Se ha establecido una tasa de descuento del 8%, y se han obtenido los flujos de caja en un periodo de 50 años para cada uno de los siete subprogramas del PACC. A modo de ejemplo en la figura siguiente se incluye el correspondiente al subprograma “Conservación y recuperación de fuentes de agua”.

Figura 38. Evolución del flujo de caja actualizado y acumulado para el subprograma de conservación y recuperación de las fuentes de agua.

Todos los subprogramas arrojan indicadores de rentabilidad favorables o muy favorables, con tasas internas de retorno superiores al 9% y periodos de recuperación de la inversión entre 13 y 24 años.

El programa en conjunto (media ponderada por la inversión) tiene una tasa interna de retorno (TIR) de 12,6%, un retorno sobre la inversión (ROI) de 1,55 y un periodo de equilibrio (Teq) de 16 años.

Tabla 16. Resultados del análisis coste-beneficio del Plan de Adaptación al Cambio Climático en conjunto.

Subprogramas	VAN (mUSD)	TIR	ROI	Teq (años)
Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos	4.814	15,0%	1,92	13
Conservación y recuperación de las fuentes de agua	1.352	13,0%	1,59	14
Áreas protegidas para conservar vida	631	9,6%	1,09	24
Tarija hacia un drenaje urbano sostenible	2.850	11,2%	1,37	19
Desarrollo de una producción agrícola sostenible	17.685	12,3%	1,51	16
Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales	269	11,2%	1,10	18
Alerta, prevención y control de los incendios forestales	372	10,1%	1,16	22
TODAS LAS COMPONENTES	27.972	12,6%	1,55	16

Fuente: elaboración propia, 2020.

Los valores más altos de VAN deben interpretarse en relación a la inversión total realizada (tanto costes fijos como variables). Para una misma rentabilidad, las actuaciones que requieren una mayor movilización de capital aportar más valor actualizado neto. Por lo tanto, el subprograma “Desarrollo de una producción agrícola sostenible” destaca por su VAN mucho mayor que el resto, ya que requiere una inversión de MUSD 34, que representa el 62% del total de todas las inversiones propuestas. Nótese que el tener el VAN más alto no implica que sea el más rentable en términos relativos.

Atendiendo al TIR y al ROI, que son los indicadores de rentabilidad adimensionales y, por tanto, comparables, el subprograma más eficiente es el de “Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos”, debido a las plusvalías de suelo generadas y a los beneficios por servicios

ecosistémicos. El segundo subprograma con una rentabilidad más alta, y con unas necesidades de financiación inferiores, es la "Conservación y recuperación de las fuentes de agua"; este subprograma aporta beneficios sobre todo en forma de servicios ecosistémicos, como son el abastecimiento urbano, turismo, regulación climática, etc.

Los cinco subprogramas restantes se caracterizan por rentabilidades moderadas, pero todavía interesantes. El menos rentable, con un 9,6% de TIR, es "Áreas protegidas para conservar vida", debido a que toda la inversión se destina a mejorar los servicios ecosistémicos a través de la fauna, beneficios que son más difíciles de monetizar.

