Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de La Paz, Bolivia

César Álvarez Díaz, Hubert Mazurek, Jorge Rojo Gómez, Natalia Sampedro Caral, Elsa Cacho Taeño, Eduardo García Alonso, Debra Pereira Fuentes, José Antonio Peres

▶ **To cite this version:**

César Álvarez Díaz, Hubert Mazurek, Jorge Rojo Gómez, Natalia Sampedro Caral, Elsa Cacho Taeño, et al.. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de La Paz, Bolivia. CAF, 2021, 978-980-422-244-3. hal-03436448

HAL Id: hal-03436448
https://amu.hal.science/hal-03436448

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

LA PAZ

BOLIVIA

RESUMEN EJECUTIVO

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

LA PAZ

BOLIVIA

RESUMEN EJECUTIVO

CAF BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA
laif Instrumento para Inversiones en América Latina
Financiado por la Unión Europea
AFD AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Título: Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la ciudad de La Paz, Bolivia

Editor: CAF

Depósito Legal: DC2021001307

ISBN: 978-980-422-244-3

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.

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	18
2.1.	Proceso participativo	20
3.	Línea base de la vulnerabilidad frente al cambio climático del municipio	22
3.1.	Ubicación del área de estudio y principales características biofísicas del municipio	23
3.2.	Organización administrativa para la gestión territorial del municipio	26
3.3.	Huella urbana y densidad de población en la ciudad de La Paz	27
3.4.	Aspectos demográficos, sociales, económicos y servicios básicos e infraestructuras de la ciudad de La Paz	29
3.5.	La zona rural del municipio, los macrodistritos rurales de Hampaturi y Zongo	30
4.	Índice de vulnerabilidad al cambio climático	32
4.1.	Metodología para la construcción y obtención del índice de vulnerabilidad	33
4.2.	Caracterización del clima y análisis del cambio climático	34
4.3.	Selección y priorización de las amenazas hidro-climatológicas a las que está expuesto el municipio	39
4.4.	Resultados del índice de vulnerabilidad	40
4.4.1.	Indicadores	40
4.4.2.	Índice agregado de riesgo actual al cambio climático	53
4.4.3.	Índice agregado de riesgo futuro al cambio climático	55
4.5.	La Paz rural	64
5.	Plan de adaptación al cambio climático	68
5.1.	Definición, análisis y priorización de medidas de adaptación	69
5.2.	Estructura del plan de adaptación	72
5.3.	Subprogramas del PACC	75
5.4.	Análisis coste-beneficio del PACC	94
5.5.	Recomendaciones para la implantación del plan de adaptación	97
	Bibliografía	100

Listado de figuras

		Pag.
Figura 1.	Vista general de La Paz y del nevado Huayna Potosí. Fotografía: H. Mazurek, 2019.	15
Figura 2.	Talleres participativos en la ciudad de La Paz, con grupos de trabajo. Fotografía: elaboración propia, 2020.	20
Figura 3.	Localización del municipio de La Paz en el ámbito del territorio nacional, departamental y con respecto a los municipios colindantes. Fuente: elaboración propia, 2020.	23
Figura 4.	Disparidad de paisajes del municipio de La Paz, desde las zonas de nevados de la Cordillera Real (Nevado Huayna Potosí en la foto superior) a los encajados, abruptos y tropicales valles de Zongo (foto inferior). Fotografía: elaboración propia, 2020.	24
Figura 5.	Delimitación de cuencas hidrográficas que tienen influencia sobre los impactos en el municipio de La Paz: inundación (izquierda) y recurso hídrico (derecha). Fuente: elaboración propia, 2020.	25
Figura 6.	Izquierda: distinción entre macrodistritos rurales y urbanos. Derecha: detalle de los macrodistritos urbanos y las OTB diferenciadas según la subalcaldía a la que pertenecen. Fuente: elaboración propia, 2020.	26
Figura 7.	Barrio de Koa-Koa (Max Paredes) con una densidad muy elevada, y un sistema vial complejo. Fotografía: H. Mazurek, 2019.	27
Figura 8.	Densidad de población de la ciudad de La Paz. Fuente: elaboración propia, 2020.	28
Figura 9.	Esquema conceptual del Quinto Informe de Evaluación - IE5 del IPCC. Fuente: IPCC, 2014.	33
Figura 10.	Cadena de impactos: factores identificados por componentes para el riesgo de inundación. Fuente: elaboración propia, 2019.	34
Figura 11.	Distribución espacial de la precipitación media anual (mm/año) y temperatura media (ºC) obtenida de la base de datos global CFSR. Fuente: elaboración propia, 2020.	35
Figura 12.	Variación de la precipitación 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.	36
Figura 13.	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.	37
Figura 14.	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.	38
Figura 15.	Esquema lógico de amenazas y factores que refuerzan las mismas en el municipio de La Paz según los actores clave. Fuente: elaboración propia, 2020.	39

Figura 16.	Indicador de amenaza de inundación por OTB. Fuente: elaboración propia, 2020.	41
Figura 17.	Indicador de amenaza de deslizamiento por OTB. Fuente: elaboración propia, 2020.	42
Figura 18.	Indicador de amenaza agregado por OTB. Fuente: elaboración propia, 2020.	43
Figura 19.	Indicador de exposición agregado por OTB. Fuente: elaboración propia, 2020.	45
Figura 20.	Indicador de sensibilidad agregado por OTB. Fuente: elaboración propia, 2020.	50
Figura 21.	Indicador de capacidad de adaptación al cambio climático. Fuente: elaboración propia, 2020.	52
Figura 22.	La expansión de los asentamientos, en laderas y en fondo de valle en la zona del Plan Autopista Norte (izquierda). El barrio de Llojeta: construcciones precarias en suelos particularmente inestables (derecha). Fotografía: elaboración propia, 2019.	53
Figura 23.	Índice agregado de riesgo al cambio climático por OTB en La Paz. Fuente: elaboración propia, 2020.	54
Figura 24.	Esquema metodológico para la construcción del índice integrado de riesgo al cambio climático futuro. Fuente: elaboración propia, 2020.	55
Figura 25.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a corto plazo (2040). Fuente: elaboración propia, 2020.	58
Figura 26.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a corto plazo (2040). Fuente: elaboración propia, 2020.	59
Figura 27.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a medio plazo (2070). Fuente: elaboración propia, 2020.	60
Figura 28.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a medio plazo (2070). Fuente: elaboración propia, 2020.	61
Figura 29.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a largo plazo (2100).	62
Figura 30.	Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a largo plazo (2100). Fuente: elaboración propia, 2020.	63
Figura 31.	Síntesis de la vulnerabilidad del macrodistrito de Hampaturi a las amenazas del cambio climático. Fuente: elaboración propia, 2020.	65
Figura 32.	Daños producidos en una escuela durante la riada de febrero de 2018 en el Valle de Zongo. Fuente: elaboración propia, 2020.	65
Figura 33.	La presencia de árboles y vegetación en la ciudad es un factor de regulación de la temperatura a nivel local. Fuente: elaboración propia, 2020.	72
Figura 34.	Panorámica de la ciudad de La Paz, 2018.	75
Figura 35.	Central hidroeléctrica Cuticucho en Valle de Zongo, 2020.	78
Figura 36.	Ganado camélido pastando en bofedales, 2018.	82
Figura 37.	Laguna de detención en Perth, Australia, ejemplo de sistema de drenaje sostenible, 2021.	85
Figura 38.	Nevado Tuni-Condoriri, una de las principales fuentes de agua de la ciudad de La Paz, 2015.	88
Figura 39.	Chacaltaya, glaciar de la Cordillera Real desaparecido por efecto del cambio climático, 2018.	91

Figura 40.	Evolución del flujo de caja actualizado y acumulado para el subprograma de conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales. Fuente: elaboración propia, 2020.	95
Figura 41.	Dimensión de protección ambiental y conservación de las medidas propuestas. Fuente: elaboración propia, 2020.	97
Figura 42.	Elementos culturales, educativos y de sensibilización de las medidas propuestas. Fuente: elaboración propia, 2020.	98
Figura 43.	Elementos de protección frente a riesgos naturales de las medidas propuestas. Fuente: elaboración propia, 2020.	99

Listado de tablas

		Pag.
Tabla 1.	Lista de actores clave, según tipo de amenaza y participación potencial. Fuente: elaboración propia, 2020.	19
Tabla 2.	Variables utilizadas para la construcción del indicador de amenaza. Fuente: elaboración propia, 2020.	40
Tabla 3.	Variables utilizadas para la construcción del indicador de exposición. Fuente: elaboración propia, 2020.	44
Tabla 4.	Variables utilizadas para construir el indicador de sensibilidad. Fuente: elaboración propia, 2020.	46
Tabla 5.	Variables utilizadas para construir el indicador de capacidad de adaptación. Fuente: elaboración propia, 2020.	51
Tabla 6.	Variación del recurso hídrico potencial anual (con respecto al periodo de referencia) según escenario para el área urbana de La Paz. Periodo de referencia = 202 m^3/hab·año. Fuente: elaboración propia, 2020.	56
Tabla 7.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de inundación. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	70
Tabla 8.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de escasez de recurso hídrico. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	70
Tabla 9.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de deslizamiento. Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	71
Tabla 10.	Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de eventos extremos por altas temperaturas Resaltadas, las medidas priorizadas. Fuente: elaboración propia, 2020.	71
Tabla 11.	Programas de adaptación y componentes del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz. Fuente: elaboración propia, 2020.	73
Tabla 12.	Plan de Adaptación al Cambio Climático. Fuente: elaboración propia, 2020.	74
Tabla 13.	Estimación de costes. Tabla resumen. Fuente: elaboración propia, 2020.	94
Tabla 14.	Resultados del análisis coste-beneficio del Plan de Adaptación al Cambio Climático en conjunto. Fuente: elaboración propia, 2020.	96

Acrónimos

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua y Saneamiento Básico
AFD	Agencia Francesa de Desarrollo
ANMI	Área Nacional de Manejo Integrado
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAF	Banco de desarrollo de América Latina (ant. Corporación Andina de Fomento)
CARE	Cooperative for Assistance and Relief Everywhere
CC	Cambio Climático
CI	Cooperación Internacional
CIDES	Ciencias del Desarrollo
CFSR	Climate Forecast System Reanalysis
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COBEE	Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A.
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
DELAPAZ	Distribuidora de Electricidad La Paz
EMAGUA	Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua
EPSAS	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento
FA	Fondo de Adaptación
FAM	Federación de Asociaciones Municipales
FEJUVE	Federación de Juntas Vecinales
GADLP	Gobierno Autónomo Departamental de La Paz
GAMLP	Gobierno Autónomo Municipal de La Paz
GCM	Global Climate Model
INE	Instituto Nacional de Estadística de Bolivia
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (siglas en inglés)
LAIF	Facilidad de Inversión para América Latina
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (siglas en inglés)
GFC	Fondo Verde del Clima (siglas en inglés)
IDIS	Instituto de Investigaciones Sociológicas
IKI	Iniciativa Internacional del Clima (siglas en alemán)
IRD	Instituto de Investigación para el Desarrollo (siglas en francés)
LAIF	Facilidad de Inversión para América Latina (siglas en inglés)
LIDEMA	Liga de Defensa del Medio Ambiente
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua

MHE	Ministerio de Hidrocarburos y Energías
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organización no Gubernamental
OTB	Organización Territorial de Base
PACC	Plan de Adaptación al Cambio Climático
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PTDI	Plan Territorial de Desarrollo Integral
RCP	Trayectoria Representativa de Concentración (siglas en inglés)
SAT	Sistema de Alerta Temprana
SEDALP	Servicio Departamental de Autonomías de La Paz
SDDMT	Secretaría Departamental de los Derechos de la Madre Tierra
SENABASA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SMC	Secretaría Municipal de Cultura
SMDE	Secretaría Municipal de Desarrollo Económico
SMDS	Secretaría Municipal de Desarrollo Social
SMECC	Secretaría Municipal de Educación y Cultura Ciudadana
SMGA	Secretaría Municipal de Gestión Ambiental
SMGIR	Secretaría Municipal de Gestión Integral de Riesgos
SMPD	Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo
SMSC	Secretaría Municipal de Seguridad Ciudadana
SMSID	Secretaría Municipal de Salud Integral y Deportes
SOCOBE	Sociedad Boliviana de Cemento
UCB	Universidad Católica Boliviana San Pablo
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (siglas en inglés)
VIDECI	Viceministerio de Defensa Civil
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:** Cambio en el estado del clima que se puede identificar (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede obedecer a procesos naturales internos o a cambios en los forzantes externos, o bien, a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo (IPCC).

  Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (CMNUCC).

- **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; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2014).

- **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

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 redaccion, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, pags. 127-141.

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 físicos relacionados 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 peligrosa o 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).

- **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 temporales 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 antropogénico (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).

1

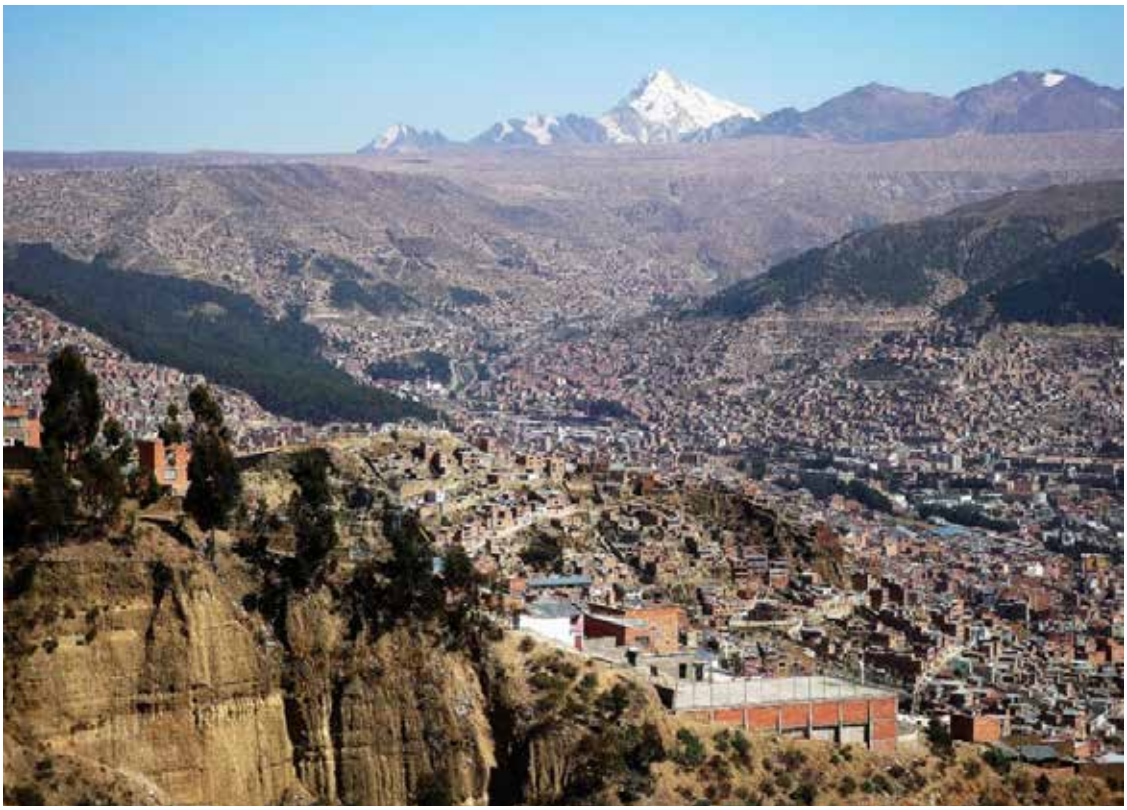
INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados del estudio "*Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la ciudad de La Paz (Bolivia)*" realizado para el municipio de La Paz en el marco del programa LAIF de la Unión Europea-AFD-CAF, sobre ciudades y cambio climático. Este programa tiene como objetivo estratégico apoyar las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático 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 La Paz.

Para la obtención del índice de vulnerabilidad agregado actual y en los diferentes escenarios de cambio climático y horizontes temporales, se realizó una caracterización de los indicadores de amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, para las amenazas de inundación, escasez de recurso hídrico, deslizamiento y eventos extremos por altas temperaturas, priorizados con base en un análisis técnico y consensuadas con los actores clave del municipio de La Paz en el primer taller del estudio.

Figura 1. Vista general de La Paz y del nevado Huayna Potosí.



Fotografía: H. Mazurek, 2019.

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 multidisciplinares. 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 La Paz 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 el municipio de

La Paz, 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. 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.

2

IDENTIFICACIÓN **DE ACTORES**

Los actores clave identificados para participar en la formulación o implementación de las medidas de adaptación al cambio climático en el municipio de La Paz 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.

El mapeo de actores representado en el 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 en el cambio climático de manera inclusiva, con la participación de actores extrainstitucionales para construir una institucionalidad climática. La coordinación entre actores se vuelve indispensable; actores que se influencian y se relacionan según sus competencias y posición estratégica 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	Deslizamiento	Escasez de recurso hídrico	Eventos extremos por altas temperaturas
Competencias a nivel nacional, normativa general y posibilidad de captación de financiamiento	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA); Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE); Ministerio de Planificación del Desarrollo (MPD); Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP); Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)			
				Banco de Desarrollo Productivo (BDP)
	VIDECI - Defensa Civil			
Competencias a nivel departamental, poca posibilidad de financiamiento del municipio de La Paz	Gobierno Autónomo Departamental de La Paz (GADLP); Secretaría Departamental de los Derechos de la Madre Tierra (SDDMT); Servicio Departamental de Autonomías de La Paz (SEDALP)			
Competencias a nivel municipal, poco financiamiento, nivel técnico importante, control y monitoreo	Subalcaldías; Secretarías municipales - SMPD – SMGA - SMDS – SMGIR- SMC; Dirección de Educación; Programa Barrios de Verdad; Programa Centralidades			
				Red de monitoreo de la Calidad el Aire (Red MoniCA); Servicios Ambientales
Competencias a nivel sectorial, gestión de alcantarillado y agua		EPSAS; Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)		
Apoyo técnico–científico, posibilidad de captación de financiamiento para estudio e investigaciones	UMSA - Instituto de Hidrología e Hidráulica; Instituto de Geografía; Instituto de Física de la Atmósfera; Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; Educación y Comunicación; Instituto de Biología Molecular y Biotecnología			
		UMSA- Arquitectura		UMSA- Arquitectura
				UMSA - Instituto de Ecología
	IRD; Instituto de Investigaciones Sociológicas (IDIS)/Ciencias del Desarrollo (CIDES); Universidad Católica Boliviana San Pablo (UCB)			
Actores con influencia con los cuales se necesita concertación	OTB; Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE); Coordinadora de la Mujer Asociaciones de jóvenes; Federación de Asociaciones Municipales (FAM); Colegio de Arquitectos; Colegio de Ingenieros; Red Unitas y otras redes; Radios			
Cooperación internacional - financiadoras	PNUD; Cooperación Sueca; Agencia Francesa de Desarrollo (AFD); Cooperación Alemana para el Desarrollo; Stockholm Environment Institute; Swiss Contact; Banco Mundial; BID; CAF			

Tipo de Institución	Inundación	Deslizamiento	Escasez de recurso hídrico	Eventos extremos por altas temperaturas
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; Pastoral Social Caritas Coroico	WWF; Conservación Internacional; Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA)
Empresas privadas que financian proyectos ambientales	COBEE			
	Sociedad Boliviana de Cemento (SOBOCE)			
			Cervecería Boliviana Nacional S.A.; EMBOL; Fundación Alternativas	

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.1 Proceso participativo

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

En un primer taller se procedió a la priorización de amenazas, donde se reunió a 76 personas de instituciones diferentes (Cooperación: 9 personas, ONG: 14, Consultores: 3, Sociedad civil: 12, GAMLP: 15, Universidad: 21, Servicios del Estado: 2).

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 de aproximadamente 80 personas (Cooperación; ONG; Consultores; Sociedad civil; GAMLP; GADLP; Universidades y Servicios del Estado).

Por último, se realizaron dos talleres con el personal de las subalcaldías, para discutir las amenazas y recolectar información sobre los eventos y las acciones. Un primer taller reunió a las subalcaldías urbanas; un segundo taller reunió a las subalcaldías rurales, seguido de una visita realizada en varios días a los macrodistritos Hampaturi y Zongo.

Figura 2. Talleres participativos en la ciudad de La Paz, con grupos de trabajo.

Fotografía: elaboración propia, 2020.

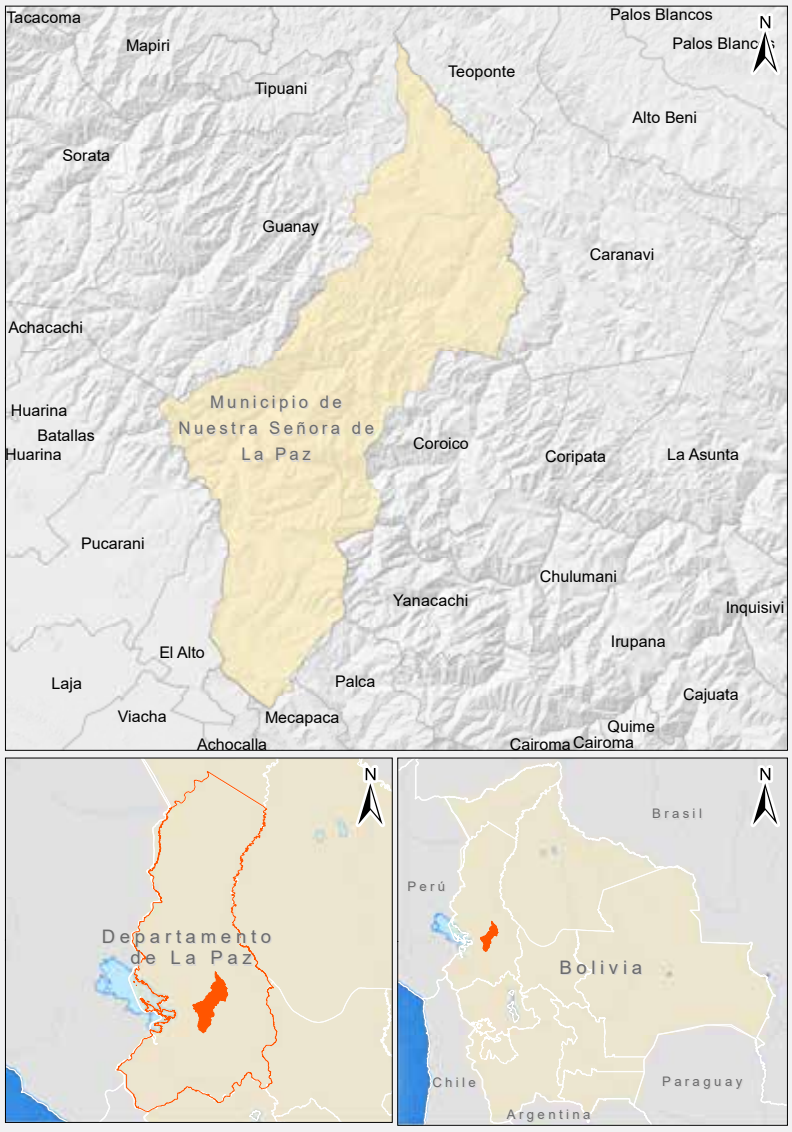
3

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

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

El municipio de La Paz se localiza en el departamento del mismo nombre, Provincia Murillo, al oeste del país, a 68 km al sureste del Lago Titicaca. Tiene una extensión territorial total de 3.020 km^2; el área urbana ocupa una extensión de 149 km^2 (5%) y el área rural 2.871 km^2 (95%), con una importante riqueza de flora, fauna y biodiversidad[2].

Figura 3. Localización del municipio de La Paz en el ámbito del territorio nacional, departamental y con respecto a los municipios colindantes.



Fuente: elaboración propia, 2020.

La zona rural del municipio la constituyen los macrodistritos de Hampaturi y Zongo. Gran parte de la geografía del municipio se localiza en una gran hoyada, con montañas y quebradas que transitan desde los 4.600 msnm (Hampaturi) hasta los 400 msnm (Zongo)3. La altura promedio de la ciudad de La Paz es de 3.650 msnm, no en vano es considerada la metrópoli más alta del mundo.

2 GAMLP. Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) 2016 / 2020. Plan Integral La Paz 2040. La Paz, julio 2018, p. 16.
3 GAMLP. Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) 2016 / 2020. Plan Integral La Paz 2040. La Paz, julio 2018, p.18 y GAMLP. Características Generales. Estadísticas de Bolsillo 2018. La Paz, 2018.

En general, el **paisaje** destaca por la energía de su relieve montañoso, de origen estructural y plegado, caracterizado tanto por las máximas elevaciones de los nevados de la Cordillera Real como por los profundos valles fluviales encajados en las serranías de Zongo (Figura 4).

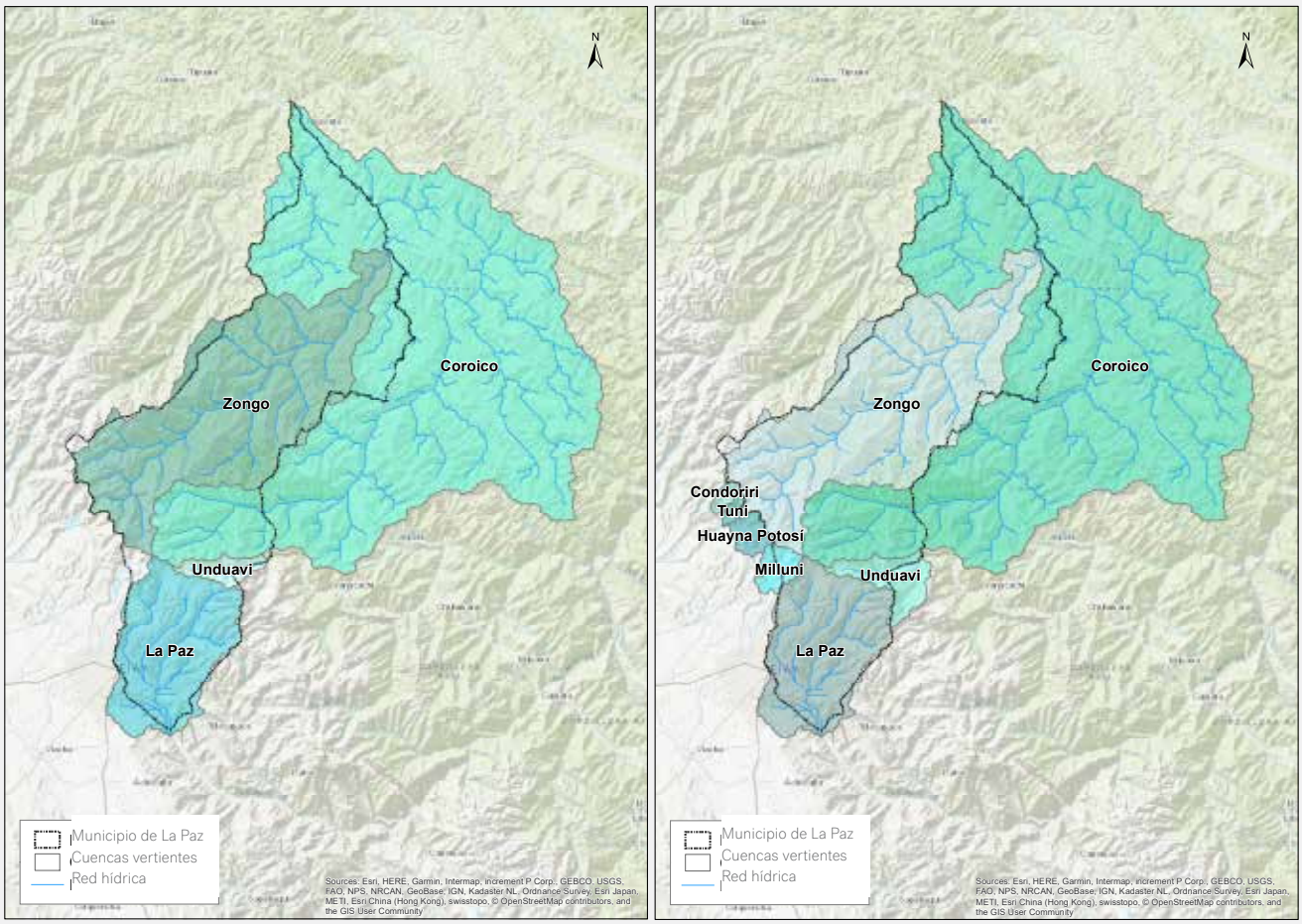
Figura 4. Disparidad de paisajes del municipio de La Paz, desde las zonas de nevados de la Cordillera Real (Nevado Huayna Potosí en la foto superior) a los encajados, abruptos y tropicales valles de Zongo (foto inferior).

Fotografía: elaboración propia, 2020.

En el área rural, la **red hidrográfica** está conformada por ríos y lagunas, de origen glacial en la parte alta y pluvial en la parte media y baja. Los ríos son típicos de alta montaña con elevada pendiente, rápidos y cascadas. La cuenca principal que drena el municipio es la cuenca del río Zongo, un afluente al río Coroico, abarcando una superficie de 1333 km² (Figura 5).

Por su parte, la ciudad de La Paz se extiende sobre 5 cuencas hidrográficas distintas: Choqueyapu, Orkojahuira, Irpavi, Achumani, Huayñajahuira. Son cuencas de reducida extensión (menos de 100 km^2), fuerte pendiente y con numerosos ríos tributarios, lo que resulta en un régimen hidrológico con rápidas crecidas y frecuentes inundaciones. El conjunto de estas cinco cuencas forma la cuenca del río La Paz (Figura 5), un valle drenado de norte a sur por el río Choqueyapu, el cual se ve alimentado por más de 350 ríos y arroyos.

Figura 5. Delimitación de cuencas hidrográficas que tienen influencia sobre los impactos en el municipio de La Paz: inundación (izquierda) y recurso hídrico (derecha).



Fuente: elaboración propia, 2020.