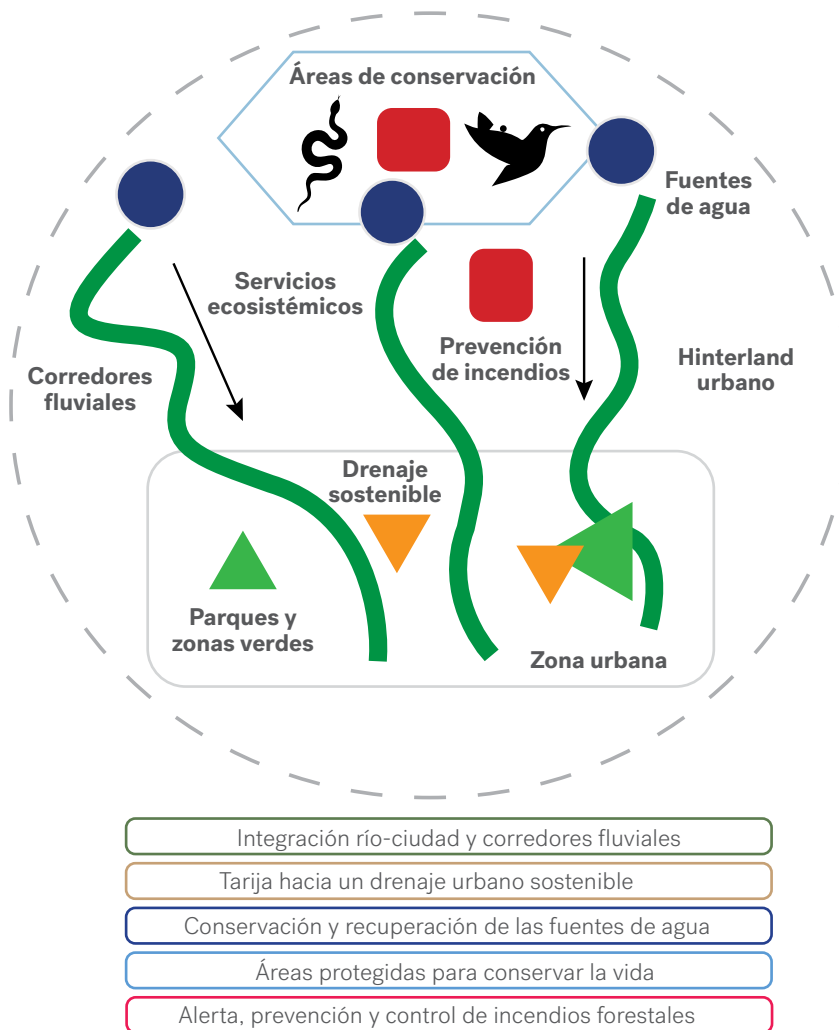
5.5. Recomendaciones para la implantación del plan de adaptación

Los siete subprogramas propuestos no representan acciones independientes y desacopladas, sino que conforman un Plan de Adaptación conjunto y coordinado para preparar al municipio de Tarija ante el reto del cambio climático, garantizando que, incluso si las predicciones de modificación del clima no resultan totalmente acertadas, las medidas descritas resulten igualmente beneficiosas para el desarrollo económico y social de municipio (estrategia flexible o “no-regrets”).

Cada una de los subprogramas contiene un conjunto de actuaciones, estructuradas alrededor de un eje principal; si bien los ejes están claramente diferenciados, las medidas que se despliegan en torno a ellos tienen un cierto grado de solapamiento, que no debe entenderse como duplicación de inversiones, sino como mecanismos de interrelación y reflexión, multisectorial e interdisciplinar. A continuación, se resume la relación y sinergias de las medidas propuestas en tres dimensiones que reflejan los retos y necesidades para una transición hacia Tarija sostenible.

Dimensión ambiental y de conservación

Figura 39. Dimensión de protección ambiental y conservación.