Su **clima** –debido a su elevación- es subtropical de altura, con una época seca fría que comprende el otoño y el invierno (junio a septiembre) y una lluviosa más cálida (octubre a marzo) que comprende la primavera y el verano. Con 56,7 % de humedad relativa media y una temperatura promedio anual de 12,2ºC. Tiene una precipitación pluvial anual de 463,5 mm y 125 días con precipitación pluvial anual[4].

Las ecorregiones, ordenadas de mayor a menor altura sobre el nivel del mar, que se distinguen en el municipio, según Núñez (2004), son nival, altoandina, de los Yungas, de los valles interandinos y de la faja subandina y pie de monte. Dentro de estas ecorregiones existen formaciones vegetales de

4 GAMLP. Características Generales. Estadísticas de Bolsillo 2018. La Paz, 2018.

especial importancia por los servicios ecosistémicos que generan. Ejemplos de estos son los **bofedales** en la ecorregión altoandina y los **bosques de niebla,** con decenas de especies endémicas, en la ecorregión de los Yungas.

3.2. Organización administrativa para la gestión territorial del municipio

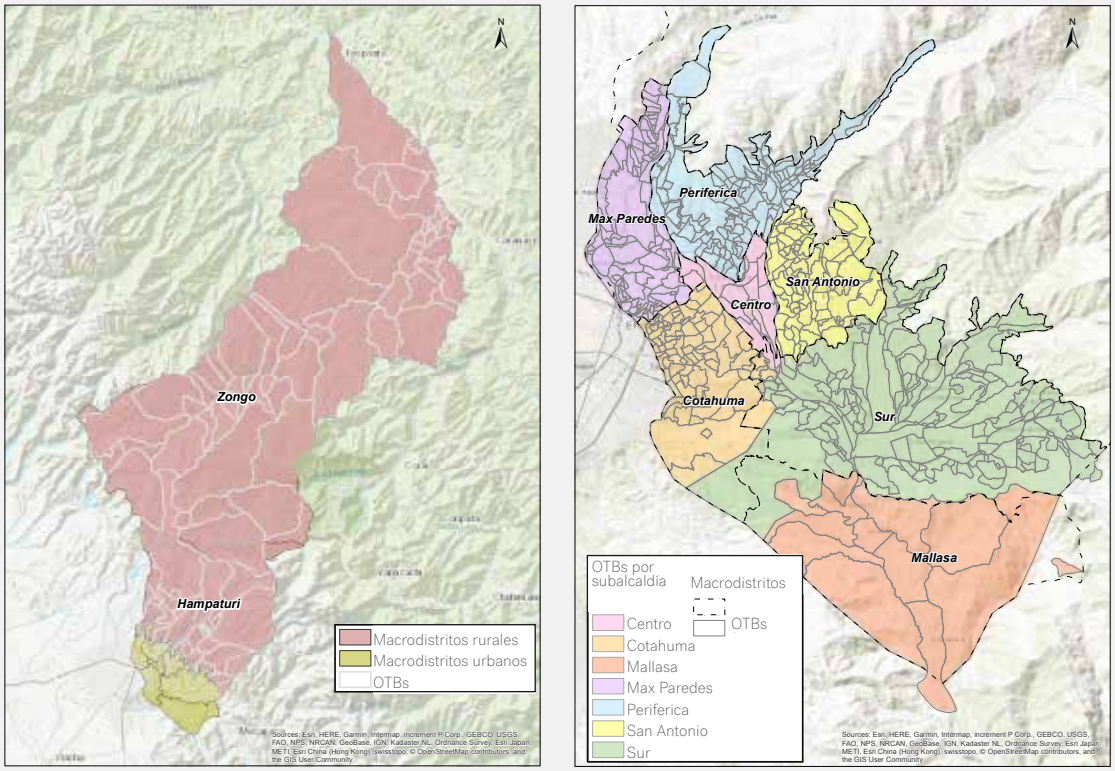
La Paz es la principal ciudad político-administrativa del país, sede –desde 1899- del Gobierno Nacional, la Asamblea Plurinacional y el Órgano Supremo Electoral. Cobija a las principales instituciones públicas del país y es el centro político, administrativo, cultural y financiero más importante de Bolivia.

El municipio está organizado en 9 macrodistritos administrados por subalcaldías, siete urbanos (Centro, Max Paredes, Periférica, San Antonio, Cotahuma, Sur y Mallasa) que se dividen a su vez en 21 distritos, y 2 rurales (Zongo y Hampaturi), localizados al norte del municipio (Figura 6).

Las Organizaciones Territoriales de Base (OTB)[5] constituyen la unidad de base de la gestión territorial, en estrecha relación con las subalcaldías y diversas instancias de participación social. En la zona urbana se cuenta con 609 OTB, mientras que en zona rural la población está agrupada en 91 comunidades repartidas en 87 OTB.

Esta unidad administrativa es la elegida para la obtención del índice de vulnerabilidad debido a su representatividad y sus atribuciones de administración territorial.

Figura 6. Izquierda: distinción entre macrodistritos rurales y urbanos. Derecha: detalle de los macrodistritos urbanos y las OTB diferenciadas según la subalcaldía a la que pertenecen.



Fuente: elaboración propia, 2020.

5 GAMLP. Datos Generales. Base cartográfica de la SPMD-2019.

3.3. Huella urbana y densidad de población en la ciudad de La Paz

La ciudad de La Paz es la tercera ciudad más poblada del país, después de Santa Cruz de la Sierra y El Alto. La población actual estimada del municipio es de 942.987 habitantes, concentrada en el área urbana el 98% (Cartillas Macrodistritales, GAMLP, 2019).

La densidad de población es de 312 hab/km^2 para la totalidad del municipio, y de 6.202 hab/km^2 en la parte urbana (Cartillas Macrodistritales, GAMLP, 2019), lo cual está por debajo del promedio de la densidad de población de las principales ciudades de América Latina. La densidad de población mayor (Figura 8) se encuentra en las laderas este y oeste (distritos Max Paredes y Cotahuma) y en el norte de la ciudad (distrito Periférica), a excepción de algunas zonas como Miraflores (distrito Centro) y Obrajes (distrito Sur).

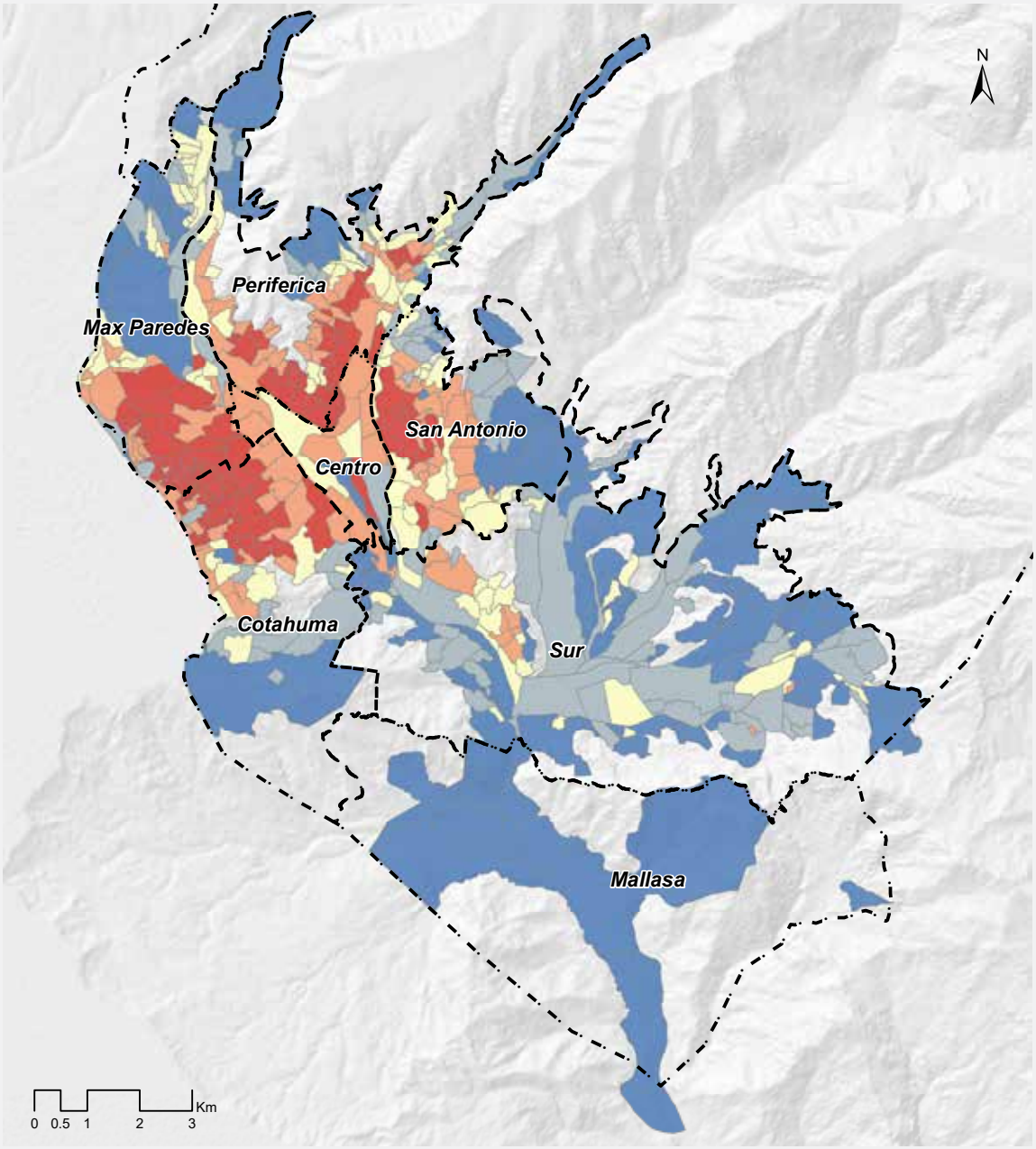
Como ejemplo de barrios densos con elevada concentración de viviendas están los que constituyen el macrodistrito de Max Paredes, donde en algunas calles incluso no existe acceso a vehículos motorizados (Figura 7). Esta situación implica una vulnerabilidad mayor en caso de necesidad de intervención de servicios de emergencia.

Una gran parte del área urbana tiene suelos no edificables, principalmente por ser zonas con riesgo de deslizamientos; sin embargo, estas zonas han sido colonizadas durante los últimos diez años. La huella urbana está llegando a su máximo (14.900 ha hasta el límite urbano) y el crecimiento urbano se realiza actualmente con programas de densificación como en el barrio de Sopocachi, donde se construyen grandes inmuebles en desarrollo vertical con pequeños departamentos sin ningún espacio público, generalmente asociados a programas de vivienda social, o mediante obras de aterrazamiento en zonas no edificables, lo que incrementa la vulnerabilidad de la ciudad frente a deslizamientos, debido a la inestabilidad del suelo principalmente.

Figura 7. Barrio de Koa-Koa (Max Paredes) con una densidad muy elevada, y un sistema vial complejo.

Fotografía: H. Mazurek, 2019.

Figura 8. Densidad de población de la ciudad de La Paz.



Fuente: elaboración propia, 2020.

3.4. Aspectos demográficos, sociales, económicos y servicios básicos e infraestructuras de la ciudad de La Paz

La población es relativamente joven con un promedio de edad de 31 años[6] (superior a los 27 años del promedio nacional). Sin embargo, la tendencia es al envejecimiento de la población[7]. La esperanza de vida al nacer es de 73 años (hombres: 70 años y mujeres: 76 años), y la tasa de natalidad de 35 a 25 nacimientos/1.000 hab., llegando a una tasa global de fecundidad de 2,7 hijos[8].

Diferenciación demográfica y social valle-periferia

Desde el punto de vista de la vulnerabilidad social y económica, la ciudad de La Paz muestra una diferencia espacial muy marcada entre el valle central y las laderas. La distribución espacial de la población joven y adulta es muy marcada: una periferia con población predominantemente joven y muy joven (menores de 15 años) y un centro–valle con una predominancia de personas mayores de 65 años. Este hecho responde a que hay mayor facilidad para adquirir una vivienda en las afueras de la ciudad que en el centro, donde el precio de aquellas es más elevado y existe menor oferta, ya que las personas que migran hacia la ciudad desde el campo optan por localizarse en los nuevos asentamientos que proliferan en la periferia urbana.

Diferenciación norte-sur de los niveles de ingreso

Según el PTDI 2016-2020, la **incidencia de pobreza** por ingresos en el municipio supone un 37,6% de la población (17,4% por la incidencia de pobreza extrema), mientras que por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es del 19,7%.

El ingreso promedio por distrito muestra un neto gradiente desde el sur, donde se encuentran los barrios de clase media-alta, hacia el norte, y los dos macrodistritos rurales, donde el ingreso es más bajo. La distribución espacial de los valores altos de pobreza, se concentran en los barrios del norte de la ciudad localizados en las laderas, donde se dan peores condiciones de vida y donde el nivel de instrucción y de calificación laboral de sus habitantes es menor que el promedio.

Distribución de infraestructuras y servicios básicos accesibles para la población

La distribución espacial de los diferentes **servicios e infraestructuras disponibles** se corresponde con la densidad de población. Sin entrar a considerar su calidad, los datos que se consignan sobre los servicios básicos son: acceso a electricidad 98,2%, al agua potable por cañería 91,7% y al alcantarillado 90,6%, es decir, cifras relativamente altas (Censo de población 2012-INE).

Los servicios de **agua potable** y **alcantarillado** son administrados por la Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS, S.A.), bajo la supervisión de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua y Saneamiento Básico (AAPS), supeditada al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). Además de EPSAS, en el municipio se cuenta con cooperativas de agua a cargo de Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPyS), que gestionan el agua de diferentes vertientes localizadas principalmente en las laderas de los macrodistritos de Cotahuma y San Antonio.

Toda la parte urbana del municipio tiene acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, la construcción de edificios y densificación urbana que se realiza en la mayor parte de los macrodistritos, con mayor énfasis en Centro, Sur y Cotahuma, no ha sido acompañada con el desarrollo y adecuación de los diferentes servicios, manteniéndose los sistemas de agua potable, pluvial y de alcantarillado antiguos y sin la renovación necesaria a la ampliación de la nueva demanda.

6 GAMLP. Características Socioeconómicas. Estadísticas de Bolsillo 2018. La Paz
7 https://www.ine.gob.bo/index.php/notas-de-prensa-y-monitoreo/itemlist/tag/Poblaci%C3%B3n
8 Por mujer durante su vida fértil. GAMLP. Características Socioeconómicas. Estadísticas de Bolsillo 2018. La Paz, 2018.

En cuanto al **saneamiento**, la ciudad de La Paz no cuenta con tratamiento de aguas servidas y todo su sistema de alcantarillado desemboca en los ríos, convirtiéndolos en una gran cloaca con incidencia en la contaminación ambiental y riesgo para la salud humana.

El servicio de **energía eléctrica** es provisto por la empresa DELAPAZ, y la mayor parte de la energía eléctrica que se consume en la ciudad de La Paz (60%) es generada por la empresa COBEE en sus plantas hidroeléctricas situadas a lo largo del río Zongo, en el macrodistrito homónimo.

En cuanto al **transporte de uso público,** se destaca el empleo de minibuses privados (transporte miniaturizado), tanto en la ciudad como en las comunidades rurales, con un numeroso parque automotor que, ligado a la escasa anchura de la red vial de la ciudad, ocasiona un permanente congestionamiento vehicular, así como una importante contaminación ambiental (del aire y acústica).

El aporte del sector transporte (fuentes móviles) a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) supone la práctica totalidad de las emisiones del municipio. Según el Inventario de Emisiones de GEI del municipio de La Paz del año 2007 (Spiess, 2007), un 87,8% de las 1.649.905 toneladas de emisiones tuvieron su origen en fuentes móviles, dentro de las cuales juegan un papel protagónico los microbuses, buses y minibuses que atestan las calles del centro urbano. Asimismo, un análisis detallado de los datos arroja que las emisiones de monóxido y dióxido de carbono, así como de óxidos de nitrógeno, son en su totalidad provenientes del tráfico vehicular.

La **red vial** es densa y de amplia cobertura, interconectando la totalidad de los barrios construidos, hasta las alturas de las laderas. Las avenidas y calles anchas asfaltadas características del centro de los distritos, se complementan con pequeñas calles, de cemento o de piedras, que permiten a la población acceder a la mayoría de las viviendas, incluso en las partes más arrinconadas de la ciudad. Sin embargo, en los barrios densos con elevada concentración de viviendas, como los que constituyen el macrodistrito de Max Paredes, en algunas calles no existe acceso a vehículos motorizados.

3.5. La zona rural del municipio, los macrodistritos rurales de Hampaturi y Zongo

La zona rural del municipio de La Paz está dividida en dos macrodistritos o subalcaldías[9] que representan el 95,1% de la superficie total de su territorio y el 0,8% de su población: Hampaturi[10] con 4.644 habitantes y Zongo con 3.170 habitantes. Hampaturi, constituye el 16% del total del territorio municipal y Zongo el 79%.

Ambos macrodistritos están también estructurados territorial y administrativamente por OTB. El macrodistrito de Hampaturi está constituido por 33 OTB, de las cuales la mayoría (32) son comunidades originarias organizadas en ayllus y estructuradas en el Consejo de Comunidades Ayllus Indígenas Originarios "La Cumbre". El macrodistrito de Zongo cuenta con 56 OTB que agrupan a 78 comunidades campesinas[11].

Es en estos macrodistritos, que se extienden desde la periferia urbana hasta zonas plenamente rurales, donde se desarrollan **actividades agropecuarias y extractivas en el municipio**. Las actividades agropecuarias se basan, en primer lugar, en la explotación ganadera (principalmente ovina y de llamas) de los pastos naturales, constituyendo estos el uso de la tierra con mayor extensión en el municipio, y en segundo lugar, en la agricultura y el uso forestal; los principales cultivos en cuanto a producción son la papa, el plátano y el arroz, mientras que, en cuanto a superficie que ocupan, son la papa, el café y la coca. La actividad ganadera se centra principalmente en el mantenimiento y producción de ganado ovino, aves de granja y de llamas (Fichas municipales del Censo Agropecuario, 2013).

La economía en estos macrodistritos es altamente dependiente del sector primario y este, a su vez, de los efectos del cambio climático, lo que la hace más vulnerable. Pertenecen a la rama de actividad

9 También conocidos como distrito 22: Hampaturi y distrito 23: Zongo.
10 Hampaturi, vocablo aymara Hampatu que significa sapo, especie de batracio que abundaba en el territorio.
11 En el PDTI 2016-2020 del GAMLP se registran 30 comunidades en Hampaturi y 78 en Zongo.

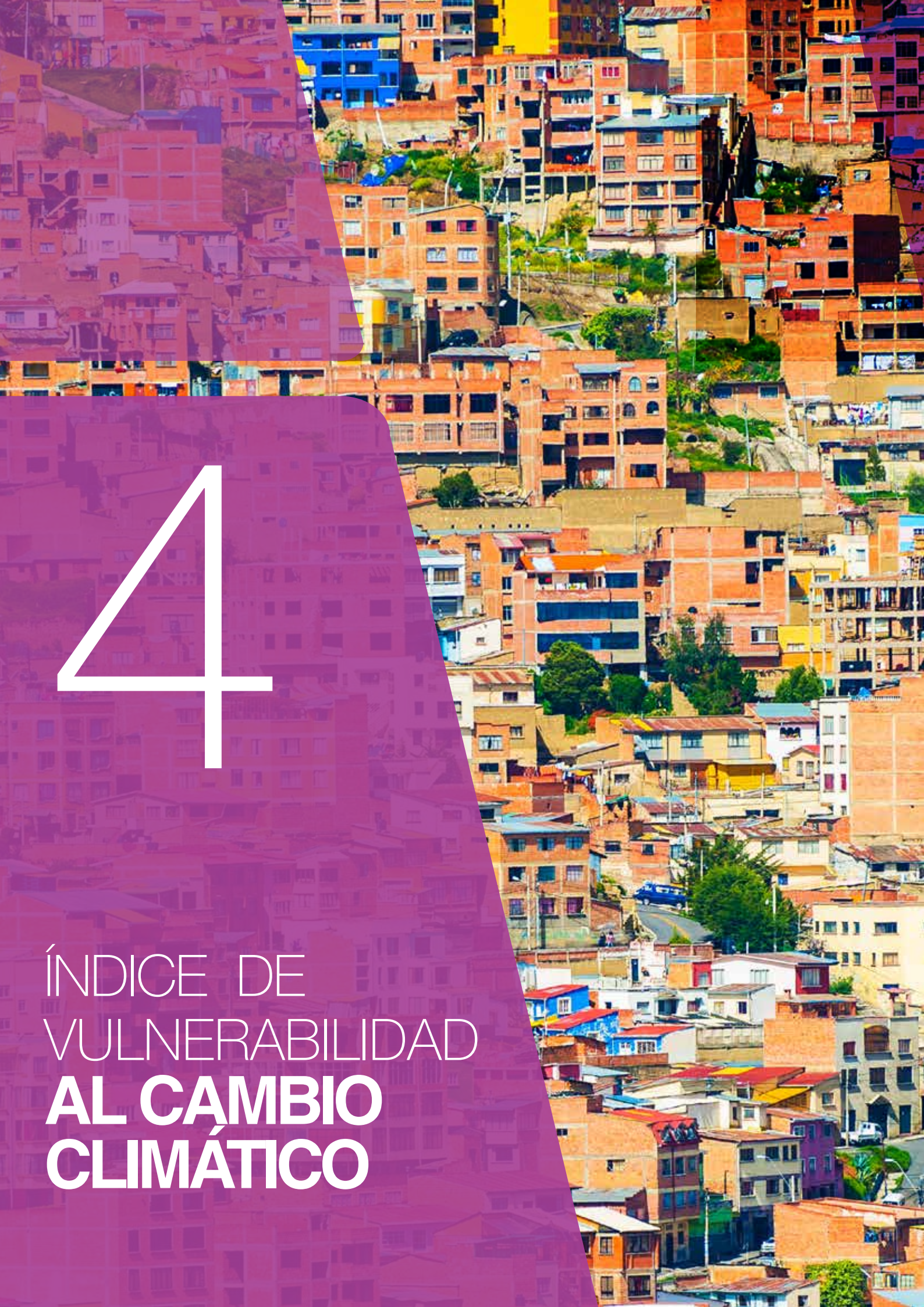
denominada como de producción el 67,3% de la población ocupada en Hampaturi y el 84,4% en Zongo[12], aunque la dedicación al sector primario únicamente represente el 2,4% de la población ocupada del municipio (Censo de población y vivienda, 2012, INE).

Las subalcaldías de Zongo y Hampaturi tienen una posición estratégica en relación a la parte urbana:

- **Hampaturi es uno de los reservorios de agua más relevantes para la ciudad de La Paz**, por abastecer el sistema Pampahasi que cubre los 2/3 de la ciudad.

- **Zongo es uno de los centros de producción de electricidad para la ciudad de La Paz**, en su parte sur. Dentro del valle alto del río Zongo se ubican 10 plantas de producción de electricidad administradas por la empresa COBEE.

12 Dato que aparece en las Cartillas Macrodistritales (GAMLP, 2019) basado en la Encuesta Municipal a Hogares del año 2016, que responde a la rama de actividad denominada como "Producción" según la Clasificación de Actividades Económicas de Bolivia (CAEB-2011, INE) y que comprende las siguientes actividades: agricultura, ganadería, caza y silvicultura; explotación de minas y canteras; industria manufacturera; suministro de electricidad, gas y agua; construcción.



4

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD **AL CAMBIO CLIMÁTICO**

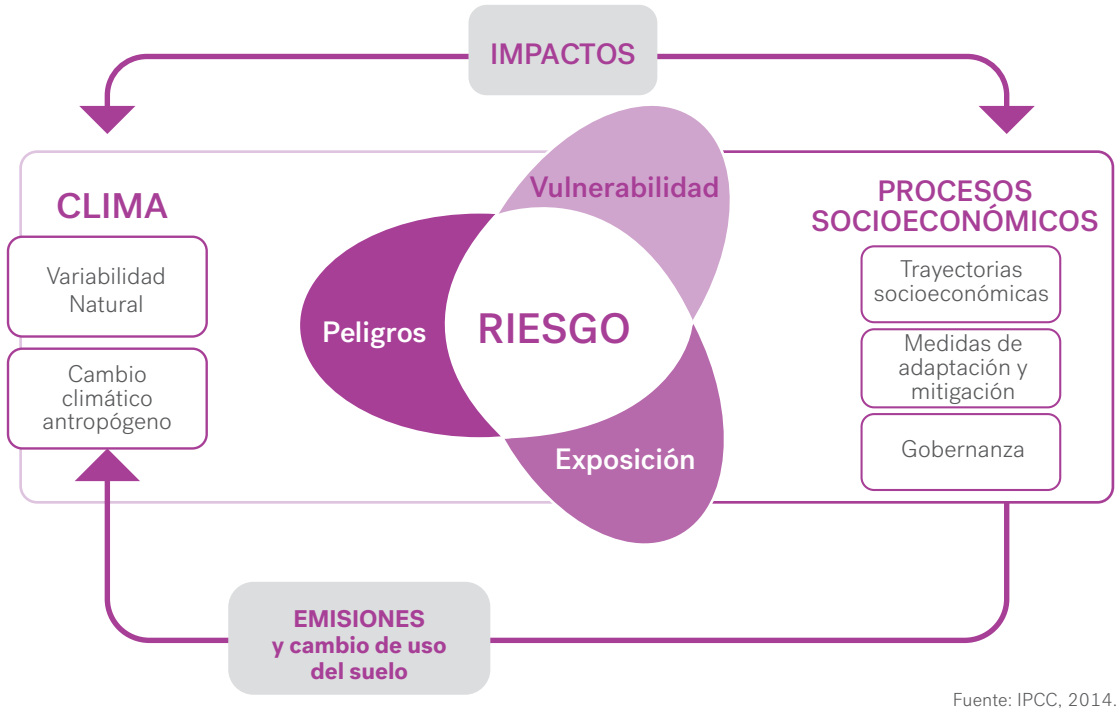
4.1. Metodología para la construcción y obtención del índice de vulnerabilidad

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 9).

Figura 9. Esquema conceptual del Quinto Informe de Evaluación - IE5 del IPCC.



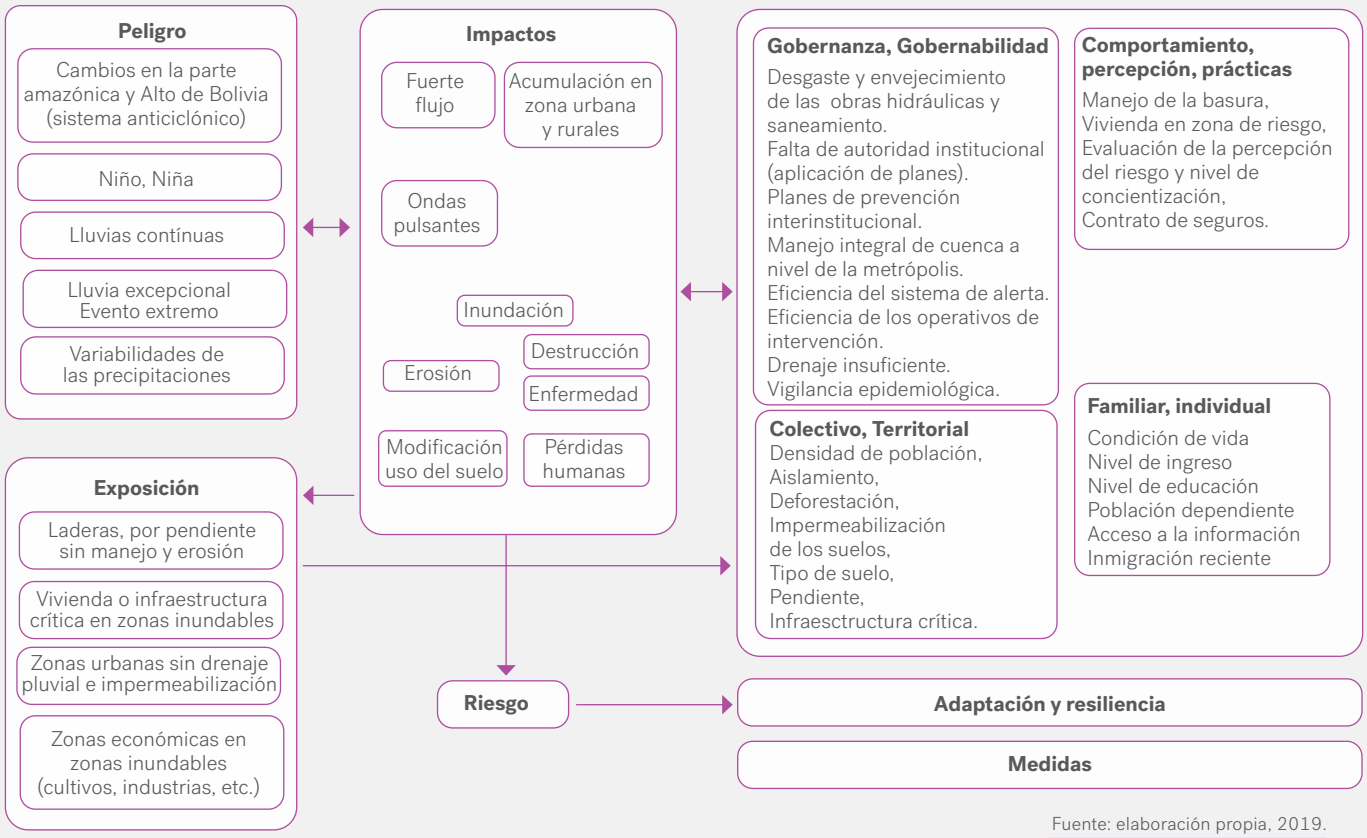
Fuente: IPCC, 2014.

Las cadenas de impacto[13] 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 priorizadas.

Los factores identificados (ver ejemplo para la cadena de impactos del riesgo de inundación en la Figura 10) tienen que ser caracterizados mediante una variable o conjunto de variables que formarán un indicador. Se estableció un esquema de cadena de riesgo para cada amenaza y una lista de variables para la construcción de los indicadores.

13 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.

Figura 10. 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 calcularon 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 cuatro amenazas priorizadas).

La poca disponibilidad de información de la zona rural y la dificultad para realizar diagnósticos territoriales, por los conflictos limítrofes que el municipio de La Paz tiene con los municipios aledaños, ha motivado que se presenten de manera separada los resultados de la parte urbana y la rural, con un trabajo más cualitativo en la parte rural.

Dada esta circunstancia, en la parte rural, cada amenaza tendrá un componente de riesgo en relación a la población y sus actividades, y otro en relación a las infraestructuras productivas críticas. Los criterios de vulnerabilidad son muy diferentes a los de la parte urbana, no solamente por las características de los datos, sino sobre todo por la naturaleza de estos macrodistritos (poca población y actividades rurales), y por su posición estratégica en el municipio (agua y electricidad).

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 La Paz y valorar su evolución en el futuro.

Para la caracterización de la precipitación y la temperatura actuales se han analizado los datos de 81 estaciones meteorológicas, pertenecientes a la red del Sistema de Procesamiento de Datos Meteoro-

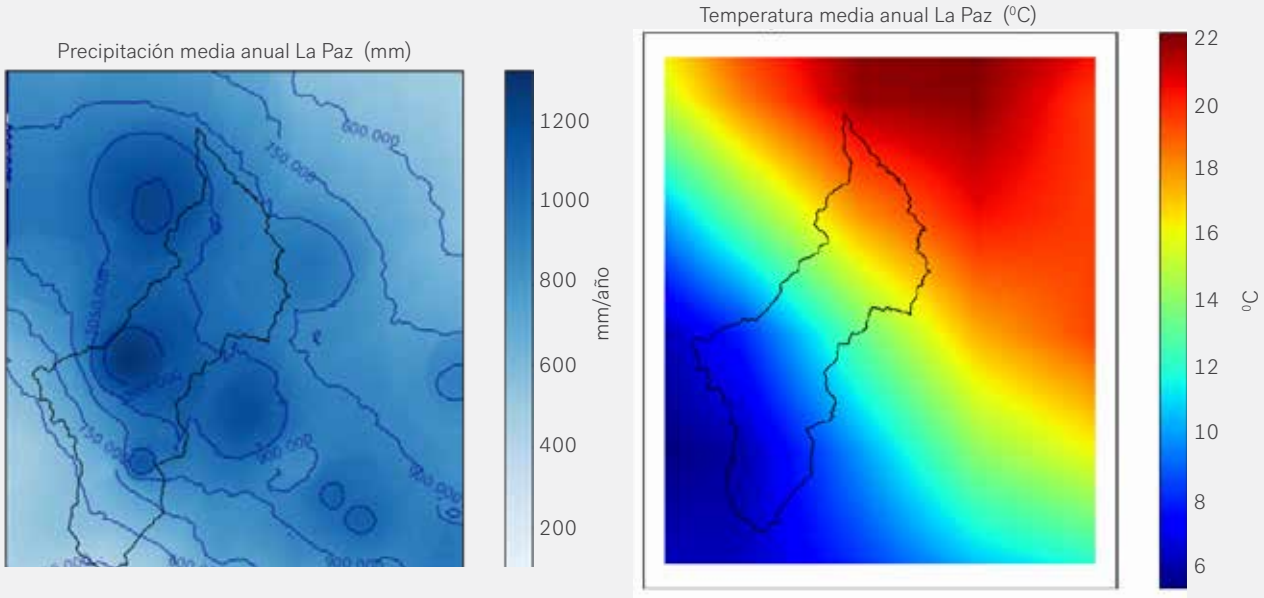
lógicos del SENHAMI, situadas en el entorno del área de estudio, las cuencas hidrográficas vertientes al municipio de La Paz.

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 los modelos climáticos.

Se ha caracterizado la **precipitación media anual** en régimen medio (Figura 11), y también su **régimen extremal** con el fin de estudiar posteriormente la amenaza de inundación. Una de las conclusiones del análisis realizado es que no existe una relación significativa entre la precipitación y la altitud.

En lo referido a la temperatura, la baja densidad de estaciones con datos termométricos (menos de 15 estaciones con datos simultáneos), 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*)[14], para obtener la temperatura media diaria (Figura 11).

Figura 11. Distribución espacial de la precipitación media anual (mm/año) y temperatura media (ºC) obtenida de la base de datos global CFSR.



Fuente: elaboración propia, 2020.

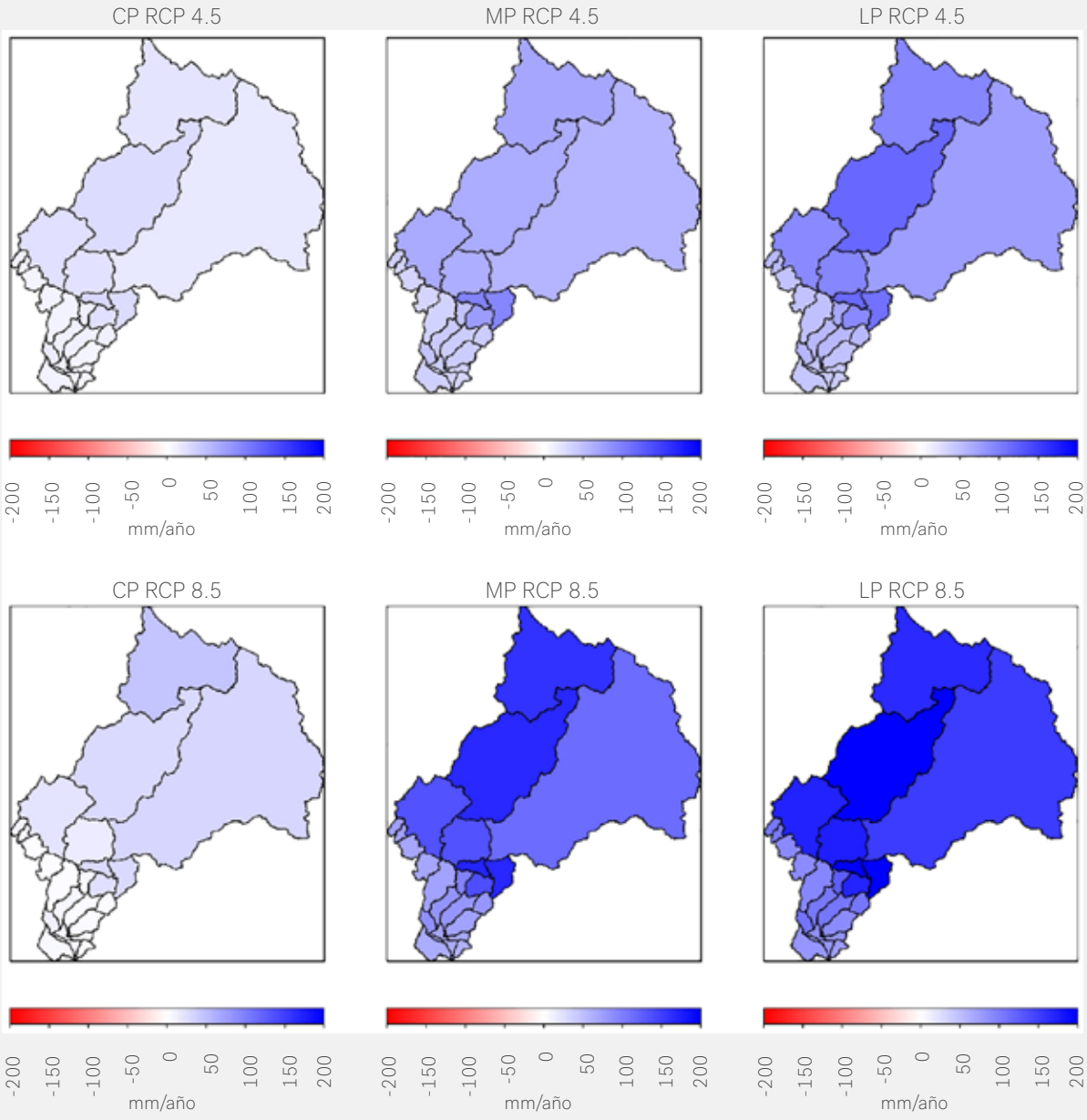
Los resultados obtenidos del análisis de ambas variables ponen de manifiesto la **elevada variabilidad de la precipitación y de la temperatura en el área de estudio**, donde se aprecian fuertes gradientes dominados por la abrupta orografía de la zona.

En este estudio **las previsiones de cambio climático** se han realizado 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[15]).

14 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).

15 Los RCPs (Representative Concentration Pathways) representan ciertas condiciones de emisión de gases de efecto invernadero (principalmente provenientes del desarrollo industrial) y cambios en el uso del suelo (desarrollo agrícola), que proporcionan situaciones de referencia para la simulación, de acuerdo con distintos escenarios plausibles de desarrollo socioeconómico. 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 2ºC. 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 4ºC.

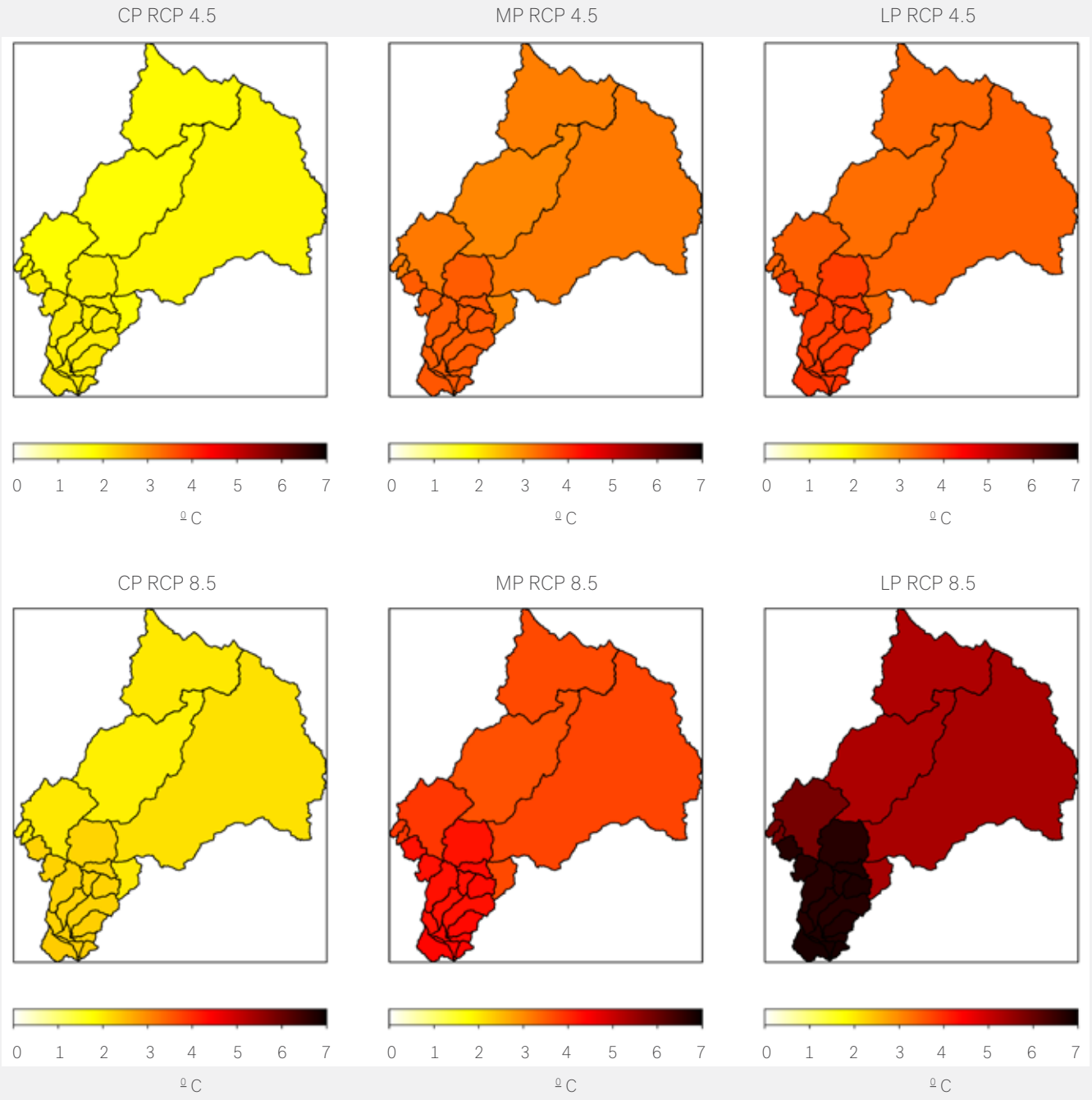
Figura 12. Variación de la precipitación anual respecto a la actual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100).



Fuente: elaboración propia, 2020.

En los dos escenarios de emisiones considerados (RCP 4.5 y 8.5) se produce el **aumento de la precipitación media en todas las cuencas**, aunque con cambios más abruptos en el RCP 8.5 (Figura 12).

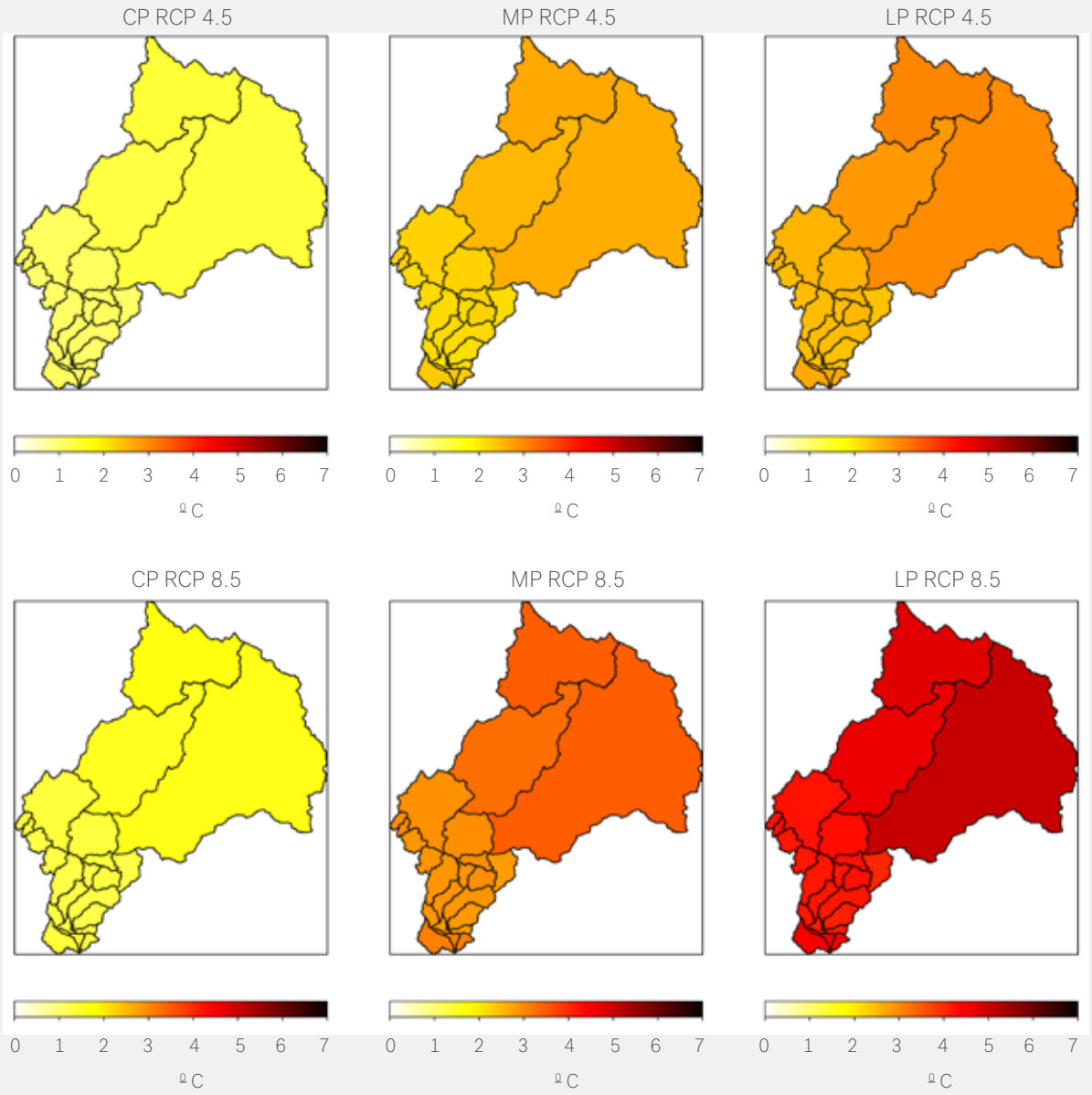
Figura 13. Variación de la temperatura máxima anual en los escenarios de emisiones 4.5 (arriba) y 8.5 (debajo). CP: corto plazo (horizonte 2040)/ MP: medio plazo (horizonte 2070)/ LP: largo plazo (horizonte 2100).



Fuente: elaboración propia, 2020.

En el caso de la temperatura máxima, la tendencia apunta a un **aumento progresivo a lo largo del tiempo**. El aumento es prácticamente similar en todas las cuencas, aunque en la zona sur se aprecian aumentos ligeramente mayores. Los más acusados se producen en el RCP 8.5 a medio y largo plazo (Figura 13).

Figura 14. 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.

En el caso de la temperatura mínima, al igual que la temperatura máxima, también existe un aumento progresivo a lo largo del tiempo (Figura 14).

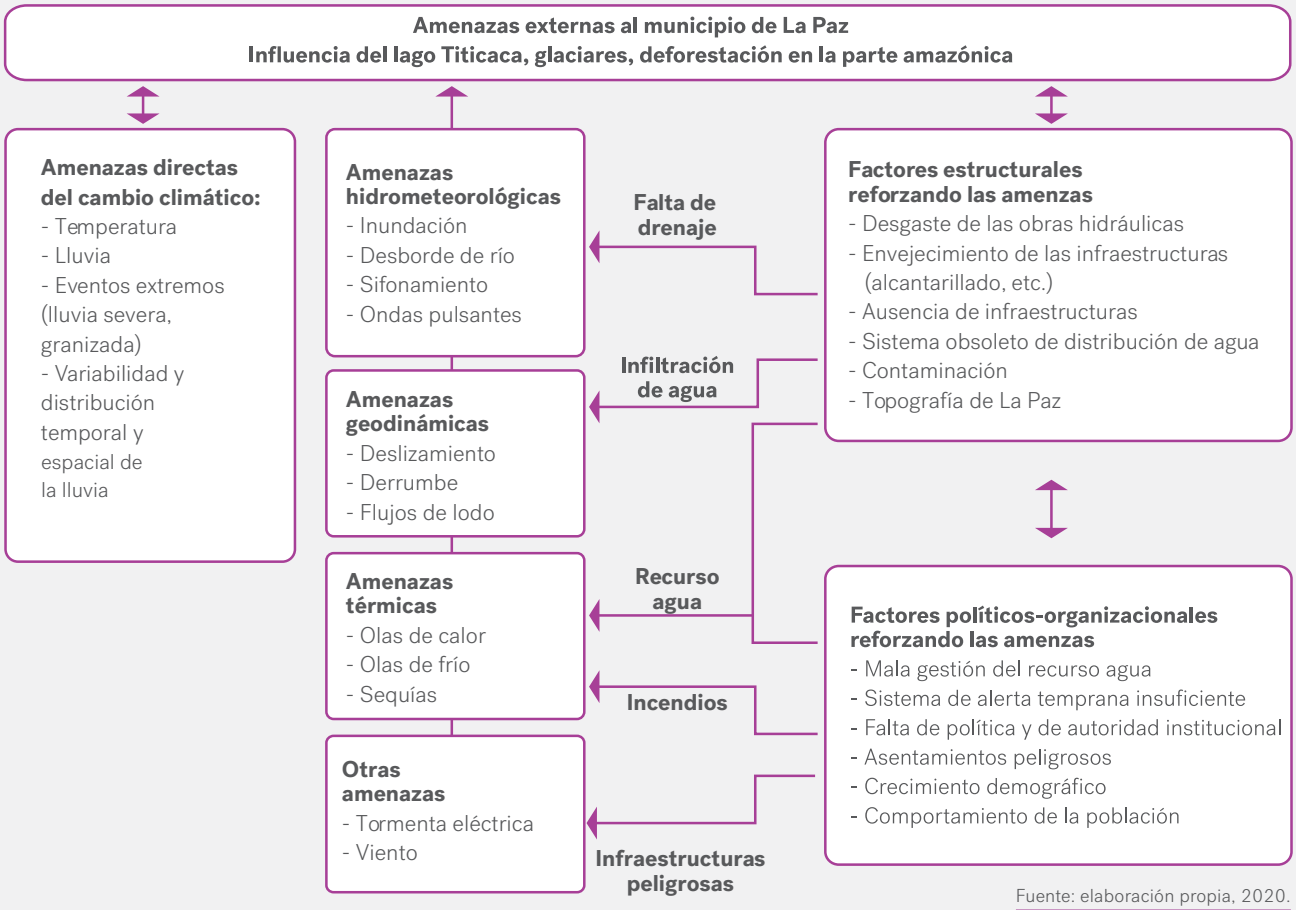
Por lo tanto, y según se desprende del análisis realizado, se espera que el clima futuro del municipio sea más lluvioso y más cálido.

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 La Paz 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 15, el cual pretende inventariar los factores que generan amenazas en el municipio.

Figura 15. Esquema lógico de amenazas y factores que refuerzan las mismas en el municipio de La Paz según los actores clave.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Las amenazas hidrometeorológicas son las más importantes, pero siempre en relación a la disponibilidad del recurso agua, preocupación que precede a las inundaciones. Las amenazas geomorfológicas están a continuación, principalmente alrededor del problema de los deslizamientos. Finalmente hay que subrayar el nivel similar de discurso sobre las amenazas físicas como inundaciones, eventos extremos por altas temperaturas o granizadas y los factores antrópicos como los asentamientos ilegales o la debilidad de gobernanza[16] , lo que confirma el estatuto de amenaza de esos factores.

De la conjunción del análisis de los datos de eventos históricos y de la priorización realizada por los actores clave, se seleccionaron para su análisis las amenazas de **(i) Inundación; (ii) Escasez de recurso hídrico; (iii) Deslizamientos y (iv) Eventos extremos por altas temperaturas.**

16 Se refiere a la falta de autoridad de las instituciones para hacer cumplir la normativa existente en cuanto a planeamiento urbanístico lo que redunda en falta de apoyo institucional para impedir a loteadores e ilegales que se establezcan en áreas de riesgo. También se refiere a la carencia de políticas que regulen los procesos de asentamiento ilegal recurrentes que se dan en las laderas y zonas de riesgo declarado.

4.4. Resultados del índice de vulnerabilidad

4.4.1. 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 cuatro amenazas priorizadas.

Para cada amenaza se realizó un análisis de componentes principales, con las variables que participaron en la conformación del indicador, con el fin de verificar la validez de la construcción, y evidenciar las variables que contribuyen con mayor peso al indicador.

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

4.4.1.1. Indicador de amenaza

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

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

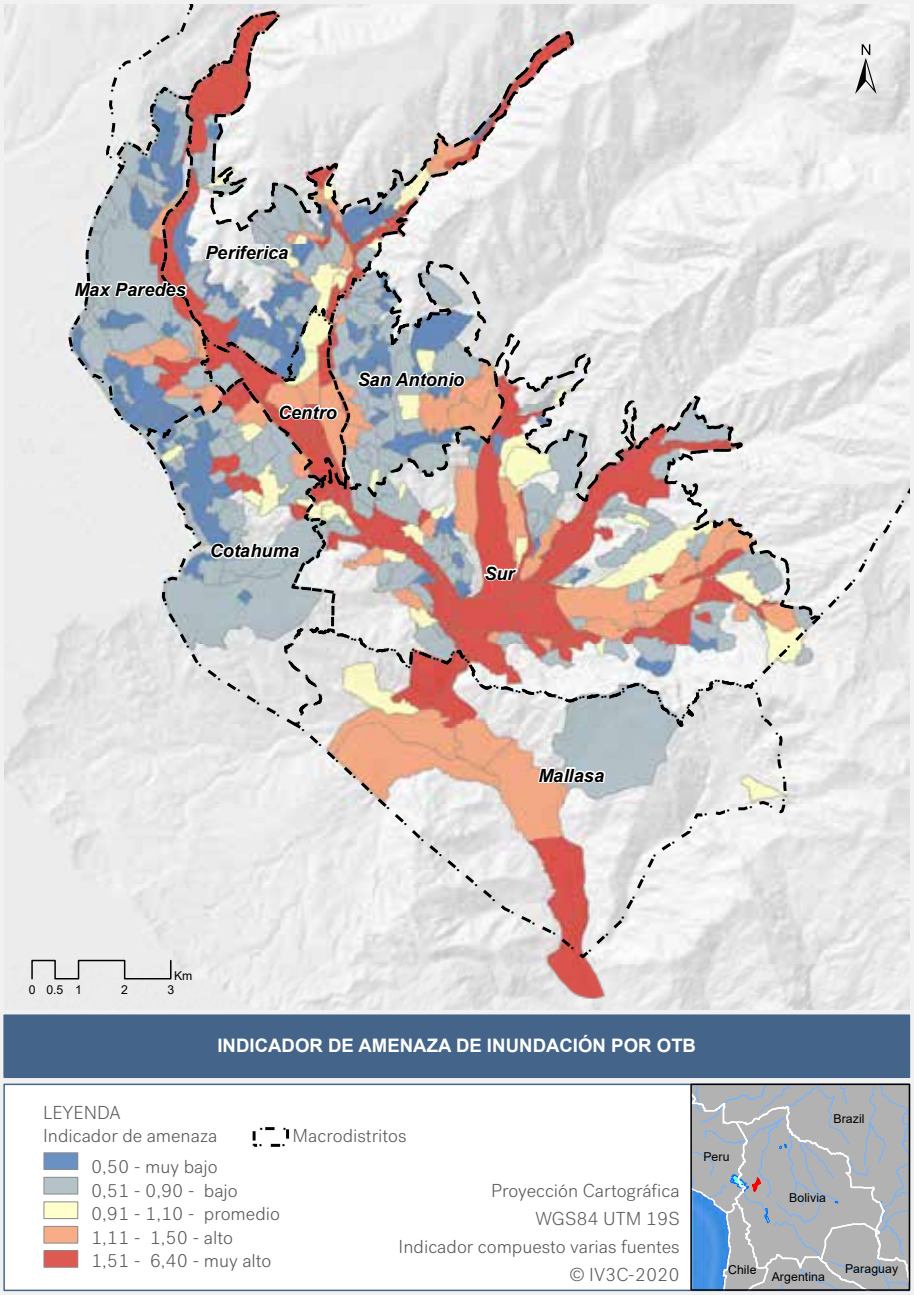
Variables de amenaza					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Inundación	**Lluvia extrema**	mm/h	Intensidad de precipitación máxima diaria.	Modelización IHCantabria	2019
	Superficie afectada por inundación	%	Porcentaje de superficie afectada por inundación.	Modelización IHCantabria	2019
Escasez de recursos hídricos	**Recurso hídrico potencial**	m^3/hab/año	Máxima cantidad de agua renovable disponible per cápita.	Modelización IHCantabria	2019
Deslizamiento	**Lluvia de más de 5 días**	Número	Promedio anual del número de periodos de lluvia de más de 5 días de duración en los meses de enero a marzo.	Modelización IHCantabria	2019
	Acumulación de precipitación	mm	Precipitación media acumulada en periodos de lluvia de 5 o más días de duración en los meses de enero a marzo.	Modelización IHCantabria	2019
Eventos extremos por altas temperaturas	**Duración de los eventos excepcionales**	Días	Duración media de los eventos de temperatura excepcionalmente alta.	Modelización IHCantabria	2019
	Número de eventos excepcionales	Número	Promedio anual del número de eventos de temperatura excepcionalmente alta.	Modelización IHCantabria	2019

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 OTB (expresada en porcentaje), ambas derivadas del análisis del régimen extremal de precipitaciones.

En la ciudad de La Paz, las OTB más afectadas por la amenaza de inundación son las localizadas a lo largo del río Choqueyapu, antes de alcanzar el Centro, las de Obrajes, y Calacoto, zona donde los ríos Irpavi y Achumani confluyen (Figura 16).

Figura 16. Indicador de amenaza de inundación por OTB.



Fuente: elaboración propia, 2020.

La variable utilizada para la caracterización de la amenaza de **escasez de recurso hídrico** es el recurso hídrico potencial (m^3/hab/año), entendido como la máxima cantidad de agua renovable disponible per cápita en las cuencas fuente del sistema de agua potable. Este valor en la ciudad de La Paz es de 202 m^3/hab/año, lo que indica una escasez absoluta de agua según los umbrales de estrés hídrico (<500 m^3 per cápita según Falkenmark & Widstrand, 1992; ONU-Agua, 2006).