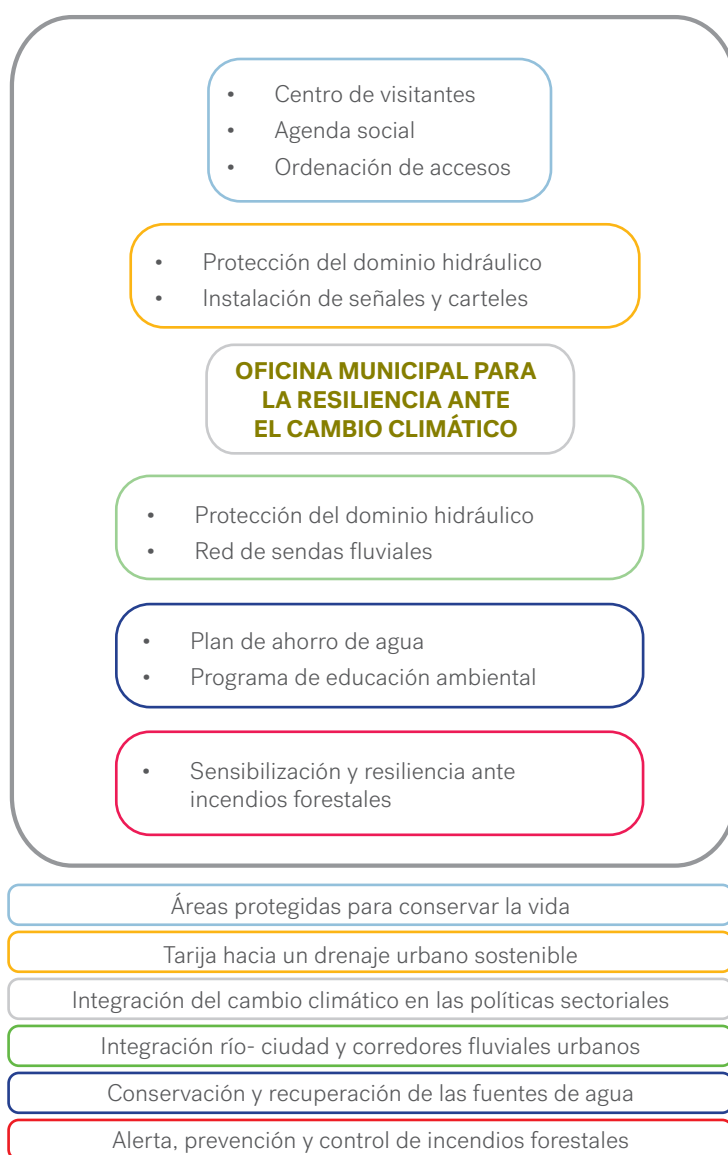
Fuente: elaboración propia, 2020.

El subprograma “Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos” se vincula con la aplicación de medidas basadas en la naturaleza, el “Tarija hacia un drenaje urbano sostenible”, y con la conservación de espacios naturales valiosos y útiles (desde una perspectiva de desarrollo), representada por el subprograma “Áreas protegidas para conservar vida”. También las medidas para la reducción de riesgos de incendio tienen una dimensión ambiental y de conservación.

De esta manera, se trata de crear un continuo funcional entre los ecosistemas más prístinos situados en los espacios periurbanos en sentido amplio, y los ecosistemas urbanos. Los ecosistemas naturales periurbanos se conectan con las islas verdes del espacio urbanizado a través de corredores fluviales, dentro del subprograma “Integración río-ciudad y creación de corredores fluviales urbanos”. Esta conectividad física posibilita la conectividad funcional, que en última instancia permite la exportación de servicios ecosistémicos desde el área circundante de la ciudad (el hinterland) hacia el núcleo urbano alterado.

Dimensión social, transición cultural y cambio de valores

Figura 40. Elementos culturales, educativos y de sensibilización.



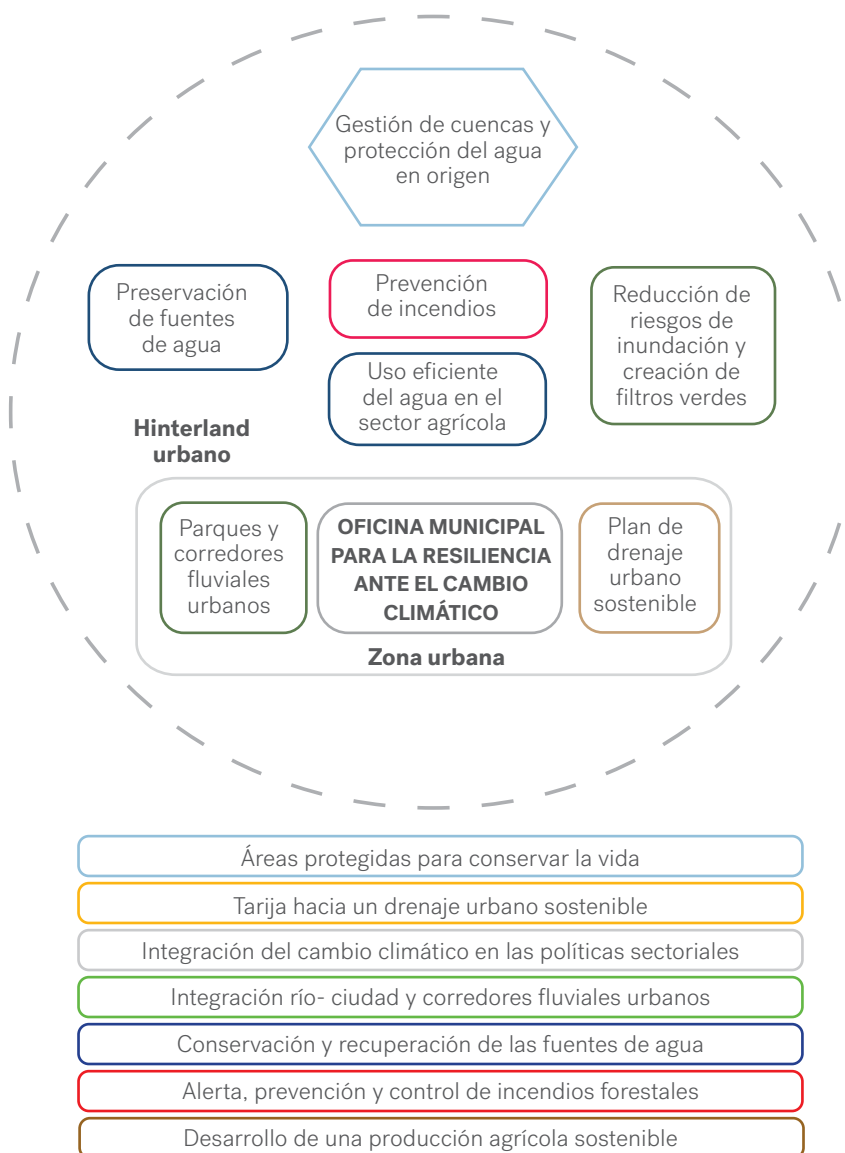
Fuente: elaboración propia, 2020.

La mayor parte de las medidas propuestas incluyen acciones explícitas dirigidas a modificar la percepción y valores sociales ante los riesgos naturales, el cambio climático y la conservación de la naturaleza. Este cambio, a diferencia de las inversiones en infraestructuras, es difícil de realizar y medir, pero a largo plazo resulta indispensable.

El elemento vertebrador de la dimensión cultural de la propuesta es la “Integración de la adaptación al cambio climático en las políticas sectoriales”, que incluye la puesta en marcha y mantenimiento de una Oficina Municipal para el Cambio Climático. Este hito visible del proyecto está complementado y enriquecido por una serie de medidas para fomentar una nueva cultura del agua, dirigidas sobre todo al sector del abastecimiento. No obstante, la conservación de las “áreas protegidas para conservar vida” incluye partidas para la sensibilización y divulgación de valores respetuosos con la naturaleza. En todos los programas de educación y sensibilización, el aspecto de cambio climático tendrá una consideración especial. En lo que se refiere a incendios forestales, la componente de información y sensibilización también está presente.

Dimensión de riesgos naturales y adaptación al cambio climático

Figura 41. Elementos de protección frente a riesgos naturales.



A pesar de que el plan propuesto hace énfasis en aspectos de sensibilización y creación de capacidades, en términos presupuestarios dedica una cantidad importante de recursos a construir infraestructuras o sistemas tecnológicos. Los elementos más característicos de este eje del Plan de Adaptación son las inversiones para reducir los riesgos de incendio y el desarrollo e implementación de un nuevo Plan de Drenaje Sostenible para Tarija, incluyendo sistemas basados en la naturaleza. Estas últimas actuaciones urbanas, de naturaleza gris, verde o mixta, no deben quitar protagonismo a otras actuaciones centradas en las fuentes de agua, y en los corredores fluviales.

La propuesta para promover la integración del cambio climático en las políticas sectoriales incluye a su vez el diseño y desarrollo de un Plan de uso eficiente del agua en la agricultura, que es otra forma de garantizar el suministro, al tiempo que se mejora la economía local al aumentar la productividad de los cultivos. En definitiva, la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático mediante inversiones en infraestructuras está también contemplado en el Plan, aunque debe estar acompañado por las dimensiones ambientales y sociales antes descritas.