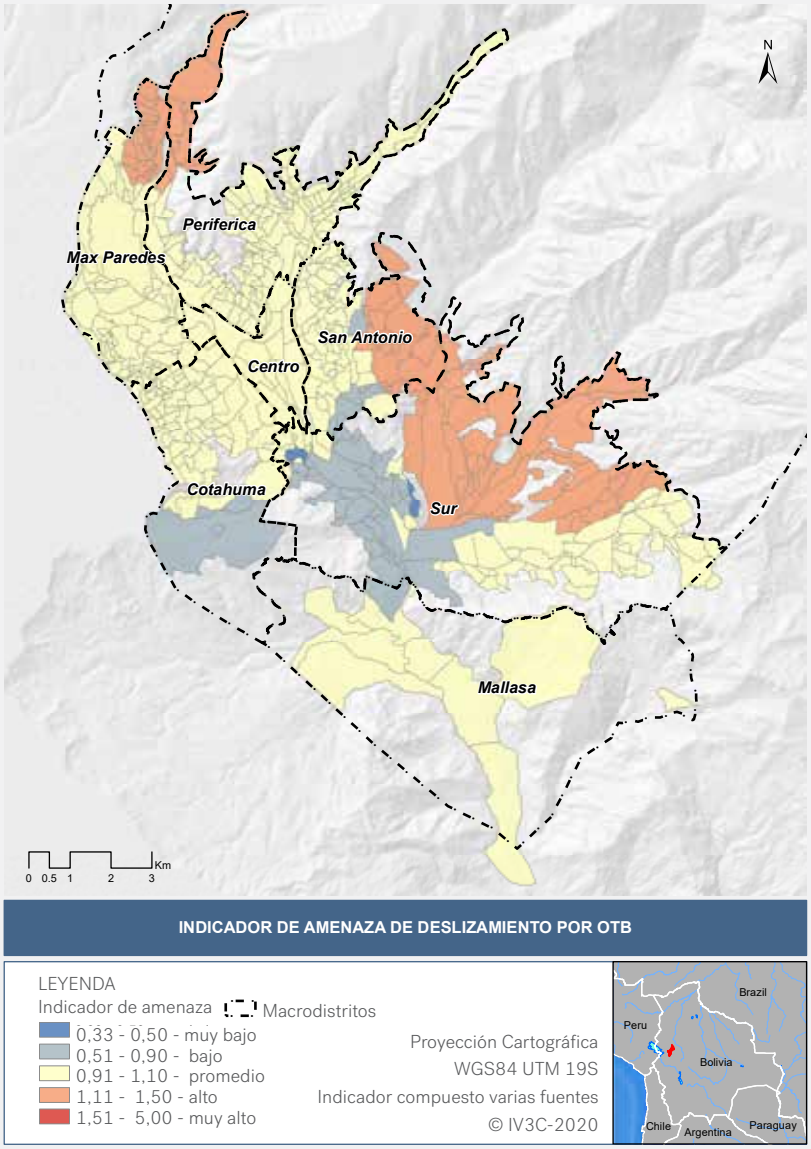
El indicador de la amenaza de escasez de recurso hídrico, resulta ser un valor para toda la ciudad ante la imposibilidad de determinar cuanta población abastece cada sistema de distribución, debido a que existen trasvases entre sistemas.

Las variables climáticas consideradas para la caracterización de la amenaza de **deslizamiento** son la precipitación media acumulada en más de 5 días consecutivos de lluvia y la media anual del número de periodos de lluvia de más de 5 días, ambas para los meses finales de la época de lluvias (enero, febrero y marzo).

Muchas OTB tienen los mismos valores debido a que la unidad de análisis de las variables hidroclimatológicas tiene como base las cuencas hidrográficas, cada una de las cuales contiene un número variable de OTB.

La combinación de estas dos variables sobre el espacio permite observar una distribución de la amenaza de deslizamiento en dirección noreste-suroeste (Figura 17). Las zonas de Alto Plan Autopista (zona de expansión de asentamientos), San Antonio, Irpavi y Alto Achumani, con un total de 21 OTB, tienen el indicador de amenaza más alto.

Figura 17. Indicador de amenaza de deslizamiento por OTB.



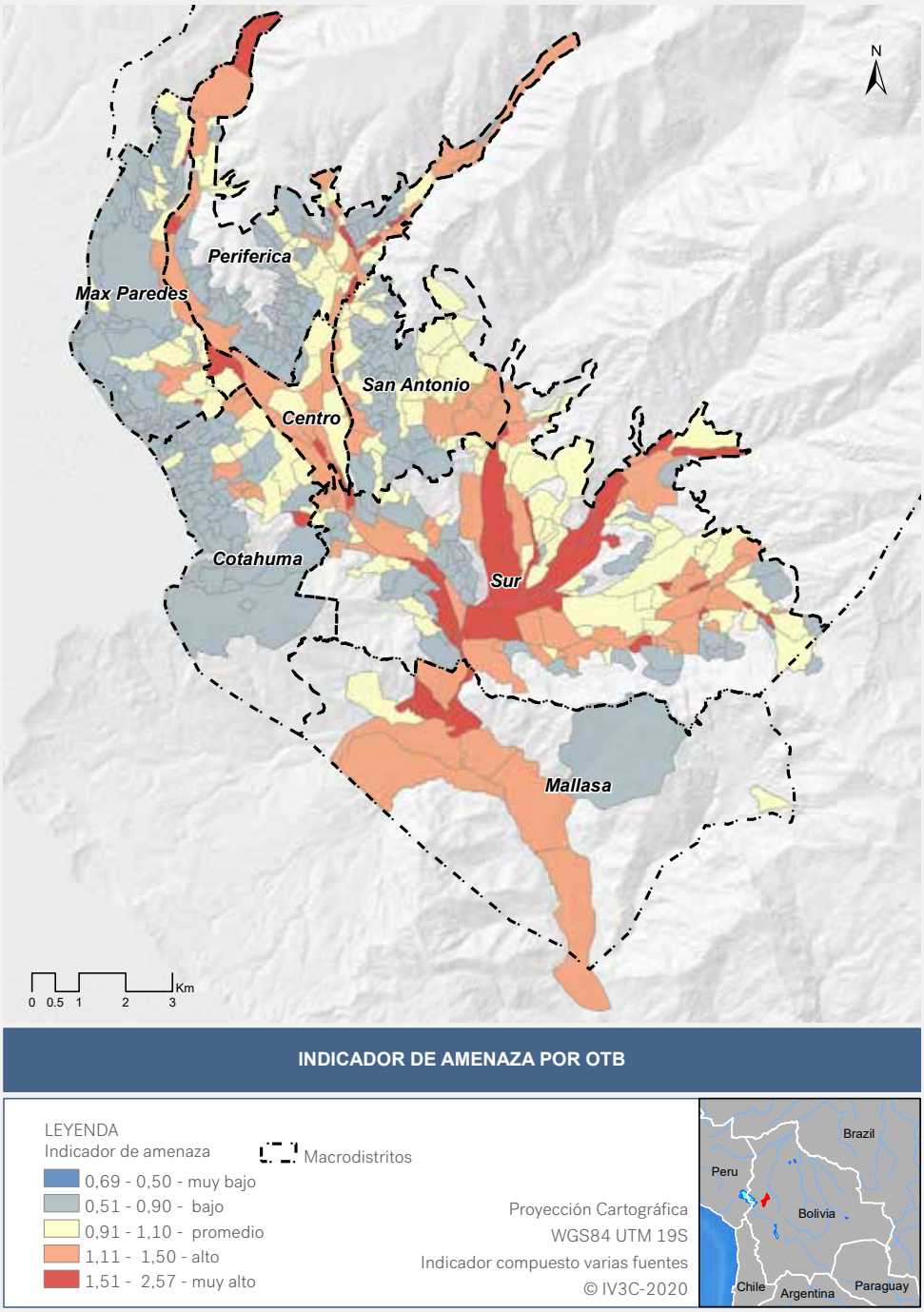
Fuente: elaboración propia, 2020.

La caracterización de la amenaza de **eventos extremos por altas temperaturas** 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.

Los valores de las variables tenidas en cuenta para la caracterización de esta amenaza apenas presentan variabilidad a nivel de OTB y la poca que tienen la pierden al estandarizarse, pasando a tener todas las OTB el mismo valor.

Para la construcción del indicador de amenaza agregado se han analizado un total de 7 variables, obteniendo que 4 de ellas tienen el mismo valor para todas las OTB y 2 tienen una variabilidad muy débil. Esto hace que el indicador de amenaza agregado esté correlacionado al 99,9% con la amenaza de inundación, la cual posee la única variable que tiene variación entre OTB y, por tanto, es la dominante. 34 OTB se encuentran en el rango más alto del indicador, ubicándose en la zona Sur, Centro y Periférica (Figura 18).

Figura 18. Indicador de amenaza agregado por OTB.



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.4.1.2. 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 la OTB.

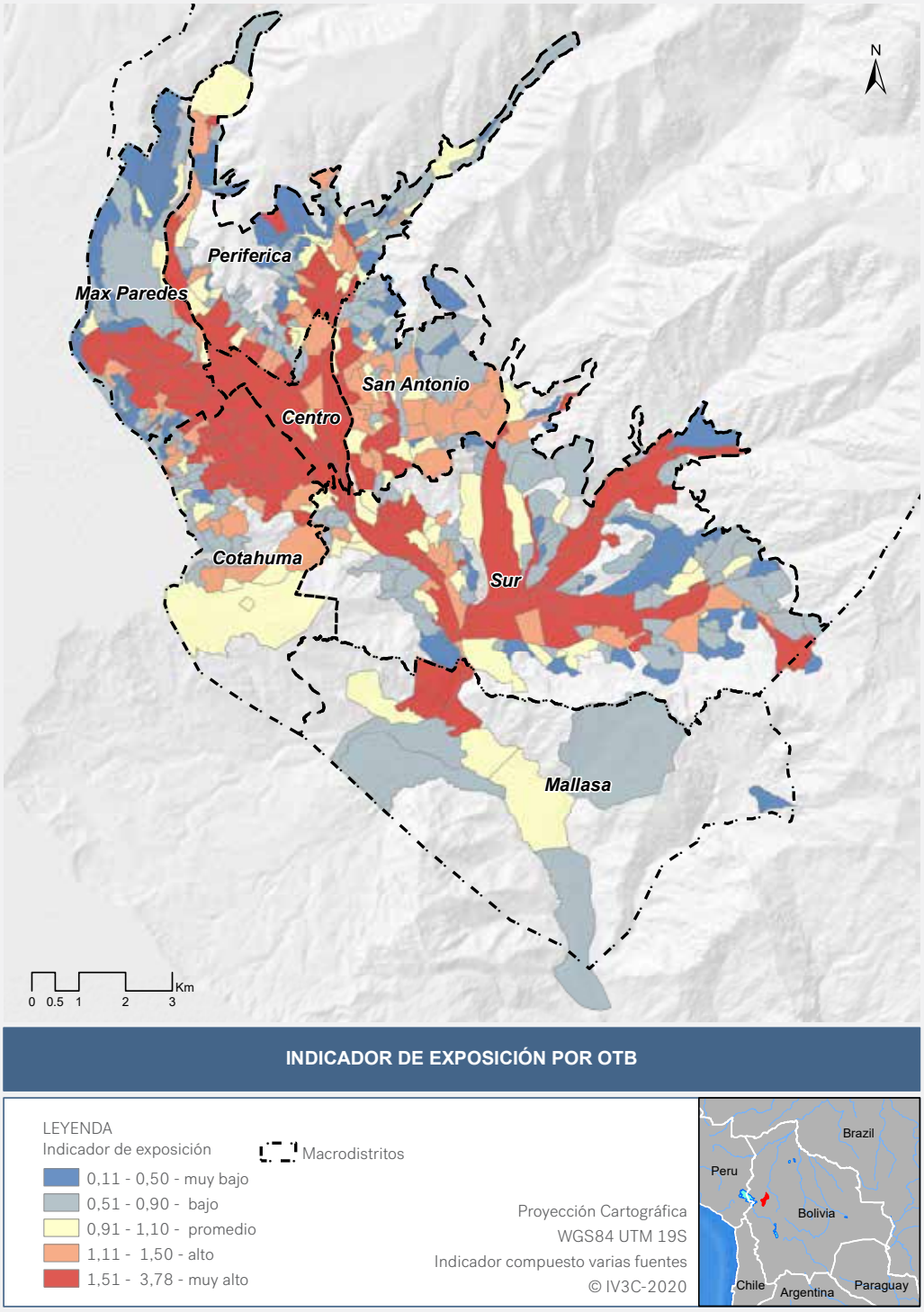
Tabla 3. Variables utilizadas para la construcción del indicador de exposición.

Variables de exposición					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Inundación	**Viviendas expuestas**	%	Porcentaje de viviendas afectadas por inundación.	Modelización IHCantabria; GAMLP	2019
	Población expuesta	%	Porcentaje de población afectada por inundación.	Modelización IHCantabria; GAMLP	2019; 2012
	Vías inundables	%	Porcentaje de longitud de vías afectada por inundación.	Modelización IHCantabria; GAMLP	2019
	Densidad de infraestructuras críticas	Número/km^2	Ratio entre el número de infraestructuras críticas y la superficie de la OTB. Infraestructuras críticas: puentes, tuberías, industrias, unidades educativas, universidades, puestos policiales, centros de salud y hospitales, mercados y supermercados.	Modelización IHCantabria; GAMLP	2019
Escasez de recursos hídricos	**Industrias dependientes del consumo de agua**	m^3/industria /año	Consumo de agua de las industrias por encima de los 202 m^3/hab/año.	GAMLP	2019
	Densidad de infraestructuras críticas	Número/km^2	Ratio entre el número de infraestructuras críticas y la superficie de la OTB. Infraestructuras críticas: puentes, tuberías, industrias, unidades educativas, universidades, puestos policiales, centros de salud y hospitales, mercados y supermercados.	GAMLP	2019
Deslizamiento	**Superficie en riesgo alto y muy alto**	%	En relación al mapa de riesgo de 2011 de la SMGIR, porcentaje de superficie en situación de riesgo alto y muy alto.	GAMLP	2011
	Población en zona de riesgo alto y muy alto	%	En relación al mapa de riesgo de 2011 de la SMGIR, porcentaje de población en situación de riesgo alto y muy alto.	GAMLP	2011
	Viviendas presentes en zona de riesgo alto y muy alto	%	En relación al mapa de riesgo de 2011 de la SMGIR, porcentaje de viviendas en situación de riesgo alto y muy alto.	GAMLP	2011
	Densidad de escarpes de deslizamiento	%	Se identifica en cada OTB la longitud de los escarpes de deslizamiento.	GAMLP	2019
	Número de deslizamientos ocurridos	Número	Número de eventos que ya han ocurrido.	GAMLP	2019
	Densidad de infraestructuras críticas	Número /km^2	Ratio entre el número de infraestructuras críticas y la superficie de la OTB. Infraestructuras críticas: puentes, tuberías, industrias, unidades educativas, universidades, puestos policiales, centros de salud y hospitales, mercados y supermercados.	GAMLP	2019
Eventos extremos por altas temperaturas	**Altitud**	msnm	Altitud promedio de la OTB.	GAMLP	2019
	Viviendas con techo de calamina	%	Porcentaje de viviendas con techo de calamina.	INE	2012
	Tasa de contaminación	Valor	Tasa de ozono troposférico (microg./m^3) en periodo húmedo y seco, y tasa de dióxido de Nitrógeno (microg./m^3) en periodo húmedo y seco.	GAMLP	2013

Fuente: elaboración propia, 2020.

En el indicador de exposición agregado (Figura 19) se puede observar **que la zona con mayor exposición a las amenazas es la zona con mayor densidad de población, situada principalmente en el valle**, con más de 12.000 hab/km^2. Los diferentes indicadores de exposición desagregados por amenaza convergen hacia la importancia que la densidad tiene en la exposición a las distintas amenazas. Esto hace reflexionar sobre la necesidad de trabajar en una política de gestión de los asentamientos humanos y de su densificación.

Figura 19. Indicador de exposición agregado por OTB.



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.4.1.3. Indicador de sensibilidad

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

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

Variables de sensibilidad					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Inundación	**Inaccesibilidad en caso de inundación**	Adimensional	(promedio de densidad de vías/densidad de vías) * (% vías inundables/promedio del % de vías inundables). Más densidad y menos % de vías inundables implica mejor accesibilidad; por el contrario, poca densidad y un alto % de vías inundable implica alta inaccesibilidad.	GAMLP	2019
	Impermeabilización de suelo	Número	Número de curva.	IHCantabria	2019
	Densidad de la red de alcantarillado	m/km^2	Ratio entre la longitud de la red de alcantarillado y la superficie de las OTB.	GAMLP	2019
	Densidad de Población	Hab/km^2	Densidad de población.	GAMLP; INE	2019; 2012
	Manejo de basura	%	Porcentaje de viviendas que botan la basura en un terreno baldío, en la calle, a un río (ladera) o la queman.	INE	2012
	Construcciones precarias	Indicador compuesto	Indicador compuesto con: porcentaje de viviendas con paredes de adobe, tabique, madera, caña o palma; porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja o palma; y porcentaje de viviendas con piso de tierra, machihembre o parquet.	INE	2012
	Estimación del nivel de ingreso en zona inundable	Indicador compuesto	Combinación entre el nivel de PEA y el grupo ocupacional: vendedores, agropecuarios, construcción e industria manufacturera, operadores, no calificados y sin especificar (trabajadores sin calificación).	INE	2012
	Nivel de instrucción en zona inundable	%	Porcentaje de población de 19 años y más, sin ningún nivel de instrucción o nivel primaria.	INE	2012
	Población dependiente en zona inundable	%	Porcentaje de población de menos de 15 años y de más de 65 años (no se dispone de la población discapacitada).	INE	2012
	Acceso a la información en zona inundable	%	Porcentaje de viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE	2012
	Migración reciente en zona inundable	%	Porcentaje de población proveniente de otros departamentos dentro de los 5 últimos años.	INE	2012

Variables de sensibilidad					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Escasez de recurso hídrico	**Cantidad de población**	Número de habitantes	Cantidad de población que refleja el consumo total de agua.	INE	2012
	Variación de la cantidad de población	%	Evolución de la cantidad de población, reflejando la variación de consumo de agua.	INE	2012
	Población dependiente	%	Porcentaje de población de menos de 15 años y de más de 65 años (no se dispone de la población discapacitada).	INE	2012
	Viviendas sin alimentación de agua por cañería	%	Proporción de viviendas que no tiene agua por cañería.	INE	2012
	Parto de la mujer fuera de un centro de salud	%	Proporción de mujeres que no tienen partos en un centro de salud.	INE	2012
	Estimación del nivel de ingreso	Indicador compuesto	Combinación entre el nivel de PEA y el grupo ocupacional: vendedores, agropecuarios, construcción e industria manufacturera, operadores, no calificados y sin especificar (trabajadores sin calificación).	INE	2012
	Tasa de dependencia	Tasa	Proporción de personas dependientes en relación a la población en edad de trabajar.	INE	2012
	Nivel de instrucción	%	Porcentaje de la población de 19 años y más, sin ningún nivel de instrucción o nivel primaria.	INE	2012
	Sin acceso a la información	%	Porcentaje de viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE	2012
	Migración reciente	%	Porcentaje de población proveniente de otros departamentos dentro de los 5 últimos años.	INE	2012

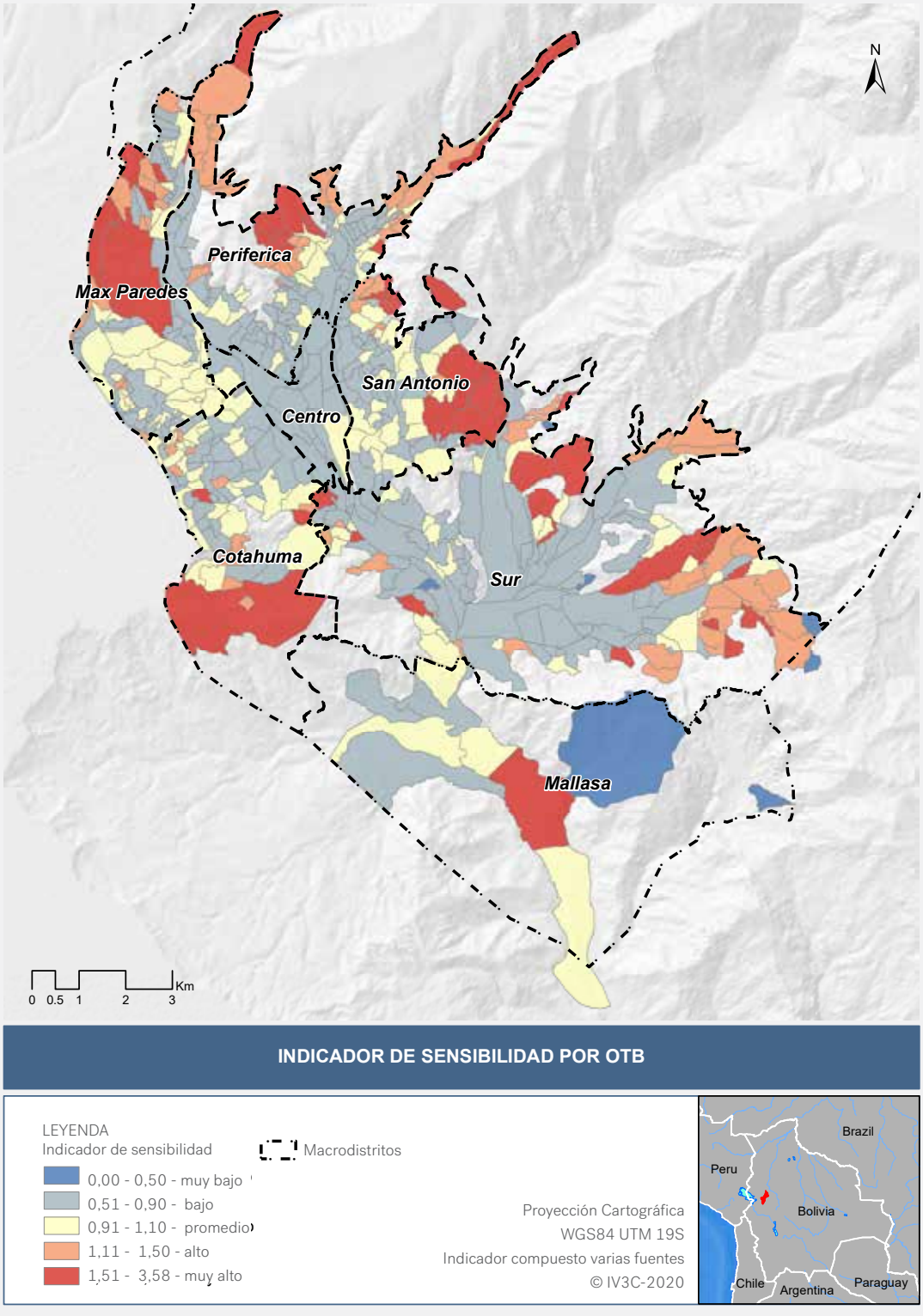
Variables de sensibilidad					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Deslizamiento	**Densidad de la red de alcantarillado**	m/km^2	Ratio entre la longitud de la red de alcantarillado y la superficie de las OTB.	GAMLP	2019
	Presencia de vertientes	Número	Número de vertientes.	GAMLP	2019
	Impermeabilización de suelo	Número	Número de curva.	IHCantabria	2019
	Densidad de Población	Hab/km^2	Densidad de población.	GAMLP; INE	2019; 2012
	Variación de la densidad de población	%	Variación de la densidad de población entre 2001 y 2012.	INE	2001; 2012
	Viviendas sin servicios básicos	%	Porcentaje de viviendas que no tienen servicios sanitarios, baño o letrina.	INE	2012
	Construcciones precarias	Indicador compuesto	Indicador compuesto con: porcentaje de viviendas con paredes de adobe, tabique, madera, caña o palma; porcentaje de viviendas con techo de calamina, paja o palma; y porcentaje de viviendas con piso de tierra, machihembre o parquet.	INE	2012
	Estimación del nivel de ingreso	Indicador compuesto	Combinación entre el nivel de PEA y el grupo ocupacional: vendedores, agropecuarios, construcción e industria manufacturera, operadores, no calificados y sin especificar (trabajadores sin calificación).	INE	2012
	Tasa de dependencia	Tasa	Proporción de personas dependientes en relación a la población en edad de trabajar.	INE	2012
	Nivel de instrucción	%	Porcentaje de la población de 19 años y más, sin ningún nivel de instrucción o nivel primaria.	INE	2012
	Personas dependientes	%	Porcentaje de población de menos de 15 años y de más de 65 años (no se dispone de la población discapacitada).	INE	2012
	Sin acceso a la información	%	Porcentaje de viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE	2012
	Migración reciente	%	Porcentaje de población proveniente de otros departamentos en los 5 últimos años.	INE	2012

Variables de sensibilidad					
Amenaza	**Variable**	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Eventos extremos por altas temperaturas	**Densidad de cobertura vegetal arbórea**	Codificación	Densidad de bosque: <10%, <25% o >25%.	GAMLP	2019
	Densidad de áreas verdes y remanentes naturales	Codificación	Densidad de áreas verdes o masas arbóreas: <10%, <25%, o > 25%.	GAMLP	2019
	Densidad de Población	Hab/km^2	Densidad de población.	GAMLP; INE	2019; 2012
	Población dependiente	%	Porcentaje de población de menos de 15 años y de más de 65 años (no se dispone de la población discapacitada).	INE	2012
	Densidad de vías - inaccesibilidad	m/km^2	Ratio entre la longitud de la red de vías y la superficie de las OTB.	GAMLP	2019
	Viviendas sin servicios básicos	%	Porcentaje de viviendas que no tienen servicios sanitarios, baño o letrina.	INE	2012
	Viviendas sin alimentación de agua por cañería	%	Proporción de viviendas que no tiene agua por cañería.	INE	2012
	Parto de la mujer fuera de un centro de salud	%	Proporción de mujeres que no tienen partos en un centro de salud.	INE	2012
	Estimación del nivel de ingreso	Indicador compuesto	Combinación entre el nivel de PEA y el grupo ocupacional: vendedores, agropecuarios, construcción e industria manufacturera, operadores, no calificados y sin especificar (trabajadores sin calificación).	INE	2012
	Tasa de dependencia	Tasa	Proporción de personas dependientes en relación a la población en edad de trabajar.	INE	2012
	Nivel de instrucción	%	Porcentaje de la población de 19 años y más, sin ningún nivel de instrucción o nivel primaria.	INE	2012
	Sin acceso a la información	%	Porcentaje de viviendas sin radio, televisor, computadora, internet o telefonía (fijo o celular).	INE	2012
	Migración reciente	%	Porcentaje de población proveniente de otros departamentos en los 5 últimos años.	INE	2012

Fuente: elaboración propia, 2020.

El indicador de sensibilidad agregado (Figura 20) refleja la distribución de las principales variables que le caracterizan, una vivienda precaria, construida con materiales de construcción de escasa calidad y sin acceso a servicios básicos, y un nivel de vida muy bajo, principalmente en las periferias y zonas en expansión de los asentamientos. En **cinco zonas se evidencian en todos los criterios de sensibilidad: norte de la subalcaldía de Max Paredes y zona de Achachicala; subalcaldía de Cotahuma y San Antonio; Ovejuyo y Parque de Mallasa (en la subalcaldía IV Mallasa).**

Figura 20. Indicador de sensibilidad agregado por OTB.



Fuente: elaboración propia, 2020.

4.4.1.4. Indicador de capacidad de adaptación

El indicador de capacidad de adaptación se construye sin especificidad de amenaza y utilizando como unidad de análisis el distrito, tanto en la zona urbana como en la rural del municipio, con base en las variables que se presentan en la Tabla 5.

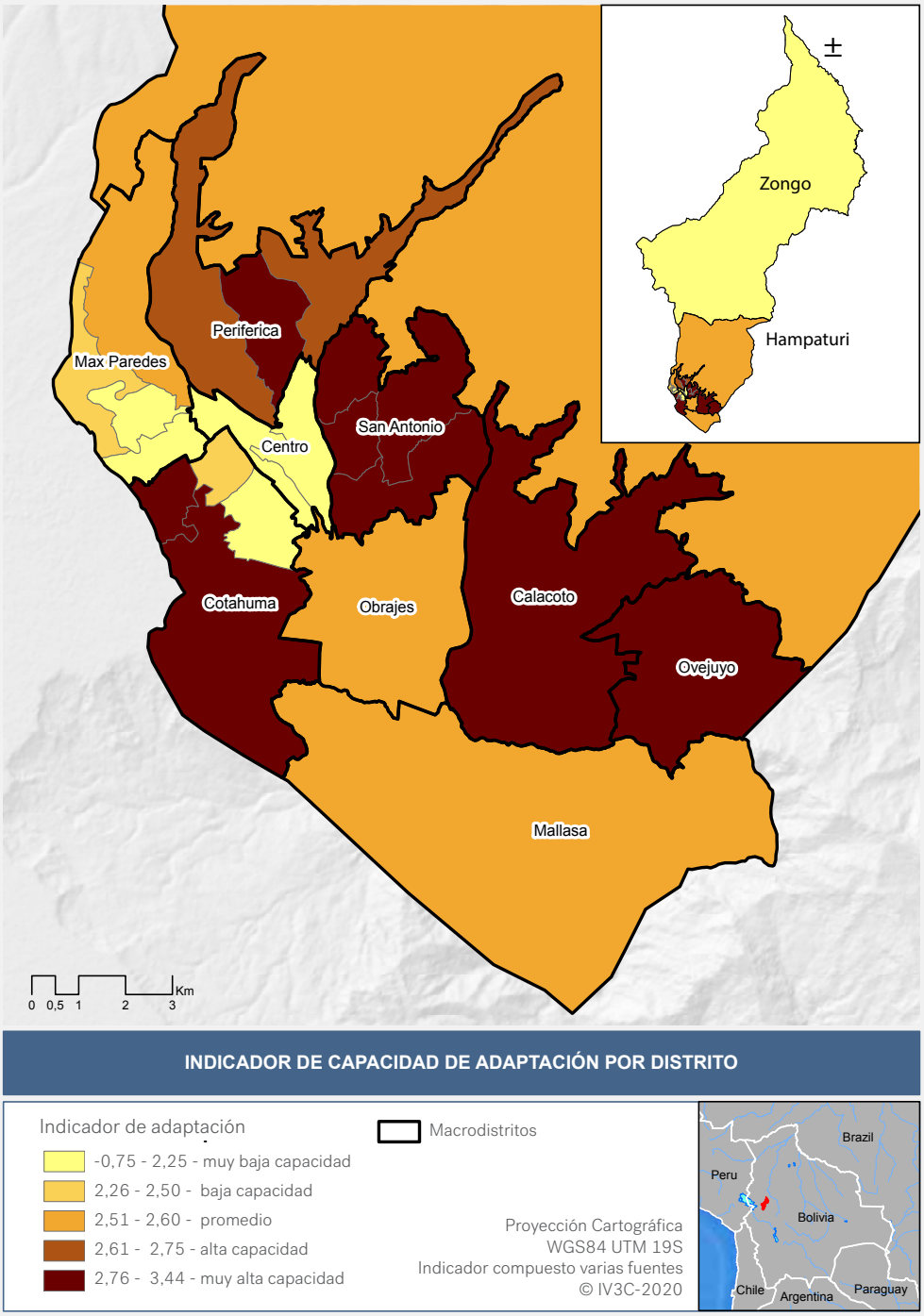
Tabla 5. Variables utilizadas para construir el indicador de capacidad de adaptación.