6

BIBLIOGRAFÍA

- Alianza Clima y Desarrollo (2014). El quinto reporte de evaluación del IPCC. ¿Qué implica para Latinoamérica? Resumen ejecutivo. Londres, CDKN - Alianza Clima y Desarrollo.
- Andrade, M. (2008). Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia. *Revista boliviana de física* 14: 42-49
- Andrade, M. F. (2014). La economía del cambio climático en Bolivia: generación de datos meteorológicos de alta resolución para Bolivia. Washington D.C., BID - Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 200.
- Andrade, M. F. (2014). La economía del cambio climático en Bolivia: Validación de Modelos Climáticos. Washington D.C., BID, Monografía 184.
- Andrade, M. F., C. E. Ludeña & L. Sánchez Aragón (2014). La economía del cambio climático en Bolivia: Validación de Modelos Climáticos. Washington D.C., Banco Interamericano de Desarrollo, Monografía No. 184.
- Arana Pardo, I., M. García Cárdenas & M. Aparicio Effen (2007). El Cambio Climático en Bolivia (Análisis, síntesis de impactos y adaptación). La Paz, Programa Nacional de cambios climáticos, Ministerio de planificación del desarrollo.
- BID (2010). Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: programa para América Latina y el Caribe: Bolivia. Washington D.C., BID - Banco Interamericano de Desarrollo, Nota técnica IDB-TN-789.
- Bulkeley, H. (2013). *Cities and climate change*. New York, Routledge.
- Caba, J. (2018). Mapeo temático de la oferta, uso actual y disponibilidad de los recursos hídricos del Valle Central de Tarija.
- Caba, J. (2019). Zonificación Climática del Cultivo de la Vid bajo Escenarios de Cambio Climático en el Valle Central de Tarija.
- Calthorpe, P. (2011). *Urbanism in the age of climate change*. Washington, Island Press.
- Carrizosa, M., M. Cohen, M. Gutman, F. Leite, D. López, J. Nesprias, B. Orr, L. Simet & I. Versace. (2019). *Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina*. Caracas, CAF.
- Choquehuanca, J., D. Hoffmann & M. Frías, Eds. (2007). *Retroceso de los Glaciares y Recursos Hídricos en Bolivia - De la Investigación a la Acción*. Memoria del foro-debate. La Paz, BMI - Instituto Boliviano de la Montaña.
- Chuvieco et al., 2006. Generación de un modelo de peligro de incendios forestales mediante teledetección y SIG en Teledetección, Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Ed. Martín, 2007.
- Cohen, M., M. Gutman & M. Carrizosa, Eds. (2018). *Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina*. New York, Corporación Andina de Fomento.
- Cook, S. J., I. Kougkoulos, L. A. Edwards, J. Dortch & D. Hoffmann (2016). Glacier change and glacial lake outburst flood risk in the Bolivian Andes. *The Cryosphere* 10: 2399-2413. doi:10.5194/tc-10-2399-2016
- Estado Plurinacional de Bolivia (1996). Ley Forestal N°1700.
- EUROCLIMA (2015). *Compendio. Financiamiento climático en América Latina: fuentes internacionales, medidas financiadas y perfiles nacionales*. Bruselas, Serie de Estudios Temáticos 7. EUROCLIMA.

- EUROCLIMA (2016). Lecciones aprendidas. Desarrollo resiliente y bajo en emisiones en América Latina: integrando mitigación y adaptación. Bruselas, Serie de Estudios Temáticos 9. EUROCLIMA.
- EUROCLIMA (2017). Guía. Financiamiento climático y NDCs en América Latina: guía para facilitar el acceso a fuentes internacionales. Bruselas, Serie de Estudios Temáticos 10. EUROCLIMA.
- Fernández Llescas, C. & S. Buss (2016). Ocurrencia y Gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe – Factores claves y experiencia adquirida. Washington D.C., BID
- Ferrari, M. P. (2012). Análisis de vulnerabilidad y percepción social de las inundaciones en la ciudad de Trelew, Argentina. *Revista Colombiana de Geografía* 21(2): 99-116
- GADC (2017). Mapas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos. Cochabamba, Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba.
- GADC (S.F.). Aprendamos a prevenir los desastres. Más educación, menos riesgo. Cochabamba, Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, Secretara departamental de los Derechos de la Madre Tierra.
- GADT (2013). Ley Departamental N°089 de promoción del riego tecnificado en el departamento de Tarija.
- GADT (2017). Plan Territorial de Desarrollo Integral del departamento de Tarija 2016-2020.
- GAMT (2008). Plan Municipal de Ordenamiento Territorial del municipio de Tarija.
- GAMT (2017). Plan Territorial de Desarrollo Integral del municipio de Tarija 2016-2020.
- GAMT (2020). Ley Municipal N° 048 de Arborización Urbana.
- GAMT (2019). Ley Municipal N°226 “Declaratoria de área protegida municipal al Bioparque Urbano”.
- GAMT (2021). Ley Municipal N°252 “Ley Marco de Áreas Protegidas Municipales”.
- GIZ, EURAC & UNU-EH (2018). Evaluación de riesgo climático para la adaptación basada en ecosistemas – Una guía para planificadores y practicantes. Bonn, GIZ.
- Graeme, T., Ed. (2014). Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe. Roma, FAO.
- Guido R. Van der Werf, James T. Randerson, Louis Giglio, Thijs T. van Leeuwen, Yang Chen, Brendan M. Rogers, Mingquan Mu, Margreet J. E. van Marle, Douglas C. Morton, G. James Collatz, Robert J. Yokelson, and Prasad S. Kasibhatla (2017). Global fire emissions estimates 1997–2016.
- Hoffmann, D. & C. Requena (2012). Bolivia en un mundo 4° más caliente. La Paz, Fundación PIED.
- Hoffmann, D. & T. Torres-Heuchel, Eds. (2014). Cambio climático en Bolivia. Lo mejor de Klimablog 2011-2013. La Paz, Instituto Boliviano de la Montaña BMI.
- Huesca, M., Litago, J., Palacios-Orueta, A., Montes, F., Sebastián-López, A., & Escribano, P. (2009). Assessment of forest fire seasonality using MODIS fire potential: A time series approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(11), 1946–1955. <https://doi.org/10.1016/j.agrfor-met.2009.06.022>
- INE (2019). Base de datos del Censo de Población y Vivienda y Censo Nacional Agropecuario.
- ISDR (2012). Instrumento de Autoevaluación para Gobiernos Locales sobre la resiliencia a desastres, ISDR: 8

- Ishizawa, O. A., J. J. Miranda, L. F. Jiménez, A. Villamil, X. Lv, R. P. J. Jardillier & I. de Haro López (2017). Análisis cuantitativo del impacto de las inundaciones en Bolivia. Washington, Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento, Banco Mundial.
- Iwanciw Gonzales, J., L. A. Salamanca Mazuelo, B. Condori Ali & M. A. Ontiveros Mollinedo (2011). Tras las huellas del cambio climático en Bolivia. Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático. Agua y seguridad alimentaria. La Paz, PNUD.
- Jelosegui, J. & P. Gainza, Eds. (2010). Causas del cambio climático y consecuencias sobre las poblaciones de América latina. Serie: Migraciones y Derechos Humanos. La Paz, Grupo de Trabajo sobre Migraciones de la PIDHDD.
- Krellenberg, K., R. Jordán, J. Rehner, A. Schwarz, B. Infante, K. Barth & A. Pérez (2013). Adaptación al cambio climático en megaciudades de América latina. Santiago de Chile, Naciones Unidas.
- Lizarazu, B. (2018). Guía para la espacialización de: riesgos, amenazas, vulnerabilidades y sensibilidad territorial. Cartilla n°2. Cochabamba, Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba, HELVETAS Swiss Intercooperación.
- Locatelli, B., V. Evans, A. Wardell, A. Andrade & R. Vignola. Bosques y cambio climático en América Latina. Vincular adaptación y mitigación. 17.
- Lozano Cortijo, O. (2008). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos. Lima, PREDES - Centro de Estudios y Prevención de Desastres: 30
- Magaña, V. (2012). Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático. México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD): 62
- Mapplecroft (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe, CAF - Corporación Andina de Fomento.
- Margulis, S. (2016). Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático. Santiago de Chile, CEPAL, Unión Europea.
- Martínez, R. Q. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América latina y el Caribe. Santiago de Chile, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas: 228
- Medina Quira, Y. S. (2017). Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos de tierra en la cuenca del río Patía, departamento del Cauca. Manizales, Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
- Mejía, A., G. Uzcátegui & O. Valverde (2017). Agua y saneamiento en el Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, CAF.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2015). Plan Maestro Integral de agua potable y saneamiento del Valle de Tarija.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) (2016). Balance hídrico superficial de Bolivia. Documento de difusión. La Paz, Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2018). Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático, para Vivir Bien.
- Morales Nuñez, D. (2018). Ecuación general del riesgo. Modelo para generar mapas de riesgo en áreas urbano/rurales. 2da. edición. La Paz, HELVETAS Swiss Intercooperación.