Variables de capacidad de adaptación				
Variable	**Unidad**	**Descripción**	**Fuente**	**Año**
Presupuesto de gestión de riesgo	Miles de Bs/Hab.	Presupuesto dedicado a gestión integral del riesgo, medio ambiente y servicios básicos. Representa un buen indicador de la capacidad de inversión y adaptación de las subalcaldías (prioridad de inversión).	GAMLP Cartillas Macrodistritales	2019
Población residente en Barrios de Verdad	%	Porcentaje de población que participa en el programa Barrios de Verdad. Se considera que los barrios que tienen la capacidad de presentarse al programa tienen una mejor capacidad de adaptación.	GAMLP, SMIP Programa Barrios de Verdad	2018
Número de centralidades	Número	Número de centralidades. Mide la implicación de la Alcaldía en la desconcentración de los servicios y la mejora de la calidad de vida.	GAMLP, SMIP Programa de Centralidades Urbanas	2020
Participación en la selección de obras	%	Porcentaje de juntas vecinales participando en la selección de obras en las audiencias. Mide la participación efectiva de la sociedad civil en las decisiones municipales.	GAMLP Cartillas Macrodistritales	2019
Barrios participantes en las decisiones	Número	Número de representantes de barrios participando en las audiencias ciudadanas. Mide la participación y capacidad de movilización de los barrios en las discusiones de las audiencias municipales.	GAMLP Cartillas Macrodistritales	2019
Demanda para gestión de riesgo	%	Porcentaje de las demandas ciudadanas por sectores durante las audiencias municipales. La alta demanda en el sector de gestión de riesgo es un indicador del conocimiento sobre el tema y de la necesidad de adaptarse a este problema.	GAMLP Base de audiencias municipales	2017
Pobreza extrema	%	Porcentaje de población en situación de pobreza extrema por ingreso. Se considera que en situación de pobreza la prioridad son las cuestiones cotidianas y no la adaptación al cambio climático.	GAMLP Encuesta municipal de hogares	2016
Variación de población con estudios superiores	%	Variación de población con nivel de estudios superiores entre 2001 y 2012. Muestra la capacidad de inversión en educación de las familias y los distritos, formando personas capaces de contribuir a la construcción de una capacidad de adaptación.	INE Censo de población y viviendas	2001; 2012
Calidad educativa	%	Proporción de respuestas correctas en las pruebas sobre la comprensión del lenguaje castellano y de los textos fundamentales de la literatura de la encuesta de calidad educativa realizada por la Alcaldía en los colegios públicos y privados de La Paz.	GAMLP Encuesta de calidad educativa	2014

Fuente: elaboración propia, 2020.

La capacidad de adaptación se ha analizado en tres niveles: instituciones, organizaciones territoriales y población. El resultado final del indicador de capacidad de adaptación se ha generado ponderando las variables seleccionadas en cada uno de los niveles, con valores de 0 a 5 (0 cuando no existe capacidad de adaptación, 3 en el promedio, y 5 representa muy alta capacidad). **Los distritos de las subalcaldías de Cotahuma, San Antonio, una parte de Periférica y Sur son los que tienen mayor capacidad de adaptación.**

Figura 21. Indicador de capacidad de adaptación al cambio climático.



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).

Tras el análisis de los mapas de los indicadores y del índice integrado (Figura 23), se clasificaron las zonas de la siguiente manera:

- **Zonas bien identificadas como zonas de alto riesgo**, combinando fuerte exposición y vulnerabilidad física y social: norte de Plan Autopista y norte de Periférica (Santiago de Lacaya) por ser una zona de expansión de los asentamientos en terrenos sujetos a exposición a las 4 amenazas, y también zonas de intensa deforestación. Se encuentran en riesgo alto y muy alto en estas zonas aproximadamente 61.000 habitantes, lo que supone un 8% de la población censada en La Paz en 2012.

- **Zonas de exposición y de vulnerabilidad para las 4 amenazas priorizadas.** Toda la parte sur de Cotahuma, desde el Mirador de Luis Siles (donde se produjo el deslizamiento de la Kantutani–Bajo Llojeta en abril 2019) hasta El Alto, a lo largo de la avenida Mario Mercado (barrio de Llojeta), y en el sur denominado Challaloma. La población ubicada en estas zonas de alto y muy alto riesgo alcanza los 21.000 habitantes, un 3 % de la población de La Paz.

Figura 22. La expansión de los asentamientos, en laderas y en fondo de valle en la zona del Plan Autopista Norte (izquierda). El barrio de Llojeta: construcciones precarias en suelos particularmente inestables (derecha).

Fotografía: elaboración propia, 2019.

- **Los tres corredores de los ríos Choqueyapu, Irpavi, Achumani y Huaña Jahuira** son particularmente sensibles, tanto a las inundaciones como a algunos deslizamientos, como lo demuestra el reciente deslizamiento ocurrido en Ovejuyo en febrero de 2020. De la misma manera, el corredor del río La Paz en Mallasa tiene riesgo alto en materia de inundaciones. Un 28 % de la población censada en La Paz en 2012 se encuentra en estas zonas de alto y muy alto riesgo, unos 217.000 habitantes.

- **Zonas muy expuestas a todas las amenazas con, a menudo, un alto indicador de sensibilidad.** En estas existe un efecto combinado de densidad de población y de urbanización, y está bien representado por dos zonas: la parte noreste de Cotahuma (Sopocachi, San Pedro y Tembladerani), colindante con la zona centro, y la parte sur de Max Paredes donde se encuentran los centros de alta actividad económica (servicios y comercio). En estas zonas de alto y muy alto riesgo se ubican 186.000 habitantes, un 24 % de la población total de la ciudad de La Paz.

El índice integrado posibilita jerarquizar las diferentes OTB como zonas probablemente más sensibles a una variación de las amenazas. De los resultados obtenidos del mismo, como se aprecia en la Figura 23, pueden establecerse 4 grandes zonas de muy alto riesgo:

- La zona del ex relleno sanitario y del zoológico en el macrodistrito de Mallasa, poco poblada, con unos 1.400 habitantes (0,2 % de la población censada en 2012), pero donde las actividades recreativas son muy importantes.

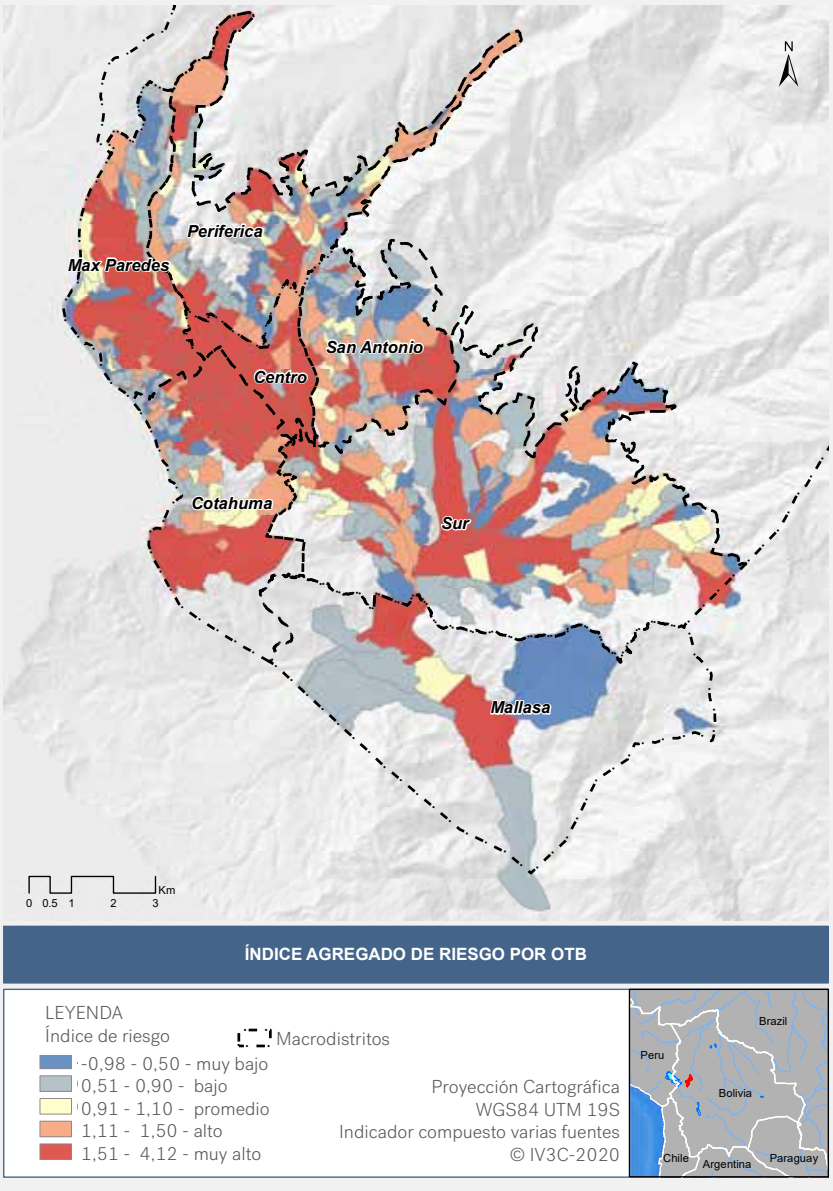
- En los macrodistritos Sur y San Antonio, el corredor desde el cruce de COMIBOL (Parque de las Cholas) hacia Irpavi Alto, terminando en el área del Valle de las Flores, que presenta un riesgo importante de inundación y de deslizamiento. Estas zonas de muy alto riesgo albergan al 8% de la población de la ciudad, unos 58.000 habitantes.

- El corredor desde Sopocachi (Mirador Luis Siles) hacia el bosquecillo de Pura Pura, pasando por el centro, Sopocachi, San Pedro y la zona central de Max Paredes, donde se localizan aproximadamente 230.000 habitantes en zonas de muy alto riesgo, un 30% de la población censada en 2012 en La Paz.

- La cuarta zona se sitúa al norte de Periférica donde se desarrolla actualmente un proceso de expansión de asentamientos en zonas de riesgo (laderas principalmente). En Periférica se encuentran 36.000 habitantes (5% de la población de la ciudad) en zonas de muy alto riesgo.

En conclusión, más del 43% de la población del área urbana de La Paz (censada en 2012) 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 63%, más de la mitad de la población de la ciudad.

Figura 23. Índice agregado de riesgo al cambo climático por OTB en La Paz.



Fuente: elaboración propia, 2020

4.4.3. Índice agregado de riesgo futuro al cambio climático

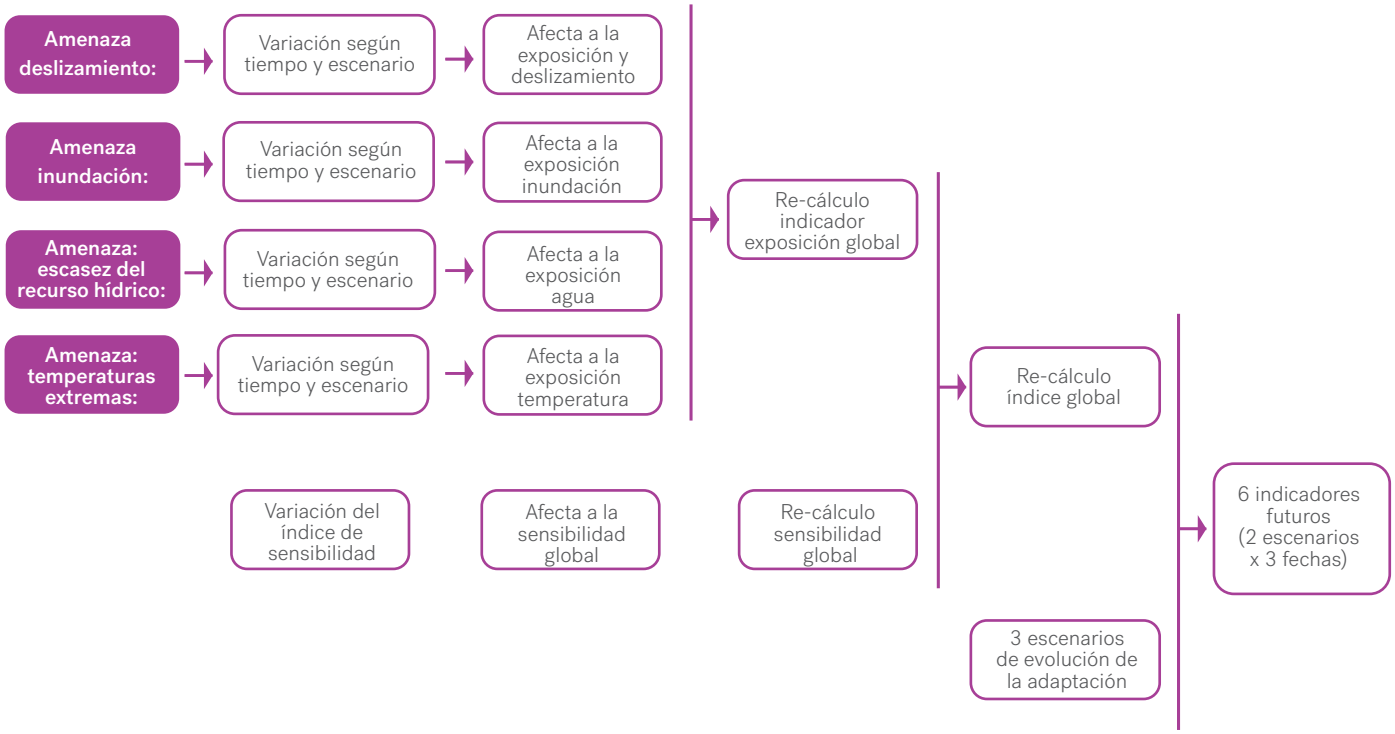
Para la construcción del índice de riesgo futuro al cambio climático se asumieron las siguientes hipótesis:

Los cambios de los parámetros de las amenazas, según el escenario y el plazo temporal, afectarán a la exposición.

- La variación de las variables de sensibilidad está basada preferentemente en las variables de proyección.
- Respecto a la capacidad de adaptación, en la medida en que no se puede realizar proyección, se ha establecido tres escenarios de evolución de la misma para las OTB: (i) mismo nivel de adaptación en el corto plazo; (ii) una mejora de 50 % de la capacidad de adaptación en el mediano plazo (lo que quiere decir que la diferencia entre las OTB disminuye un 50 %); y (iii) todas las OTB tienen el mismo nivel de adaptación en el largo plazo.

Con estas premisas se han recalculado todas 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 24.

Figura 24. Esquema metodológico para la construcción del índice integrado de riesgo al cambio climático futuro.



Fuente: elaboración propia, 2020

Variación de los indicadores de amenaza en el futuro

Los resultados obtenidos de las modelizaciones hidrológicas/hidráulicas realizadas, indican **que la zona inundable estimada en los escenarios futuros no se incrementará con respecto a la obtenida para la situación actual,** por lo que no se considerarán variaciones de la superficie inundable y de los otros indicadores de exposición. La mayoría de las actuales zonas inundables verán reducida su vulnerabilidad, lo que permite prever medidas de adaptación.

La modelización llevada a cabo en el estudio de recurso hídrico para la ciudad de La Paz prevé una **drástica disminución del recurso hídrico per cápita (m^3/hab/año) de las cuencas que abastecen a la zona urbana de La Paz, en los dos escenarios de cambio climático (Tabla 6)**. La disminución de la oferta de agua asociada al cambio climático, relacionada con el aumento de la demanda por el previsible aumento de la población, la mejora de las condiciones de vida y el crecimiento de las industrias, puede llegar a una situación de estrés hídrico muy alto.

Tabla 6. Variación del recurso hídrico potencial anual (con respecto al periodo de referencia) según escenario para el área urbana de La Paz. Periodo de referencia = 202 m^3/hab·año.

	Escenario RCP 4.5	Escenario RCP 8.5
Corto plazo (2011-2040)	-54%	-55%
Medio plazo (2041-2070)	-53%	-50%
Largo plazo (2071-2100)	-52%	-50%

Fuente: elaboración propia, 2020.

Los **deslizamientos** están influenciados por dos variables principales: la precipitación acumulada durante 5 o más días de lluvia y el número promedio anual de periodos de lluvia de más de 5 días de duración. La evolución de ambas variables indica que **la amenaza se incrementará**, en particular en las laderas oeste, donde viene siendo más frecuente que se produzcan deslizamientos.

Los **eventos extremos de temperatura** excepcionalmente alta tendrán en los escenarios futuros un impacto importante en la parte noroeste de la ciudad, lo que confirma el indicador de exposición. Sin una voluntad política al respecto, es probable que la vulnerabilidad a las olas de calor se incremente también en el mediano plazo.

Tendencias de las variables de sensibilidad

De las variables de sensibilidad socioeconómica analizadas, aquellas que pueden ser objeto de una proyección temporal futura son las siguientes: densidad de población, población dependiente, tipo de construcción, acceso a servicios básicos, acceso a la información y nivel de instrucción.

El efecto de la variación de la población en los próximos 20 años es el factor con mayor impacto sobre varios de los indicadores que se han definido:

- El **aumento de la población** en varios sectores de las laderas en Cotahuma, San Antonio, Ovejuyo, etc. es un factor agravante de casi todos los indicadores de sensibilidad, debido a la situación de precariedad de la vivienda y de la inestabilidad de los suelos. La distribución espa-

cial de este crecimiento concuerda con el indicador de sensibilidad al deslizamiento. **Se puede concluir entonces, que la situación de sensibilidad a los deslizamientos puede empeorar en las próximas décadas si no se planifica el crecimiento de los nuevos asentamientos humanos.** Además, este crecimiento de la población en las zonas de riesgo de las laderas corresponde a un factor de exposición y de vulnerabilidad más intenso a eventos extremos de temperatura.

- Por el contrario, la previsión de **una disminución de la población** en la zona central (valle) del municipio podría mejorar la situación de exposición y sensibilidad a los eventos extremos de inundación, temperatura y escasez de recurso hídrico.

Los resultados demuestran que el control de los asentamientos y de la densificación es el factor de especial relevancia para la construcción de una política de adaptación y de resiliencia al cambio climático, más allá de una simple gestión de los riesgos.

Por otro lado, existe una variación de algunos indicadores de sensibilidad que permite matizar las observaciones con relación al crecimiento de la población.

- La mayoría de los indicadores socioeconómicos evolucionarán de manera positiva en los próximos 20 años.

- Asimismo, se puede esperar que tanto la calidad constructiva de las viviendas como el acceso a los servicios básicos mejore. Una política que refuerce la calidad de los servicios permitiría acelerar la disminución de la importancia de los factores de exposición y de sensibilidad para varias amenazas, tales como el deslizamiento, los eventos extremos de temperatura y la escasez de recurso hídrico.

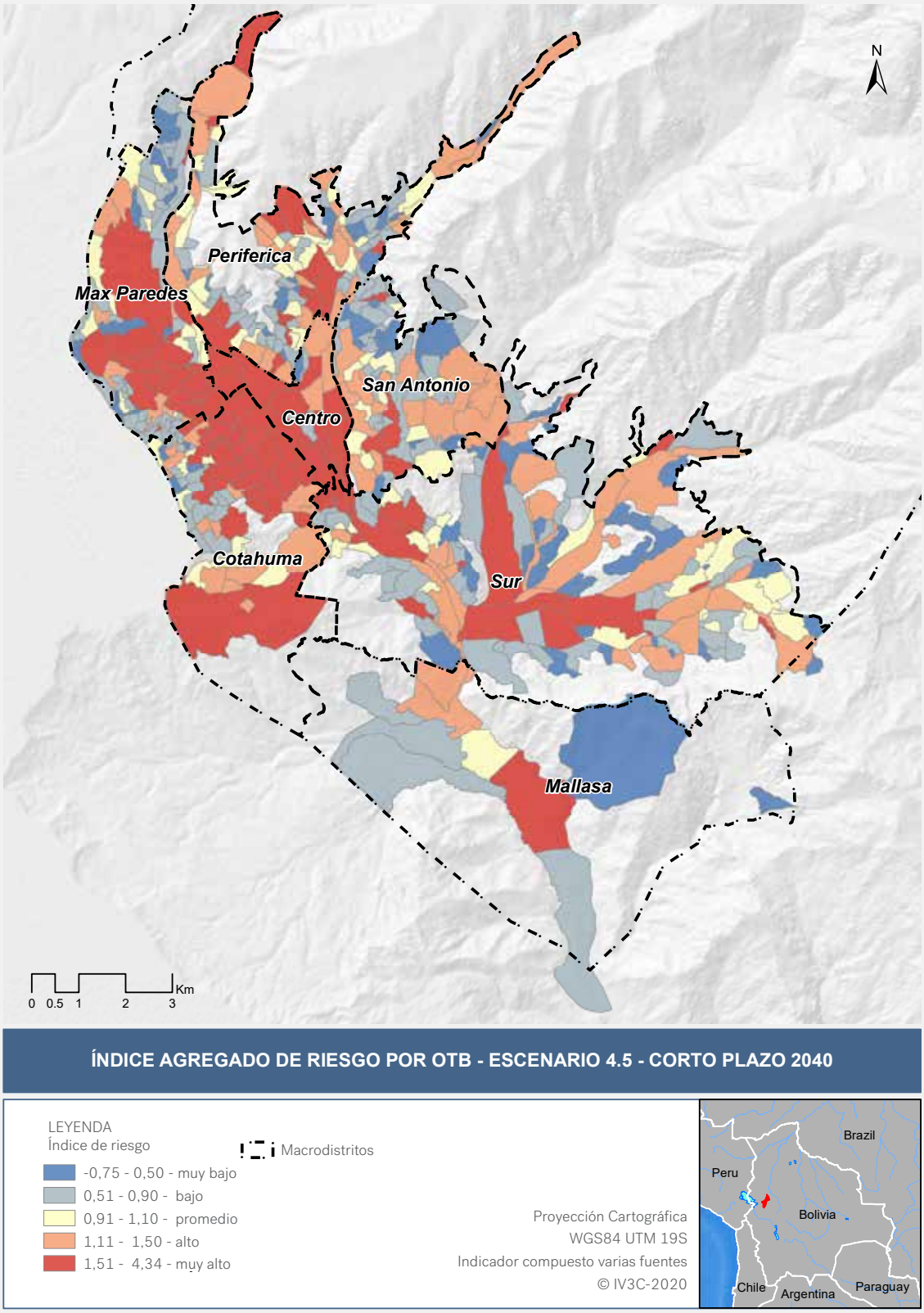
- También **variables como la tasa de analfabetismo, el nivel de ingreso, la tasa de dependencia, etc. muestran signos de mejora para el horizonte 2040**, lo que implicaría una importante de disminución de la sensibilidad, y por ende de la vulnerabilidad.

Mapas de índice agregado de riesgo futuro

Como resultado de la aplicación de la metodología mostrada en la Figura 24, se han generado 6 mapas (combinación de 2 escenarios de cambio climático y 3 horizontes temporales) que muestran el índice agregado de riesgo futuro al cambio climático y que integra todas las amenazas seleccionadas en el estudio.

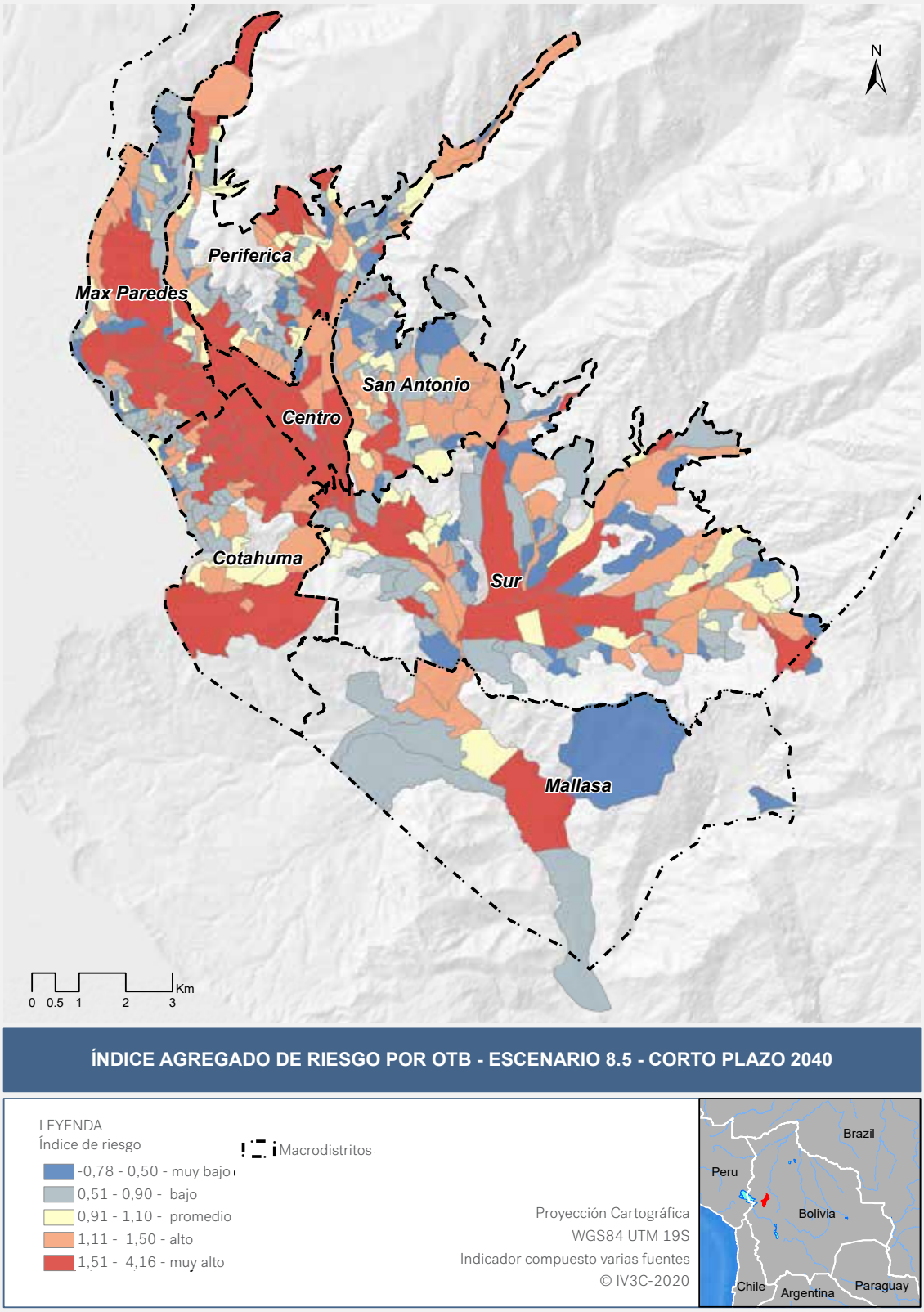
Estos mapas, muestran que no existe una variación significativa de las zonas de riesgo identificadas en el escenario actual, de hecho, se observa una reducción del riesgo en algunas de ellas, como San Antonio, y especialmente para las proyecciones a medio plazo (2070). No obstante, en ciertas áreas clasificadas como de riesgo muy alto, este se incrementa aún más para algunos de los escenarios evaluados.

Figura 25. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a corto plazo (2040).



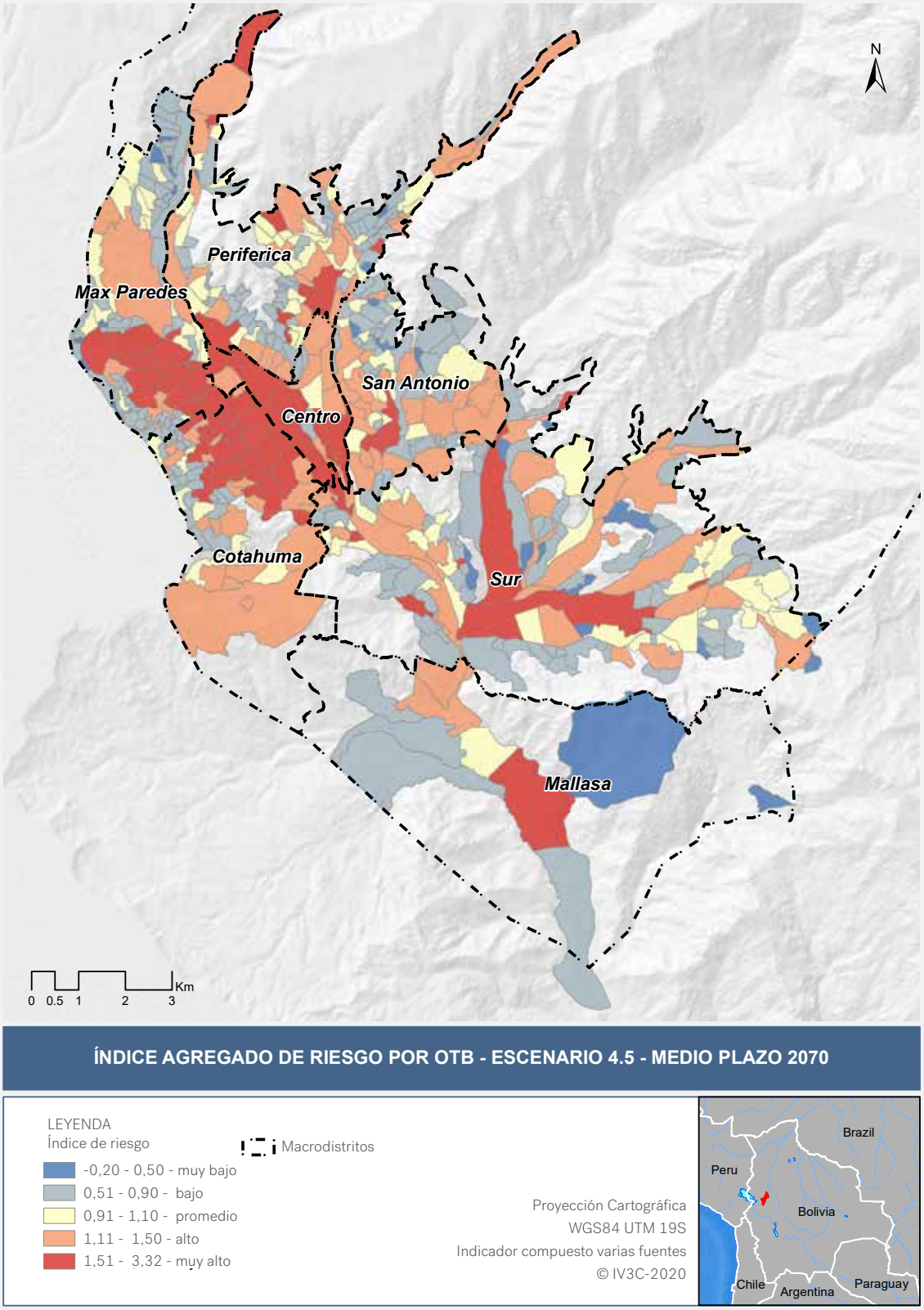
Fuente: elaboración propia, 2020

Figura 26. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a corto plazo (2040).