- Nairn and Fawcett (2015). The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity.
- Navarro, G. (2007). Mapa de Vegetación de Bolivia.
- Novillo Rameix, N. (2018). Cambio climático y conflictos socioambientales en ciudades intermedias de América Latina y el Caribe. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales* 24: 124-142. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3323>
- ONUDI (2012). Cambio climático, agua y energía en Bolivia. Washington D.C., ONUDI, Energética.
- Quiroga B., R., L. A. Salamanca, J. C. Espinoza Morales & G. Torrico C. (2008). Atlas Amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia. La Paz, Plural Editores.
- Quiroga Martinez, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, CEPAL, Serie Manuales n°61.
- Quiroga Martinez, R. (2018). Estadísticas e Indicadores de Cambio Climático: perspectiva regional ALC. México, CEPAL: 49
- Ramirez, E. (2008). Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto. *Revista Virtual REDESMA* 2(3): 13
- Revi, A., D. Satterthwaite & (coord.) (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Yokohama, IPCC Working Group II Technical Support Unit (TSU).
- Ruiz Agudelo, C. A., L. F. Madriñán, J. V. Rodríguez Mahecha, F. A. Hincapié, C. A. Herron & F. Pischke (2011). Adaptación al cambio climático, el riesgo hidrológico y las políticas de gestión integral del recurso hídrico en la región interamericana. Documento insumo para discusión. Medellín, Conservación Internacional, CONAGUA.
- Salamanca, L. A., F. Condori, R. Noda, D. Vergès, I. García Gutierrez, R. Quiroga & J. P. Saavedra (2012). Documento País, Bolivia. VII Plan de Acción DIPECHO. La Paz, UNISDR.
- Salamanca Mazuelo, L. A., Ed. (2008). Documento País Bolivia. Propuesta para el VI plan de acción del programa Dipecho. La Paz, OXFAM, NCCR NS, FUNDEPCO.
- Salamanca Mazuelo, L. A., R. Quiroga Becerra de la Roca & B. Zamora Auza (2011). Ochenta y cinco años de la historia de desastres en Bolivia (1920-2005). *Revista virtual REDESMA* 5(2)
- Sánchez Rodríguez, R., Ed. (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. Santiago de Chile, IAI, CEPAL.
- Schoolmeester, T. & K. Verbist, Eds. (2018). Atlas de glaciares y aguas andinos. El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos. Paris, UNESCO, GRID Arendal.
- UN-Habitat (2011). *Global report on human settlements 2011. Cities and Climate Change*. London - Washington D.C., UN-Habitat, Earthscan.
- Wiedensohler, A., M. Andrade, K. Weinhold, T. Müller, W. Birmili, F. Velarde, I. Moreno, R. Forno, M. F. Sanchez, P. Laj, P. Ginot, D. N. Whiteman, R. Krejci, K. Sellegri & T. Reichler (2018). Black carbon emission and transport mechanisms to the free troposphere at the La Paz/El Alto (Bolivia) metropolitan area based on the Day of Census (2012). *Atmospheric Environment* 194: 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.09.032>

- Yamin, L. E., F. Ghesquiere, O. Darío Cardona & M. G. Ordaz (2013). Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre. El caso de Bogotá, Colombia. Washington D.C., Banco Mundial, Universidad de Los Andes.