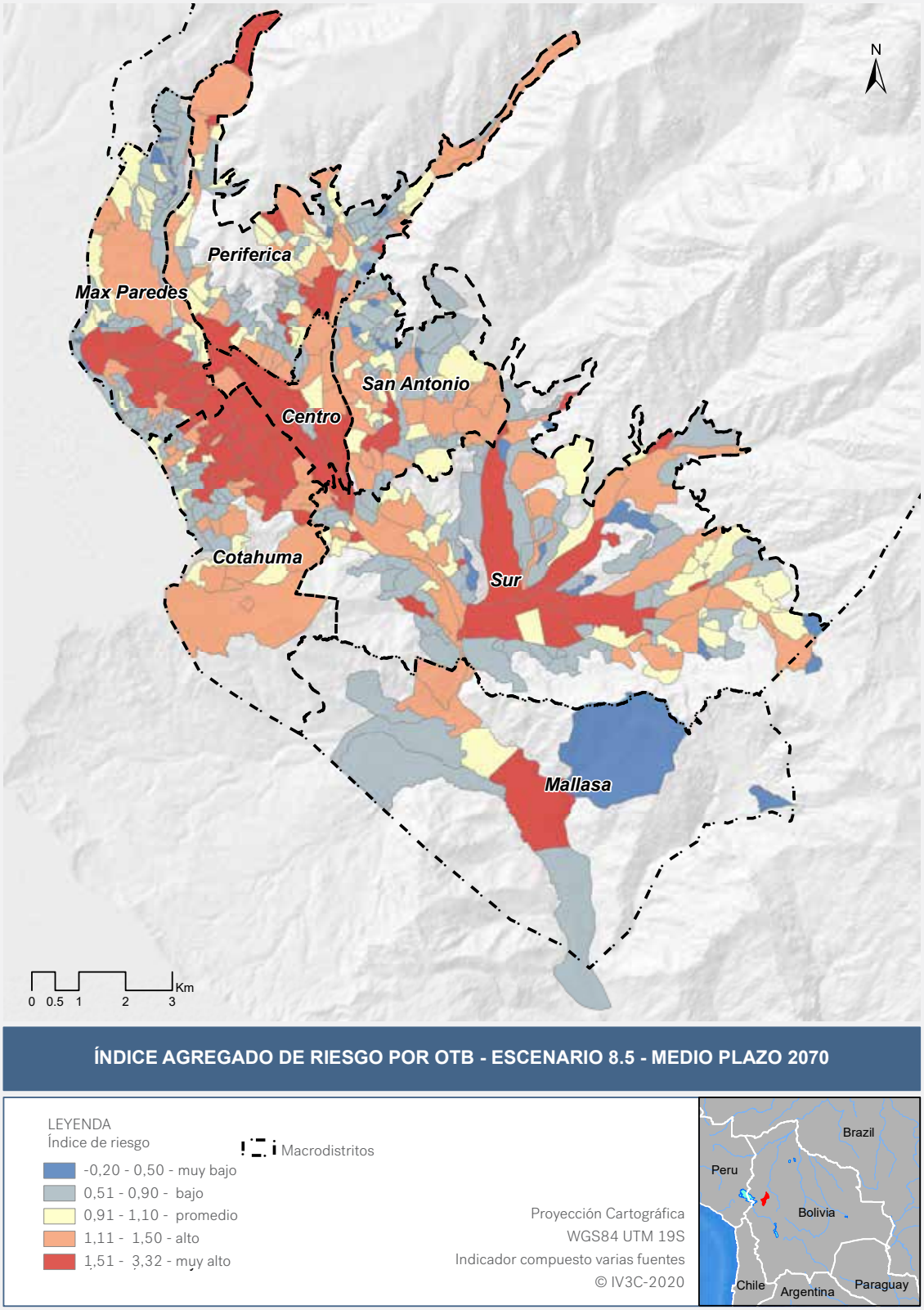
Fuente: elaboración propia, 2020

Figura 27. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a medio plazo (2070).



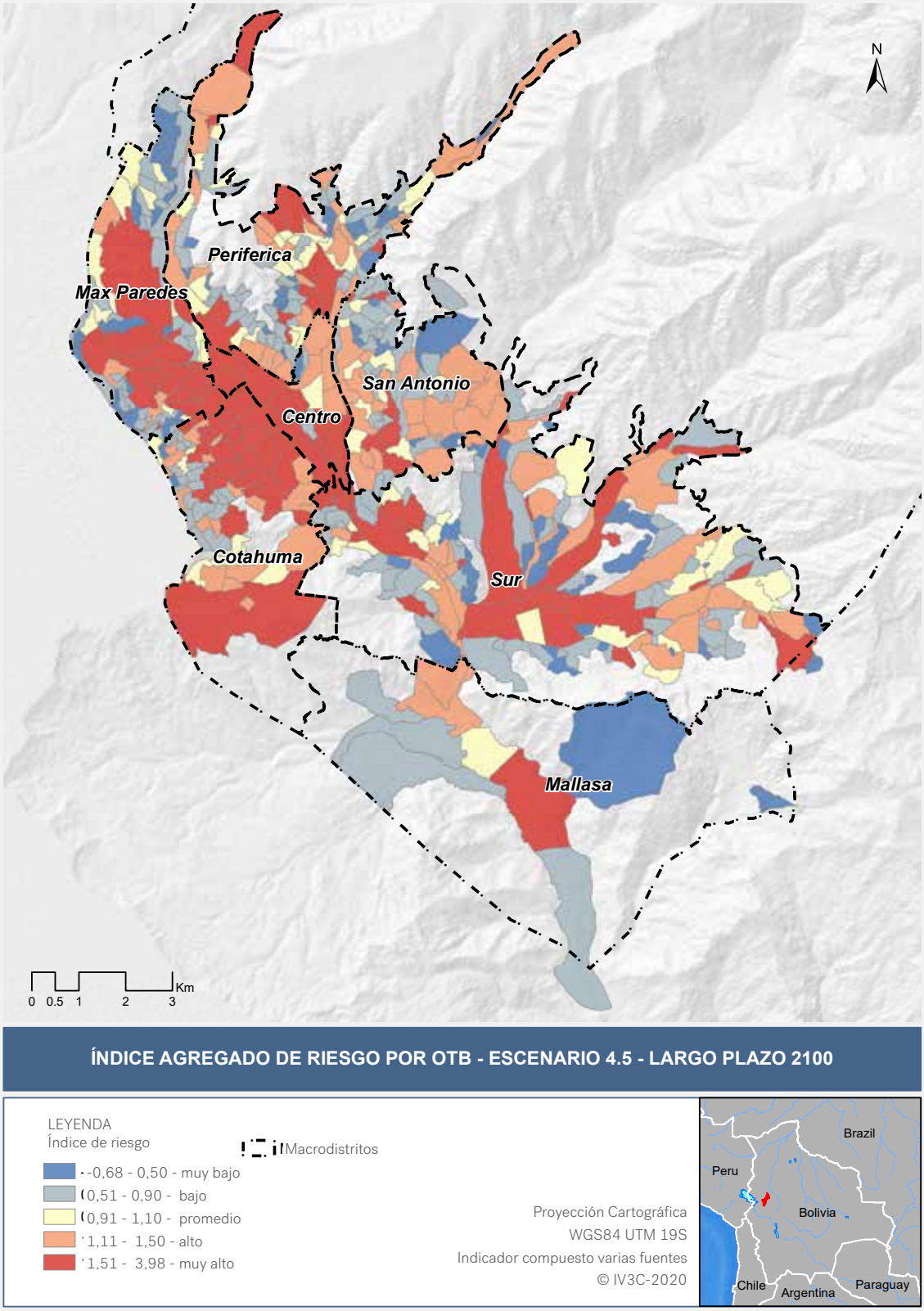
Fuente: elaboración propia, 2020

Figura 28. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a medio plazo (2070).



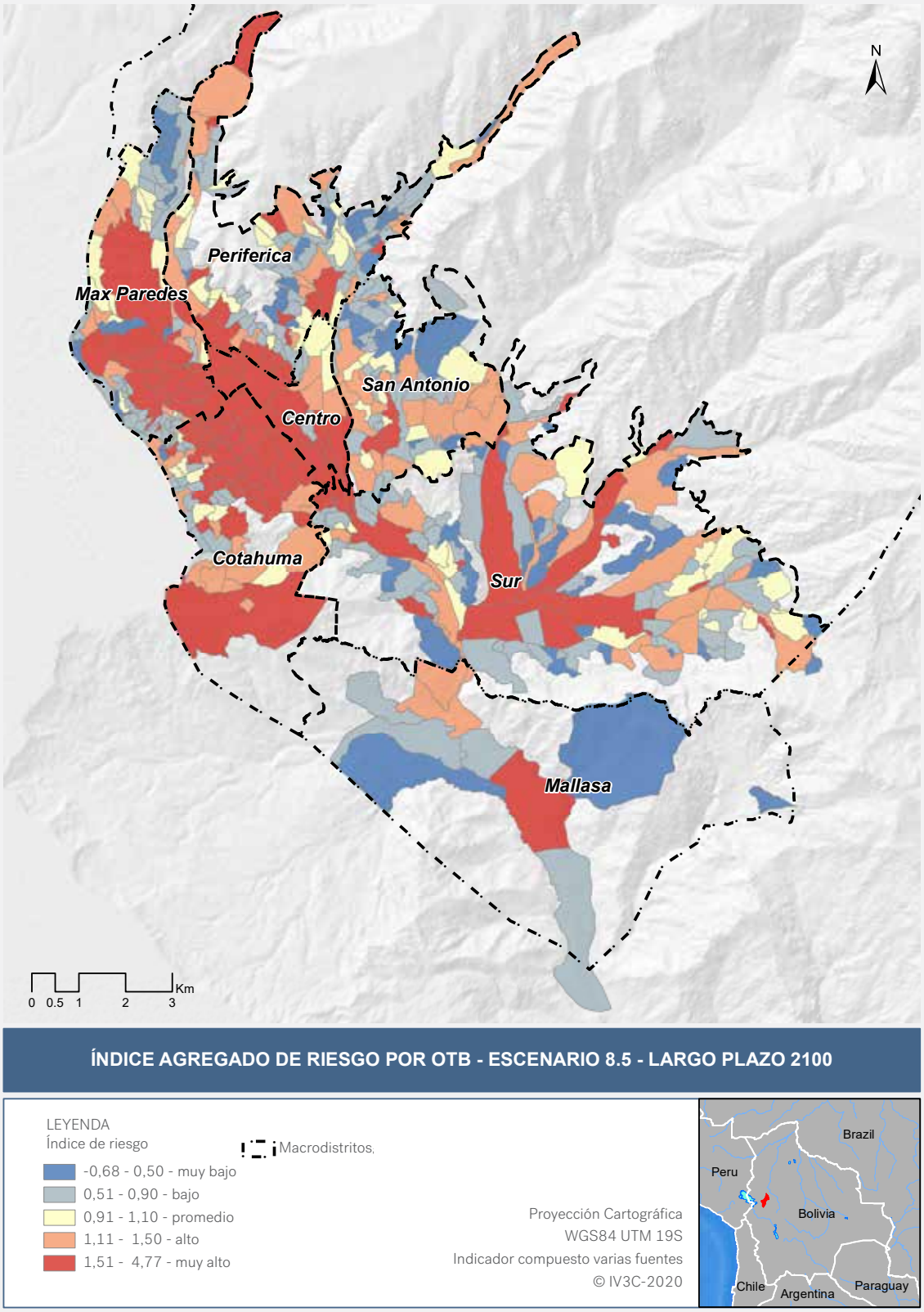
Fuente: elaboración propia, 2020

Figura 29. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 4.5 a largo plazo (2100).



Fuente: elaboración propia, 2020

Figura 30. Índice agregado de riesgo por OTB. Escenario de cambio climático 8.5 a largo plazo (2100).



Fuente: elaboración propia, 2020

4.5. La Paz rural

Existen muy pocos estudios de las zonas rurales, en particular de Hampaturi, aparte de los estudios meteorológicos, hidrológicos, y de régimen de los glaciares.

Los conflictos limítrofes que el municipio de La Paz tiene con los municipios de Palca, El Alto, Coroico, Guanay, Teoponte, Caranavi, impiden al GAMLP tener el total control del área rural de Hampaturi y Zongo[17].

Varias comunidades de Zongo no se identifican con el municipio de La Paz y se reivindican como parte de los municipios de Coroico o Guanay. Eso dificulta aún más la elaboración de diagnósticos territoriales, por el efecto de que los censos fueron realizados con dificultad en estas zonas, particularmente el censo agropecuario, el cual es el más interesante y útil para la zona rural. Se trata además de las comunidades con más población, tales como: OTB de Pusillani, General Perez, San Jorge I y Villa Esperanza, entre otras.

Las especiales características de los dos macrodistritos rurales mencionadas anteriormente, así como la escasa disponibilidad de estudios previos y datos, ha motivado que se presenten de manera separada los resultados de la parte urbana de la rural, con un trabajo más cualitativo en esta última.

De esta forma, se ha considerado para cada amenaza un componente de riesgo en relación a la población y sus actividades, y otro en relación a las infraestructuras productivas críticas. Los criterios de vulnerabilidad son muy diferentes a los de la parte urbana, no solamente por las características de los datos, sino sobre todo por la naturaleza de estos macrodistritos (poca población y actividades rurales), y por su posición estratégica en el municipio (agua y electricidad).

Hampaturi

La vulnerabilidad frente al cambio climático, a medio y largo plazo, proviene principalmente del régimen pluviométrico. Se materializa por una cantidad más importante de precipitación en las cabeceras de las subcuencas, la cual puede generar inundaciones severas, con gran cantidad de material de arrastre.

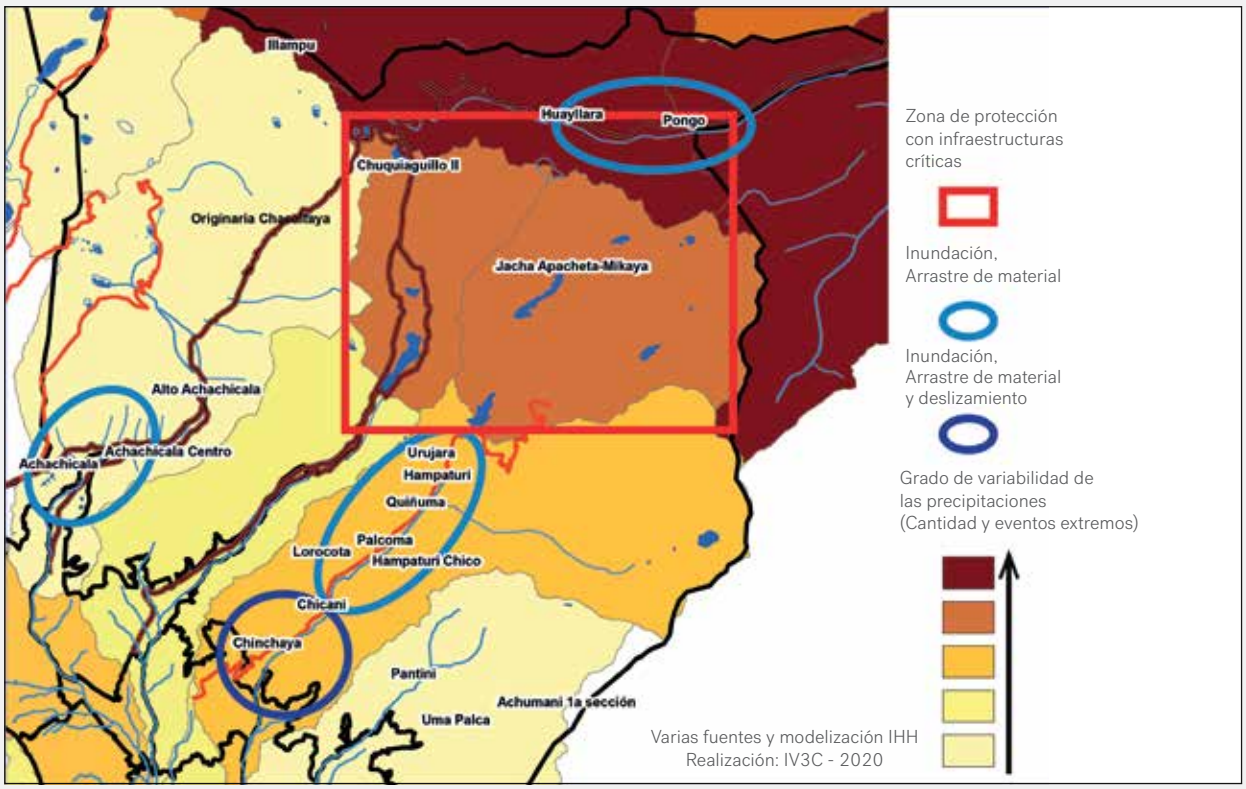
El macrodistrito es estratégico para la producción de agua potable para la parte urbana de La Paz. Las lagunas de Hampaturi representan más de 17 Hm^3 de agua, y en caso de incremento de las precipitaciones, la regulación de esas lagunas puede ser problemática, como ocurrió en 2006 y 2018, provocando inundaciones y arrastres de material.

La totalidad de las comunidades del macrodistrito no están preparadas para una adaptación a eventos probables de inundación. La capacidad informativa es débil, y el aislamiento puede ser un factor de riesgo importante.

El siguiente mapa (Figura 31) muestra una síntesis de los factores analizados para Hampaturi.

17 https://amn.bo/2020/03/01/conflictos-limitrofes-impiden-el-control-total-de-hampaturi-y-zongo-en-el-municipio-paceno/

Figura 31. Síntesis de la vulnerabilidad del macrodistrito de Hampaturi a las amenazas del cambio climático.



Fuente: elaboración propia, 2020

Zongo

Al igual que en Hampaturi, el régimen pluviométrico genera inundaciones y deslizamientos en algunas zonas; en este caso también con eventos de granizadas.

La parte alta del valle de Zongo cuenta con 10 centrales hidroeléctricas, las cuales producen la mayor parte de la energía eléctrica que se consume en el municipio de La Paz (60%), sometidas muy a menudo a eventos extremos y a daños importantes. Es muy complicado el cambio de localización de esas plantas, pero se necesita un plan de regulación, en coordinación con las comunidades, para la reubicación de varios asentamientos humanos e infraestructuras.

Figura 32. Daños producidos en una escuela durante la riada de febrero de 2018 en el Valle de Zongo.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Este es un macrodistrito rural con muy poca población (una densidad de 13 hab/km^2). Los pueblos son muy pequeños con superficies agrícolas muy pequeñas. Sin embargo, la expansión agrícola empieza a hacerse evidente, en particular en la zona central, y podría provocar un desequilibrio importante a nivel ambiental.

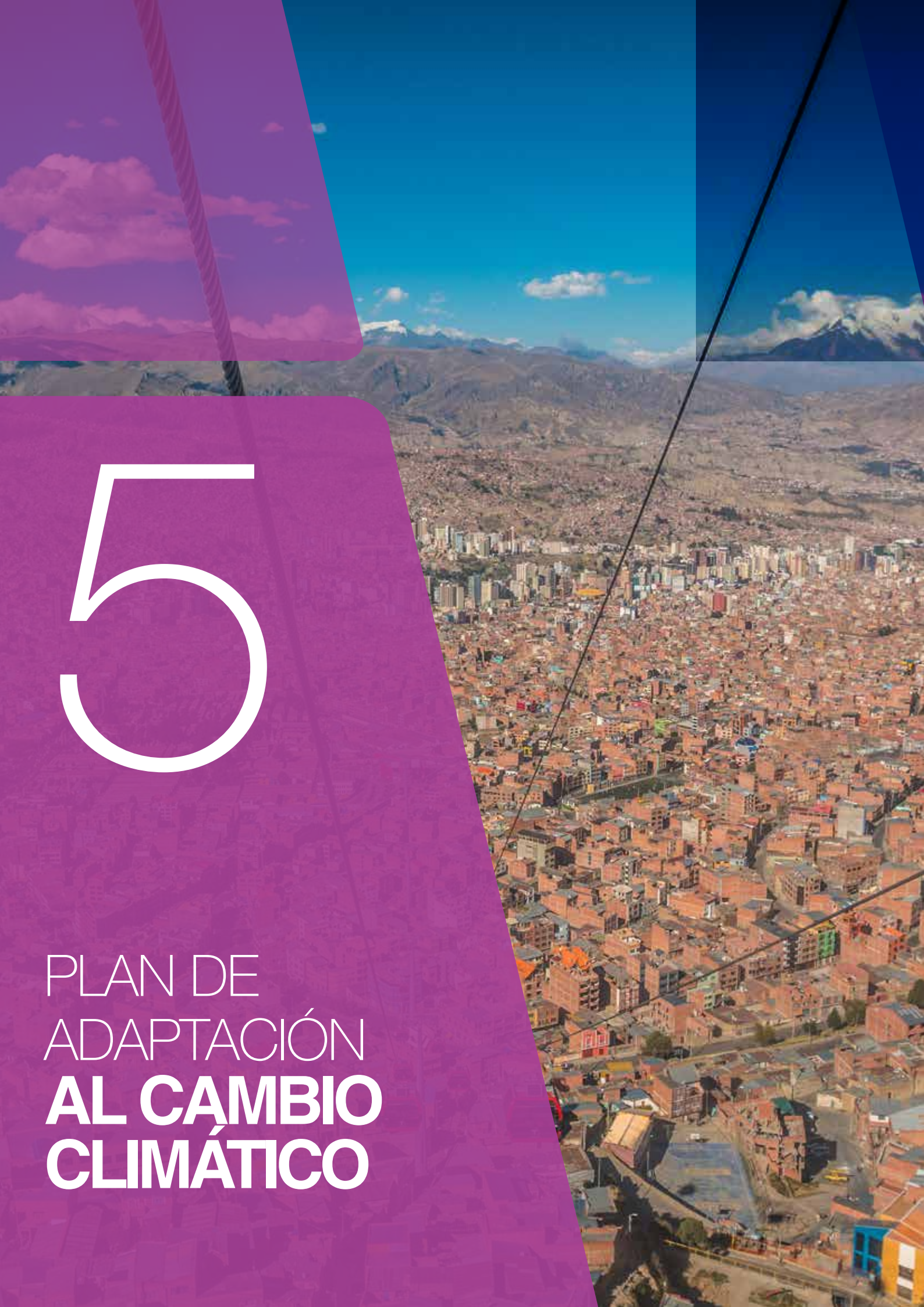
Por otro lado, la totalidad de las comunidades está en situación de riesgo con un grado de vulnerabilidad social muy importante: un nivel de educación más bajo que el promedio del municipio, condiciones de vida difíciles mostrando una tasa de pobreza alta, un potencial de aislamiento sumamente importante y pocas infraestructuras de servicios.

Zongo está compuesto por la casi totalidad de los pisos ecológicos de Bolivia, y tiene una biodiversidad importante que no ha sido evaluada en relación a los impactos del cambio climático, a pesar de que, en términos generales, se observan varios posibles cambios en la distribución y calidad de los ecosistemas.

Por otro lado, esta diversidad de pisos ecológicos trae varios beneficios ecosistémicos, de los cuales muchos son sensibles a la variabilidad climática. Entre ellos cabe destacar los provistos por los bofedales[18], el páramo de Yungas y por los bosques húmedos de montaña.

Una gran parte de la zona sur del macrodistrito es ocupada por el Parque Nacional (PN) y Área Natural de Manejo Integral (ANMI) Cotapata, con una superficie aproximada de 650 km^2, la cual constituye una oportunidad para la conservación y el turismo.

18 Diagnóstico Integral de Zongo, realizado por Conservación Internacional, borrador entregado por el GAMLP.



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. En este caso, se habla de internalización (o valoración) de las externalidades negativas generadas por el cambio climático ya que las medidas generan beneficios y no solo costes para la sociedad. Las acciones aportan beneficios, aunque los impactos del cambio climático sean inferiores a lo previsto. En general, estas medidas implican un mayor atractivo de los territorios, así como una mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

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) y el nuevo Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI 2016-2040), 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 define una serie de medidas orientadas a reducir el riesgo asociado a las diferentes amenazas priorizadas en el municipio: inundación, escasez de recurso hídrico, deslizamiento y eventos extremos por altas temperaturas; y medidas transversales 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 cuales se estructura el plan de adaptación al cambio climático en el municipio de La Paz.

Medidas específicas de adaptación a las diferentes amenazas

Para cada una de 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 La Paz.

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 clave de la ciudad.

Con base en criterios técnicos y en los análisis realizados 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.

Tabla 7. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de inundación. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Inundación		
Línea de actuación	**Código**	**Medida**
Reducción de la exposición	INUN-01	Programa normativo para el establecimiento y regulación de corredores fluviales.
	INUN-02	Guía para el acondicionamiento y restauración de cauces. Implementación de actuaciones en zonas priorizadas.
	INUN-03	Plan Maestro de Drenaje Pluvial. Implementación de actuaciones piloto basadas en Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).
	INUN-04	Reforestación y revegetación de la cabecera de las cuencas y corredores fluviales.
	INUN-05	Paquete de medidas para la reubicación de viviendas e infraestructuras críticas localizadas en áreas de alto riesgo.
Fortalecimiento de capacidades	INUN-06	Fortalecimiento y actualización del Sistema de Alerta Temprana (SAT) y ampliación del mismo a la zona rural.
	INUN-07	Plan de Contingencia en las infraestructuras de producción eléctrica gestionadas por la COBEE en el valle de Zongo.
	INUN-08	Plan de Contingencia en las represas gestionadas por la EPSAS. Actualización de las normas de explotación de represas y embalses.
	INUN-09	Campañas de sensibilización, información y concienciación sobre el riesgo de inundación.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Tabla 8. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de escasez de recurso hídrico. Resaltadas, las medidas priorizadas.

Escasez de recurso hídrico		
Línea de actuación	**Código**	**Medida**
Conservación de las fuentes de agua y gestión sostenible del recurso hídrico	RH-01	Plan para la conservación y uso racional de los bofedales de la Cordillera Real.
	RH-02	Inversiones en tecnología de supervisión y control del sistema de abastecimiento y de los recursos hídricos.
	RH-03	Desarrollo de un plan de ahorro y consumo responsable de agua. Redacción y aprobación de una Ley municipal para el consumo responsable del agua.
	RH-04	Plan de expansión y modernización de la red de abastecimiento. Medidas de gestión para reducir las pérdidas del sistema.
	RH-05	Coordinación entre el GAMLP, la EPSAS y el área metropolitana, para una mejor gestión del recurso hídrico.
	RH-06	Evaluación y mitigación del impacto de la disminución del recurso hídrico en la producción de electricidad en el valle de Zongo.
	RH-07	Revisión y actualización de las normas de explotación de represas y embalses gestionadas por la EPSAS.

Fuente: elaboración propia, 2020.

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

Deslizamiento		
Línea de actuación	**Código**	**Medida**
Reducción de la exposición mediante el control de los factores desencadenantes de deslizamientos	DES-01	Regulación y reconstrucción del alcantarillado, particularmente en las zonas de alto riesgo como las laderas.
	DES-02	Separación de las redes de alcantarillado y drenaje pluvial y gestión de las vertientes.
	DES-03	Reforestación y creación de áreas verdes urbanas. Mejora de la permeabilidad de los suelos.
	DES-04	Plan de Contingencia para gestión de las pérdidas de agua en coordinación con la EPSAS.
	DES-05	Paquete de medidas para la prohibición de la construcción y reubicación de viviendas e infraestructuras críticas en zonas de alto riesgo de deslizamiento.
	DES-06	Modificación de la normativa de construcción (Matriz de Riesgo a La Construcción).
Fortalecimiento de capacidades	DES-07	Plan de Contingencia en las infraestructuras de producción eléctrica gestionadas por la COBEE en el valle de Zongo.
	DES-08	Campañas de sensibilización, información y concienciación sobre el riesgo de deslizamiento.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Tabla 10. Propuesta de medidas de adaptación al riesgo de eventos extremos por altas temperaturas Resaltadas, las medidas priorizadas.

Eventos extremos por altas temperaturas		
Línea de actuación	**Código**	**Medida**
Reducción de la contaminación y adaptación basada en ecosistemas	TEMP-01	Desconcentración de las actividades que producen emisiones de GEI, para evitar el aumento de temperatura asociado a la concentración de contaminación.
	TEMP-02	Arborización y creación de espacios verdes urbanos.
	TEMP-03	Programa de huertos urbanos en zonas de alto riesgo.
	TEMP-04	Programa de educación ambiental y participación de las escuelas en campañas de arborización.
	TEMP-05	Creación de un parque natural para la conservación de los bosques de altura, asociado a un centro de estudio del cambio climático, con funciones turísticas, educacionales y científicas.
Fortalecimiento de capacidades	TEMP-06	Plan de gestión de los espacios agrícolas y del espacio natural en Hampaturi.
	TEMP-07	Plan de capacitación a funcionarios de la gestión pública, ingenieros, constructores, arquitectos, etc.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Así, para el caso del riesgo de inundación (Tabla 7), las medidas priorizadas son transversales a las diferentes amenazas evaluadas en el municipio de La Paz, 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.

Se ha optado por no priorizar la medida frente a deslizamientos asociada a la regulación y reconstrucción del alcantarillado dado que, una vez realizada una adecuada gestión de la escorrentía y las vertientes, y de la separación del drenaje pluvial del alcantarillado, los caudales de aguas negras en sí mismos no tienen una magnitud significativa y no suponen un peligro para la amenaza de deslizamiento.

Las medidas planteadas para la mitigación de los efectos de eventos extremos por altas temperaturas, y que se presentan en la Tabla 10, tienen como objetivo la mejora de la calidad de vida y la concienciación sobre los efectos del cambio climático.

Figura 33. La presencia de árboles y vegetación en la ciudad es un factor de regulación de la temperatura a nivel local.

Fuente: elaboración propia, 2020.

En este caso se han priorizado las medidas de adaptación basadas en ecosistemas que, además de la reducción del riesgo asociado a las diferentes amenazas evaluadas, aportan numerosos beneficios a la población. Se incluye en la lista, con base en criterios técnicos, la medida relativa a la conservación de los bosques de altura en el valle de Zongo.

Las medidas seleccionadas son comunes a todas las amenazas, y serán consideradas en el Plan de Adaptación de manera transversal. En efecto, existen ya varios planes de contingencia[19] realizados por la SMGIR, y estas medidas son una extensión de estos planes y responden a un tratamiento más integral de la problemática del cambio climático en la ciudad de La Paz.

5.2. Estructura del plan de adaptación

El Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz, que se articula de acuerdo a la priorización de medidas presentada en el capítulo anterior, está conformado por tres programas de adaptación que se muestran en la Figura 8: 1) adaptación basada en ecosistemas; 2) gestión integral del ciclo del agua; y 3) fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza. Cada uno de estos programas a su vez se componen de subprogramas, los cuales agrupan medidas de adaptación afines que se complementan entre sí.

19 Plan de contingencia frente al déficit de precipitación (GAMLP, 2016); Plan de contingencia frente a sequía (GAMLP, 2016); Captación de aguas subterráneas en el área urbana del municipio de La Paz (GAMLP, 2017); Marco de gestión ambiental para el componente de La Paz. Programa "Ciudades Resilientes" (GAMLP, Banco Mundial, 2019)

Tabla 11. Programas de adaptación y componentes del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz.

Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz		
Adaptación basada en ecosistemas	**Gestión integral del ciclo del agua**	**Fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza**
• La Paz, ciudad verde de altura. • Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo. • Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales.	• La Paz hacia un drenaje urbano sostenible. • Desarrollo de una nueva cultura del agua en La Paz.	• Centro de resiliencia al cambio climático.

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, 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.

La **gestión integral del ciclo del agua** en el municipio de La Paz es una de las claves para su adaptación al cambio climático. El riesgo asociado a casi la totalidad de las amenazas evaluadas se relaciona con problemas en la gestión del ciclo del agua. Este enfoque, frente a los efectos del cambio climático, busca reducir los impactos que se podrían generar por la escasez de recurso hídrico, inundaciones y deslizamientos.

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 12 se presenta el PACC para el municipio de La Paz 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 12. Plan de Adaptación al Cambio Climático.

Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz		
Adaptación basada en ecosistemas	**Gestión integral del ciclo del agua**	**Fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza**
La Paz, ciudad verde de altura: • Reforestación de las cabeceras de cuenca y zonas de alto riesgo de deslizamiento • Creación de corredores verdes fluviales • Arborización y creación de áreas verdes	**La Paz hacia un drenaje urbano sostenible:** • Actualización del Plan Maestro de Drenaje Pluvial de la ciudad de La Paz con criterios de sostenibilidad y resiliencia • Implementación de actuaciones piloto basadas en Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible	**Centro de resiliencia al cambio climático:** • Compilación de estudios e información en tiempo real • Creación de un sistema de monitoreo de las amenazas del cambio climático • 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
Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo: • Protección integral del bosque nuboso • Creación de un centro de investigación y capacitación sobre cambio climático y biodiversidad • Implementación de un paquete de medidas para el desarrollo sostenible del turismo, agricultura, pesca y edificación	**Desarrollo de una nueva cultura del agua en La Paz:** • Inversiones en tecnología de supervisión y control del sistema de abastecimiento y de los recursos hídricos • Plan de ahorro y consumo responsable de agua • Plan de expansión y modernización de la red de abastecimiento • Revisión y actualización de las normas de explotación de represas y embalses	
Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales: • Plan para la conservación y uso racional de los bofedales de la Cordillera Real		

Fuente: elaboración propia, 2020.

5.3 Subprogramas del PACC

La Paz, Ciudad Verde de Altura	
Desafío climático: Todas las amenazas, particularmente deslizamiento y temperaturas extremas	Una de las medidas transversales e imprescindible para la mitigación y la adaptación a las amenazas, es la creación de áreas verdes en la ciudad.

Objetivo: Fomentar una cultura de lo verde a iniciativa de la sociedad, para mitigar los riesgos de deslizamiento, inundación y eventos extremos por altas temperaturas, con un componente educativo y de mejora de la calidad de vida.

Figura 34. Panorámica de la ciudad de La Paz, 2018.

Fuente: fotografía de Snowscat en Unsplash, 2018.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: La totalidad de los distritos urbanos de La Paz y también las zonas rurales para la conservación de los ecosistemas y cuerpos de agua.

Antecedentes: La superficie arbórea está disminuyendo en la parte urbana del municipio de La Paz. La superficie de espacios verdes por habitante está netamente por debajo de las normas internacionales. Actualmente, la ciudad tiene alrededor de 2,7 m^2 de áreas verdes por habitante, valor considerablemente inferior a los recomendados por la OMS (9 m^2/hab) y por la ONU (12 m^2/hab).

La urbanización y la densificación que se observa en la ciudad en algunos barrios (Miraflores, Sopocachi, Sur, etc.) no deja espacio para zonas verdes y espacios públicos.

La deforestación y la tala de árboles se evidencia también en las laderas, en zonas de fuerte inestabilidad y en áreas objeto de ocupación humana.

Finalmente, la falta de árboles y vegetación en las avenidas de la ciudad, y el uso de materiales de construcción inadecuados, aumenta la temperatura y dificulta la circulación peatonal.

Descripción de la medida:

Se propone un plan integral de naturalización, reforestación y mejora del paisaje urbano de la ciudad de La Paz, “Ciudad Verde de Altura”, que incluye las siguientes acciones:

- Reforestación de las cabeceras de cuenca para la protección de los cuerpos de agua y prevención de las inundaciones.

- Reforestación de las zonas de alto riesgo (ver mapa del índice de riesgo). Se propone poner bajo protección integral las zonas de alto riesgo mediante un programa de reforestación, de viveros, de jardines familiares, y de educación ciudadana (profundización de la Ley Municipal de Huertos Urbanos N°321).

- Arborización de las avenidas principales de la ciudad, con objetivo de creación de zonas de sombra para evitar una elevada temperatura en el día y efectos de isla de calor urbano. También esta acción permite aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo de varias zonas de la ciudad, reemplazando el asfalto por vegetación y materiales porosos.

- Creación de dos corredores verdes. Norte-Sur a lo largo de los principales ríos Choqueyapu, Orkojahuira y La Paz; Este-Oeste de Cotahuma al Valle de las Flores, pasando por el parque central y a lo largo de los ríos Irpavi y Achumani. El objetivo de estos corredores es estabilizar los suelos, acotar el área de influencia de las inundaciones fluviales, crear zonas de recreación y aumentar la biodiversidad. Debería estar acompañado de un programa de saneamiento de aguas residuales, de gestión de residuos sólidos y de limpieza de cauces.

- Áreas verdes y forestación de los intersticios urbanos para la creación de islas verdes y espacios públicos de recreación. Los patios escolares deberían también hacer parte de esta medida.

- Investigación sobre la percepción y conocimientos de la población sobre las medidas de adaptación basadas en la reforestación, revegetación y creación de áreas verdes, en los diferentes barrios, destinada a preparar una campaña de sensibilización y educación para los ciudadanos.

Medidas de gestión para la sensibilización de la sociedad:

- Esta medida se tiene que implementar bajo coordinación entre el Centro de Resiliencia al Cambio Climático (CRCC), la Secretaría Municipal de Gestión Integral de Riesgos (SMGIR), la Secretaría Municipal de Gestión Ambiental (SMGA), la Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo (SMPD) y la Dirección del programa de Barrios de Verdad y del Programa de Centralidades.

- Capacitación de Emaverde, Empresa Municipal de Áreas Verdes, Parques y Forestación con personalidad jurídica y patrimonio propio, en los nuevos desafíos de las áreas verdes, forestación y paisajismo.

- Enlace con el programa de centralidades para la inclusión de las variables del cambio climático en el diseño de los barrios y la arquitectura de los edificios y de la promoción y desarrollo de áreas verdes, forestación y paisajismo.

- Enlace con la ficha de medidas sobre drenaje urbano sostenible, para la reducción de inundaciones, mejora de la calidad del agua de escorrentía y posible recuperación de aguas pluviales para riego.

- Se necesita un estudio interdisciplinario en profundidad que incluya los siguientes aspectos: ecológico, en cuanto a la elección de las especies a utilizar, priorizando el uso, si es posible, de especies nativas; sociológico, relativo a la percepción de la población sobre las infraestructuras y espacios verdes urbanos; estético, sobre el paisajismo urbano; y educativo, relacionado la organización de un programa de sensibilización, información y concienciación para asegurar la sostenibilidad del plan.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Superficie de áreas verdes recuperadas o creadas.
- Número de profesionales capacitados.
- Número de barrios visitados para capacitación.
- Número de ciudadanos capacitados.
- Superficie de las zonas de alto riesgo vegetadas.
- Longitud de corredores fluviales ejecutados.
- Índice de biodiversidad de las zonas intervenidas.

Temporalidad: El programa se tiene que pensar a corto plazo, pero para la implementación de esta medida se adopta un horizonte intermedio de 5 años.

Beneficiarios: Las zonas identificadas como de riesgo, en las laderas son prioritarias y serán las primeras en beneficiarse. Estas suponen el 30% de la población, unos 230.000 habitantes, pero 60% de la superficie.

A medio plazo, en unos 20 años, la totalidad de la población se beneficiará de las medidas de reforestación, revegetación y creación de espacios verdes.

Instituciones responsables: El GAMLP a través de una coordinación entre Emaverde, la Secretaría Municipal de Gestión Ambiental y la Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo. Esta coordinación se podría realizar en el marco del Centro de Resiliencia al Cambio Climático (CRCC).

Actores clave:

- La Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE) para la coordinación con la población y las OTB.
- El Instituto de Ecología y la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y Conservación Internacional (CI) para la planificación de la reforestación y revegetación.
- Fundación Alternativas para el desarrollo de los huertos urbanos[20].
- El Colegio de Arquitectos para la revisión de la normativa de construcción.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de La Paz, CAF, AFD, BID, Banco Mundial, Fundación Biodiversidad, Fondo Verde del Clima (GCF) y Euroclima.

Este programa sería elegible por el GCF, Euroclima y la Fundación Biodiversidad por los siguientes aspectos: secuestro de carbono, desarrollo resiliente al clima, gestión del riesgo climático, reducción de la deforestación, desarrollo de la agricultura urbana, reforzamiento de las capacidades de las comunidades y potencial de cambio de paradigma.

20 http://www.fundacionalternativas.org/

Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo

Desafío climático: Todas las amenazas	El bosque nuboso, o bosque húmedo de montaña, constituye un ecosistema frágil pero valioso, por su regulación del clima y la importancia de su biodiversidad.

Objetivo: Conservar el bosque nuboso del valle alto de Zongo, aprovechando su calidad ambiental para generar actividades sostenibles en la producción de electricidad, el turismo, la investigación, la agricultura y la pesca.

Figura 35. Central hidroeléctrica Cuticucho en Valle de Zongo, 2020.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Cuenca alta del río Zongo, del 2.000 al 3.000 msnm.

Antecedentes: La cuenca alta de Zongo es una zona estratégica para la ciudad de La Paz. Por un lado, en Zongo se desarrollan varias actividades fundamentales para la ciudad, como producción de electricidad (producen el 60% de la energía que consume la ciudad), agricultura, y recreación. Por otro lado, desempeña una función ecológica importante dentro del municipio, como fuente de agua y regulador del clima.

La sociedad de la COBEE, productora de electricidad, y la población local, ha sufrido desde años eventos excepcionales como deslizamientos e inundaciones, producto de la variabilidad climática y de la deforestación. De igual modo, por efecto de la actividad humana (se estima[21] que la deforestación ha provocado la pérdida de 228.897 ha de boque de Yungas al norte del departamento de La Paz desde 1976 a 2013, lo que supone un 3 % de la deforestación departamental) y de los cambios del régimen de precipitaciones, se ha observado una disminución de la superficie en bosque nuboso, elemento esencial de regulación climática. Asimismo, el retroceso glaciar producido por efecto del cambio climático está dando lugar a una disminución de la disponibilidad de agua en el valle que se intensificará a medio y largo plazo.

El Valle Alto de Zongo es una zona de alta biodiversidad, accesible para los alteños y paceños, lo que le hace una zona turística por excelencia, todavía poco desarrollada, y con un potencial importante en investigación científica.

21 Fundación Amigos de la Naturaleza (2016). Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia (https://www.fan-bo.org/wp-content/uploads/2021/03/Atlas_II-Edici%c3%b3n.pdf)

Descripción de la medida:

Se proponen 3 hitos para la protección y el desarrollo del Valle Alto de Zongo:

1 Protección integral del bosque nuboso:

- Delimitación de una zona de protección en concertación con los actores locales.
- Establecimiento de un Consejo de Gestión y Monitoreo.
- Realización de obras para la mitigación de las inundaciones y deslizamientos.
- Regulación de los asentamientos humanos.

2 Creación de un centro de investigación y capacitación sobre el cambio climático y la biodiversidad.

- Instalación de una plataforma interinstitucional para la creación de un centro científico, educacional y turístico.
- Creación de un comité científico con participación local.
- Convenios con universidades bolivianas y extranjeras para el financiamiento de programas de investigación.
- Plataforma educacional dirigida a las universidades y colegios.
- Instalación de una red de observación del clima y de monitoreo de la biodiversidad.
- Actividades de comunicación y producción de recursos educacionales.

3 Implementación de un paquete de medidas económicas y ambientales para el desarrollo sostenible del turismo, de la agricultura orgánica, de la pesca, y de la mejora de la vivienda.

- Incentivos para infraestructuras turísticas ecológicas.
- Mejora de la vivienda social.
- Programas de capacitación en agricultura biológica y en piscicultura, e incentivos en el acceso al mercado urbano.

Medidas de gestión para implementación del proyecto:

Lo fundamental de este proyecto es establecer una zona de protección de los ecosistemas y la biodiversidad, con desarrollo económico en tres direcciones: turismo científico de alto nivel, agricultura biológica para alimentar canales cortos de comercialización, y producción de energía renovable.

La conformación de una plataforma interinstitucional es fundamental para la realización y el seguimiento del proyecto. Se recomienda que la misma esté conformada por: asociaciones locales de productores y sociedad civil, la Compañía Boliviana de Energía Eléctrica (COBEE), municipalidad, universidades, el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), y la Autoridad de Fiscalización y de Control de Bosques y Tierra.

El proyecto debe estar bajo responsabilidad del GALMP, la Secretaría Municipal de Gestión Ambiental (SMGA) y de la subalcaldía de Zongo. Debe garantizar la inclusión y la participación permanente de la población local que asegure la apropiación y el buen funcionamiento del proyecto y su sostenibilidad.

La plataforma debe tener como misión generar una serie de convenios internacionales para cooperación científica, atrayendo proyectos de investigación, financiamiento e investigadores de alto nivel. El funcionamiento del centro se financiará en parte con los beneficios económicos asociados al turismo, por lo que la municipalidad debe asegurar una infraestructura turística de calidad.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Superficie bajo protección de al menos el 20% de su territorio, es decir 480 km^2.
- Número de reuniones de concertación y número de decisiones.
- Crecimiento de los asentamientos humanos.
- Número de convenios y de estudios científicos realizados.
- Número de sesiones de capacitación.
- Índice de biodiversidad de la zona protegida.
- Número de eventos excepcionales y daño económico de los mismos.
- Valor agregado generado por los programas económicos.

Temporalidad: El proceso de concertación y de financiamiento puede empezar a corto plazo con la perspectiva de implementar el centro dentro de los próximos 5 años. Es un proyecto a largo plazo, lo que implica una estabilidad institucional, laboral y financiera por lo menos para los próximos 20 años.

Beneficiarios: Los beneficiarios directos serán alrededor de 450.000 habitantes que reciben el servicio de la COBEE, la cual asegura la mayor parte (60%) de la producción de electricidad para la ciudad. Asimismo, se beneficiarán las comunidades locales que tendrán acceso a financiamiento y a participar en actividades como la agricultura, la piscicultura biológica, el turismo, servicios sociales, organización de canales cortos de comercialización, etc. Son 20 comunidades de la cuenca alta, representando una población de apenas 1.000 habitantes.

Asimismo, las actuaciones son muy importantes para los beneficiarios indirectos del área metropolitana de La Paz, la cual cuenta con casi 1 millón de habitantes; asimismo, para la población boliviana por los servicios ecológicos que este proyecto genera como la provisión y purificación del agua y la regulación del clima; y para los científicos nacionales e internacionales que podrán aprovechar los ecosistemas e infraestructuras excepcionales.

Instituciones responsables: La preparación e implementación del proyecto debe estar bajo la responsabilidad del GAMLP-SMGA y de la subalcaldía de Zongo. La responsabilidad de la gestión depende de la decisión del nivel de autoridad que manejará el área protegida: nivel municipal (GAMLP), nivel departamental (Gobernación) o nivel nacional (SERNAP).

Actores clave: El consejo de la plataforma interinstitucional puede estar constituida por:

- Compañía Boliviana de Energía Eléctrica (COBEE).
- Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), para la parte científica.
- ONG especializadas en agricultura.
- Comunidades del lugar.
- Ministerios de Turismo y Educación Superior.

- Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP).
- Banco de Desarrollo Productivo.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de La Paz, COBEE, CAF, AFD, BID, Banco Mundial, Fundación Biodiversidad, Euroclima, WWF, Conservación Internacional, UMSA y Fondo Verde del Clima (GFC).

Este proyecto tiene los criterios para una presentación al GCF: mitigación y adaptación de impactos, potencial de desarrollo sostenible, vulnerabilidad y necesidades de financiamiento y participación de las partes interesadas.

Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales

Desafío climático: Reducción en la disponibilidad del recurso hídrico	Los bofedales son a la vez centros de biodiversidad y base de la vida para el ganado y la población de montaña.

Objetivo: Desarrollo de una metodología para la definición de medidas de conservación y restauración destinadas a mantener o mejorar el estado de conservación de los bofedales y de los servicios ecosistémicos que proveen.

Figura 36. Ganado camélido pastando en bofedales, 2018.

Fuente: Gustavo Espíndola en Unsplash, 2018.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Los bofedales situados en la parte alta de los distritos rurales de Hampaturi y Zongo, en la Cordillera Real, actualmente gestionados por la Alcaldía y la EPSAS. Solo parte del área de bofedales está establecida como área protegida municipal: La Cumbre y Serranías de Hampaturi.

Antecedentes: Los bofedales son ecosistemas muy sensibles a cambios en el clima. Estudios realizados en el Parque de Sajama (Lorini, 2012) muestran la relación directa entre la variación climática interanual y el crecimiento de las plantas en bofedales. Por este motivo, es necesaria la elaboración de inventarios y estudios que reflejen su situación y estado de conservación.

El retroceso de los glaciares por efecto del cambio climático de la Cordillera Real constituye una amenaza para la oferta futura en las cuencas: las cuencas del glaciar Tuni y Condoriri mostraron reducciones de 44% y 55% de superficie entre 1956 y 2006 (Ramírez, 2008a); Chacaltaya supone el caso más alarmante al haber perdido prácticamente toda su superficie (Ramírez, 2008a). Las tendencias de la evolución de la superficie de glaciares muestran que ciertos glaciares podrán desaparecer en los próximos 30 años.

En la alta montaña, los bofedales son la fuente energética para el alimento de las alpacas y actúan como reguladores de flujos hacia las cuencas en épocas de estiaje (Ramírez, 2008b). Los cambios en el clima, el sobrepastoreo, la erosión de suelos y degradación de pastos afectan a la producción camélida, la disponibilidad de agua, la ecología del bofedal, a la biodiversidad, etc. (Alzérreca et al., 2001).

Descripción de la medida:

Se plantea la redacción de un *Plan para la conservación y uso racional de los bofedales de la Cordillera Real,* que establezca una metodología para la definición de medidas de conservación y restauración de estos ecosistemas.

La planificación de estos ecosistemas debe estructurarse en tres niveles de organización: i) objetivos estratégicos, ii) objetivos operativos y iii) medidas de gestión. Los objetivos estratégicos definen hacia dónde debe dirigirse la gestión de los ecosistemas para alcanzar, en el menor tiempo posible, un estado de conservación favorable. Los objetivos operativos constituyen los instrumentos a través de los cuales se pretenden alcanzar los objetivos estratégicos. Por último, las medidas de gestión se definen como acciones espacialmente explícitas, técnicamente viables y ejecutables, que permiten la consecución de los objetivos formulados para cada ecosistema a corto o medio plazo. Las medidas tienen una aplicación espacial basada en unidades de paisaje que cubren la totalidad de la superficie de los ecosistemas a proteger.

El estado de conservación de los ecosistemas determina el tipo de medidas que deben ser aplicadas. En ecosistemas con un estado de conservación favorable, las medidas son de conservación. En ecosistemas con un estado de conservación desfavorable, las medidas a aplicar son de restauración.

Para la definición ordenada y priorizada de medidas, se debe elaborar un índice integrado de prioridad por unidad de paisaje a partir de numerosos índices espacialmente explícitos, relativos a cada indicador del estado de conservación: expansión, estructura y composición, y vulnerabilidad; y diferentes elementos del entorno funcional: contenido hídrico del suelo, geomorfología y suelos, flujos de materia y energía, estructura y composición del paisaje, etc.

Para la obtención de este índice integrado se requiere la realización de las siguientes actividades:

- Desarrollo de una cartografía explícita de la distribución actual y rango de distribución de los bofedales en la Cordillera Real.
- Definición de unidades del paisaje para el área de estudio.
- Evaluación del estado de conservación de los bofedales.
- Construcción de índices (variables de estado) espacialmente explícitos, relativos a la extensión, estructura y composición, y vulnerabilidad de los hábitats frente a presiones de origen antrópico, así como variables descriptivas del entorno funcional.
- Aplicación de métodos SIG para reclasificación y superposición de índices espaciales, unidades de paisaje y áreas de distribución de los hábitats.
- Como resultado final, el Plan debe tener una propuesta ordenada de medidas de conservación y restauración destinadas a mantener o incrementar, respectivamente, el estado de conservación de los bofedales: capacitación en buenas prácticas de manejo de bofedales para las comunidades y el sector de cría de camélidos; conservación, producción y plantación de semillas de especies nativas; riego de bofedales; construcción de cercos, etc.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Porcentaje anual de variación de la superficie de bofedales.
- Indicador anual de variación de la cantidad de agua disponible.
- Indicadores de calidad de las aguas.
- Indicadores de biodiversidad de los bofedales.
- Número de técnicos municipales capacitados en gestión de bofedales.
- Número de comunidades y personas capacitadas para el uso racional de los bofedales.

Temporalidad: Se plantean acciones para un horizonte temporal de 5 años.

Beneficiarios: Los beneficiarios directos son los pobladores de la zona de Hampaturi y Zongo que utilizan los bofedales para la cría de camélidos (alrededor de 2000 personas); así como la EPSAS para la regulación de los caudales de agua.

Los beneficios indirectos son los habitantes de las ciudades de La Paz y El Alto, quienes se benefician de servicios ecológicos y de agua de calidad.

Instituciones responsables: El proyecto debe estar bajo la responsabilidad compartida entre el GAMLP, la Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo, la EPSAS y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).

Actores Claves:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), que promueve la realización de estudios y apoya la gestión del financiamiento.
- Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo (SMPD), encargada de incorporar en sus planes de desarrollo y planes operativos anuales las medidas de conservación, restauración y respecto al uso de los bofedales.
- Facultad de Ecología y Facultad de Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), para la realización de los estudios e inventarios.
- Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) y la EPSAS, que actualmente gestionan los bofedales.
- Las comunidades que aprovechan de los bofedales para la provisión de agua y crianza de camélidos.

Fuentes potenciales de financiamiento: Municipalidad de La Paz, CAF, AFD, BID, Banco Mundial, Fundación Biodiversidad, Fondo Verde del Clima (GFC), Global Environment Facility y Euroclima.

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

La Paz 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 37. Laguna de detención en Perth, Australia, ejemplo de sistema de drenaje sostenible, 2021.

Fuente: Laura Pérez en Unsplash, 2021.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: Los distritos urbanos del municipio de la Paz.

Antecedentes: La ciudad de La Paz sufre una serie de problemas, de inundación urbana e inestabilidad de suelos por infiltraciones de agua, asociados al mal funcionamiento del actual sistema de drenaje pluvial, por la incapacidad de recolección de las aguas que escurren superficialmente, por el poco mantenimiento de dicho sistema o por la insuficiencia de cobertura del mismo (GAMLP, 2007).

Las redes de colectores de la ciudad de La Paz son de tipo separativo, una red recolecta las aguas residuales domésticas y la red paralela es para colectar aguas pluviales; sin embargo, las conexiones cruzadas, la falta de emisarios e interceptores, entre otros factores, han ocasionado que las aguas se mezclen (MMAyA, 2014).

Descripción de la medida:

1. Actualización del Plan Maestro de Drenaje Pluvial para la ciudad de La Paz (MMAyA, 2014).

   El desarrollo de un nuevo Plan Maestro de Drenaje Pluvial orientado a fomentar la implantación de sistemas urbanos de drenaje (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 la Paz: 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.

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, como Llojeta (Cotahuma), La Merced (Periférica), Max Paredes y Ovejuyo (Sur). 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: Este proyecto beneficia directamente a todos los habitantes situados en zonas de alto y muy alto riesgo de inundación de la ciudad de La Paz, tanto en las laderas como en las zonas inundables del valle, unos 390.000 habitantes.

Instituciones responsables: La responsabilidad de preparación e implementación del proyecto es del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) en coordinación con el GAMLP y la EPSAS, encargado de la explotación y gestión de la red de drenaje pluvial.

Actores Clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), 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.
- Secretaría Municipal de Gestión Ambiental (SMGA) y la Secretaría Municipal de Gestión Integral de Riesgos (SMGIR), dependientes del GAMLP.
- Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS), gestora del sistema de drenaje pluvial.
- El sector privado de la ingeniería, que realice estudios y diseños de propuestas de medidas.

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

Desarrollo una nueva cultura del agua en La Paz	
Desafío climático: Reducción y cambios en la disponibilidad del recurso hídrico	El manejo sostenible del ciclo del agua urbano debe ser uno de los pilares de la estrategia de resiliencia frente al cambio climático en la Paz.

Objetivo: Fomentar la planificación urbana del ciclo del agua basada en criterios de cambio climático, gestión de riesgos, la conservación del recurso hídrico, el uso responsable del agua y el acceso universal al servicio de abastecimiento urbano.

Figura 38. Nevado Tuni-Condoriri, una de las principales fuentes de agua de la ciudad de La Paz, 2015.

Fuente: Chesterphotography en Pixabay, 2015.

Descriptivo técnico:

Escala espacial: La totalidad de los distritos urbanos de La Paz y el distrito rural de Hampaturi.

Antecedentes: El cambio climático está afectando de forma particular a las cuencas que son utilizadas para el suministro de agua potable a la ciudad de La Paz, habiéndose determinado que las precipitaciones, si bien no han disminuido en cantidad, se han concentrado en periodos más cortos; asimismo, el aporte de los glaciares se ha reducido notablemente. Debido al crecimiento de la población paceña y otros factores, la disponibilidad de agua por persona está disminuyendo.

Las predicciones de cambio climático, indican que esta tendencia se mantendrá en el futuro, por lo que el área urbana del municipio de La Paz podría conocer, a medio o largo plazo, una importante variación en la cantidad, calidad y origen del recurso hídrico.

Descripción de la medida:

1. Inversiones en tecnología de supervisión y control del sistema de abastecimiento y de los recursos hídricos en general.

   - Creación de un Centro de Control de la Red de Abastecimiento (y posiblemente de saneamiento y alcantarillado) de La Paz y El Alto. El operador del servicio (EPSAS) cuenta con el elemento fundamental de dicho centro, un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), pero es necesario fortalecer institucionalmente a esta empresa pública, para la correcta aplicación de este instrumento.

   - Alrededor de dicho SCADA pueden crearse otros sistemas satélite, como son: un grupo de GIS, un centro de modelado hidráulico, una unidad de reducción de agua no registrada (*non-revenue water*) y un grupo de gestión de activos.

2. Medidas de gestión para reducir las pérdidas del sistema de abastecimiento.

   - Creación de una unidad o departamento específico para la gestión de fugas en la EPSAS, con el personal y los medios necesarios para reducir este problema de forma sistemática y basándose en objetivos mesurables (ver apartado previo de inversiones en tecnología).

   - Redacción y aprobación de procedimientos y normas técnicas internas para la realización de tareas de explotación y mantenimiento específicas, y un plan de capacitación del personal de mantenimiento.

3. Medidas de gestión de la demanda y el ahorro de agua.

   - Redacción y aprobación de una Ley municipal para el consumo responsable del agua.

   - Realizar y poner en funcionamiento un plan de ahorro de agua en la ciudad, con actividades de concientización y fomento del uso de dispositivos reductores del consumo.

4. Otras medidas de gestión:

   - Realizar una revisión basada en optimización de las reglas de explotación de los embalses existentes, teniendo en cuenta la variación prevista del régimen de precipitaciones y las demandas de agua.

   - Redacción y aprobación de procedimientos y normas técnicas internas para la redacción de proyectos, ejecución de obras y realización de direcciones de obra.

   - Diseñar y poner en marcha un sistema de formación continua y gestión del conocimiento en la empresa que debe fijar la atención en las capacidades actuales del personal de la EPSAS, las capacidades que se requerirán para atender a las necesidades futuras, y los criterios para contratar a nuevo personal.

   - Revisar y modernizar el sistema actual de gestión de la empresa (ERP), y en especial lo relacionado con la gestión de clientes y facturación.

Resultados esperados e indicador de seguimiento:

- Población con acceso al sistema de abastecimiento (>99 %).
- Nivel de servicio del sistema (% de tiempo con interrupciones del suministro) (<0.2 %).
- Porcentaje de agua no registrada del sistema (<20 %).
- Dotación media en origen (litros por persona y día) (>150 l/persona y día).
- Dotación media en destino (litros por persona y día) (>100 l/persona y día).
- Precio medio del agua (<0.1 USD/m^3, para el bloque de consumo básico).
- Coste energético medio del agua (kwh por m^3 servido).
- Índice de calidad del agua servida.

Temporalidad: Se plantea un primer ciclo de planificación e implantación de 5 años, con sistema de medición de objetivos y revisión anual del plan de acción.

Beneficiarios: Toda la población dentro del área servida por el sistema de abastecimiento de agua potable, que sobrepasa las ciudades de La Paz y El Alto y trasciende a los municipios adyacentes de

Viacha, Puracani, Laja, Achocalla, Palca y Mecapaca, aproximadamente 1.800.000 habitantes de acuerdo al censo de 2012.

Instituciones responsables: compartida entre el GAMLP, la Secretaría Municipal de Infraestructura Pública (SMIP), y la EPSAS.

Actores clave:

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), a través del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB).
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua y Saneamiento Básico (AAPS).
- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios de Saneamiento Básico (SENABASA).
- Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua (EMAGUA).
- Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS).
- Empresas privadas de ingeniería.
- Ciudadanos y usuarios del sistema de agua potable.

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

Centro de Resiliencia al Cambio Climático (CRCC)	
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 39. Chacaltaya, glaciar de la Cordillera Real desaparecido por efecto del cambio climático, 2018.

Fuente: Tobias Jelskov en Unsplash, 2018.

Descriptivo técnico:

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

Antecedentes: El GAMLP 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 GAMLP y los profesionales, académicos y sector privado.

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 GAMLP que toman decisiones. Por otro lado, es necesario una coordinación más cercana del GAMLP con los actores institucionales y privados, así como con la academia y la sociedad civil. Se propone la creación de un "Centro de Resiliencia al Cambio Climático", dentro del GAMLP 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 captores, encuestas, entrevistas, etc.

2. La organización de esta información como sistema de monitoreo de las amenazas asociadas al cambio climático y la restitución en forma sintética de la información a las secretarías, para la toma de decisiones.

3. La elaboración de documentos de prospectiva transversales, destinadas a los tomadores de decisión y sectores sensibles al cambio climático.

4. La realización de material pedagógico actualizado destinado a escuelas, universidades y jefes o jefas de familia.

5. La organización de sesiones de capacitación a las escuelas, universidades, jefes o jefas de familia, profesionales de los sectores privados y públicos, incluyendo temáticas técnicas, legislativas, sociales, ambientales, lúdicas, etc. El centro se tiene que convertir en una escuela del cambio climático, con disponibilidad de recursos específicos.

6. 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 del CRCC no necesita una nueva infraestructura dentro del GAMLP sino una restructuración de la existente con dos medidas:

- Formación de los profesionales de las distintas direcciones técnicas, como la Dirección de Investigación e Información Municipal y la Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo, en materia de estadística, cartografía, educación, desarrollo web, etc.

- 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 el CRCC.

- Número de secretarías que participan de manera regular en las reuniones y acciones realizadas por el CRCC.

- 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 del centro.

Temporalidad: La implementación del CRCC se plantea con un horizonte de 5 años, aunque con vocación de continuar su actividad a más largo plazo. Los indicadores de eficiencia pueden salir a corto (uno a dos años) y a medio 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 La Paz, incluso la zona rural, casi 1.000.000 de habitantes en la actualidad.

Responsable: El CRCC debe ser autónomo dentro del GAMLP, y especialmente coordinado con la Secretaría Municipal de Planificación para el Desarrollo (SMPD).

Actores Clave:

- Secretaría Municipal de Gestión Ambiental (SMGA), Secretaría Municipal de Gestión Integral de Riesgos (SMGIR) y la Secretaría de Cultura (SMC), dependientes del GAMLP.
- Universidades e instituciones de investigación.
- Asociaciones de la sociedad civil como la Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE).
- Sociedad civil.
- El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).

Fuentes potenciales de financiamiento: La Municipalidad de la Paz puede tener la capacidad financiera de mantener el centro. Se puede pensar en un financiamiento puntual por parte de la cooperación para el equipamiento técnico del CRCC. Se puede pensar también en un financiamiento indirecto de especialistas bolivianos y/o internacionales dentro de programas de cooperación científicos, o de respuestas a convocatorias.

5.4. Análisis coste-beneficio del PACC

Se ha realizado un análisis preliminar coste-beneficio (ACB) para cada uno de los seis subprogramas del Plan de Adaptación al Cambio Climático para el municipio de La Paz 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 13 resume estos resultados con un coste total del PACC que asciende a 117 MUS$.

Tabla 13. Estimación de costes. Tabla resumen.

Programa	Medida	Coste (MUS$)
Adaptación basada en ecosistemas	La Paz, ciudad verde de altura	64,91
	Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo	2,60
	Conservación de los sistemas altoandinos frágiles: Bofedales	1,62
	SUBTOTAL	**69,13**
Gestión integral del ciclo del agua	La Paz hacia un drenaje urbano sostenible	36,86
	Desarrollo de una nueva cultura del agua en La Paz	9,86
	SUBTOTAL	**46,72**
Fortalecimiento de capacidades, información y gobernanza	Centro de resiliencia al cambio climático	1,26
	SUBTOTAL	**1,26**
	TOTAL	**117,11**

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 u operativos (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 "*La Paz, ciudad verde de altura*", la superficie de reducción de riesgos se aplica a un buffer de 50 m (25 m por cada ribera) a lo largo de los 52 km de corredores fluviales que se prevé crear, así como en 80 ha de parques urbanos. El otro subprograma con una fuerte reducción de riesgos es "*La Paz 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 y el riesgo de deslizamiento de unas 1.200 ha. Los valores medios en riesgo adoptados (1.000-2.000 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 la "*La Paz, ciudad verde de altura*" y "*Desarrollo de una nueva cultura del agua en La Paz*". En la primera, dicho beneficio

es el correlato en población de la superficie con reducción de daños materiales; las actuaciones relacionadas con la nueva cultura del agua incluyen importantes medidas de mejora del sistema de abastecimiento urbano, que aportará agua potable con un coste razonable a un mayor número de ciudadanos. En este último caso, los beneficios de salud pública incluyen el ahorro derivado de no necesitar fuentes de agua alternativas, por lo general de mayor coste o de mala calidad.

- **Plusvalías de suelo urbano y stock de vivienda.** Los subprogramas que más beneficios aportan en este sentido son la "*La Paz, ciudad verde de altura*" y "*La Paz hacia un drenaje sostenible*", como consecuencia de que se crean parques, corredores fluviales y mejoras en cuanto a inundaciones y deslizamientos, todos ellos factores que incrementan el valor del suelo y la calidad del entorno urbano, a medio plazo.

- **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 y reducción de riesgos de deslizamiento; almacenamiento del agua y reducción de riesgos de inundación.

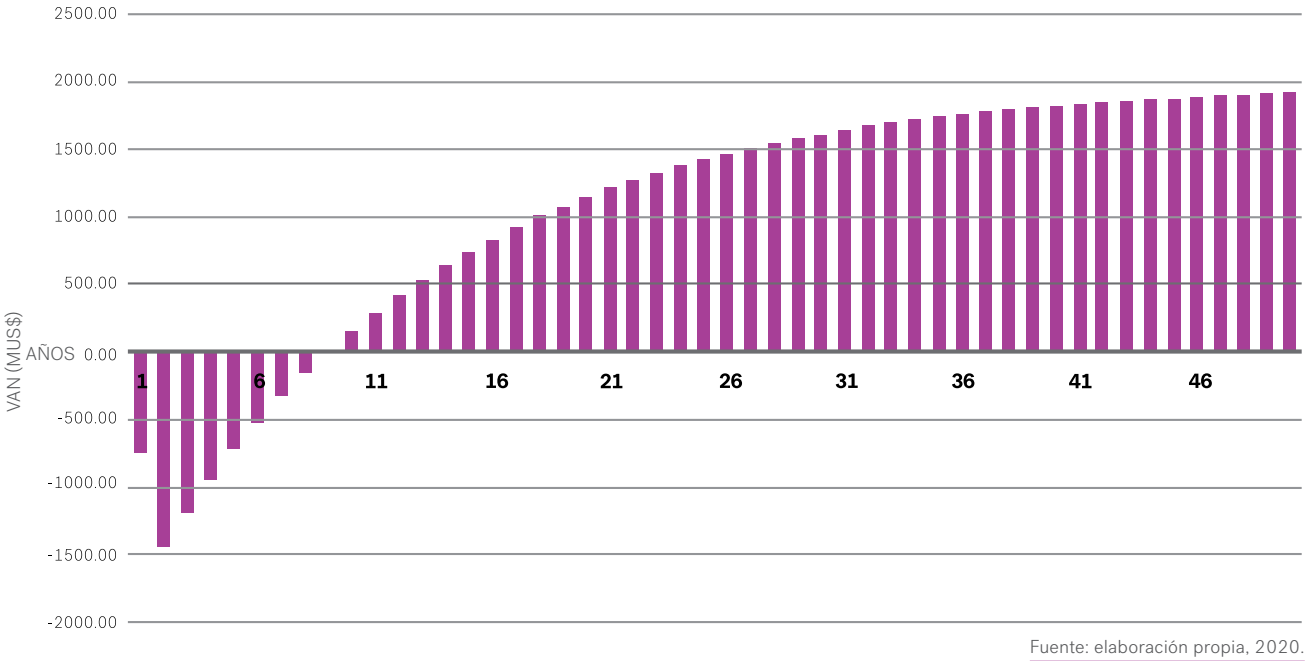
  Los subprogramas del plan que más beneficios en forma de servicios ambientales aportan son "*La Paz, ciudad verde de altura*", "*Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo*" y "*Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales*".

- **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 aplica un factor de beneficios sociales, estimado con 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 "*Centro de resiliencia al cambio climático* (CRCC)" 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 seis subprogramas del PACC. A modo de ejemplo, en la Figura 40 se incluye el correspondiente al subprograma "*Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales*".

Figura 40. Evolución del flujo de caja actualizado y acumulado para el subprograma de conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Todos los subprogramas arrojan indicadores de rentabilidad favorables o muy favorables, con tasas internas de retorno superiores al 10 % y periodos de recuperación de la inversión entre 10 y 25 años.

El programa en conjunto (media ponderada en función de la inversión) tiene una tasa interna de retorno (TIR) de 12,8 %, un retorno sobre la inversión (ROI) de 1,61 y un periodo de equilibrio (Teq) de 17 años (Tabla 14).

Tabla 14. Resultados del análisis coste-beneficio del Plan de Adaptación al Cambio Climático en conjunto.

Subprogramas	VAN (MUSD)	TIR	ROI	Teq (años)
La Paz, ciudad verde de altura	13.397	9,8%	1,23	25
Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo	356	10,2%	1,09	22
Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales	1.924	18,2%	2,12	10
La Paz hacia un drenaje urbano sostenible	27.475	14,0%	1,79	14
Desarrollar una nueva cultura del agua en La Paz	4.173	11,7%	1,43	17
Centro de resiliencia al cambio climático (CRCC)	95	10,7%	1,04	20
TODAS LAS COMPONENTES	**47.421**	**12,8%**	**1,61**	**17,3**

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 aportan más valor actualizado neto. Por lo tanto, es natural que los subprogramas *"La Paz hacia un drenaje urbano sostenible"* y *"La Paz, ciudad verde de altura"* son los que presentan mayor VAN, por tener un monto de inversión más alto (MUSD 65 y 37, respectivamente).

Atendiendo al TIR y al ROI, que son los indicadores de rentabilidad adimensionales y, por tanto, comparables, el subprograma más eficiente es el de *"Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales"*, debido al alto valor económico asignado a los servicios ecosistémicos que estos reservorios de agua en altura proporcionan: abastecimiento urbano, soporte de actividades agropecuarias, turismo, regulación climática, etc. El segundo subprograma con una rentabilidad más alta, aunque con unas necesidades de financiación mucho mayores, es el *"La Paz hacia un drenaje urbano sostenible"*, ya que aporta beneficios en múltiples facetas, de manera bastante equilibrada: reducción de daños de desastres, plusvalía del suelo urbano, mejora en salud pública, fortalecimiento institucional y redistribución de renta, etc.

Los cuatro subprogramas restantes se caracterizan por rentabilidades moderadas, pero todavía interesantes. El menos rentable, con un 9,8 % de TIR, es *"La Paz, ciudad verde de altura"*, debido a que requiere grandes inversiones que aportan beneficios múltiples, pero no tan altos en proporción a la inversión necesaria.

5.5. Recomendaciones para la implantación del plan de adaptación

Los seis subprogramas propuestos no representan acciones independientes y desacopladas, sino que conforman un Plan de Adaptación conjunto y coordinado para preparar al municipio de La Paz 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 y la capital de Bolivia (estrategia flexible o "*no-regrets*").

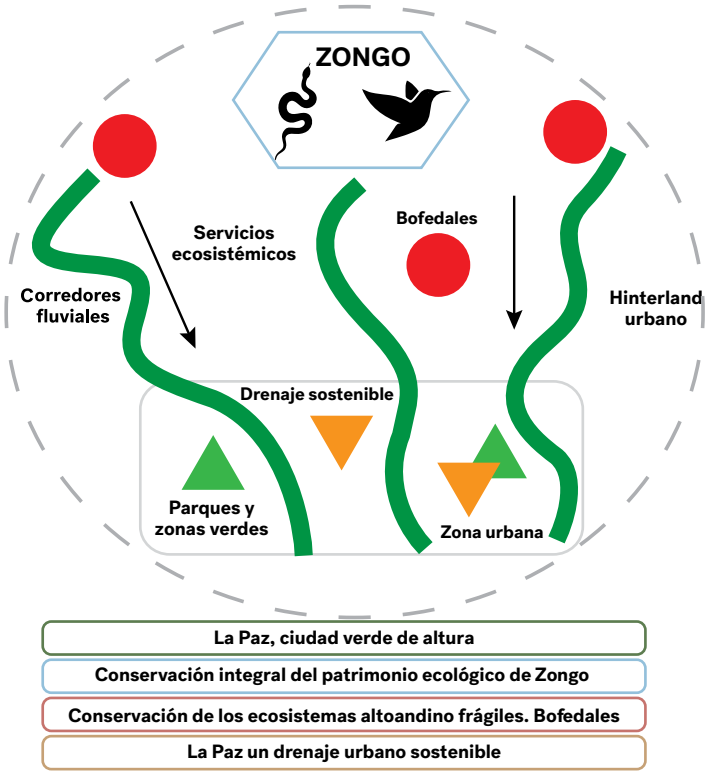
Cada uno de los subprogramas o fichas contiene un conjunto de actuaciones, estructuradas alrededor de un eje principal; si bien los ejes están claramente diferenciados, las medidas que se despliegan en torno a ellos tienen un cierto grado de solapamiento, que no debe entenderse como duplicación de inversiones, 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 La Paz sostenible.

Dimensión ambiental y de conservación

El subprograma *"La Paz, ciudad verde de altura"* se vincula, con la aplicación de medidas basadas en la naturaleza en *"La Paz hacia un drenaje urbano sostenible"*, y con la conservación de espacios naturales valiosos (desde una perspectiva de conservación) y útiles (desde una perspectiva de desarrollo), representadas por los subprogramas *"Conservación de los ecosistemas altoandinos frágiles. Bofedales" y "Conservación Integral del patrimonio ecológico de Zongo"*.

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. Esto últimos son espacios más alterados, pero con una clara vocación de crear espacios más habitables con una combinación de infraestructuras grises y verdes. Los ecosistemas naturales periurbanos se conectan con las islas verdes del espacio urbanizado a través de corredores fluviales, que también forman parte de la medida *"La Paz, ciudad verde de altura"*. 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.

Figura 41. Dimensión de protección ambiental y conservación de las medidas propuestas.

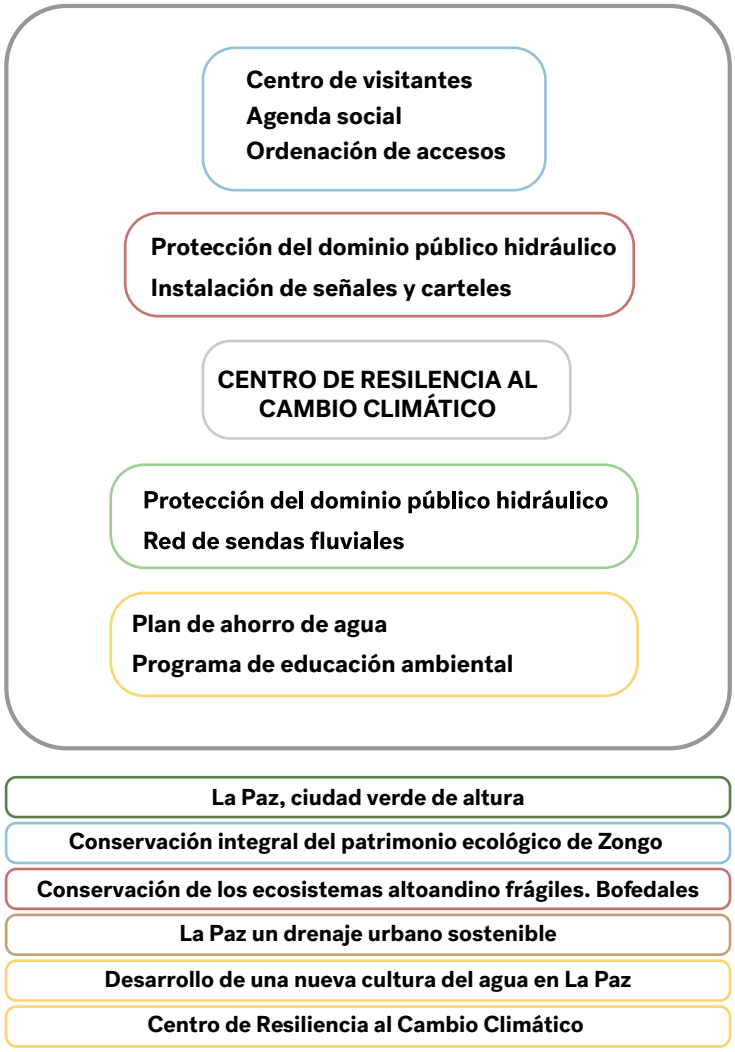


Fuente: elaboración propia, 2020.

Dimensión social, transición cultural y cambio de valores

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 creación de un Centro de Resiliencia al Cambio Climático (CRCC). 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, tanto la conservación de los bofedales como el patrimonio natural de Zongo incluyen 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.

Figura 42. Elementos culturales, educativos y de sensibilización de las medidas propuestas.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Dimensión de riesgos naturales y adaptación al cambio climático

A pesar de que el plan propuesto, estructurado en los seis subprogramas o fichas descritas, hace énfasis en aspectos de sensibilización y creación de capacidades, sobremanera institucionales, en términos presupuestarios dedica una cantidad importante de recursos a construir infraestructuras o sistemas tecnológicos que fundamentalmente servirán para reducir los riesgos de deslizamiento, inundación y sequía urbana.

El elemento más característico de este eje del Plan de Adaptación es el desarrollo e implementación de un nuevo Plan de Drenaje Sostenible para La Paz, incluyendo sistemas basados en la naturaleza (a veces llamados SUDS o *Sustainable Urban Drainage Systems"*). Estas 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 una nueva cultura del agua incluye a su vez el diseño y desarrollo de un Plan de uso eficiente del agua urbana, que es otra forma de garantizar el suministro. En definitiva, la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático mediante inversiones en infraestructuras está también contemplada en el Plan, aunque debe estar acompañado por las dimensiones ambientales y sociales antes descritas.

Figura 43. Elementos de protección frente a riesgos naturales de las medidas propuestas.

La Paz, ciudad verde de altura

Conservación integral del patrimonio ecológico de Zongo

Conservación de los ecosistemas altoandino frágiles. Bofedales

La Paz un drenaje urbano sostenible

Desarrollo de una nueva cultura del agua en La Paz

Centro de Resiliencia al Cambio Climático

Fuente: elaboración propia, 2020.

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.

- Alzérreca, A., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., Laguna, S. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. Informe Final.

- 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.

- Barrera, C. (2012). Diagnóstico general del sistema de alerta temprana GAMLP. La Paz, Bolivia.

- Barrera Uría, C. F. (2012). Diagnóstico general del sistema de alerta temprana - GAMLP. La Paz, FUNDEPCO.

- 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.

- BID (2016). Programa de Drenaje Pluvial para La Paz y El Alto.

- Bulkeley, H. (2013). Cities and climate change. New York, Routledge.

- 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 Bolivianop de la Montaña.

- Cohen, M., M. Gutman & M. VCarrizosa, Eds. (2018). Enfrentar el riesgo. Nuevas prácticas de resiliencia urbana en América Latina. New York, Corporación Andina de Fomento.

- Contraloría General del Estado (2013). Contaminación ambiental en la cuenca del río La Paz. Auditoría Ambiental. Bolivia.

- 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 (1999). Ley de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, 29 de octubre de 1999.
- Estado Plurinacional de Bolivia (2013). Ley Nº 404 de recuperación, conservación, uso y aprovechamiento sustentable de los bofedales.
- Estado Plurinacional de Bolivia (2014). Ley Nº 602, de 14 de noviembre de 2014, de Gestión de Riesgos.
- 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.
- Falkenmark, M. & Widstrand, C. (1992). Population and Water Resources: A delicate balance. Population Bulletin. Population Reference Bureau, Washington, USA.
- 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 - Nota técnica nº IDB-TN-924.
- 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
- Fundación Amigos de la Naturaleza (2016). Atlas Socioambiental de las Tierras Bajas y Yungas de Bolivia (2ª edición). Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (https://www.fan-bo.org/wp-content/uploads/2021/03/Atlas_II-Edici%c3%b3n.pdf)
- FUNDEPCO (2012). Elementos relevantes de capacidad de respuesta. GAMLP. La Paz, FUNDEPCO.
- 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.
- GAMLP (2006). Barrios de verdad. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2007). Plan Maestro de Drenaje para el área urbana de La Paz.
- GAMLP (2008). La Paz Verde. Memoria Institucional de EMAVERDE 2003-2008. La Paz, Gobierno Autónoma Municipal de La Paz.
- GAMLP (2010). Bolivia: Ley Municipal Autónoma de Gestión Integral de Riesgos de Desastres, 29 de diciembre de 2010LEY MUNICIPAL AUTONÓMICA Nº 005/2010. La Paz, Gobierno Autonómico Municipal de La Paz: 29
- GAMLP (2011). Compendio de Estadísticas Ambientales del Municipio de La Paz, 2000-2010. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2011). Mapa de Riesgos 2011. La Paz, Dirección Especial de Gestión Integral de Riesgos.

- GAMLP (2012). Mapa de contaminación acústica. La Paz, Gobierno Autónoma Municipal de La Paz
- GAMLP (2012). Mapas de contaminación atmosférica en la ciudad de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz
- GAMLP (2013). Atlas cartográfico del municipio de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2013). Medición de la pobreza en el municipio de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2014). Oferta y Demanda turística en el Municipio de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2015). Movilidad intraurbana en la Región Metropolitana de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2016). Plan de Contingencia ante déficit de precipitación. Secretaría Municipal de Gestión Integral de Riesgos.
- GAMLP (2017). Atlas de la Región Metropolitana del Departamento de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2017). Observatorio de movilidad urbana, La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2018). Cartillas Macrodistritales. Centro, Cotahuma, Hampaturi y Zongo, Mallasa, Max Paredes, Periférica, San Antonio, Sur. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2018). Ley Municipal Autonómica Nº 321 para la promoción de huertos urbanos en el municipio de La Paz.
- GAMLP (2018). Manual de diseño vial de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, Swisscontact.
- GAMLP (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible y su localización en el municipio de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2019). Agenda ODS para el municipio de La Paz. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.
- GAMLP (2019). Catálogo de Buenas Prácticas Municipales Gestión 2018. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, INCIDEM.
- GAMLP (2019). Catálogo de Buenas Prácticas Municipales: Hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible - 2019. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, INCIDEM.
- GAMLP (2019). Estadísticas hospitalarias en el marco del modelo municipal de salud, 2017 – 2018. La Paz, Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, INCIDEM.
- GAMLP (2019). Cartillas Macrodistritales del municipio de La Paz, GAMLP.
- GAMLP (2019). Ley Municipal Autonómica Nº 350 de Protección y Conservación de los Árboles en Actividades, Obras Y Proyectos de Construcción.
- 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.
- Hardy, S. (2013). Atlas de la vulnerabilidad de la aglomeración de La Paz. La Paz, IRD, Plural Editores.
- Hoffmann, D. & C. Requena (2012). Bolivia en un mundo 4 grados 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.
- Hoffmann, D. (2015). Navegando futuro. Dos experiencias de adaptación al cambio climático en Bolivia. La Paz, Fundación Friedrich Ebert.
- 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 nº2. 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
- Lorini, H. (2012). Cambio climático y relaciones hídricas en bofedales y panojales de un valle glaciar del Parque Nacional de Sajama. Agua Sustentable – NEFCO. La Paz, Bolivia.
- Lorini, H. (2014). Estrategia de adaptación al cambio climático para humedales altoandinos. Cooperación Suiza en Bolivia.
- 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.

- Martinez, 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 (2014). Plan Maestro Metropolitano de Agua Potable y Saneamiento La Paz-El Alto, Bolivia.

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (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.

- 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

- Núñez Villalba, Javier, 2007. Plan maestro de ordenamiento territorial – Hampaturi, GAMLP.

- Núñez Villalba, Javier, 2004. Diagnóstico territorial de los distritos de Zongo y Hampaturi del municipio de La Paz. Tesis de la carrera de Ing. Geográfico, UMSA.

- ONUDI (2012). Cambio climático, agua y energía en Bolivia. Washington D.C., ONUDI, Energética.

- Peres José Antonio, Cajías Marcelo, Molina Ramiro, Morales Teresa, Arias Ibet, Garrón Samuel, 2006. Plan Maestro de ordenamiento rural del distrito de Zongo. GAMLP, CEP.

- Porcel Sánchez, R. (SF). Identificación de áreas de riesgo para el crecimiento urbano en el municipio de La Paz. La Paz, Senamhi: 57

- 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 nº61.

- Quiroga Martinez, R. (2018). Estadísticas e Indicadores de Cambio Climático: perspectiva regional ALC. México, CEPAL: 49

- Ramírez, E. (2008a). Impactos del Cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto.

- Ramírez, E. (2008b). Deshielo del Nevado Murata y su impacto sobre los recursos hídricos de la cuenca de Palca. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- 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. Rodriguez 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. Estudio de resiliencia en desastres naturales en seis barrios de la ciudad de La Paz, Bolivia. La Paz, NCCR-NS.

- 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. (SF). Estudio de resiliencia en desastres naturales en seis barrios de la ciudad de La Paz, Bolivia. La Paz, NCCR-NS.

- 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): 16

- Salamanca Mazuelo, L. A. & H. Romero Velarde (2016). Comité de operaciones de emergencia municipal. Lineamiento para su conformación e implementación, organización y funcionamiento. La Paz, CARE internacional, Viceministerio de Defensa Civil.

- Sánchez Rodríguez, R., Ed. (2013). Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. Santiago de Chile, IAI, CEPAL.

- Sandoval Cáceres, O., Ed. (2011). Gestión de riesgo. ¡Tarea de todos! La Paz, GAMLP.

- 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.

- Speiss Herbst, N. (2007). Inventario de emisiones del municipio de La Paz. Swisscontact.

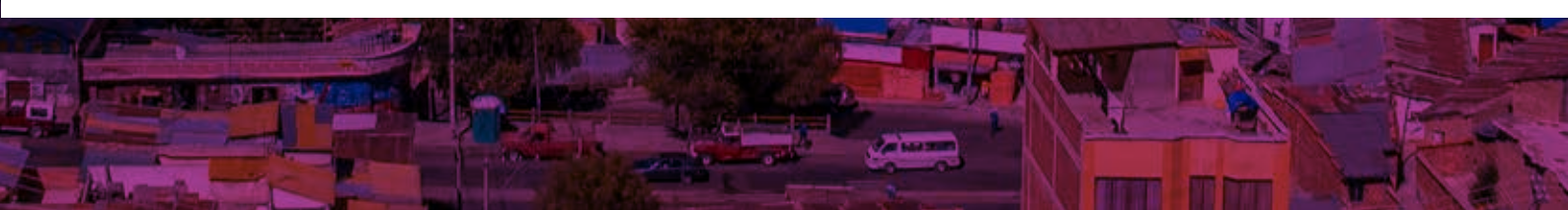
- UN-Habitat (2011). Global report on human settlements 2011. Cities and Climate Change. London - Washington D.C., UN-Habitat, Earthscan.

- 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.

BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA

laif Instrumento para Inversiones en América Latina

Financiado por la Unión Europea

AFD AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT