



Gobierno del Estado Plurinacional de

BOLIVIA

Ministerio de
Medio Ambiente y Agua



Evaluación del riesgo climático en la cuenca Guadalquivir



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa Gestión Integral
con Enfoque de Cuenca
(PROCUENCA)

La presente publicación: **Evaluación del riesgo climático en la cuenca Guadalquivir** ha sido elaborada en colaboración al Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) a través del Viceministerio de Recursos Hídricos y de Riego (VRHR) y con el apoyo técnico de la Cooperación Alemana a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Proyecto de Gestión Integral con Enfoque de Cuenca – PROCUENCA. La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH implementa medidas de desarrollo en Bolivia por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las ideas vertidas en el texto son responsabilidad exclusiva de sus autores y no comprometen la línea institucional de la GIZ. Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

Autor(es):

José Luis Gutiérrez Ossio

Revisión técnica:

Carlos Saavedra

Fotografías, diseño y diagramación:

© Archivo GIZ

La Paz, Bolivia
Noviembre, 2020
Impreso en Bolivia

Índice

Siglas, acrónimos	8
Resumen Ejecutivo	9
1 Introducción	11
2 Objetivo de la evaluación	13
3 La cuenca Guadalquivir	14
4 Análisis de la señal climática	16
4.1 Análisis de la precipitación.....	17
4.1.1 Análisis del comportamiento anual y mensual	17
4.1.2 Análisis de eventos extremos.....	19
4.2 Análisis de la temperatura media.....	21
4.3 Análisis de la variabilidad climática.....	22
4.4 Análisis de la velocidad máxima del viento.....	24
4.5 Análisis de la frecuencia de granizadas, heladas y nevadas	25
4.5.1 Frecuencia de granizadas.....	25
4.5.2 Frecuencia de heladas.....	25
4.5.3 Frecuencia de nevadas.....	26
4.6 Conclusiones y recomendaciones del análisis.....	26
5 Mapas de amenazas climáticas por unidades hidrológicas	27
5.1 Mapa de amenaza: Escasez de agua	28
5.1.1 Para el <i>tiempo presente</i>	28
5.1.2 Para el <i>tiempo futuro</i>	29
5.1.3 Conclusiones.....	32
5.2 Mapa de amenaza: Exceso de agua	33
5.2.1 Para el <i>tiempo presente</i>	33
5.2.2 Para el <i>tiempo futuro</i>	34
5.2.3 Conclusiones.....	35
6 Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Escasez de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Centros Poblados</i>	36
6.1 Indicador de amenaza.....	36
6.1.1 Indicador para el <i>tiempo presente</i>	36
6.1.2 Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	37
6.2 Indicadores de exposición	37

6.2.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	37
6.2.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	38
6.3	Indicador de vulnerabilidad.....	38
6.4	Indicador de riesgo.....	39
6.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	39
6.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	40
6.5	Conclusiones específicas de la ERC	41
6.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	42
7	Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Escasez de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Actividades Agrícolas</i>	44
7.1	Indicador de amenaza.....	44
7.1.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	44
7.1.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	45
7.2	Indicadores de exposición	45
7.3	Indicador de vulnerabilidad.....	45
7.4	Indicador de riesgo.....	47
7.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	48
7.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	49
7.5	Conclusiones específicas de la ERC	49
7.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	51
8	Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Escasez de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Actividades Pecuarias</i>	52
8.1	Indicador de amenaza.....	52
8.1.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	52
8.1.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	53
8.2	Indicadores de exposición	53
8.3	Indicador de vulnerabilidad.....	53
8.4	Indicador del riesgo	55
8.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	55
8.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	56
8.5	Conclusiones específicas de la ERC	57
8.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	58
9	Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Exceso de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Centros Poblados</i>	59
9.1	Indicador de amenaza.....	59
9.1.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	59
9.1.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	60

9.2	Indicadores de exposición	60
9.2.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	60
9.2.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	60
9.3	Indicador de vulnerabilidad.....	60
9.4	Indicador de riesgo.....	60
9.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	61
9.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	62
9.5	Conclusiones específicas de la ERC	63
9.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	63
10	Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Exceso de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Actividades Agrícolas</i>	64
10.1	Indicador de amenaza.....	64
10.1.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	64
10.1.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	64
10.2	Indicadores de exposición	65
10.3	Indicador de vulnerabilidad.....	65
10.4	Indicador de riesgo.....	66
10.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	66
10.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	67
10.5	Conclusiones específicas de la ERC	67
10.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	69
11	Evaluación del riesgo climático para la amenaza <i>Exceso de Agua</i> para el elemento expuesto <i>Actividades Pecuarias</i>	69
11.1	Indicador de amenaza.....	70
11.1.1	Indicador para el <i>tiempo presente</i>	70
11.1.2	Indicador para el <i>tiempo futuro</i>	70
11.2	Indicadores de exposición	70
11.3	Indicador de vulnerabilidad.....	70
11.4	Indicador de riesgo.....	71
11.4.1	Para el <i>tiempo presente</i>	72
11.4.2	Para el <i>tiempo futuro</i>	73
11.5	Conclusiones específicas de la ERC	74
11.6	Recomendaciones específicas de la ERC.....	75
12	Evaluación de aspectos de género e interculturalidad	75
12.1	Evaluación de aspectos de género	75
12.2	Evaluación de aspectos de interculturalidad.....	78
13	Sistema de monitoreo y evaluación del riesgo climático.....	80

13.1	Monitoreo permanente	80
13.2	Evaluación del riesgo climático.....	81
14	Conclusiones y recomendaciones finales de la evaluación.....	82
14.1	Conclusiones.....	82
14.2	Recomendaciones	83
15	Recomendaciones para el PDC.....	85
15.1	Recomendaciones generales.....	85
15.2	Recomendaciones para la línea estratégica 1: Gobernanza y gestión institucional ...	86
15.2.1	Línea de acción 1.3. Sensibilidad ambiental en las instituciones y la población	86
15.3	Recomendaciones para la línea estratégica 2: Sostenibilidad hídrica en la cuenca ...	87
15.3.1	Línea de acción 2.1. Disponibilidad de agua para diversos usos.....	87
15.3.2	Línea de acción 2.3. Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático para reducir los desastres y los impactos no deseados.....	88
15.4	Recomendaciones para la línea estratégica 4: Acceso equitativo al agua potable y saneamiento básico.....	90
15.4.1	Línea de acción 4.1. Abastecimiento sostenible de agua para consumo humano	90
15.4.2	Línea de acción 4.2. Saneamiento básico y gestión integral de residuos líquidos y sólidos en la cuenca.....	92
15.5	Recomendaciones para la línea estratégica 5: Agua para el crecimiento socioeconómico inclusivo	92
15.5.1	Línea de acción 5.1. Fomento de la producción agropecuaria sostenible bajo enfoque de gestión integral de cuencas	92
ANEXOS	95
	Anexo A: Datos numéricos de las figuras mostradas	95
	Anexo B: Indicadores de evaluación	99

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de las zonas de la cuenca Guadalquivir	15
Figura 2: Mapa de centros poblados por nivel de pobreza por NBI	16
Figura 3: Precipitación total anual (Est.Met. Tarija Aeropuerto)	17
Figura 4: Precipitación total mensual (Est.Met. Tarija Aeropuerto).....	18
Figura 5: Histograma de la precipitación diaria (Est.Met. Tarija Aeropuerto)	19
Figura 6: Temperatura media anual (Est.Met. Tarija Aeropuerto).....	21

Figura 7: Temperatura media mensual (Est.Met. Tarija Aeropuerto).....	22
Figura 8: Velocidad mensual máxima de viento (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	24
Figura 9: Frecuencia anual de heladas (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	25
Figura 10: Mapa de amenaza por escasez de agua por UH: Tiempo presente	29
Figura 11: Tendencia lineal de datos históricos y escenarios futuros de la precipitación de la UH 8589935.....	30
Figura 12: Tendencia lineal de datos históricos y escenarios futuros de la evapotranspiración de la UH 8589935.....	31
Figura 13: Mapa de amenaza por escasez de agua por UH: Tiempo futuro.....	32
Figura 14: Mapa de amenaza por exceso de agua en UH: Tiempo presente.....	34
Figura 15: Mapa de amenaza por exceso de agua en UH: Tiempo futuro	35
Figura 16: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en Centros Poblados: Tiempo presente	40
Figura 17: Riesgo por Escasez de Agua en Centros Poblados: Tiempo futuro	41
Figura 18: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo presente ...	48
Figura 19: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo futuro	49
Figura 20: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Presente ...	55
Figura 21: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Futuro	56
Figura 22: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en Centros Poblados: Tiempo presente.....	61
Figura 23: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en Centros Poblados: Tiempo futuro	62
Figura 24: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo presente	66
Figura 25: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo futuro	67
Figura 26: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Presente	72
Figura 27: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Futuro	73
Figura 28: Mapa de aspectos de género	77
Figura 29: Mapa de aspectos de interculturalidad.....	79

Índice de cuadros

Cuadro 1: Eventos adversos ocurridos en los municipios de la cuenca	11
Cuadro 2: Impactos de los eventos meteorológicos adversos en los municipios de la cuenca .	12
Cuadro 3: Datos de la pobreza por NBI en la cuenca	14
Cuadro 4: Precipitación total mensual (Est.Met. Tarija Aeropuerto)	18
Cuadro 5: Histograma de precipitaciones diarias (Est.Met. Tarija Aeropuerto).....	19

Cuadro 6: Variabilidad interanual de la precipitación total (Est. Met. Tarija Aeropuerto).....	22
Cuadro 7: Variabilidad mensual de la precipitación total (Est. Met. Tarija Aeropuerto).....	23
Cuadro 8: Número de centros poblados por municipio	37
Cuadro 9: Tasa de crecimiento poblacional municipal	38
Cuadro 10: Superficie agrícola en alto riesgo a la escasez de agua. Por producto	50
Cuadro 11: Consumo de agua (litros/día) por familia de ganado	54
Cuadro 12: Superficie agrícola en alto riesgo a la escasez de agua. Por familia	57
Cuadro 13: Superficie agrícola en alto riesgo a la exceso de agua. Por producto	68
Cuadro 14: Sensibilidad al exceso de agua por familia de ganado	71
Cuadro 15: Número de cabezas de ganado en alto riesgo a la exceso de agua. Por familia	74
Cuadro 16: Auto identificación con pueblos o comunidades.....	78
Cuadro 17: Indicadores de monitoreo	80
Cuadro 18: Precipitación total anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto).....	95
Cuadro 19: Precipitación total mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	96
Cuadro 20: Temperatura media anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	96
Cuadro 21: Temperatura media mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	97
Cuadro 22: Variabilidad interanual de la temperatura media anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	97
Cuadro 23: Variabilidad mensual de la temperatura media (Est. Met. Tarija Aeropuerto)	97
Cuadro 24: Frecuencia anual de heladas (Est. Met. Tarija Aeropuerto).....	98
Cuadro 25: Indicadores de evaluación.....	99

Siglas, acrónimos

BPG	Buenas prácticas ganaderas
CA	Censo Agropecuario del INE
Censo 2012	Censo de Población y Vivienda 2012
Censo 2013	Censo Agropecuario 2013
CPV	Censo de población y vivienda del INE
ERC	Evaluación del riesgo climático
Est. Met.	Estación meteorológica
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
KPH	Kilómetro por hora
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MIC	Manejo Integral de Cuencas
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MPD	Ministerio de Planificación del Desarrollo
NBI	Pobreza por necesidades básicas insatisfechas
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PDC	Plan Director de la Cuenca
PNL	Población en edad no laboral, comprendida en las edades de 0 a 10 y 60 años a adelante
PROCUENCA	Programa de Gestión Integral con Enfoque de Cuenca
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SISMET	Base de datos Sistema Meteorológico del SENAMHI
UH	Unidad Hidrológica
UPA	Unidad de Producción Agropecuaria

Resumen Ejecutivo

La cuenca Guadalquivir se encuentra ubicada en el departamento de Tarija y comprende cuatro municipios, cuenta con una superficie de 3,334 Km², los cuales han sido dividido en 78 unidades hidrológicas (UH). La problemática principal de la cuenca se centra en debilidades en la gobernanza e institucionalidad para la aplicación de la normativa hídrica ambiental; disminución de las funciones ecosistémicas/ambientales de la cuenca; baja disponibilidad de agua en la cuenca no solo en cantidad sino también en calidad; baja eficiencia en el uso de agua para consumo humano, saneamiento básico y producción agrícola y otros usos. Dicha problemática se ve exacerbada por la variabilidad y el cambio climático.

Basado en el análisis de los datos de precipitación y temperatura media en el *tiempo pasado* (1961-1990) y *tiempo presente* (1991-2016) de la Est. Met. Tarija Aeropuerto, se concluye que se evidencia un cambio climático, el cual se manifiesta con la reducción de la cantidad de lluvia precipitada tanto interanual como mensualmente, así como un incremento de la temperatura media. Un hecho preocupante es el número de días elevado sin precipitación, lo cual puede afectar a los centros poblados y las actividades agrícolas y pecuarias de la cuenca.

Los impactos del cambio climático experimentados en la cuenca muestran la necesidad en primera instancia de identificar los centros poblados, las comunidades agrícolas y pecuarias que tenga elevados niveles de riesgo climático ante la amenaza *escasez de agua* y *exceso de agua*, para poder sugerir al Plan Director de Cuenca (PDC) la inclusión de actividades de adaptación al cambio climático. El descrito proceso se lo conoce como *evaluación del riesgo climático*, el cual se aplicó en la cuenca usando la metodología desarrollada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en el documento titulado *Evaluación de Riesgo Climático para la Adaptación basada en Ecosistemas: Una guía para planificadores y practicantes*.

De las 78 unidades hidrológicas en la cual ha sido dividida la cuenca (nivel 7) 36 de ellas han sido clasificadas con alto grado de amenaza a la *escasez de agua*, lo cual hace que las actividades que se desarrollen en las mismas tengan condiciones desfavorables. Las UH de la cuenca también se pueden ver afectadas por la amenaza *exceso de agua*, habiéndose identificado que 13 de ellas, tienen un elevado grado de amenaza, lo cual puede repercutir en riadas e inundaciones en las zonas bajas de dichas subcuencas.

De los 167 centros poblados, identificados por el Censo 2012, 64 de ellos, tiene alto riesgo a la *escasez de agua*, la cual es explicado principalmente por un nivel elevado de pobreza, expresado en necesidades básicas insatisfechas. La implicancia de este elevado nivel de riesgo, se da sobre los sistemas de dotación de agua, los cuales pueden por falta de agua, tener una provisión intermitente, con el peligro de contaminación microbiológica principalmente, poniendo con ello en peligro la salud de los consumidores. Adicionalmente, 17 centros poblados, han sido catalogados con riesgo alto al *exceso de agua*, lo cual implicaría la inundación de los sectores bajos.

En la cuenca, el 62 por ciento de la superficie cultivada cuenta con un sistema de riego, haciéndolos menos vulnerables y dependientes a la reducción de la precipitación o su variabilidad en tiempo y espacio. Sin embargo, se han identificado 26 comunidades agrícolas con alto riesgo a la *escasez de agua*, debido a una disponibilidad baja de lluvias, falta de sistemas de riego, cultivos no tolerantes a las sequías, y condiciones bajas de mecanización y equipamiento agrícola que en conjunto ponen en riesgo la cantidad y calidad de la cosecha. Aunque en menor medida, también la actividad agrícola se ve afectada por la amenaza *exceso de agua*, pero ésta es de menor importancia que la generada por la *escasez de agua*. Similar

panorama al de la actividad agrícola, debe enfrentar la actividad pecuaria, la cual puede verse afectada debido a la escasez de agua y al exceso de agua.

Ante los impactos del cambio climático presentes y futuros, es necesario que el Plan Director de Cuenca, identifique acciones que vayan a reducir la problemática principal de la cuenca, las cuales deberían concentrarse en las poblaciones y comunidades de alto riesgo, en especial a la amenaza *escasez de agua*. Las acciones a ser planificadas e implementadas en la cuenca deben probar ser *clima-resistente*, o sea que las mismas no se vean afectadas en su eficiencia por los impactos del cambio climático.

La presente evaluación, presenta sugerencias de un conjunto de estudios y medidas de adaptación para ser incluidos en el PDC. Los primeros (estudios) permitirán recabar la información necesaria para focalizar las acciones en las comunidades más necesitadas; mientras que los segundos (medidas de adaptación) son propuestas de acciones que no solo permitirían reducir la problemática principal de la cuenca, sino que permitirían bajar el nivel de riesgo al cambio climático, y con ello reducir la probabilidad que estos se materialicen en impactos.

La distribución de la población en la cuenca, que se concentra en su gran mayoría en la ciudad de Tarija, debe ser abordada de manera separada del resto de los centros poblados urbanos o rurales, ya que la problemática y las capacidades de dicha ciudad, es mayor que de las otras. La mitigación de los problemas en la ciudad, incidirá grandemente en la cuenca, en especial, aguas abajo de ese centro poblado.

1 Introducción

Durante el periodo comprendido entre el 20 de febrero de 1971 al 15 de septiembre de 2013, la base de datos de *DesInventar*¹, ha registrado la ocurrencia de eventos adversos de origen meteorológico en los municipios de la cuenca, los cuales son mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Eventos adversos ocurridos en los municipios de la cuenca

Municipio	Evento adverso	
	Descripción	Número
Tarija	Inundación	22
	Granizada	18
	Incendio forestal	11
	Riada	7
	Vientos fuertes	5
	Helada	4
	Sequía	4
	Tempestad	1
Padcaya	Incendio forestal	6
	Inundación	6
	Granizada	5
	Helada	3
	Vientos fuertes	3
	Deslizamiento	2
	Lluvias	1
Uriondo	Granizada	10
	Inundación	10
	Riada	3
	Helada	2
	Incendio forestal	1
Villa San Lorenzo	Incendio forestal	13
	Granizada	6
	Inundación	4
	Riada	3
	Helada	2
	Vientos fuertes	1

¹ DesInventar es una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres. Incluye: (i) metodología (definiciones y ayudas para el manejo de datos); (ii) estructura de base de datos flexible; (iii) software para alimentación de la base de datos; y (iv) software para consulta de los datos (no limitado a un número predefinido de consultas), con opciones de selección de los criterios de búsqueda y presentación de resultados en diversos consolidados: Mapas, Gráficos, datos. (<https://www.desinventar.org/>).

Dichos eventos han generado impactos negativos en los municipios de la cuenca² (Cuadro 2), los cuales han limitado el desarrollo económico y social, afectando sus medios de vida y capacidad de generación de ingresos³.

Cuadro 2: Impactos de los eventos meteorológicos adversos en los municipios de la cuenca

Municipio	Población			Viviendas		Afectación	
	Dañificada	Fallecida	Heridos	Destruídas	Afectadas	Hecta-reas	Cabezas de ganado
Tarija	63605	3	2365	614	171	5573	0
Padcaya	20880	0	12555	0	8	4380	0
Uriondo	17934	0	1305	3	29	2014	0
Villa San Lorenzo	14215	5	1102	0	1	1836	0

Existe consenso entre la comunidad científica que el cambio climático se irá intensificando generando impactos, principalmente negativos en los sistemas naturales y humanos en todo el planeta. El Cuadro 2 es una constatación que en el pasado existieron impactos, por lo que es de esperarse, basada en las proyecciones, que esos efectos también se harán sentir con mayor intensidad en los próximos años y décadas, razón por la cual es necesario incluir en los procesos de planificación acciones que reduzcan la afectación causados por los impactos del cambio climático en la cuenca.

Un primer paso, en el mencionado propósito, es el desarrollo de una evaluación del riesgo climático en la cuenca, que permita identificar las poblaciones que tengan un elevado riesgo climático, para planificar la integración de estrategias y prácticas de adaptación y mitigación al cambio climático en la gestión de la cuenca. También esta evaluación, permitirá el establecimiento de una línea de base del riesgo climático presente, a través de la valoración de los componentes del riesgo climático, como son la amenaza, exposición, y vulnerabilidad en el tiempo presente y una valoración estimada del riesgo climático futuro, aportando con información de las comunidades y áreas de la cuenca con mayor riesgo, lo cual permitirá la priorización de acciones de adaptación al cambio climático en el marco de la programación plurianual del Plan Director de Cuenca (PDC), con el fin de prevenir y/o reducir los impactos del cambio climático en la cuenca, tanto en el presente como en el futuro.

El presente documento, que resume los resultados de la *Evaluación del riesgo climático en la cuenca Guadalquivir*, está organizado de la siguiente manera:

- a) **Análisis de la señal climática**, la cual presenta e interpreta los datos de precipitación, temperatura media, velocidad del viento, frecuencia de granizadas, heladas y nevadas, que

² La base de datos de *DesInventar* tiene organizada su información a nivel de municipio y no así de comunidad/centro poblado.

³ En los cuatro municipios integrantes de la cuenca, no se reporta afectación sobre el ganado por eventos meteorológicos, debido a que todos ellos no tienen vocación ganadera (ganado mayor). Los municipios de Entre Ríos y Villamontes si reportan elevada afectación en el número de cabezas de ganado; sin embargo, ellos no son parte de la cuenca.

han sido en el pasado y probablemente serán en el futuro responsables de los daños y pérdidas. Los datos corresponden a una de las estaciones meteorológicas, ubicada en la localidad con mayor población de la cuenca y que tiene el mejor registro histórico.

- b) **Mapa de amenaza climática por unidad hidrológica**, la información meteorológica utilizada para la evaluación fue por unidad hidrológica. Dicha información fue la base para la valoración de las dos amenazas climáticas evaluadas: *escasez de agua* y *exceso de agua*.
- c) **Evaluación del riesgo climático para el elemento expuesto centros poblados**, la cual se realizó para el *tiempo presente* y *tiempo futuro* para las amenazas climáticas *escasez de agua* y *exceso de agua*.
- d) **Evaluación del riesgo climático para el elemento expuesto actividades agrícolas**, al igual que la anterior evaluación, ésta se realizó para el *tiempo presente* y *tiempo futuro* para las amenazas climáticas *escasez de agua* y *exceso de agua*.
- e) **Evaluación del riesgo climático para el elemento expuesto actividades pecuarias**, de forma similar a las dos anteriores evaluaciones, ésta se realizó para las amenazas climáticas *escasez de agua* y *exceso de agua* en los *tiempo presente* y *tiempo futuro*.

Si bien para cada evaluación se presentan conclusiones y recomendaciones específicas consistentes en medidas de adaptación; al final de este documento se incluyen las conclusiones y recomendaciones generales, las cuales fueron redactadas en base a las conclusiones específicas, pero con un enfoque más holístico que la problemática del cambio climático va generando en la cuenca.

Adicionalmente, este documento incluye dos acápite complementarios a las evaluaciones del riesgo climático presentadas. El primero es la evaluación de aspectos de género e interculturalidad, en la cual, con base a los datos disponibles del Censo 2012, se identifica las comunidades en las cuales se dan las condiciones para la existencia de inequidad de género, y aquellas en las cuales, tienen las condiciones para tomar ventaja de la implementación de la interculturalidad en las comunidades de la cuenca. El segundo acápite es la propuesta de un sistema de monitoreo y evaluación del riesgo climático en la cuenca, que permitirá que el esfuerzo realizado no termine con la presentación de este documento, sino que a través de este sistema, se mejore el nivel de conocimiento tanto cualitativa como cuantitativamente, permitiendo a los tomadores de decisión identificar acciones que eviten o disminuyan los riesgos climáticos y por ende que estos se vean materializados en impactos negativos en la cuenca.

2 Objetivo de la evaluación

El objetivo de la evaluación del riesgo climático en la cuenca es:

Identificar y cuantificar los riesgos climáticos presentes y futuros generados por la escasez y el exceso del agua, sobre los centros poblados, las actividades agrícolas y las actividades pecuarias asentadas en la cuenca Guadalquivir, con el fin de aportar información sobre el riesgo climático, la priorización para la implementación de acciones de adaptación en las comunidades de la cuenca y propuesta de acción para reducir el nivel de riesgo que puedan ser incorporadas en el Plan Director de Cuenca.

Para alcanzar dicho objetivo, se utilizó la metodología desarrollada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, en el documento titulado *Evaluación de Riesgo Climático para la Adaptación basada en Ecosistemas: Una guía para planificadores y practicantes*.⁴

3 La cuenca Guadalquivir

La cuenca Guadalquivir está ubicada en el departamento de Tarija entre los 64°24'12" y 65°03'06" de latitud Sud y 21°12'48" y 22°03'45" de longitud Oeste con alturas que oscilan entre los 1595 y 4750 m.s.n.m. Comprende a 4 municipios (Padcaya, Tarija, Uriondo, Villa San Lorenzo). El área total de la cuenca es aproximadamente 3334 Km², los cuales han sido divididos en 78 unidades hidrológicas, las cuales 30, 34, 14 corresponden a la parte Baja, Media, Alta respectivamente.

La población registrada en el Censo de Población y Vivienda 2012 para los 167 centros poblados/comunidades fue de 243765, proyectándose una población del 460945 habitantes para el años 2050, basados en las tasas de crecimiento intercensal municipal⁵.

La problemática principal de la cuenca se centra en: (i) vacíos de gobernanza, institucionalidad y de aplicación de la normativa hídrica ambiental; (ii) disminución de las funciones ecosistémicas/ambientales de la cuenca; (iii) disponibilidad de agua en la cuenca afectada por la contaminación hídrica, la sobreexplotación y el impacto del cambio climático; (iv) demanda insatisfecha (déficit) y baja eficiencia en el uso de agua para consumo humano y el saneamiento básico; y (v) demanda no cubierta (déficit) y baja eficiencia en el uso del agua en la producción agrícola y otros usos (Ej. industria, energía).

Cuadro 3: Datos de la pobreza por NBI en la cuenca

Grado de pobreza⁶	Número de comunidades	Número de personas pobres	Porcentaje de la población pobre⁷
Alta ⁸	72	15104	6.2
Media ⁹	55	25085	10.3
Baja ¹⁰	40	203576	83.5

⁴ <https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/06/giz-eurac-unu-2019-esp-guia-evaluacion-riesgo-climatico-abe-screen.pdf>

⁵ Las tasas intercensales de los 167 municipios que integran la cuenca tienen un rango de -0.27 a 2.6 %.

⁶ Para definir los límites de los grados de pobreza en la cuenca, se utilizó el *método de pausas naturales* o *método de clasificación Jenks*.

⁷ Con relación al total de la población de la cuenca para el año 2012.

⁸ Agrupa a las comunidades que tienen más del 74 por ciento de su población en estado de pobreza por NBI.

⁹ Agrupa a las comunidades que tienen entre el 45 a 73 por ciento de su población en estado de pobreza por NBI.

¹⁰ Agrupa a las comunidades que tienen menos del 44 por ciento de su población en estado de pobreza por NBI.

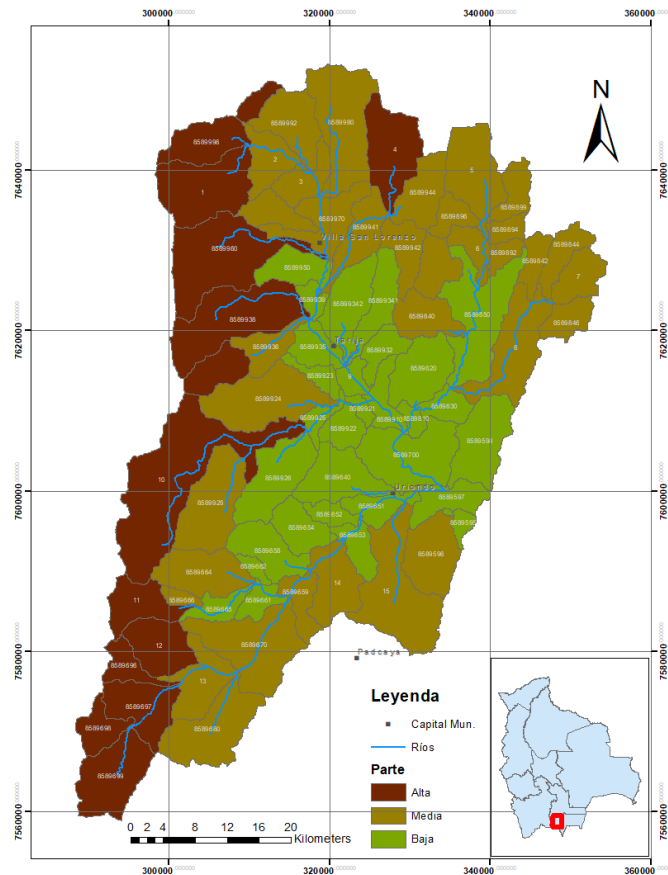


Figura 1: Mapa de las zonas de la cuenca Guadalquivir

Los datos de la pobreza por necesidades básicas en la cuenca son mostrados en el Cuadro 3, cuya distribución es presentada en la Figura 2. Si bien es elevado el número de centros poblados (72 comunidades) con población pobre superior al 74 por ciento, el número de pobladores en dicho estado es del 6.2%, lo cual se puede explicar por la influencia que tiene la ciudad de Tarija, en la cuenca, ya que se encuentra entre los centros poblados con menor número de población pobre (16.8 % de su población es pobre) y tiene la mayor cantidad de población en la cuenca.

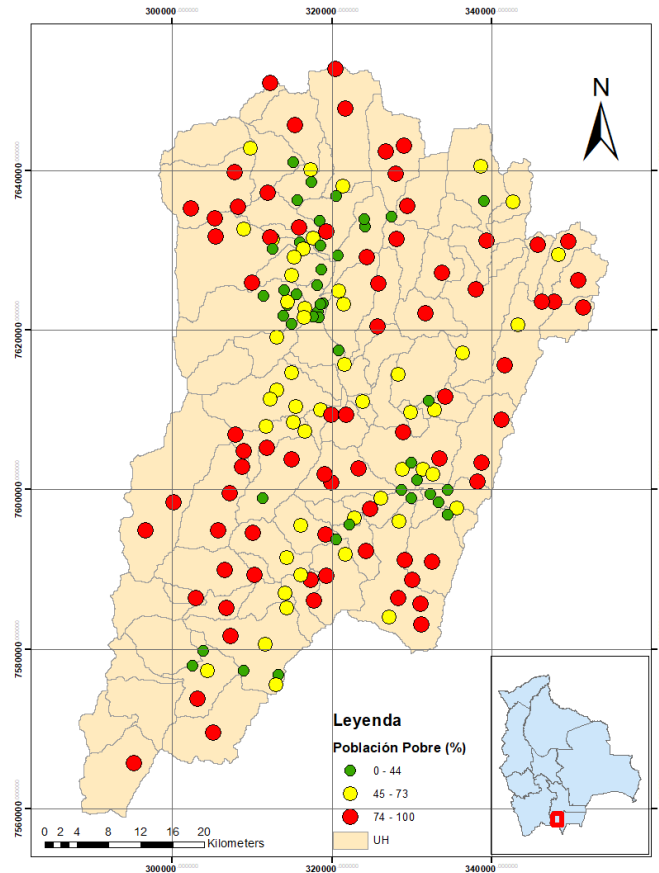


Figura 2: Mapa de centros poblados por nivel de pobreza por NBI

4 Análisis de la señal climática¹¹

La información meteorológica de las 78 unidades hidrológicas de la cuenca tienen una alta correlación en sus valores¹², lo cual permite para el análisis de la señal climática utilizar, como un ejemplo, la información correspondiente a una de las estaciones meteorológicas, ubicada en la localidad con mayor población de la cuenca y que tiene el mejor registro histórico. Dicha estación es la denominada por el SENAMHI como Tarija Aeropuerto¹³, debido a que cuenta con un buen registro histórico comparado con las otras estaciones ubicadas en la cuenca. La fuente de información es el SISMET del SENAMHI¹⁴.

¹¹ Este análisis no está incluido dentro de los módulos sugeridos por la Guía elaborada por la GIZ para la evaluación del riesgo climático.

¹² El rango de los valores de correlación entre las UH para la precipitación histórica es de 0.821 a 0.996; mientras que para la evapotranspiración es de 0.997 a Aprox. 1 (tolerancia de 0.0001).

¹³ La estación está ubicada en el municipio de Tarija de la provincia Cercado del departamento de Tarija (**Latitud** Sud: 21° 32' 48", **Longitud** Oeste: 64° 42' 39", **Altura** m.s.n.m.: 1875)

¹⁴ <http://senamhi.gob.bo/index.php/sismet>

Para que se pueda percibir tanto el cambio como la variabilidad climática registrada por la Est. Met. Tarija Aeropuerto, que se constituye en un ejemplo de lo que puede estar pasando en la cuenca en especial para los parámetros de precipitación y temperatura media, se presentan varias gráficas en este acápite del documento, cuyos valores numéricos se encuentran en el Anexo A.

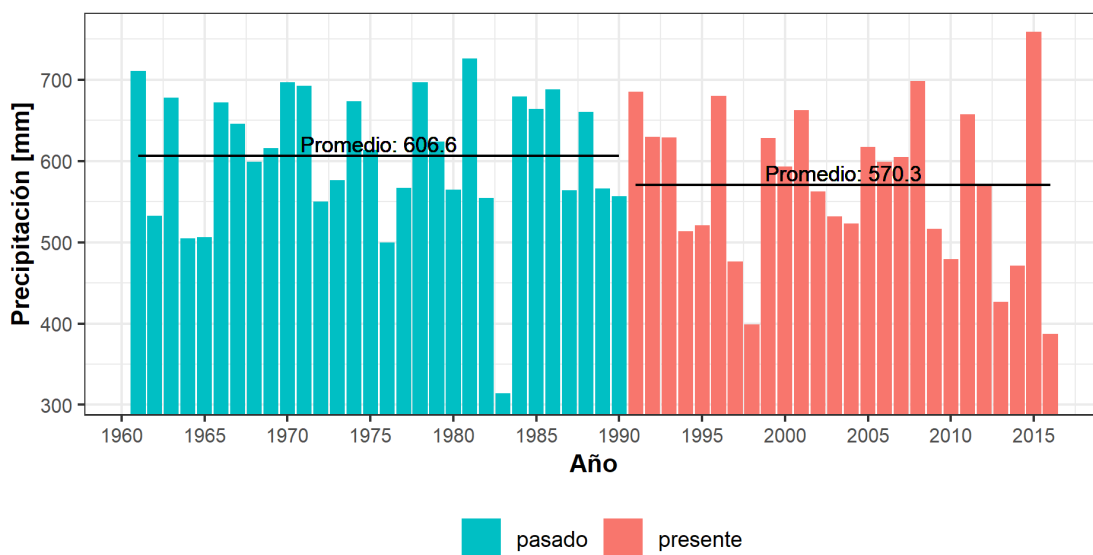
4.1 Análisis de la precipitación

El análisis de la precipitación se dividió en dos partes. En la primera se utilizó la información mensual para establecer su comportamiento inter-anual e intra-anual (mensual). La segunda parte, usó la información diaria de la precipitación, para analizar los eventos extremos.

4.1.1 Análisis del comportamiento anual y mensual

Precipitación Total Anual

Estación Meteorológica: Tarija Aeropuerto



Fuente de datos: SISMET-SENAMHI

Figura 3: Precipitación total anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Para este análisis se usó la información de la *precipitación total*, de la estación meteorológica Tarija Aeropuerto en el periodo 1961 a 2016¹⁵, misma que ha sido dividida en dos periodos¹⁶:

¹⁵ En el periodo 1961 a 2016, en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, para el parámetro *precipitación total*, no se han identificado vacíos en los registros mensuales.

¹⁶ Para los estudios relacionados a cambio climático, por recomendación del IPCC y OMM, el registro histórico de la información meteorológica, se los divide en dos periodos, asignándoles al periodo de referencia (*tiempo pasado*), la información de los primeros 30 años y los restantes al *tiempo presente*.

- **Tiempo pasado**, que abarca las mediciones entre los años 1961 a 1990.
- **Tiempo presente**, que abarca las mediciones realizadas entre los años 1991 a 2016¹⁷.

La Figura 3 muestra una disminución del promedio de precipitación total anual entre el periodo pasado al presente de 36.3 milímetros. De los 26 años que comprende el *tiempo presente*, 10 registran valores de precipitación anual superiores al promedio del *tiempo pasado*, es decir 61.5 por ciento de los años han tenido precipitaciones menores al promedio del *tiempo pasado*.

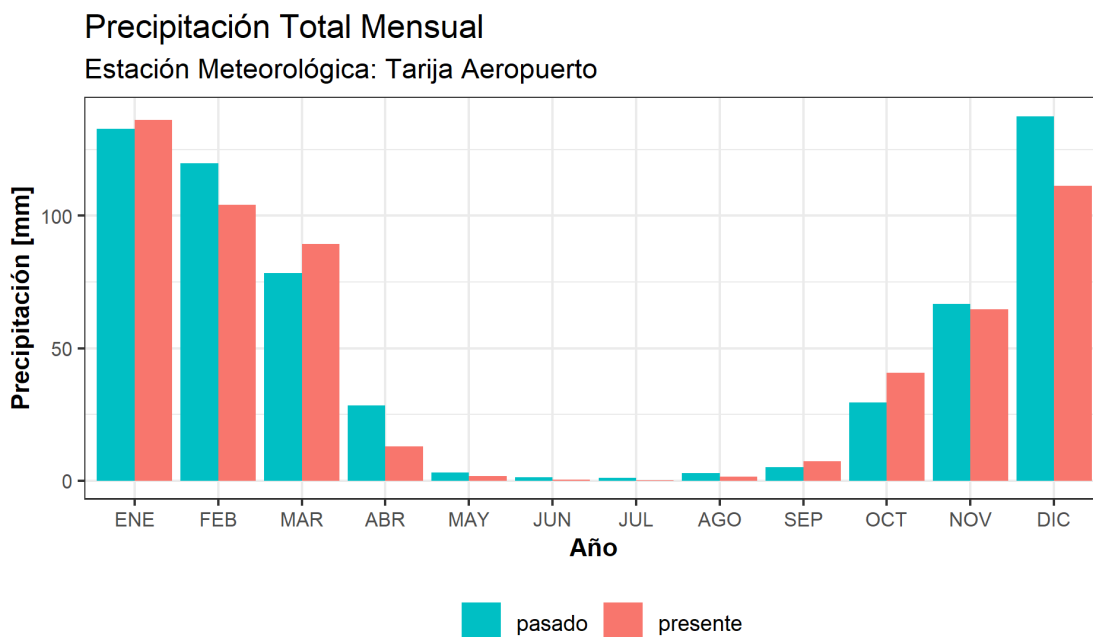


Figura 4: Precipitación total mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Cuadro 4: Precipitación total mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

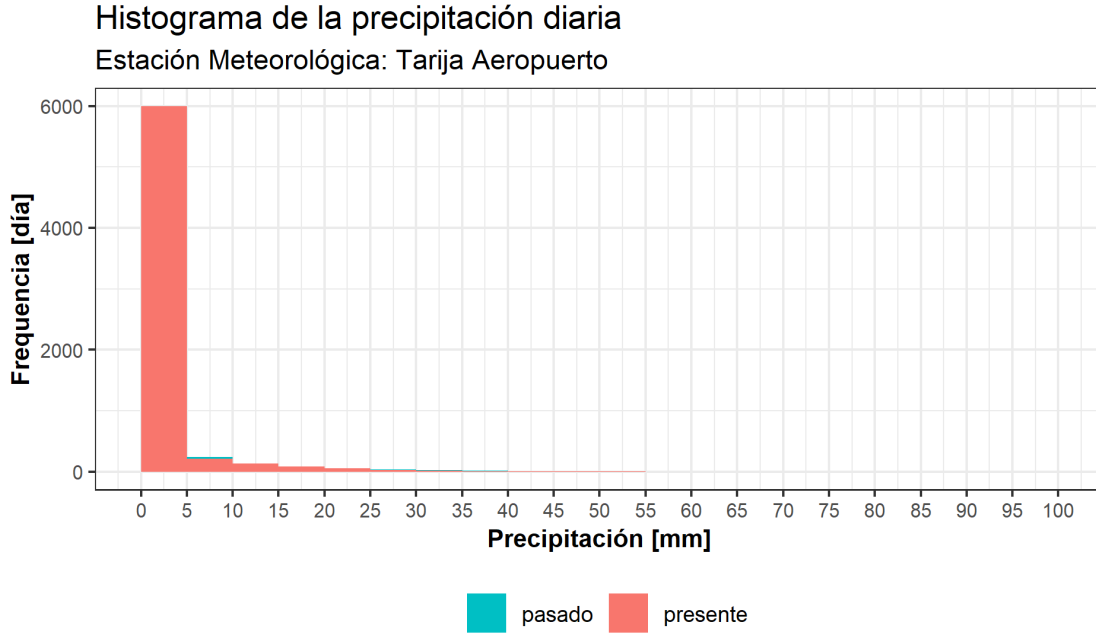
Tiempo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
pasado	132.9	119.8	78.4	28.3	3.0	1.3	1.0	2.9	5.1	29.6	66.8	137.5
presente	136.1	104.2	89.4	12.9	1.7	0.3	0.2	1.4	7.4	40.7	64.6	111.4

Por su parte, en la Figura 4, se muestra la comparación de la precipitaciones a nivel mensual entre el tiempo pasado y presente. En los meses de octubre, marzo, enero y septiembre se registra que la precipitación en el *tiempo presente* es mayor que en el *tiempo pasado* en 11.1, 11, 3.2, 2.3 milímetros de precipitación respectivamente. Por su parte el mes de diciembre es el que registra la mayor disminución de precipitación (26.1 mm) entre el *tiempo pasado* y el *tiempo presente*.

¹⁷ Sólo se tiene registros completos de la Est. Met. Tarija Aeropuerto hasta el año 2016.

4.1.2 Análisis de eventos extremos

Para el análisis de eventos extremos de precipitación se utilizó la información de la estación meteorológica Tarija Aeropuerto, la cual tiene registros diarios de precipitación para el periodo 1980 al 2015, mismos que fueron facilitados a PROCUENCA por el MMAyA, para la actualización del modelo WEAP de la cuenca.



Fuente de datos: PROCUENCA

Figura 5: Histograma de la precipitación diaria (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Cuadro 5: Histograma de precipitaciones diarias (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Intervalo de precipitación [mm]		Nro. de días en el tiempo		Porcentaje del Nro. de días en el tiempo	
Mínimo	Máximo	Pasado	Presente	Pasado	Presente
0	5	5985	5998	91.0	91.2
5	10	245	210	3.7	3.2
10	15	116	138	1.8	2.1
15	20	90	90	1.4	1.4
20	25	45	53	0.7	0.8
25	30	33	30	0.5	0.5
30	35	22	18	0.3	0.3
35	40	17	12	0.3	0.2
40	45	8	5	0.1	0.1
45	50	4	8	0.1	0.1
50	55	3	5	0.0	0.1

Intervalo de precipitación [mm]		Nro. de días en el tiempo		Porcentaje del Nro. de días en el tiempo	
Mínimo	Máximo	Pasado	Presente	Pasado	Presente
55	60	2	2	0.0	0.0
60	65	1	0	0.0	0.0
65	70	2	1	0.0	0.0
70	75	1	1	0.0	0.0
75	80	0	2	0.0	0.0
80	85	0	1	0.0	0.0
85	90	0	0	0.0	0.0
90	95	0	0	0.0	0.0
95	100	1	0	0.0	0.0

Con dicha información se elaboró el histograma de precipitaciones diarias de la Est. Met. Tarija Aeropuerto¹⁸ (Figura 5 y Cuadro 5). El periodo de datos de 36 años se los dividió en periodos de 18 años, el primero se lo denominó *tiempo pasado* y al segundo *tiempo presente*¹⁹.

El primer intervalo de frecuencias (0 hasta 5 mm) del histograma en el *tiempo pasado* y *tiempo presente* acapara el 91 y 91.2 por ciento respectivamente de todos los días que se tiene registro de precipitación, de dicha cantidad de días, 5235 y 5119 días corresponden al número de días con precipitación igual a cero en el *tiempo pasado* y *tiempo presente* respectivamente.

Los valores que permiten establecer si una precipitación puede ser considerada como un evento extremo, sea por déficit o exceso, está establecido por los percentiles 10 y 90 respectivamente. Para los datos de precipitación diaria de la Est. Met. Tarija Aeropuerto, dichos percentiles son para el *tiempo pasado* 0 mm y 4.2 mm y para el *tiempo presente* son 0 mm y 4 mm de precipitación. Para el percentil-10, o sea para los eventos extremos por déficit, dicho valor no ha cambiado entre los primeros 18 años correspondientes al *tiempo pasado* y los correspondientes para el *tiempo presente*, como tampoco se nota una diferencia notable en el número de días con precipitación nula en ambos tiempos.

Para los eventos extremos por exceso de precipitación, se nota una reducción en el límite que los define (percentil-90) entre el *tiempo pasado* y *tiempo presente* con una reducción de 4.2 mm a 4 mm, la cual puede considerarse como una reducción modesta. La precipitación extraordinaria más alta registrada por la estación meteorológica se dio en el *tiempo pasado* el 06 de enero de 1987 con una precipitación de 97.8 mm.

¹⁸ En el histograma se graficó la información del *tiempo presente*, encima de la información del *tiempo pasado*. Sólo en el intervalo de 5 a 10 mm de precipitación, se puede observar que la frecuencia es ligeramente mayor en el *tiempo pasado* que en el *tiempo presente*

¹⁹ Se dividió en periodos iguales, de manera que se puedan comparar las frecuencias de ambos *tiempos* de manera directa.

4.2 Análisis de la temperatura media

Similar a lo realizado en el análisis de la precipitación total, los datos registrados de la temperatura media de la Est. Met. Tarija Aeropuerto²⁰ fueron divididos en dos periodos:

- **Tiempo pasado**, que abarca las mediciones entre los años 1961 a 1990.
- **Tiempo presente**, que abarca las mediciones realizadas entre los años 1991 a 2016²¹.

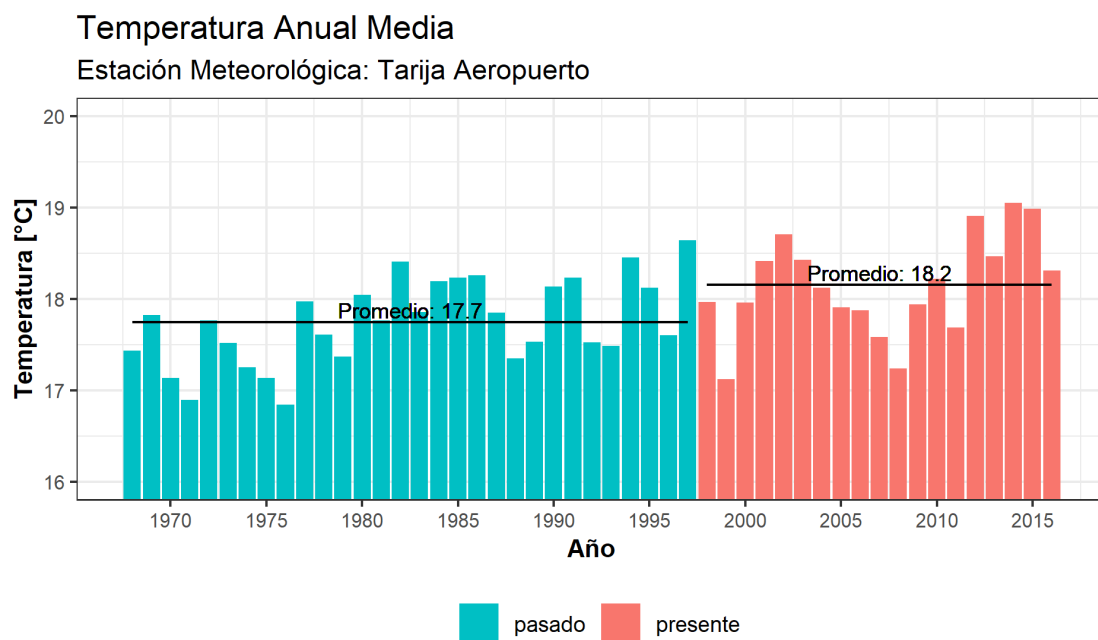


Figura 6: Temperatura media anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Como muestra la Figura 6, en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, existe un incremento del promedio de la temperatura media entre el *tiempo pasado* (17.7 °C) al *tiempo presente* (18.2 °C). Por su parte, la Figura 7 muestra que, para todos los meses del año, exceptuando mayo, se registra en promedio una mayor temperatura media en el *tiempo presente* que en el *tiempo pasado*. Los meses de septiembre, agosto, octubre, registran los mayores incrementos de temperatura media con 0.74, 0.73, 0.7 grados centígrados respectivamente

²⁰ En el periodo 1961 a 2016, en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, para el parámetro *temperatura media*, se han identificado 5 registros mensuales que no contaban con dato, para completar los mismos, se rellenó usando el promedio para dicho mes correspondiente al *tiempo pasado* o *presente* al que pertenecía.

²¹ Sólo se tiene registros completos de la Est. Met. Tarija Aeropuerto hasta el año 2016

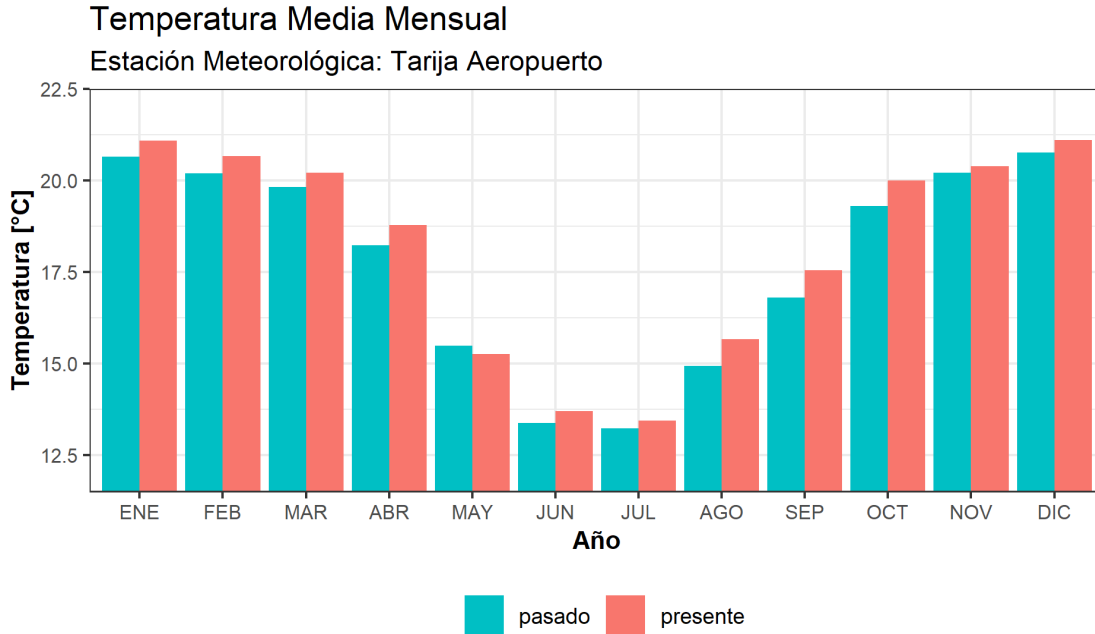


Figura 7: Temperatura media mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

4.3 Análisis de la variabilidad climática

Del análisis de la precipitación y la temperatura media registrada en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, se concluye que no sólo se manifiesta el cambio climático sino también la variabilidad a nivel interanual y mensual para ambos parámetros. Por la problemática de la cuenca, requiere mayor atención el analizar la variabilidad de la lluvia, ya que esta afecta de manera directa a la actividad agrícola a secano.

En la Figura 3 de la precipitación total anual en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, se muestra que existe una desviación (anomalía) del valor del promedio de las precipitaciones del *tiempo pasado* en el *tiempo presente* donde se registra que el 61.5 por ciento de los años han tenido precipitaciones menores al promedio del *tiempo pasado*, habiendo sólo 10 registran valores de precipitación anual superiores al promedio del *tiempo pasado*.

Cuadro 6: Variabilidad interanual de la precipitación total (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Tiempo	min	Q1	media	promedio	Q3	max	std_dev	IQR	rango	CV
pasado	314.1	558.4	614.9	606.6	676.9	726	87.4	118.5	411.9	14.4
presente	387.4	514.2	582.5	570.3	629.8	759	96.2	115.6	371.6	16.9

Fuente de datos: PROCUENCA

min: mínimo valor de las serie de datos, *Q1:* primer cuartil, *Q3:* tercer cuartil

max: máximo valor de la serie de datos, *std_dev:* desviación típica o estándar

IQR: rango intercuartílico, *CV:* coeficiente de variación

El Cuadro 6 muestra los resultados del cálculo de las medidas de dispersión que se emplean para determinar el grado de variabilidad o dispersión de los datos con respecto del promedio. En términos generales, basado en el valor del coeficiente de variación y la desviación estándar, se concluye que en el *tiempo presente* existe una mayor variabilidad interanual que en el *tiempo pasado*.

Cuadro 7: Variabilidad mensual de la precipitación total (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Mes	Tiempo	min	Q1	media	promedio	Q3	max	std_dev	IQR	rango	CV
ENE	pasado	48.6	98.2	144.4	132.9	167.8	209.4	46.3	69.6	160.8	34.8
ENE	presente	43.5	104.7	132.8	136.1	163.0	260.5	53.8	58.3	217.0	39.5
FEB	pasado	39.9	90.4	102.9	119.8	145.0	242.5	52.2	54.5	202.6	43.6
FEB	presente	35.9	72.8	101.7	104.2	129.2	211.2	45.1	56.4	175.3	43.2
MAR	pasado	5.6	52.1	69.4	78.4	93.5	181.6	43.8	41.4	176.0	55.9
MAR	presente	10.9	67.5	88.2	89.4	110.4	212.5	41.3	42.9	201.6	46.2
ABR	pasado	0.0	13.1	20.1	28.3	40.0	95.5	24.6	26.9	95.5	86.8
ABR	presente	0.0	5.8	13.6	12.9	19.4	30.7	9.0	13.6	30.7	69.8
MAY	pasado	0.0	0.0	0.2	3.0	3.9	27.6	5.8	3.9	27.6	191.4
MAY	presente	0.0	0.0	0.2	1.7	1.6	18.2	3.7	1.6	18.2	222.0
JUN	pasado	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	22.0	4.4	0.0	22.0	344.0
JUN	presente	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	2.3	0.7	0.1	2.3	212.5
JUL	pasado	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	24.5	4.5	0.0	24.5	430.4
JUL	presente	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	1.3	0.4	0.0	1.3	229.7
AGO	pasado	0.0	0.0	0.0	2.9	1.8	35.0	7.3	1.8	35.0	255.1
AGO	presente	0.0	0.0	0.3	1.4	1.1	10.4	2.7	1.1	10.4	187.6
SEP	pasado	0.0	0.0	1.8	5.1	5.4	34.0	8.8	5.4	34.0	171.5
SEP	presente	0.0	0.2	3.5	7.4	8.5	52.8	11.9	8.3	52.8	160.9
OCT	pasado	1.0	13.5	23.4	29.6	40.9	79.7	19.8	27.3	78.7	66.8
OCT	presente	1.4	15.6	40.5	40.7	62.7	90.0	28.5	47.1	88.6	70.1
NOV	pasado	3.0	22.8	73.7	66.8	94.0	140.3	40.1	71.2	137.3	60.0
NOV	presente	6.5	46.1	66.0	64.6	82.8	122.3	28.7	36.7	115.8	44.4
DIC	pasado	29.2	104.5	128.1	137.5	171.9	275.0	60.4	67.4	245.8	44.0
DIC	presente	50.1	69.6	115.2	111.4	140.0	218.0	50.9	70.5	167.9	45.7

Fuente de datos: PROCUENCA

min: mínimo valor de la serie de datos, Q1: primer cuartil, Q3: tercer cuartil

max: máximo valor de la serie de datos, std_dev: desviación típica o estándar

IQR: rango intercuartílico, CV: coeficiente de variación

Los parámetros de variabilidad de la precipitación mensual se muestran en el Cuadro 7, apreciándose que los valores más altos se presentan los meses de julio, junio, agosto y mayo. El marcado cambio de variabilidad del mes de julio y junio se explica por una precipitación inusualmente alta de 24.5 y 22 mm respectivamente, que pueden ser considerados como

eventos extremos (outlier) para ese periodo del año, lo cual se nota su influencia en el valor del rango, pero no así en el del rango intercuartílico.

Otro mes que requiere atención por su variabilidad en las precipitaciones es el mes de noviembre, ya que la diferencia entre el *tiempo presente* y el *tiempo pasado* para el rango intercuartílico es la más elevada de todos los meses del año.

En el Anexo A, en el Cuadro 22 y Cuadro 23, se presenta los valores de los parámetros estadísticos de dispersión de la temperatura media anual y mensual respectivamente. Interanualmente existe un incremento de la variabilidad entre el *tiempo pasado* al *tiempo presente*, manteniéndose la tendencia a la subida de todos los parámetros estadísticos. A nivel mensual, el mes de julio muestra una reducción de la variabilidad; mientras que diciembre muestra un incremento de ella entre el *tiempo pasado* y *tiempo presente*.

4.4 Análisis de la velocidad máxima del viento

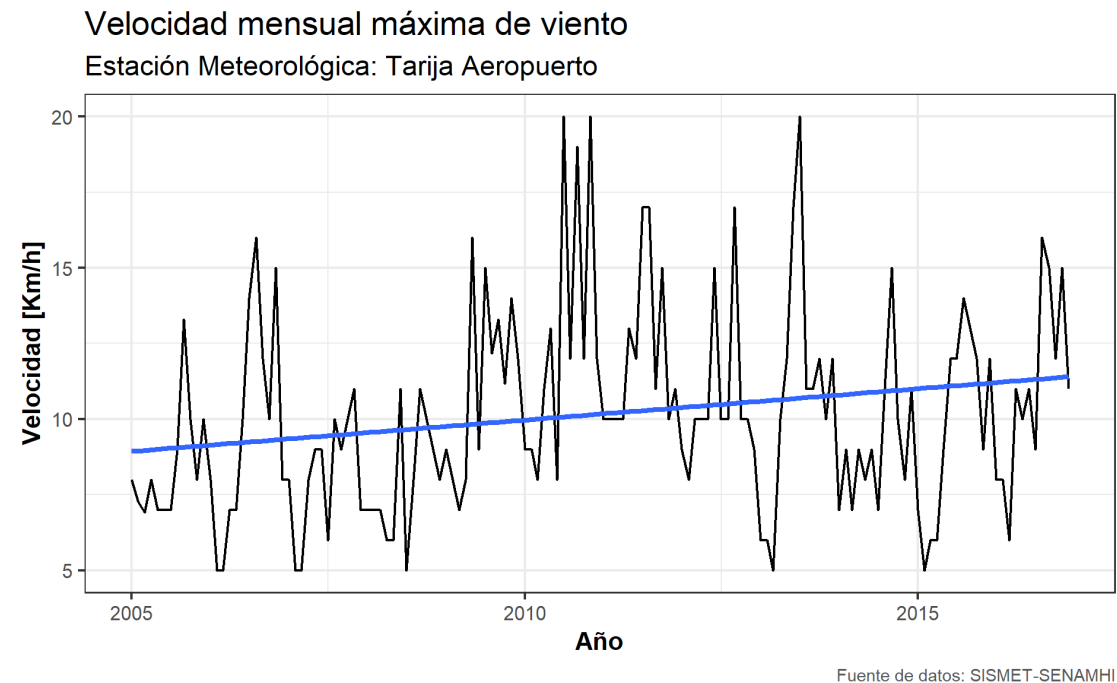


Figura 8: Velocidad mensual máxima de viento (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

La estación meteorológica Tarija Aeropuerto tiene un registro histórico reducido de datos de *Dirección y velocidad máxima de viento* comparada con las de precipitación total y temperatura media, teniendo registros desde 2005 a 2016. La Figura 8 muestra una tendencia lineal al aumento de la velocidad del viento. La velocidad máxima registrada en la estación meteorológica fue de 20 KPH, la cual se registró en tres oportunidades (julio de 2010, julio de 2013, noviembre de 2010).

4.5 Análisis de la frecuencia de granizadas, heladas y nevadas

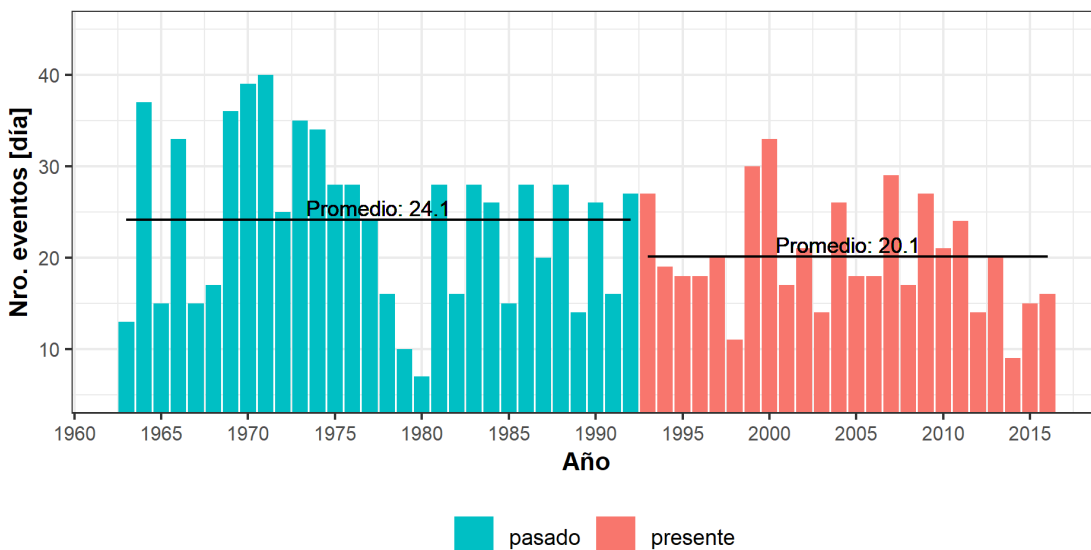
4.5.1 Frecuencia de granizadas

Se tiene registros de la frecuencia de granizadas en número de días desde 1961 hasta 2016 habiendo ocurrido 0 granizadas en el *tiempo pasado* (1961-1990) y 3 en el *tiempo presente* (1991-2016)²².

4.5.2 Frecuencia de heladas

Frecuencia anual de heladas

Estación Meteorológica: Tarija Aeropuerto



Fuente de datos: SISMET-SENAMHI

Figura 9: Frecuencia anual de heladas (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

La Figura 9 muestra la frecuencia anual de heladas registradas en la Est. Met. Tarija Aeropuerto, cuyo periodo de registro ha sido dividido en *tiempo pasado* (1963-1992) y *tiempo presente* (1993-2016), habiéndose registrado para cada uno de ellos 724 y 482 días con eventos de helada respectivamente, constatándose una disminución, aunque, como los muestra la Figura 9 se han registrado seis años en el *tiempo presente* que superan el promedio de eventos de helada del *tiempo pasado* (1993, 1999, 2000, 2004, 2007, 2009, 2011).

²² Las granizadas del tiempo presente ocurrieron en octubre de 2006 (dos oportunidades) y en diciembre del mismo año.

4.5.3 Frecuencia de nevadas

En la Est. Met. Tarija Aeropuerto, en el periodo 1945 a 2016, el SENAMHI, no registró ningún evento de nevada. No obstante, por información de la prensa escrita²³, el 24 de julio de 2019, se registró una nevada nunca antes vista desde el año 1954, obligando la suspensión de los vuelos en el Aeropuerto Oriel Lea Plaza y la suspensión de labores educativas en la ciudad de Tarija.

4.6 Conclusiones y recomendaciones del análisis

Del análisis realizado de los parámetros meteorológicos, se tienen las siguientes conclusiones:

- a) Se confirma que existe una reducción de la cantidad de precipitación entre el *tiempo presente* y el *tiempo pasado* tanto interanual como mensual atribuible al cambio climático, por lo cual las actividades a ser desarrolladas en la cuenca deben adaptarse a esa nueva normalidad. En cuanto a la variabilidad climática se observa que esta ha incrementado interanualmente entre el *tiempo pasado* al *tiempo presente*; sin embargo, a nivel mensual, los meses que comprende el periodo de estiaje, ha bajado su variabilidad climática, mientras que los meses de diciembre y enero, en el periodo de húmedo, han incrementado su variabilidad, pero de forma modesta.
- b) La gestión del recurso hídrico en la cuenca se verá dificultada, no sólo por la reducción de la cantidad de lluvia debida al cambio climático, sino por la variabilidad climática, que introduce incertidumbre para realizar la planificación, ya que es posible que se den años en el *tiempo futuro*, excepcionalmente secos, como ocurrió el año 2010, cuando la cantidad de anual precipitada ha sido la más baja de todo el registro histórico de la estación.
- c) La precipitación mensual promedio ha cambiado entre el *tiempo pasado* y el *tiempo presente*, por lo cual las actividades agrícolas como pecuarias deberá adecuarse a dicho cambio, tomando en cuenta que los meses secos contarán con menor disponibilidad de agua de lluvia, y que los meses de febrero y diciembre, en la época húmeda, tendrán menor oferta de agua de lluvia. Dicha situación, también va a influir negativamente en la recarga de los acuíferos y de las represas de la cuenca usadas para la dotación de agua para consumo humano y riego.
- d) Si bien se ha registrado una insignificante disminución en el número de días sin precipitación alguna entre el *tiempo pasado* al *tiempo presente*, se tiene que, de los 365 días del año, en promedio 284 días en el *tiempo presente* fueron sin precipitación, dejando en promedio 49 días con precipitaciones menores a 5 mm y 32 días con precipitaciones mayores a 5 mm. Estos valores bajos de precipitación hacen que las labores productivas de la agricultura a secano y ganadería requieran medidas de adaptación.
- e) No obstante que se ha reducido las precipitaciones extraordinarias elevadas en la cuenca entre el *tiempo pasado* y el *tiempo presente* esto no es garantía que no puedan registrarse eventos extremos de precipitación inusual en el *tiempo futuro*, por lo que se deberá

²³ Periódico El Diario, versión digital del 25 de julio de 2019 (https://www.eldiario.net/noticias/2019/2019_07/nt190725/nacional.php?n=54&-tarija-registro-nevada-historica) y periódico El País (versión digital) de la misma fecha (https://elpais.bo/tarija/20190725_en-65-anos-nunca-se-registro-una-nevada-en-tarija-como-la-de-ayer.html).

identificar zonas que puedan verse impactadas negativamente por precipitaciones extraordinariamente altas.

- f) El incremento de la temperatura media, entre el *tiempo pasado* y el *tiempo presente*, hace que la oferta por recursos hídricos aumente en los centros poblados como en las actividades agropecuarias, lo cual puede incrementar el estrés hídrico; por lo cual el PDC debe tomar en cuenta este hecho, que se incrementará en el futuro.
- g) Considerando que no se tiene información suficiente para realizar un análisis de correlación entre las diferentes unidades hidrológicas para los parámetros de velocidad máxima del viento y la frecuencia de granizadas, heladas y nevadas, además que dichos eventos meteorológicos son localizados, los resultados del análisis de los datos de la Est. Met. Tarija Aeropuerto no pueden ser extrapolados a toda la cuenca.
- h) La velocidad máxima de viento registradas, constituye una amenaza poco importante, y tendrían una contribución baja en los procesos de erosión eólica, cerca de la ubicación de la Est. Met. Tarija Aeropuerto.
- i) El número de días con granizada registrados en la Est. Met. Tarija Aeropuerto puede ser un indicio que lo mismo esté ocurriendo en la cuenca, aunque es necesario una comprobación con la percepción de los habitantes de las distintas zonas de la cuenca.
- j) No obstante que se registra una disminución del promedio de días con helada por año entre el *tiempo pasado* y el *tiempo presente*, estas se constituyen en una amenaza climática principalmente para la actividad agrícola y pecuaria en el territorio de la cuenca. Es necesario identificar las áreas que son propensas a que se de este evento meteorológico, para que en ellas se puedan tomar las medidas requeridas para evitar sus impactos negativos.
- k) Las nevadas no se constituyen, al menos en las proximidades de la Est. Met. Tarija Aeropuerto, en una amenaza. Dicha conclusión para ser extrapolada a toda la cuenca requiere una confirmación con los habitantes de las distintas zonas.

5 Mapas de amenazas climáticas por unidades hidrológicas

La información meteorológica, de la cuenca, se la tiene a nivel de unidad hidrológica, lo cual permite la elaboración de mapas de amenazas climáticas (por escasez o exceso de agua) por UHs. La información de los mapas de amenazas climáticas, servirán de insumo para el desarrollo de la evaluación del riesgo climático de los centros poblados, las actividades agrícolas y las actividades pecuarias.

Para la definición del grado de amenaza climática en “Alto”, “Medio” o “Bajo” se utilizó el *método de pausas naturales* o *método de clasificación Jenks*²⁴. Éste método es utilizado en todas las evaluaciones del riesgo climático presentadas en este documento.

²⁴ Las clases de cortes naturales están basadas en las agrupaciones naturales inherentes a los datos. Los cortes de clase se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases. Las entidades se dividen en clases cuyos límites quedan establecidos donde hay diferencias considerables entre los

5.1 Mapa de amenaza: Escasez de agua

El Programa Plurianual de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas 2017-2020²⁵ establece que los problemas principales de la cuenca Guadalquivir son: la contaminación, sobre-explotación y escasez de agua, degradación de suelos y colmatación de represas. La escasez de agua tiene estrecha relación con los impactos del cambio climático, como se puede deducir del análisis realizado en subtítulo 4 de este documento.

Para la elaboración de este mapa, se hizo uso de dos parámetros meteorológicos de cada una de las 78 unidades hidrológicas en las cuales está dividida la cuenca (Nivel 7), las cuales son:

- a) **Precipitación**, como fuente natural de ingreso de recursos hídricos a la subcuenca.
- b) **Evapotranspiración**²⁶, como una de las causas naturales de salida de recursos hídricos de la subcuenca.

Para ambos parámetros se ha utilizado datos mensuales del periodo 1980 al 2018, es decir 468 meses, mismos que han sido procesados sin dividirlos en *tiempo pasado* o *tiempo presente*.

Para calcular el grado de amenaza de cada una de las UH, se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Cálculo de la diferencia entre la *Precipitación* – *Evapotranspiración*.
- b) Suma para cada UH de las diferencias de los valores negativos calculados (déficit).

5.1.1 Para el *tiempo presente*

Para el *tiempo presente* se hizo uso de los datos de precipitación y evapotranspiración históricos de cada unidad hidrológica para el periodo 1980 a 2018. La Figura 10 presenta el mapa de las unidades hidrológicas por su grado de amenaza ante la escasez de agua. De las 78 subcuencas identificadas 8, 34, 36 fueron clasificadas por su grado de amenaza en Bajo, Medio, Alto respectivamente en el *tiempo presente*²⁷.

valores de los datos (<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.7/map/working-with-layers/classifying-numerical-fields-for-graduated-symbols.htm>)

²⁵ <http://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/250>

²⁶ La información de la evapotranspiración, utilizada en la ERC, ha sido procesada por PROCUENCA, con base a información del SENAMHI.

²⁷ Las unidades hidrológicas que han sido clasificadas con alto grado de amenaza a la *escasez de agua*, presentadas en orden descendente por su nivel de amenaza (entre paréntesis a la parte alta, media o baja a la que pertenecen, son: UH_8589597 (Baja), UH_8589595 (Baja), UH_8589830 (Baja), UH_8589598 (Baja), UH_8589700 (Baja), UH_8589810 (Baja), UH_8589651 (Baja), UH_8589820 (Baja), UH_8589596 (Media), UH_8589910 (Baja), UH_8 (Media), UH_8589850 (Baja), UH_8589921 (Baja), UH_8589932 (Baja), UH_9 (Baja), UH_8589653 (Baja), UH_8589840 (Media), UH_8589846 (Media), UH_85899341 (Baja), UH_8589892 (Media), UH_8589842 (Media), UH_85899342 (Baja), UH_8589922 (Baja), UH_8589844 (Media), UH_15 (Media), UH_7 (Media), UH_8589923 (Baja), UH_8589652 (Baja), UH_8589640 (Baja), UH_6 (Media), UH_8589925 (Baja), UH_8589935 (Baja), UH_8589939 (Baja), UH_8589941 (Media), Calderas (Media), UH_8589894 (Media).

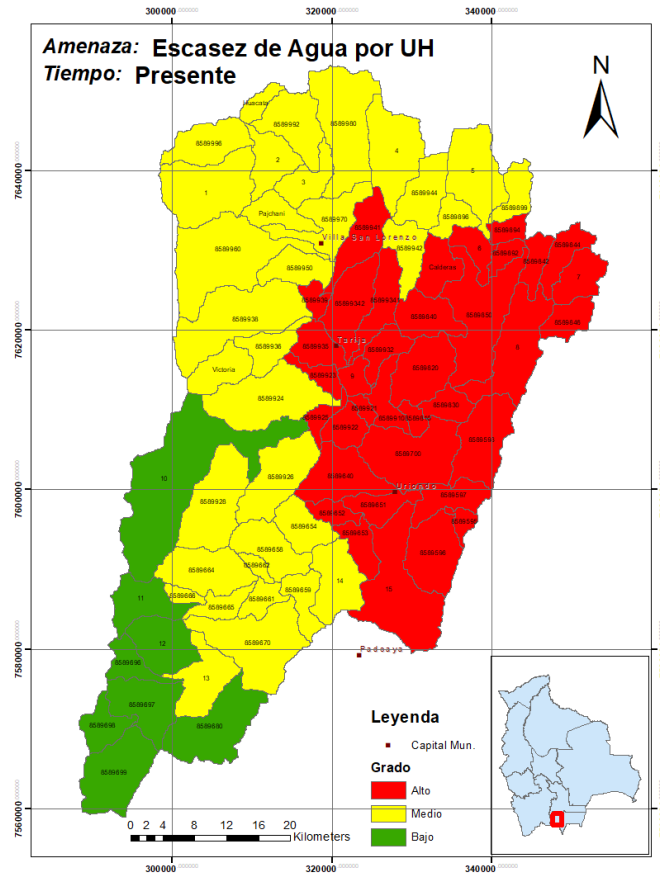


Figura 10: Mapa de amenaza por escasez de agua por UH: Tiempo presente

5.1.2 Para el tiempo futuro

Para elaborar el mapa para el *tiempo futuro* de la amenaza *escasez de agua* es necesario hacer uso de los datos de las proyecciones de los escenarios climáticos. Para el desarrollo de la presente evaluación, PROCUENCA, ha suministrado la siguiente información a nivel de unidades hidrológicas de:

- a) El *Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC)*, desarrollado conjuntamente por el Centro de Investigación del Sistema Climático (CCSR), Universidad de Tokio; Instituto Nacional de Estudios Ambientales (NIES); y la Agencia de Japón para la Ciencia y Tecnología Mar-Tierra. La denominada versión MIROC5, se utilizó en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). La versión anterior, MIROC3.2, incluía un paquete estándar de física y estaba bien ajustado al momento del Cuarto Informe de Evaluación (AR4)²⁸.
- b) El *Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL)* es una federación de laboratorios de investigación dedicada al estudio del sistema climático y el medio ambiente mundial. Desde 1995, el

²⁸ <https://journals.ametsoc.org/jcli/article/23/23/6312/32720/Improved-Climate-Simulation-by-MIROC5-Mean-States>

Centro de Modelación Climática IPSL (IPSL-CMC) desarrolla y utiliza modelos climáticos para mejorar la comprensión y conocimiento del sistema climático, sus características actuales y sus cambios pasados y futuros.

Para ambos escenarios se tiene datos para las RCP²⁹ 6 y 8.5. Para el RCP 6, las emisiones alcanzan su punto máximo alrededor de 2080 y luego disminuyen; mientras que, para el RCP 8.5, las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo XXI, en el escenario “business as usual” (“sin acción”)³⁰.

Dado que el grado de amenaza de cada UH está compuesto por los parámetros precipitación y evaporación, es necesario identificar qué modelo y que RCP se utilizará para el *tiempo futuro*.

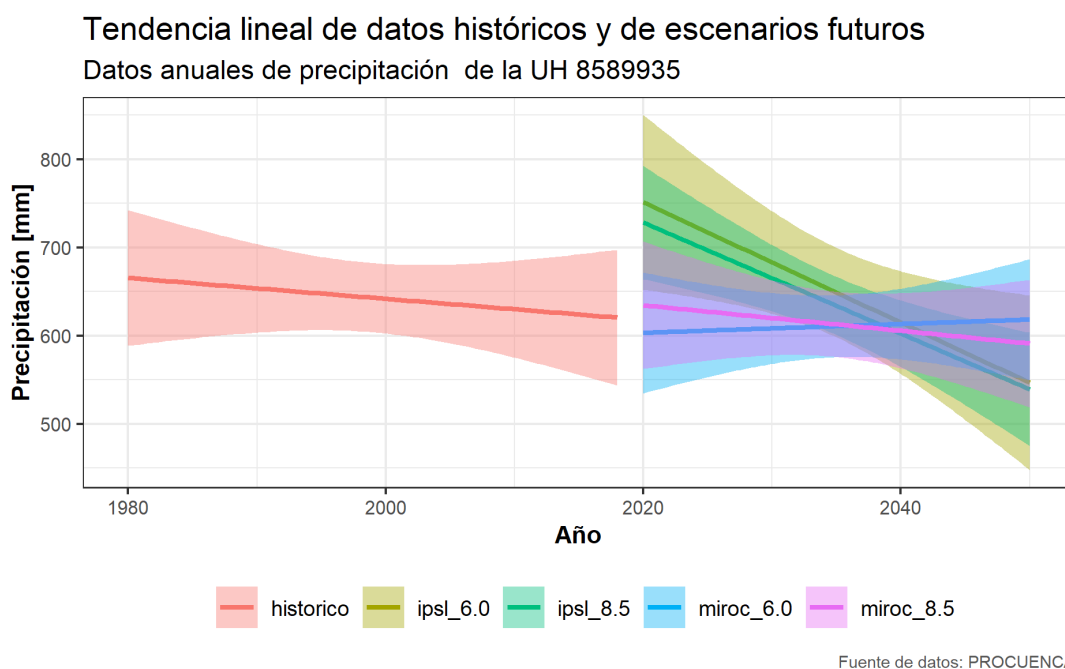
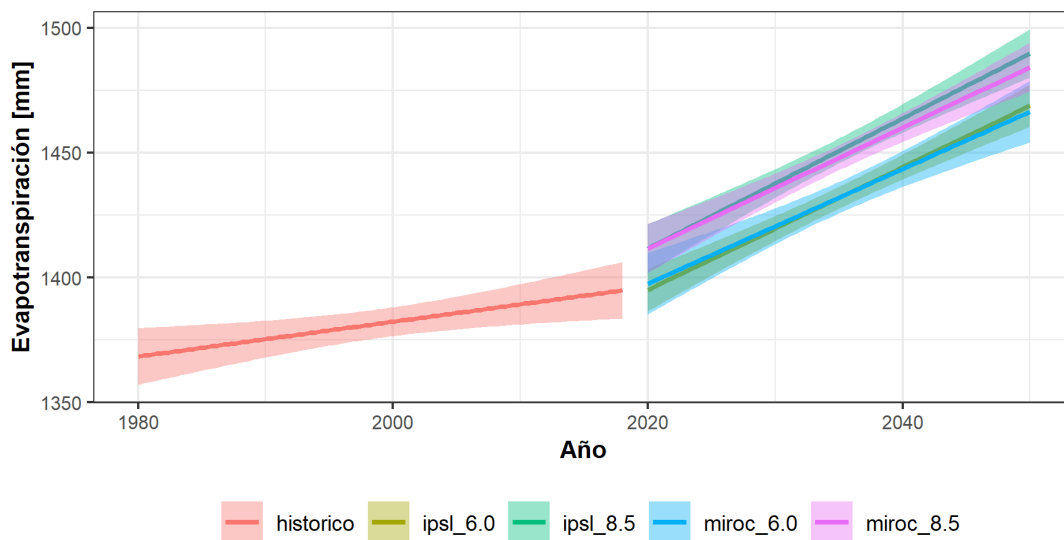


Figura 11: Tendencia lineal de datos históricos y escenarios futuros de la precipitación de la UH 8589935

²⁹ Una trayectoria de concentración representativa (RCP, por sus siglas en inglés) es una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero (no emisiones) adoptada por el IPCC. Se utilizaron cuatro trayectorias para la modelización del clima y la investigación para el Quinto Informe de Evaluación del IPCC en 2014. Las trayectorias describen diferentes futuros climáticos, todos los cuales se consideran posibles dependiendo del volumen de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos en los próximos años. Los RCP originalmente RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 y RCP 8.5 están etiquetados a partir de un posible rango de valores de forzamiento radiativo en el año 2100 (2.6, 4.5, 6 y 8.5 W/m², respectivamente) (https://es.wikipedia.org/wiki/Trayectorias_de_Concentraci%C3%B3n_Representativas)

³⁰ Desde el Quinto reporte se ha pensado que este escenario es muy poco probable, pero aún posible, ya que las retroalimentaciones no se comprenden bien.

Tendencia lineal de datos históricos y de escenarios futuros
 Datos anuales de evapotranspiración de la UH 8589935



Fuente de datos: PROCUENCA

Figura 12: Tendencia lineal de datos históricos y escenarios futuros de la evapotranspiración de la UH 8589935

- a) Para la precipitación, la Figura 11, muestra que bajo un modelo lineal, la tendencia de los datos históricos y de los cuatro escenarios usando la información de la unidad hidrológica 8589935, en la cual está situada la Est. Met. Tarija Aeropuerto, se observa que la proyección MIROC RCP 8.5, es la que mejor se adecua a la tendencia histórica, por lo cual sus datos serán utilizados.
- b) Para la evapotranspiración, la Figura 12 muestra que las cuatro proyecciones disponibles coinciden con la tendencia histórica de datos, siendo MIROC 6 la que mejor se adecua, siendo estos datos que se utilizarán para el *tiempo futuro* en relación a este parámetro meteorológico.

El procedimiento de elaboración del mapa de amenaza en el *tiempo futuro* es similar al usado para el *tiempo presente*, con la diferencia que se usó la información de las proyecciones MIROC RCP 8.5 para la precipitación y MIROC RCP 6.0 para la evapotranspiración en el periodo 2020 a 2050, para cada una de las subcuencas.

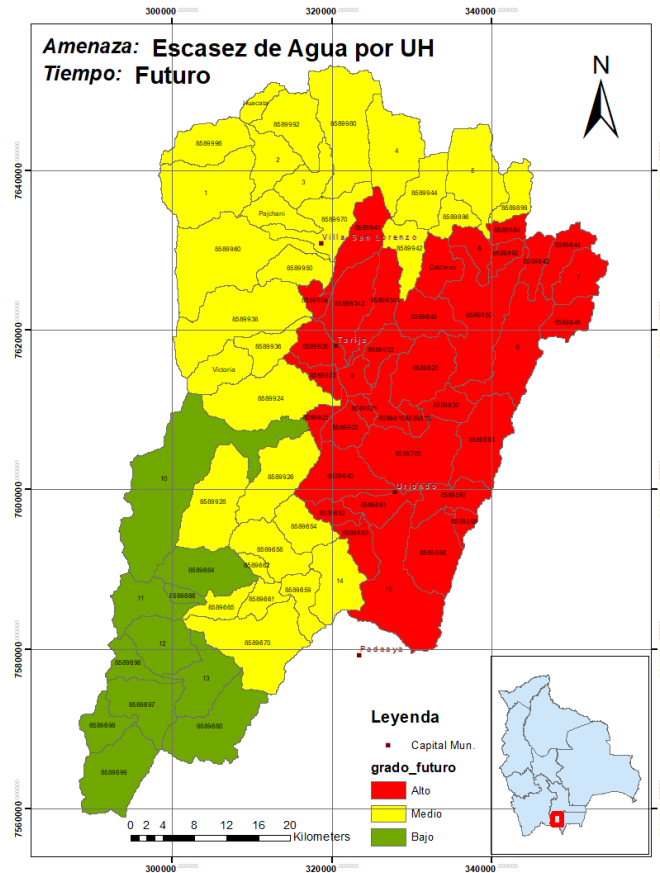


Figura 13: Mapa de amenaza por escasez de agua por UH: Tiempo futuro

La Figura 13 muestra el mapa de las 78 unidades hidrológicas de la cuenca; de ellas 11, 31, 36 clasificadas por su grado de amenaza en Bajo, Medio, Alto respectivamente en el *tiempo futuro*.

5.1.3 Conclusiones

- a) Las unidades hidrológicas de la parte baja y media de la cuenca presentan un mayor grado de amenaza a la escasez de agua que las UH de la parte alta.
- b) Son 36 unidades hidrológicas³¹ que el Plan Director de Cuenca debe poner mayor atención cuando desarrolle acciones en ellas, ya estas tienen el mayor déficit acumulado de

³¹ Las UHs con alto grado de amenaza a la *escasez de agua*, ordenadas descendientemente por su nivel de amenaza, son: UH_8589597 (Baja), UH_8589595 (Baja), UH_8589830 (Baja), UH_8589598 (Baja), UH_8589700 (Baja), UH_8589810 (Baja), UH_8589651 (Baja), UH_8589820 (Baja), UH_8589596 (Media), UH_8589910 (Baja), UH_8 (Media), UH_8589850 (Baja), UH_8589921 (Baja), UH_8589932 (Baja), UH_9 (Baja), UH_8589653 (Baja), UH_8589840 (Media), UH_8589846 (Media), UH_85899341 (Baja), UH_8589892 (Media), UH_8589842 (Media), UH_85899342 (Baja), UH_8589922 (Baja), UH_8589844 (Media), UH_15 (Media), UH_7 (Media), UH_8589923 (Baja), UH_8589652 (Baja), UH_8589640 (Baja), UH_6 (Media), UH_8589925 (Baja), UH_8589935 (Baja), UH_8589939 (Baja), UH_8589941 (Media), Calderas (Media), UH_8589894 (Media).

precipitación – evaporación, lo que genera condiciones de mayor dificultad para el desarrollo de la actividad agrícola y pecuaria.

- c) Las partes altas de la cuenca tienen un grado bajo de amenaza a la escasez de agua tanto en el *tiempo presente* como en el *tiempo futuro*.

5.2 Mapa de amenaza: Exceso de agua

Como se deduce del análisis de la precipitación realizado en el subtítulo 4.1 y de la alta correlación en los datos de precipitación de las UHs, existe en la cuenca una tendencia a la reducción de la precipitación tanto inter-anual como intra-anual (mensual). No obstante, de ello, esto no evita que puedan existir meses de alta precipitación, que pueden causar inundaciones en las subcuencas.

Coherente con el marco conceptual del IPCC, se considera como evento extremo de exceso de precipitación, cuando la lluvia sea igual o superior al percentil 90 de todos los datos registrados. Para la elaboración del mapa de amenaza de exceso de agua, se siguió el siguiente procedimiento.

- a) Usando la información de precipitación mensual de cada unidad hidrológica, se calculó el percentil 90.
- b) Para cada UH, se sumaron toda la precipitación que sea igual o mayor a percentil 90 de la subcuencas.

5.2.1 Para el *tiempo presente*

Para el *tiempo presente* se utilizó los datos de precipitación mensual histórica de cada una de las unidades hidrológicas en el periodo 1980 a 2018. El resultado de la clasificación por amenaza se muestra en la Figura 14. De las 78 UHs en las cuales se divide la cuenca 33, 32, 13 fueron clasificadas con grado de amenaza al exceso de agua de Bajo, Medio, Alto respectivamente³².

³² Las unidades hidrológicas catalogadas como de riesgo alto, entre paréntesis a la parte de la cuenca a la que pertenecen, son: UH_8589699 (Alta), UH_8589698 (Alta), UH_11 (Alta), UH_8589697 (Alta), UH_8589696 (Alta), UH_8589666 (Media), UH_12 (Alta), UH_8589664 (Media), UH_10 (Alta), UH_8589928 (Media), UH_8589680 (Media), UH_13 (Media), UH_8589665 (Baja).

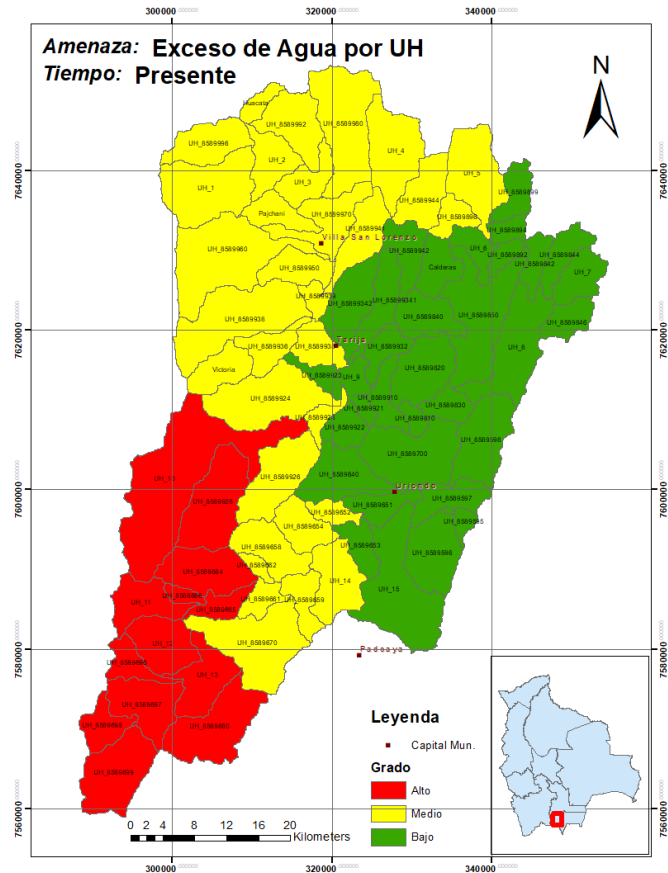


Figura 14: Mapa de amenaza por exceso de agua en UH: Tiempo presente

5.2.2 Para el tiempo futuro

Para el cálculo de este indicador en el *tiempo futuro* se utilizó la información del escenario MIROC RCP 8.5 para el periodo 2020 a 2050. De las 78 UHs en las cuales se divide la cuenca 28, 37, 13 fueron clasificadas con grado de amenaza al exceso de agua de Bajo, Medio, Alto respectivamente, como se puede apreciar en la Figura 15, en la cual no se existe cambio entre el *tiempo presente* al *tiempo futuro* en las unidades hidrológicas clasificadas con alto grado de amenaza al *exceso de agua*.

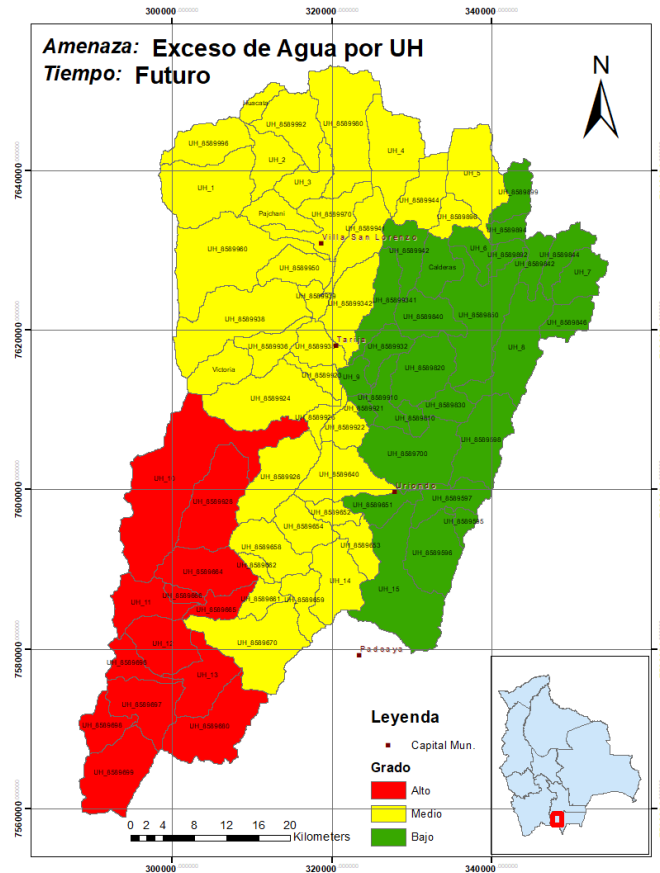


Figura 15: Mapa de amenaza por exceso de agua en UH: Tiempo futuro

5.2.3 Conclusiones

La cuenca entre el *tiempo pasado* al *tiempo presente* ha registrado una disminución de la precipitación tanto interanual como mensualmente; así como, con la ayuda de los escenarios climáticos se proyecta también una disminución de la lluvia para el *tiempo futuro*. Este hecho hace que se reduzca la amenaza por exceso de agua en toda la cuenca, pero no así la posibilidad que existan inundaciones y riadas, aunque con menor frecuencia. Las UH que requieren mayor atención por su nivel alto de amenaza al exceso de agua en el tiempo presente y futuro son: UH_8589699 (Alta), UH_8589698 (Alta), UH_11 (Alta), UH_8589697 (Alta), UH_8589696 (Alta), UH_8589666 (Medio), UH_12 (Alta), UH_8589664 (Medio), UH_10 (Alta), UH_8589928 (Medio), UH_8589680 (Medio), UH_13 (Medio), UH_8589665 (Baja).

6 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Escasez de Agua* para el elemento expuesto *Centros Poblados*

La evaluación se realizó sobre los 167 centros poblados (comunidades) identificados por el Censo 2012 y fue dividida en *tiempo presente* y *tiempo futuro* considerando la *escasez de agua* como la amenaza climática.

Las mayores concentraciones de centros poblados se dan en las UH_8589700, UH_8589938, UH_10 con 8, 7, 6 centros poblados respectivamente. De las 78 unidades hidrológicas en las cuales se divide la cuenca, en 16 de ellas no se asienta ningún centro poblado³³.

6.1 Indicador de amenaza

El valor del indicador de amenaza de *escasez de agua* para cada centro poblado es igual al valor calculado para la unidad hidrológica a la cual pertenece el poblado (ver subtítulo 5.1.1); mismo que fue calculado, sumando las diferencias negativas (déficits) de la resta de la *precipitación – evapotranspiración*. Para este indicador, cuanto mayor sea la suma de las diferencias, mayor será el déficit de agua, y por tanto mayor será la amenaza de *escasez de agua* en los centros poblados.

6.1.1 Indicador para el *tiempo presente*

De los 167 centros poblados de la cuenca 8, 87, 72 fueron clasificados como de grado de amenaza a la *escasez de agua* de Bajo, Medio, Alto respectivamente³⁴. Las unidades hidrológicas UH_8589700, UH_15, UH_8589939 son las que albergan la mayoría de los centros poblados clasificados con grado de amenaza alto, con 8, 6, 6 comunidades respectivamente.

³³ Las unidades hidrológicas que no tienen centros poblados asentados en su territorio son: UH_8589698, UH_8589696, UH_11, UH_8589697, UH_12, UH_8589996, Victoria, UH_8589662, UH_8589661, UH_8589896, UH_8589894, UH_8589923, UH_8589892, UH_9, UH_8589932, UH_8589910

³⁴ Los centros poblados clasificados como de amenaza alta, presentados en forma descendente por su nivel de amenaza, son: Muturayo (Uriondo), Laderas Sur (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Calamuchita (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Antonio La Cabaña (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Pampa La Villa Chica (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Media Luna (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), Valle De Concepcion (Uriondo), La Choza (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Pintada (Tarija), San Nicolas (Uriondo), La Higuera (Uriondo), La Compañía (Uriondo), La Cabaña (Tarija), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Barrancas (Uriondo), La Angostura (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Yesera Sur (Tarija), San Jacinto Norte (Tarija), San Antonio De Chocloca (Uriondo), Almendros (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Canchones (Tarija), Pampa Galana (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Monte Sur (Tarija), Monte Centro (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Junacas Sur (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Abra De La Cruz (Padcaya), Guaranguay Norte (Uriondo), Colon Norte (Uriondo), Guaranguay Sur (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), El Condor (Tarija), Carlazo Este (Tarija), Saladillo (Uriondo), Chorrillos (Uriondo), Rujero (Uriondo), Mulli Cancha (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), Tolomosita Centro (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Tablada Grande (Tarija), Tarija (Tarija), San Mateo (Tarija), Compuerta (Tarija), Compuerta (Tarija), San Mateo (Tarija), Tomatitas (Villa San Lorenzo), Rancho Sur (Villa San Lorenzo), Sella Cercado (Tarija), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Monte Cercado (Tarija), Monte Mendez (Villa San Lorenzo), Caldera Grande (Tarija).

6.1.2 Indicador para el tiempo futuro

Para el *tiempo futuro*, de los 167 centros poblados de la cuenca 15, 80, 72 fueron clasificados como de grado de amenaza a la *escasez de agua* de Bajo, Medio, Alto respectivamente, no existiendo modificación en la composición de los centros poblados con alto grado de amenaza entre el *tiempo presente* y el *tiempo futuro*.

6.2 Indicadores de exposición

Para el indicador de exposición de los *centros poblados* se ha seleccionado como indicador simple la cantidad de población de cada uno de ellos. Se utilizó la información de población a nivel de comunidad del Censo de Población y Vivienda 2012, que a la fecha de redacción del presente documento se constituyen en la fuente de información más actualizada disponible a nivel de comunidad³⁵.

Cuadro 8: Número de centros poblados por municipio

Municipio	Nro. de centros poblados
Padcaya	14
Uriondo	45
Villa San Lorenzo	49
Tarija	59

En la cuenca, el Censo 2012 ha identificado 167 centros poblados, distribuidos en 4 municipios que son parte integrante de la misma, según lo muestra el Cuadro 8. Para el indicador de exposición (población por centro poblado), a mayor población, mayor será la exposición a la amenaza climática.

6.2.1 Indicador para el tiempo presente

La información para alimentar al indicador en el *tiempo presente* proviene directamente de los datos proporcionados por el Censo 2012. Según este indicador para el *tiempo presente*, existen 154, 12, 1 centros poblados, clasificados con grado Bajo, Medio, Alto de exposición respectivamente. Siendo la ciudad de Tarija la que presenta mayor exposición, debido a que cuentan con una población muy superior a los restantes centros poblados de la cuenca en el *tiempo presente*³⁶.

³⁵ <http://datos.ine.gob.bo/binbol/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CPV2012COM&lang=ESP>

³⁶ La ciudad de Tarija, capital de departamento, se encuentra en la parte baja de la cuenca.

6.2.2 Indicador para el tiempo futuro

Cuadro 9: Tasa de crecimiento poblacional municipal

Municipio	Tasa crecimiento poblacional
Tarija	2.60
Uriondo	1.62
Villa San Lorenzo	0.98
Padcaya	-0.27

Este indicador en el *tiempo futuro* fue calculado proyectando la población del año 2012, proporcionada por el Censo 2012, al año 2050, usando para ello la tasa de crecimiento intercensal municipal para cada centro poblado. Las tasas de crecimiento municipal usadas son mostradas en el Cuadro 9. La ciudad de Tarija, capital del departamento, continua en el *tiempo futuro* como el único centro poblado con alto grado de exposición en la cuenca.

6.3 Indicador de vulnerabilidad

Este indicador es compuesto, y utiliza como parámetros de cálculo: la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)³⁷ y la población en edad no laboral (PNL), la cual comprende la población con edades de 0 a 10 años y entre 60 años a adelante. Se usó los factores de ponderación de 4 para el NBI y 1 para el PNL. Basado en la metodología usada y los indicadores seleccionados, la fórmula de cálculo fue:

$$vulnerabilidad = \frac{4 * NBI + PNL}{5}$$

Los datos de pobreza por necesidades básicas insatisfechas provienen del INFO-SPIE del Ministerio de Planificación del Desarrollo y los de población en edad no laboral corresponden al Censo 2012. No se ha podido identificar un procedimiento o metodología para poder proyectar los valores de vulnerabilidad del año 2012 al 2050, por lo cual el valor calculado para el *tiempo presente* será usado también para el *tiempo futuro* con lo cual **se estaría asumiendo como constante en el tiempo el comportamiento de la vulnerabilidad.**

Según este indicador existen 43, 58, 66 centros poblados, clasificados con grado Bajo, Medio, Alto de vulnerabilidad respectivamente³⁸. De los 66 centros poblados clasificados con alta vulnerabilidad 17, 34, 15 se encuentran en la parte Baja, Media, Alta respectivamente.

³⁷ http://si-spie.planificacion.gob.bo/sis_spie/index.php#

³⁸ Los centros poblados con alta vulnerabilidad son: Lazareto (Tarija), Pampa Galana (Tarija), Campo De Vasco (Uriondo), Barbascuyo (Uriondo), San Antonio La Cabaña (Tarija), Bella Vista (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Antigal (Uriondo), Panti Pampa (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Tacuara (Padcaya), San Pedro De Sola (Tarija), Guaranguay Norte (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), San Jacinto Sud (Tarija), Rumicancha

6.4 Indicador de riesgo

Según la metodología aplicada, el riesgo se calcula usando la fórmula:

$$\text{riesgo} = \frac{a * \text{amenaza} + b * \text{exposición} + c * \text{vulnerabilidad}}{a + b + c}$$

donde *a*, *b*, y *c* son los factores de ponderación de la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. La *amenaza*, *exposición* y *vulnerabilidad* son los indicadores normalizados de la amenaza, exposición y vulnerabilidad, calculados tanto para el *tiempo presente* o para el *tiempo futuro*.

6.4.1 Para el tiempo presente

Para el cálculo del riesgo se utilizó la información procesada en los subtítulos 6.1.1, 6.2.1 y 6.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad en *tiempo presente*. La Figura 16 presenta el mapa del riesgo por escasez de agua en centros poblados en *tiempo presente*. Para el *tiempo presente*, el riesgo por escasez de agua en los centros poblados de la cuenca muestra que, 43, 60, 64 comunidades están clasificadas como riesgo de grado Bajo, Medio, Alto respectivamente³⁹.

(Uriondo), San Agustín Sur (Tarija), Churquis (Tarija), Guaranguay Sur (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Alisos (Uriondo), Yesera Sur (Tarija), Rumicancha (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Chaupicancha (Villa San Lorenzo), Quebrada De Cañas (Padcaya), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo), El Condor (Tarija), Gamoneda (Tarija), Barrancas (Uriondo), San Nicolás (Uriondo), Tucumilla (Villa San Lorenzo), Huairiguana (Uriondo), Caldera Grande (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Pinos Norte (Tarija), Rujero (Uriondo), Paschani (Villa San Lorenzo), San Isidro De Rejara (Padcaya), Nueva Esperanza (Uriondo), Huacata (Villa San Lorenzo), Canchones (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Corana Norte (Villa San Lorenzo), San Pedro De Buena Vista (Tarija), La Hondura (Villa San Lorenzo), Calderillas (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Sella Candelaria (Tarija), Cirminuelas (Villa San Lorenzo), El Barranco (Villa San Lorenzo), Laderas Sur (Uriondo), Choroma (Villa San Lorenzo), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), El Rosal (Villa San Lorenzo), Carlazo Este (Tarija), Tres Morros (Villa San Lorenzo), La Quiñua (Villa San Lorenzo), Ladera Norte (Tarija), Calderilla Chica (Tarija), Coimata (Villa San Lorenzo), Cochás (Villa San Lorenzo).

³⁹ Los centros poblados con riesgo alto, presentados en orden descendente por su nivel de riesgo, son: Laderas Sur (Uriondo), Tarija (Tarija), Ladera Norte (Tarija), San Nicolás (Uriondo), Barrancas (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), San Antonio La Cabaña (Tarija), Toma Tunal (Uriondo), Laderas Centro (Uriondo), Carlazo Este (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Yesera Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Colon Sur (Uriondo), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Canchones (Tarija), San Agustín Sur (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Junacas Norte (Tarija), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), Rujero (Uriondo), La Compañía (Uriondo), El Barranco (Villa San Lorenzo), El Condor (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Caldera Grande (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Guaranguay Sur (Uriondo), Huairiguana (Uriondo), San Jacinto Sud (Tarija), Paschani (Villa San Lorenzo), Cochás (Villa San Lorenzo), La Pintada (Tarija), Guaranguay Norte (Uriondo), Nueva Esperanza (Uriondo), Almendros (Uriondo), San Agustín Norte (Tarija), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo), San Jacinto Norte (Tarija), Pampa Galana (Tarija), Coimata (Villa San Lorenzo), Media Luna (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), Sella Candelaria (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Rumicancha (Tarija), Portillo (Tarija), El Rosal (Villa San Lorenzo), La Quiñua (Villa San Lorenzo), La Choza (Uriondo), Monte Cercado (Tarija), Tres Morros (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), Yesera Centro (Tarija), Choroma (Villa San Lorenzo), Cirminuelas (Villa San Lorenzo), La Hondura (Villa San Lorenzo), San Isidro (Uriondo), Monte Sur (Tarija).

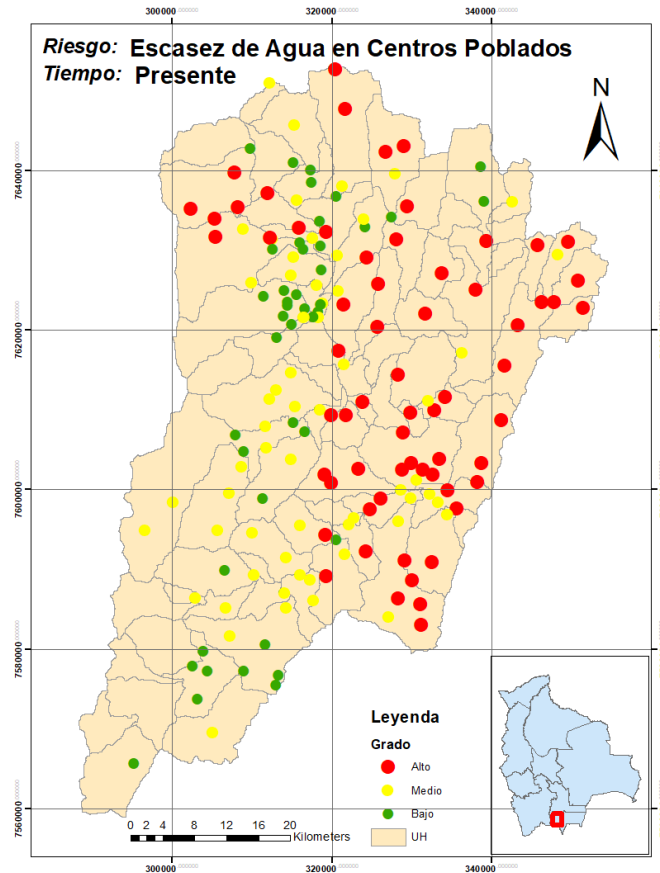


Figura 16: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en Centros Poblados: Tiempo presente

6.4.2 Para el tiempo futuro

El cálculo del riesgo, para el *tiempo futuro* utilizó la información procesada en los subtítulos 6.1.2subtit:ind_fut_esca_pob, 6.2.2subtit:ind_fut_expo_pob y 6.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad en *tiempo futuro*. La Figura 17 presente el mapa del riesgo por escasez de agua en centros poblados en *tiempo futuro*. Para el *tiempo futuro*, el riesgo por escasez de agua en los centros poblados de la cuenca muestra que 44, 57, 66 comunidades están clasificadas como Bajo, Medio, Alto riesgo respectivamente. El incremento de 2 centros poblados (Corana Norte (Villa San Lorenzo), Abra De La Cruz (Padcaya)) se debe a que en el *tiempo futuro* han sido clasificadas con riesgo alto, y no así en el *tiempo presente*⁴⁰.

⁴⁰ Este hecho se explica debido a que el procedimiento de normalización y clasificación se lo realiza independientemente en el *tiempo presente* y en el *tiempo futuro*.

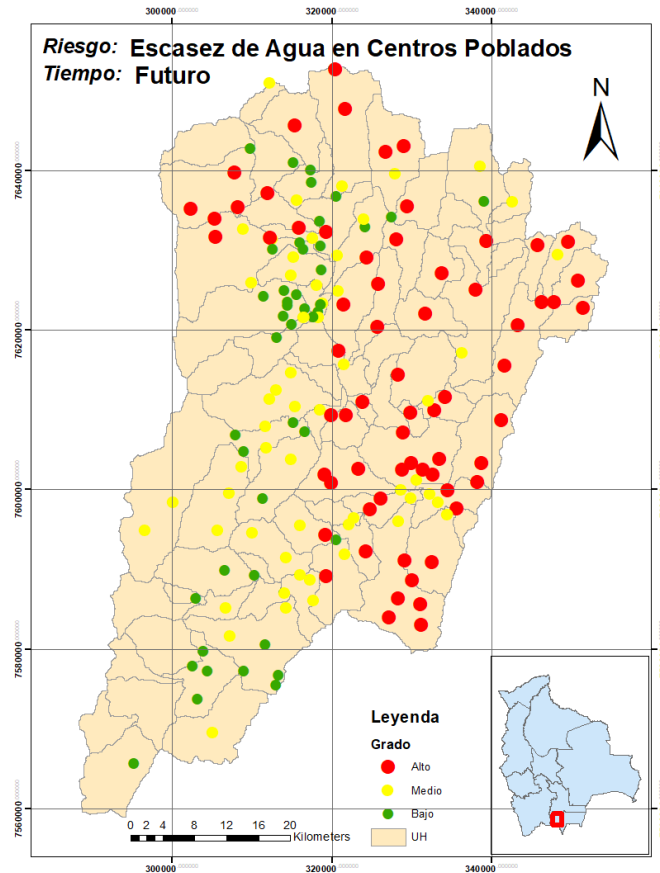


Figura 17: Riesgo por Escasez de Agua en Centros Poblados: Tiempo futuro

6.5 Conclusiones específicas de la ERC

- a) De la evaluación del riesgo climático para la amenaza *escasez de agua* para el elemento expuesto *centros poblados* para el *tiempo presente* y *tiempo futuro* se concluye que son 64 las comunidades con alto riesgo, afectando a 195,469 habitantes de la cuenca (80.2 % del total de la población de la cuenca). Dichas comunidades son presentadas en orden descendente: Laderas Sur (Uriondo), Tarija (Tarija), Ladera Norte (Tarija), San Nicolas (Uriondo), Barrancas (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), San Antonio La Cabaña (Tarija), Toma Tunal (Uriondo), Laderas Centro (Uriondo), Carlazo Este (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Yesera Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Colon Sur (Uriondo), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Canchones (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Junacas Norte (Tarija), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), Rujero (Uriondo), La Compañía (Uriondo), El Barranco (Villa San Lorenzo), El Condor (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Caldera Grande (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Guaranguay Sur (Uriondo), Huairiguana (Uriondo), San Jacinto Sud (Tarija), Paschani (Villa San Lorenzo), Cochás (Villa San Lorenzo), La Pintada (Tarija), Guaranguay Norte (Uriondo), Nueva Esperanza (Uriondo), Almendros (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo), San Jacinto Norte (Tarija), Pampa Galana (Tarija), Coimata (Villa San Lorenzo), Media Luna (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Campo De

Vasco (Uriondo), Sella Candelaria (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Rumicancha (Tarija), Portillo (Tarija), El Rosal (Villa San Lorenzo), La Quiñua (Villa San Lorenzo), La Choza (Uriondo), Monte Cercado (Tarija), Tres Morros (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), Yesera Centro (Tarija), Choroma (Villa San Lorenzo), Cirminuelas (Villa San Lorenzo), La Hondura (Villa San Lorenzo), San Isidro (Uriondo) y Monte Sur (Tarija).

- b) La ciudad de Tarija, capital del departamento, es un caso especial ya que es el centro más poblado de la cuenca, muy por encima de los otros⁴¹, y en el se conjuncionan altos grados de amenaza y exposición y bajo de vulnerabilidad, que requieren un tratamiento diferenciado con respecto a las otras comunidades de la cuenca.
- c) La amenaza juega un papel importante al momento de definir el riesgo ya que 47 centros poblados tienen un grado de amenaza Alto y sólo 17 tienen un grado de amenaza Medio.
- d) Con excepción Tarija (Tarija), Portillo (Tarija), Monte Sur (Tarija) que tienen un grado de exposición alto y medio, los restantes tienen un grado de exposición bajo, por lo cual este indicador, es menos importante que la amenaza y la vulnerabilidad para la definición del riesgo alto en la cuenca.
- e) La vulnerabilidad, después de la amenaza, juega un rol importante al momento establecer el grado de riesgo alto de los centros poblados, ya que 46 centros poblados tienen grado de vulnerabilidad Alto y sólo 4 tiene un grado de vulnerabilidad Bajo. Las comunidades con bajo grado de vulnerabilidad son: Tarija (Tarija), La Ventolera (Uriondo), La Choza (Uriondo), San Isidro (Uriondo).
- f) Existe un riesgo alto a la *escasez de agua* en 66 centros poblados de la cuenca. De materializarse este riesgo, se producirían fallas en el sistema de dotación de agua a la población, la cual se manifestará con la intermitencia del servicio; en primera instancia por periodos breves en épocas de estiaje del año, para posteriormente, hacer que estos cortes en el servicio sean más prolongados y frecuentes; situación que se verá exacerbada con el crecimiento de la población y de la mayor necesidad de agua para cubrir sus necesidades no sólo de consumo y aseo de sus pobladores, sino que también para el desarrollo de sus actividades económicas, industriales y turísticas.
- g) La intermitencia en la dotación de agua en los centros poblados, genera a su vez potenciales riesgos a la salud de la población, ya que es posible que el agua se contamine en el sistema, en especial de contaminación microbiológica, y que el agua que reciba la población no sea segura para su consumo, en especial para la población más vulnerable (niños y ancianos).

6.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Por su alto riesgo a la *escasez de agua* y dada su elevada población, es recomendable que la ciudad de Tarija tenga un tratamiento diferenciado y prioritario en la cuenca, en relación a las acciones que vaya a implementar el Plan Director de Cuenca.

⁴¹ Según datos del Censo 2012, la ciudad de Tarija tenía una población de 179561, y el siguiente centro poblado con mayor población de la cuenca contaba con una población de 3401, lo cual muestra una marcada diferencia entre el primer y segundo centros más poblados de la cuenca.

- b) La implementación de cualquier medida tendente a la reducción de la pobreza por necesidades básicas insatisfechas o el incremento del ingreso de la población de la cuenca, tendrá su efecto beneficioso en la reducción del riesgo y la mejora de las condiciones de vida de población.
- c) Protección de las fuentes de agua que proveen del vital elemento a los sistemas de dotación de agua a los centros poblados, a través de, cercado y forestación de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua y áreas de recarga hídrica.
- d) Verificación si la cantidad de agua que provee la fuente es suficiente para satisfacer las necesidades de la población en la actualidad y en al menos los siguientes 30 años. Si de la verificación, se constata la insuficiencia del recurso hídrico, será necesario buscar nuevas fuentes de agua y/o incrementar el nivel de almacenamiento.
- e) Si la conducción del agua desde la fuente a la red de distribución (aducción) se la realiza por canal abierto (revestido o no), planificar su cambio por conducción a presión (mediante el uso de tuberías) que reducen las pérdidas del vital líquido elemento y aseguran que la misma no se vea contaminada en el transporte desde la captación a la red de distribución.
- f) Es altamente recomendable, tener un sistema al menos de macro medición⁴², preferentemente combinado con el de micro medición⁴³.
- g) Cuando sea posible, es recomendable que se tenga una tarifa por consumo de agua, y que ésta esté en relación al consumo, y que la misma sea diferente según la categoría de usuario (doméstica, comercial o industrial). Esto permitiría que la Empresa Pública y Social del Agua (EPSA) tenga recursos para labores de mantenimiento y reparación del sistema de dotación de agua; así como también, para realizar mejoras y ampliaciones del servicio.
- h) Identificar y subsanar las pérdidas de agua en todas las partes del sistema de dotación de agua (captación, aducción, tanque de almacenamiento y red de distribución).
- i) Diseño y ejecución de campañas de sensibilización y educación ambiental sobre el buen uso del agua.
- j) Institucionalización y/o fortalecimiento institucional de las Empresas Pública y Social de Agua (EPSA) y las Cooperativas de Agua Potable (CAP).

⁴² En los sistemas de macro medición, al menos deberá medirse el caudal a la salida de la captación y al inicio de la red de distribución. Esta medición del caudal permitirá cuantificar las pérdidas de agua en la conducción.

⁴³ La micro medición se refiere en contar con medidores de agua al ingreso a las viviendas. Esta medición ha mostrado su ventaja de obligar indirectamente a un uso más racional del agua que cuando no se la tiene. Adicionalmente, junto a la macro medición permite cuantificar las pérdidas en la red de distribución.

7 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Escasez de Agua* para el elemento expuesto *Actividades Agrícolas*

La actividad agrícola en la cuenca es considerada como la de mayor potencialidad. De los 167 centros poblados identificados por el Censo 2012, en 156 se desarrolla la actividad agropecuaria, reportada por el Censo 2013. En las 156 comunidades registradas en el Censo Agropecuario 2013, se tiene una superficie agrícola total de 19552 hectáreas de las cuales el 99.7 por ciento es producida en verano, siendo muy pocas las comunidades y muy reducidas las extensiones que producen en invierno. De la superficie total agrícola, un 62.23 por ciento cuenta con riego.

En las comunidades agrícolas de la cuenca, los productos que más superficie ocupan para su producción son: Maíz (7792 ha, 39.9%), Papa (3586 ha, 18.3%), Uva (1848 ha, 9.4%), Arveja verde (1290 ha, 6.6%), Trigo (641 ha, 3.3%), Cebolla (492 ha, 2.5%), Alfalfa (453 ha, 2.3%). En 102 comunidades el Maíz usa la mayor cantidad de superficie cultivada, mientras que, en 25, 21 el producto que requiere la mayor cantidad de superficie es la Papa, Uva respectivamente.

Considerando que no se tiene la información necesaria ni la metodología identificada para proyectar la exposición ni la vulnerabilidad en el *tiempo futuro* para las actividades agrícolas de la cuenca, la evaluación del riesgo climático para el *tiempo futuro* consistirá únicamente en modificar las condiciones de amenaza, manteniendo constantes la exposición y vulnerabilidad.

7.1 Indicador de amenaza

El valor del indicador de amenaza de *escasez de agua* para cada comunidad agrícola es igual al valor de dicha amenaza para la unidad hidrológica a la que pertenece⁴⁴.

7.1.1 Indicador para el *tiempo presente*

De las 156 comunidades agrícolas de la cuenca 7, 81, 68 han sido clasificadas por su grado de amenaza en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁴⁵.

⁴⁴ Para mayor referencia ver subtítulo 5.1.1.

⁴⁵ Las comunidades que tiene grado alto de amenaza, ordenadas descendientemente por el nivel de riesgo son: Mururayo (Uriondo), Laderas Sur (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Calamuchita (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Antonio La Cabaña (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Pampa La Villa Chica (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Media Luna (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), Valle De Concepcion (Uriondo), La Choza (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Pintada (Tarija), San Nicolas (Uriondo), La Higuera (Uriondo), La Compañía (Uriondo), La Cabaña (Tarija), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Barrancas (Uriondo), La Angostura (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Yesera Sur (Tarija), San Jacinto Norte (Tarija), San Antonio De Chococa (Uriondo), Almendros (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Canchones (Tarija), Pampa Galana (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Monte Sur (Tarija), Monte Centro (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Junacas Sur (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Abra De La Cruz (Padcaya), Guaranguay Norte (Uriondo), Colon Norte (Uriondo), Guaranguay Sur (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), El Condor (Tarija), Carlazo Este (Tarija), Saladillo (Uriondo), Chorrillos (Uriondo), Rujero (Uriondo), Mulli Cancha (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), Tolomosita Centro (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Tablada Grande (Tarija), San Mateo (Tarija), Tomatitas (Villa San Lorenzo), Rancho Sur (Villa San Lorenzo), Sella Cercado (Tarija), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Monte Cercado (Tarija), Monte Mendez (Villa San Lorenzo), Caldera Grande (Tarija).

7.1.2 Indicador para el *tiempo futuro*

Para el indicador en *tiempo futuro* se utilizó los datos de las proyecciones de MIROC RCP 8.5 para la precipitación y MIROC RCP 6 para la evapotranspiración. De las 156 comunidades agrícolas 13, 75, 68 fueron clasificadas en Bajo, Medio, Alto respectivamente. No ha existido modificación del número ni composición de las comunidades agrícolas clasificadas como de alto grado de amenaza en el *tiempo presente* al *tiempo futuro*.

7.2 Indicadores de exposición

Para la actividad agrícola, el indicador simple de exposición es la superficie agrícola de cada una de las comunidades que se dedican a esa actividad. Si bien se cuenta con dicha información para el *tiempo presente* dada por los datos del Censo 2013; así como porcentajes de crecimiento de superficie cultivada a nivel nacional en el periodo 2005 - 2013⁴⁶ para algunos productos que se producen en la cuenca, esos índices de crecimiento no pueden ser directamente aplicados a la presente evaluación debido a factores de escala (nacional vs comunidad), por lo cual no se tiene la información necesaria que permita la proyección de su valor para el año 2050.

Por lo anteriormente expuesto, para la Evaluación del Riesgo Climático sólo se tendrá un indicador de exposición del *tiempo presente* que también será usado para el *tiempo futuro*, asumiendo con ello que la superficie agrícola registrada en el Censo 2013, se mantendría invariante hasta el año 2050.

De las 156 comunidades agrícolas 98, 52, 6 han sido clasificadas por su grado de exposición en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁴⁷.

7.3 Indicador de vulnerabilidad

Con la información disponible del Censo 2013 se calculó el valor del indicador de vulnerabilidad para el *tiempo presente*, no teniendo información para poder proyectar dichos valores para el año 2050 (*tiempo futuro*), razón por la cual, para el *tiempo futuro* se utilizará la misma información que para el *tiempo presente*, asumiendo con ello, que las condiciones de vulnerabilidad no han cambiado.

La vulnerabilidad es uno de los tres componentes del riesgo, el cual a su vez se descompone en dos factores subyacentes que son la sensibilidad y la capacidad adaptativa, mismos que serán usados para poder calcular el valor del indicador de la vulnerabilidad para la amenaza climática de *escasez de agua*, según el siguiente detalle:

- a) La **sensibilidad** de las actividades agrícolas está representada por el tipo de cultivo que se produce. En la cuenca se cultivan 80 diferentes productos; sin embargo, son 7 los productos que acaparan el 89.3 por ciento del total de la superficie cultivada en la cuenca. Dichos productos son Maíz, Papa, Uva, Arveja verde, Trigo, Cebolla, Alfalfa en orden de

⁴⁶ <https://inesad.edu.bo/dslm/2015/02/produccion-superficie-sembrada-y-rendimientos-del-sector-agricola-2005-2013/>

⁴⁷ Las comunidades que tienen una exposición alta son presentadas descendientemente por la cantidad de superficie agrícola (nivel de exposición) que poseen: San Andres (Tarija), Portillo (Tarija), Bella Vista (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija).

importancia según la superficie efectiva usada para su producción. Basados en los resultados de la encuesta electrónica de *criterio de experto y/o percepción local* cada uno de los 7 principales cultivos tiene diferente sensibilidad a la amenaza de escasez de agua, concluyéndose que los factores de ponderación de la sensibilidad son 2.8, 2.7, 2.7, 2.7, 2.6, 2.4, 2.4 para el Arveja verde, Alfalfa, Cebolla, Papa, Maíz, Trigo, Uva respectivamente, con lo que la Arveja verde es el más sensible a ser afectado por la escasez de agua y el Trigo el menos sensible. La fórmula de cálculo, que usa la superficie efectiva de cada cultivo fue⁴⁸:

$$\text{sensibilidad} = \frac{2.7 * Alf + 2.8 * Arv + 2.7 * Ceb + 2.6 * Ma + 2.7 * Pa + 2.4 * Tr + 2.4 * Uv}{2.7 + 2.8 + 2.7 + 2.6 + 2.7 + 2.4 + 2.4}$$

b) La **capacidad adaptativa** de la actividad agrícola en la cuenca es calculada usando los siguientes factores:

- Porcentaje de superficie agrícola sin riego (SASR), donde a mayor SASR menor será la capacidad adaptativa, y mayor la vulnerabilidad. Su factor de ponderación es el más alto con un valor de 4.
- Porcentaje de la superficie forestal (SF), donde a mayor SF mayor será la capacidad adaptativa, y por tanto menor la vulnerabilidad. Su factor de ponderación es 2.
- Número de tractores por comunidad (NTC), como representación del grado de mecanización de la actividad agrícola. A mayor número de tractores por comunidad, mayor será la capacidad adaptativa y por tanto menor la vulnerabilidad. Su factor de ponderación es 1.
- Número de fumigadores por unidad productiva agropecuaria (NFUPA), como representación del grado de tenencia de equipamiento agrícola. A mayor NFUPA mayor será la capacidad adaptativa y menor la vulnerabilidad. Su factor de ponderación es 1.
- Porcentaje de personas cuya actividad principal es la agricultura (PPAPA), donde a mayor PPAPA, menor será la capacidad adaptativa y por ende mayor la vulnerabilidad. Su factor de ponderación es 2.

Con base a la metodología usada y a los anteriores factores, la vulnerabilidad se calculó usando la fórmula:

$$\text{vulnerabilidad} = \frac{4 * SASR + 2 * SF + 1 * NTC + 1 * NFUPA + 2 * PPAPA + 4 * Sensibilidad}{4 + 2 + 1 + 1 + 2 + 4}$$

⁴⁸ Dónde: Alf= Alfalfa, Arv= Arveja verde, Ceb= Cebolla, Ma= Maíz, Pa= Papa, Tr= Trigo, y Uv= Uva

De las 156 comunidades agrícolas de la cuenca, 42, 56, 58 fueron clasificadas, según su grado de vulnerabilidad a la amenaza climática de escasez de agua en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁴⁹.

7.4 Indicador de riesgo

Según la metodología aplicada, el riesgo se calcula usando la fórmula:

$$\text{riesgo} = \frac{a * \text{amenaza} + b * \text{exposición} + c * \text{vulnerabilidad}}{a + b + c}$$

donde *a*, *b*, y *c* son los factores de ponderación de la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. La *amenaza*, *exposición* y *vulnerabilidad* son los indicadores normalizados de la amenaza, exposición y vulnerabilidad, calculados tanto para el *tiempo presente* o para el *tiempo futuro*.

⁴⁹ Las comunidades catalogadas con alto grado de vulnerabilidad, en orden descendente por su nivel de vulnerabilidad a la amenaza *escasez de agua*, son: San Pedro De Buena Vista (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Yesera Centro (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Rumicancha (Tarija), Bella Vista (Tarija), Tacuara (Padcaya), Carlazo Este (Tarija), Santa Barbara Chica (Villa San Lorenzo), Monte Sur (Tarija), Canchones (Tarija), Cochabamba (Villa San Lorenzo), Churquis (Tarija), San Agustin Norte (Tarija), Chaupicancha (Villa San Lorenzo), Chiguay Polla (Tarija), Gamoneda (Tarija), Santa Barbara Grande (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), Pampa Redonda (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Ladera Norte (Tarija), Abra De La Cruz (Padcaya), Carlazo Centro (Tarija), Pampa Galana (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Cirminuelas (Villa San Lorenzo), Puesto Tunal (Uriondo), San Andres (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Junacas Sur (Tarija), Yesera Norte (Tarija), Yesera San Sebastian (Tarija), El Condor (Tarija), Corana Norte (Villa San Lorenzo), Pinos Norte (Tarija), Choroma (Villa San Lorenzo), Sella Candelaria (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Armaos (Uriondo), El Rosal (Villa San Lorenzo), Huayco Grande (Uriondo), Rujero (Uriondo), Huacata (Villa San Lorenzo), Sella Quebrada (Tarija), Rumicancha (Uriondo), Turumayo (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Tres Morros (Villa San Lorenzo), Coimata (Villa San Lorenzo), Guaranguay Sur (Uriondo), La Hondura (Villa San Lorenzo), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Fuerte Grande (Padcaya), Tolomosa Grande (Tarija), Pinos Sur (Tarija).

7.4.1 Para el tiempo presente

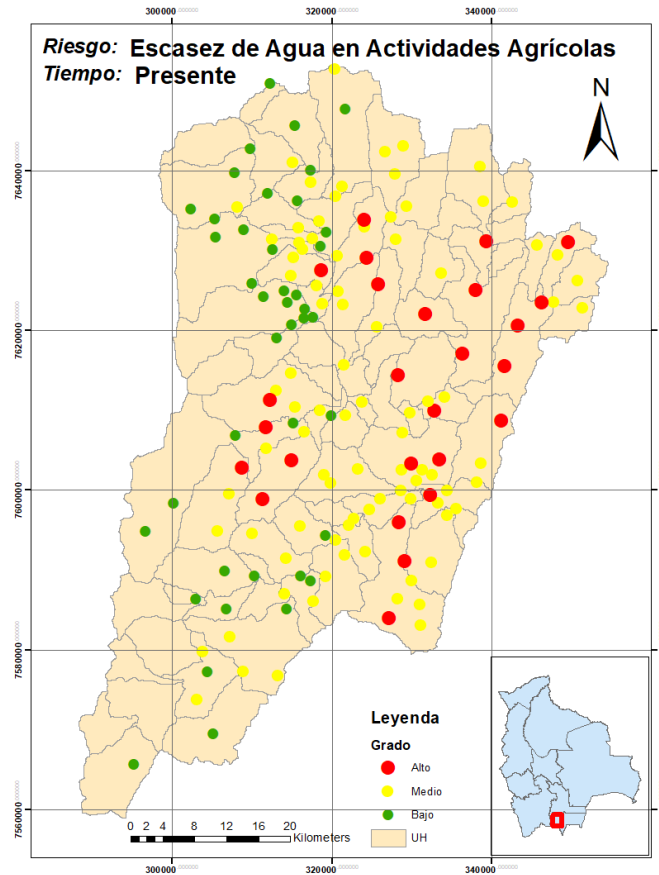


Figura 18: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo presente

Para el cálculo del riesgo se usó la información procesada en los subtítulos 7.1.1subt:indi_amena_pre_escasez_agri, 7.2 y 7.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. Los factores de ponderación para los tres componentes del riesgo fueron igual a 1. La Figura 18 presenta el mapa del riesgo por la amenaza de escasez de agua para la actividad agrícola en el *tiempo presente*. El riesgo por escasez de agua, en el *tiempo presente* para la actividad agrícola en la cuenca clasificó a 41, 89, 26 con grado de riesgo Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵⁰.

⁵⁰ Las comunidades con alto riesgo, presentadas en orden descendente por su nivel de riesgo, son: Portillo (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), San Andres (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Bella Vista (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Ladera Norte (Tarija), San Isidro (Uriondo), San Agustin Sur (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), San Agustin Norte (Tarija), Abra De La Cruz (Padcaya), Carlazo Centro (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Colon Sur (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), Churquis (Tarija), Colon Norte (Uriondo), Junacas Norte (Tarija), Gamonedada (Tarija), Pampa Redonda (Tarija), Rancho Norte (Villa San Lorenzo).

7.4.2 Para el tiempo futuro

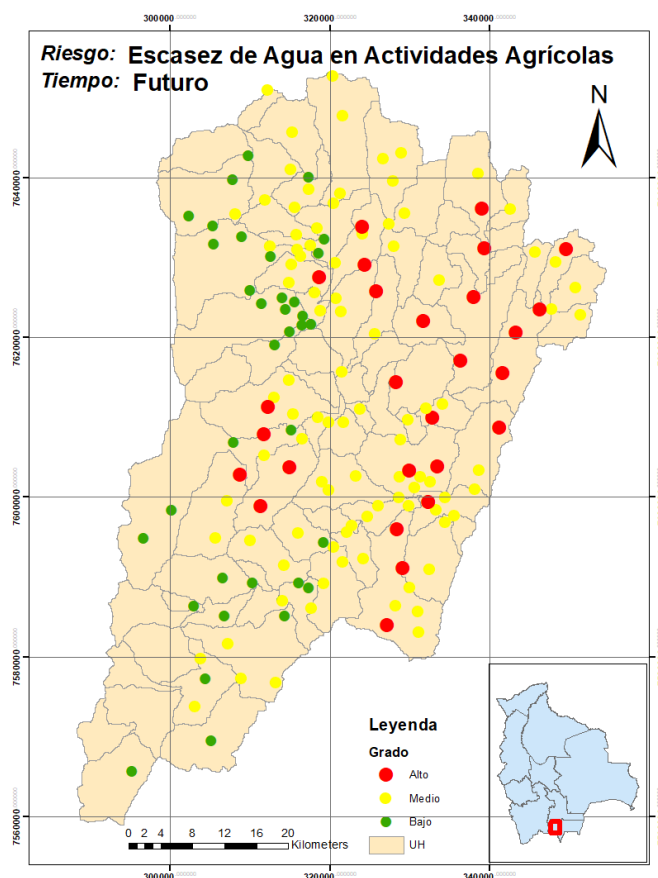


Figura 19: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo futuro

El cálculo del riesgo en el *tiempo futuro* utilizó la misma fórmula que para el tiempo presente con los mismos factores de ponderación de los componentes del riesgo iguales a la unidad. Los datos utilizados para alimentar la formula provienen de los procesados en los subtítulos 7.1.2subt:indi_amena_fut_escasez_agri, 7.2 y 7.3. La Figura 19 presenta el mapa del riesgo por la amenaza de escasez de agua para la actividad agrícola en el *tiempo futuro*. De las 156 comunidades agrícolas de la cuenca, 35, 94, 27 han sido clasificadas en el *tiempo futuro* con grado de riesgo Bajo, Medio, Alto respectivamente. A la lista de comunidades clasificadas con riesgo alto en el *tiempo presente*, se ha incluido la comunidad de Yesera Norte (Tarija) ya que en el *tiempo futuro* ha incrementado su riesgo de medio a alto.

7.5 Conclusiones específicas de la ERC

- La actividad agrícola en la cuenca es menos vulnerable a las modificaciones del cambio del régimen de precipitación, debido a que un 62.23 por ciento de la superficie agrícola cuenta con sistemas de riego, haciéndola menos dependiente para su desarrollo de la disponibilidad de lluvias en la cuenca, y pudiendo planificar en mejores condiciones la gestión de los cultivos.

- b) Las comunidades agrícolas con riesgo alto ante la amenaza *escasez de agua* en el *tiempo presente y tiempo futuro*, ordenadas descendientemente por su nivel de riesgo, son: Portillo (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), San Andres (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Bella Vista (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Ladera Norte (Tarija), San Isidro (Uriondo), San Agustin Sur (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), San Agustin Norte (Tarija), Abra De La Cruz (Padcaya), Carlazo Centro (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Colon Sur (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), Churquis (Tarija), Colon Norte (Uriondo), Junacas Norte (Tarija), Gamoneda (Tarija), Pampa Redonda (Tarija) y Rancho Norte (Villa San Lorenzo).
- c) En las 26 comunidades identificadas con alto riesgo, mencionadas anteriormente, están en riesgo las siguientes superficies y por ende su calidad y cantidad de los siguientes principales productos agrícolas.

Cuadro 10: Superficie agrícola en alto riesgo a la escasez de agua. Por producto

Producto	Superficie cultivada		Porcentaje
	Comunidades con alto riesgo	Total cuenca	
Uva	1076.8	1847.6	58.3
Trigo	299.6	641.2	46.7
Arveja verde	541.2	1290.2	41.9
Maíz	2499.2	7792.4	32.1
Papa	1030.9	3586.0	28.7
Alfalfa	121.0	452.9	26.7
Cebolla	128.4	491.8	26.1

- d) De las 26 comunidades agrícolas de la cuenca 14 de ellas pertenecen a la parte Media y las 12 restantes pertenecen a la parte Baja de la cuenca.
- e) La amenaza juega un rol importante en la definición del riesgo ya que, de las 26 comunidades agrícolas de la cuenca, 20 tienen un grado de amenaza Alto; y sólo 6 tienen un grado de amenaza Medio.
- f) Del total de las comunidades agrícolas clasificadas con riesgo alto, la mayoría de ellas tiene un grado de exposición Medio (15 comunidades) y sólo 5 tiene un grado de exposición Alto⁵¹.
- g) Después de la amenaza, el componente de vulnerabilidad es el que tienen una relevancia en la definición del grado de riesgo de las comunidades agrícolas, ya que de las 26

⁵¹ Las comunidades que tienen exposición alta, o sea que tienen las mayores superficies agrícolas, son: San Andres (Tarija), Portillo (Tarija), Bella Vista (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Guerra Huayco (Tarija).

comunidades agrícola, 17 tienen un grado de vulnerabilidad Alto y solo 4 tienen un grado Bajo⁵².

- h) En las 26 comunidades identificadas con grado de riesgo alto, de no tomar acciones que reduzcan el riesgo a la amenaza de *escasez de agua*, este podría materializarse en impactos como la pérdida parcial o total de la producción agrícola; reducción de la productividad agrícola o merma en la calidad de la misma; que a su vez podría generar impactos económicos en las familias que se dedican a dicha actividad, incrementando así los niveles de pobreza en las comunidades, así como también, generando impactos sociales como la migración a áreas urbanas, lo que implicaría una reducción de la producción de alimentos que afectaría en definitiva la seguridad alimentaria de la población de los centros urbanos y periurbanos, principalmente.

7.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Las comunidades agrícolas que cuentan con sistemas de riego, no sólo son menos vulnerables a los impactos del cambio climático; sino que tiene la capacidad de planificar de mejor manera la producción agrícola, pudiendo esto redituarse en mejores ingresos para las familias dedicadas a esta actividad. Tanto para las comunidades con sistemas de riego, pero principalmente para aquellas que no cuentan con él, contar con información meteorológica anticipada que apoyen su actividad difundidas en boletines agrometeorológicos permitirá al agricultor tomar decisiones que reduzcan las probabilidades de pérdidas sustanciosa de su cosecha; así como también el planificar su producción en base a las probables condiciones meteorológicas en el año agrícola.
- b) Las comunidades que cuentan con sistema de riego, deberían desarrollar capacidades para lograr un uso eficiente de los recursos hídricos, mediante la implementación de sistemas de riego tecnificado (aspersión y/o goteo) y un manejo más sostenible de sus tierras de producción (prácticas de manejo y conservación resiliente de tierras).
- c) Provisión de servicios de extensión agrícola o extensión rural a los productores de la cuenca; entendiendo este servicio como el proceso educativo y comunicacional que introduce técnicas y conocimientos científicos aplicados a la producción agropecuaria, con el objeto de mejorar la productividad y con ello elevar la calidad de vida de las personas en el área rural.
- d) Implementación y mejora de la infraestructura para la captación y almacenaje del agua, en las comunidades que lo requieran, cuando se identifique su necesidad en un trabajo de campo de evaluación.
- e) Capacitación, mediante la metodología *aprender haciendo*, en (i) manejo sustentable de suelos; (ii) manejo integral de plagas; (iii) manejo de sistema de producción mixtos; (iv) manejo sustentable y eficiente del agua.

⁵² Las comunidades con baja vulnerabilidad, o sea, aquellas que tienen las mejores condiciones para el desarrollo de la actividad agrícola son: Sunchu Huayco (Uriondo), Calamuchita (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija).

- f) Diversificación de cultivos e introducción de nuevas variedades o cultivos más resistentes a la escasez de agua.
- g) Mejoramiento en la capacidad de almacenamiento de semillas y granos.
- h) Acceso a créditos y asistencia técnica para la mejora e incremento de la producción agrícola y cadenas productivas de alto valor agregado.
- i) Mejora en las prestaciones del Seguro Agrario ante pérdidas por efectos de eventos meteorológicos.

8 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Escasez de Agua* para el elemento expuesto *Actividades Pecuarias*

La actividad pecuaria es desarrollada en 156 comunidades, según datos del Censo Agropecuario 2013 del INE. Según dicho Censo, en la cuenca para el año 2013, se tenía un total de 1,364,834 cabezas de animales contabilizadas, en cuyo número se encuentran incluidas las aves. Ese número se descompone de la siguiente manera, entre paréntesis el porcentaje del total de animales: (i) 990,519 pollos parrilleros, gallinas de postura, pollitos bebes y similares (72.6%); (ii) 129,059 cabezas de ganado ovino y caprino (9.5%); (iii) 126,824 gallinas, pavos, patos y avestruces (9.3%); (iv) 77,240 vacas, toros y bueyes (5.7%); (v) 28,066 ganado porcino (2.1%). Para llegar al total del 100 %, se completa la lista con caballos, mulas y asnos (0.8%); y conejos y cuyes (0.12%).

Dado que no se cuenta con la información necesaria para poder proyectar la exposición y la vulnerabilidad al *tiempo futuro* para las comunidades dedicadas a la actividad pecuaria, la evaluación del riesgo climático para el elemento expuesto actividad pecuaria en *tiempo futuro* será diferente a la del *tiempo presente* en el cambio de las condiciones de amenaza, manteniéndose constante, los indicadores de exposición y vulnerabilidad constantes.

8.1 Indicador de amenaza

El valor del indicador de amenaza de *escasez de agua* para cada comunidad dedicada a la actividad pecuaria será igual al valor de dicha amenaza para la unidad hidrológica a la que pertenece. Para mayor referencia de su cálculo ver subtitulo 5.1.1subtit:mapa_amena_escasez_presente.

8.1.1 Indicador para el *tiempo presente*

De las 156 comunidades pecuarias de la cuenca 7, 81, 68 han sido clasificadas por su grado de amenaza en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵³.

⁵³ Las comunidades que tiene alto grado de amenaza, ordenadas descendentemente por su nivel de amenaza, son: Muturayo (Uriondo), Laderas Sur (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Calamuchita (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Antonio La Cabaña (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Pampa La Villa Chica (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Media Luna (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), Valle De Concepcion (Uriondo), La Choza (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Pintada

8.1.2 Indicador para el tiempo futuro

Para el indicador en *tiempo futuro* se utilizó los datos de las proyecciones de MIROC RCP 8.5 para la precipitación y MIROC RCP 6 para la evapotranspiración. De las 156 comunidades agrícolas 13, 75, 68 fueron clasificadas en Bajo, Medio, Alto respectivamente, no detectándose cambios en el número ni composición de comunidades pecuarias con alto grado de amenaza a la *escasez de agua* en la cuenca, entre el *tiempo presente* y el *tiempo futuro*.

8.2 Indicadores de exposición

Se seleccionó como indicador de exposición de la actividad pecuaria a la *unidad de producción agropecuaria (UPA)*⁵⁴. En 62 unidades hidrológicas se desarrolla la actividad pecuaria, existiendo diferente número de UPAs en cada una. Como se mencionó, no se cuenta con información para poder proyectar el número de UPAs al año 2050 (*tiempo futuro*), por lo cual, la información del *tiempo presente* también será usada en el *tiempo futuro*.

De las 156 comunidades pecuarias 105, 47, 4 han sido catalogadas con grado de exposición a la escasez de agua como Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵⁵.

8.3 Indicador de vulnerabilidad

Por la falta de información para proyectar el valor de los factores que componen el indicador de vulnerabilidad al año 2050, el valor de este indicador será el mismo para el *tiempo presente* y el *tiempo futuro*. El indicador de vulnerabilidad está compuesto por dos factores de capacidad adaptativa y uno de sensibilidad.

- a) **Superficie ganadera de la comunidad (SG)**, la cual incluye la superficie de pasto cultivado y natural. Este es un factor de capacidad adaptativa, por el cual, a mayor superficie ganadera, mayor capacidad adaptativa y por ende menor riesgo climático.
- b) **Cantidad de personas cuya principal actividad es la ganadería (CPAG)**. Este es un factor de capacidad adaptativa, ya que en la medida que se tenga mayor cantidad de

(Tarija), San Nicolas (Uriondo), La Higuera (Uriondo), La Compañía (Uriondo), La Cabaña (Tarija), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Barrancas (Uriondo), La Angostura (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Yesera Sur (Tarija), San Jacinto Norte (Tarija), San Antonio De Chocloca (Uriondo), Almendros (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Canchones (Tarija), Pampa Galana (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Monte Sur (Tarija), Monte Centro (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Junacas Sur (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Abra De La Cruz (Padcaya), Guaranguay Norte (Uriondo), Colon Norte (Uriondo), Guaranguay Sur (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), El Condor (Tarija), Carlazo Este (Tarija), Saladillo (Uriondo), Chorrillos (Uriondo), Rujero (Uriondo), Mulli Cancha (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), Tolomosita Centro (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Tablada Grande (Tarija), San Mateo (Tarija), Tomatitas (Villa San Lorenzo), Rancho Sur (Villa San Lorenzo), Sella Cercado (Tarija), Sella Mendez (Villa San Lorenzo), Monte Cercado (Tarija), Monte Mendez (Villa San Lorenzo), Caldera Grande (Tarija).

⁵⁴ La UPA es la unidad de organización de la producción agropecuaria, comprende el terreno, parcela o bien el conjunto de terrenos o parcelas, utilizados total o parcialmente para actividades agropecuarias, conducidos como una unidad económica por un productor, sin distinción de tamaño, régimen de tenencia o condición jurídica (<http://anda.ine.gob.bo/index.php/catalog/24>)

⁵⁵ Las comunidades clasificadas con riesgo alto son presentadas en orden descendente por el número de UPAs: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Portillo (Tarija).

personas dedicadas a esta actividad, el ganado recibirá mayor atención, haciéndolo menos vulnerable.

- c) **Consumo de agua por el ganado (CAG).** Este es un factor de sensibilidad que depende del consumo diario de agua de ganado, y este a su vez depende del tipo de ganado. A mayor consumo de agua, mayor será la sensibilidad y por ende incrementará la vulnerabilidad y consecuentemente el riesgo. Para calcular el valor de este indicador, el ganado se dividió en familias y para cada familia se identificó su consumo de agua en litros por día. El Cuadro 11 muestra la cantidad de agua en litros por día animal, para cada una de las familias de ganado existentes en la cuenca. La sensibilidad se calcula multiplicando los valores del consumo de agua de la mencionada tabla por el número de animales existentes en esa familia.

Cuadro 11: Consumo de agua (litros/día) por familia de ganado

Familia	Componentes de la familia	Consumo de agua (litros/día)
Bovinae	Vacas, toros y bueyes	50.0
Caprinae	Ovejas y cabras	3.0
Porcino	Chanchos de granja y coral	10.0
Auquénidos	Llamas	1.0
Équidos	Caballos, mulas y asnos	50.0
Lepóridos	Conejos y cuyes	1.0
Aves de granja	Pollos parrilleros, gallinas de postura, pollitos bebes y similares	0.3
Aves de corral	Gallinas, pavos, patos y avestruces	0.3

La fórmula usada para el cálculo de la vulnerabilidad, la cual está basada en los factores seleccionados de vulnerabilidad y la metodología aplicada, que incluye los factores de ponderación, fue:

$$vulnerabilidad = \frac{4 * CAG + 2 * SG + 1 * CPAG}{4 + 2 + 1}$$

Al aplicar la fórmula a los datos de la cuenca, se tiene que 81, 58, 17 de las comunidades pecuarias han sido clasificadas con grado de vulnerabilidad Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵⁶.

⁵⁶ Las comunidades que tiene grado de vulnerabilidad alto, presentadas en forma descendente por su grado de vulnerabilidad, son: San Andres (Tarija), Camacho (Padcaya), Bella Vista (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Yesera Norte (Tarija), Pampa Redonda (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Guerra Huayco (Tarija), Yesera Centro (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), La Huerta (Padcaya), Tacuara (Padcaya), Turumayo (Tarija), Quebrada De Cañas (Padcaya), Abra De San Miguel (Padcaya), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), Churquis (Tarija).

8.4 Indicador del riesgo

Con base a la metodología usada, el indicador del riesgo para la amenaza escasez de agua del elemento expuesto actividad pecuaria se calculó usando la fórmula:

$$\text{riesgo} = \frac{1 * \text{amenaza} + 1 * \text{exposición} + 1 * \text{vulnerabilidad}}{1 + 1 + 1}$$

donde los factores de ponderación de los componentes del riesgo son iguales a la unidad y los valores normalizados de los indicadores de amenaza, exposición y vulnerabilidad.

8.4.1 Para el tiempo presente

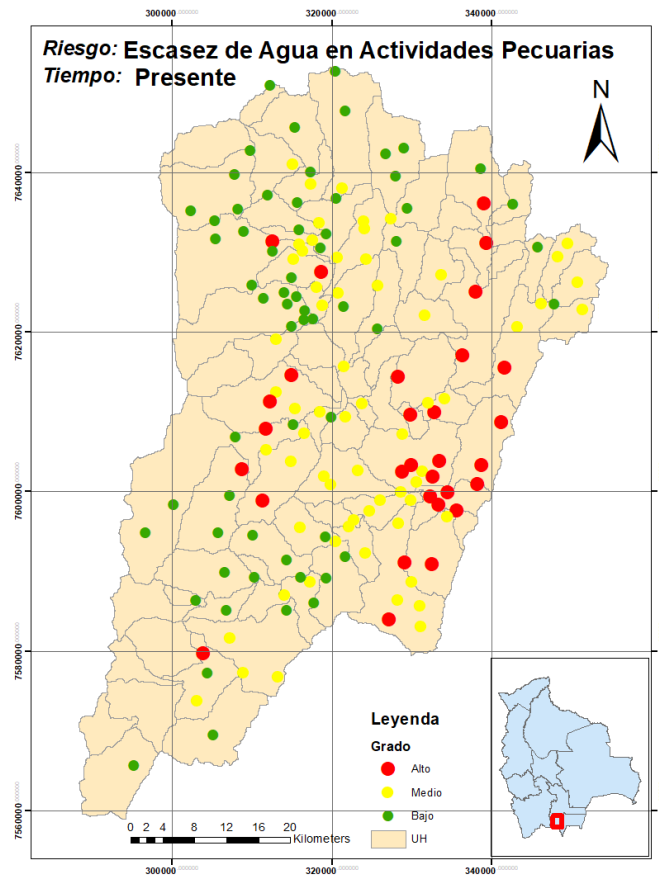


Figura 20: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Presente

Para el cálculo del indicador de riesgo se utilizó la información procesada en los subtítulos 8.1.1subtit:ind_amena_pre_esca_pecu, 8.2 y 8.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. De las 156 comunidades pecuarias de la cuenca 62, 64, 30 han sido

clasificadas por su grado de riesgo en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵⁷. La Figura 20 presenta el mapa de las comunidades pecuarias por su grado de riesgo.

8.4.2 Para el tiempo futuro

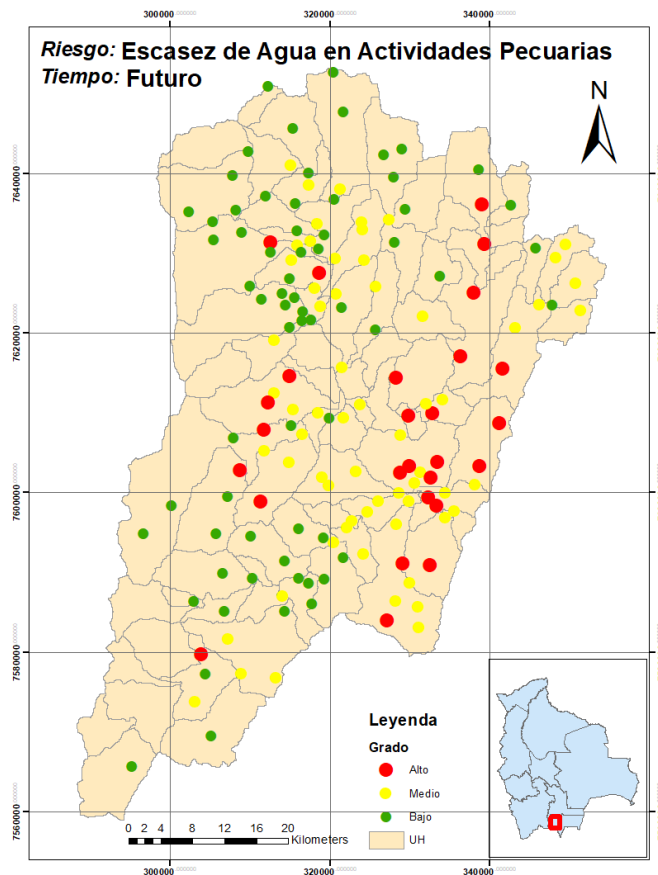


Figura 21: Mapa de riesgo por Escasez de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Futuro

El indicador de riesgo para el *tiempo futuro* utilizó la información procesada en los subtítulos 8.1.2subtit:ind_amena_fut_esca_pecu, 8.2 y 8.3. De las 156 comunidades pecuarias 66, 63, 27

⁵⁷ Las 30 comunidades clasificadas con alto riesgo, son presentadas a continuación, de manera descendente según el valor de riesgo calculado, empezando por la más alta, terminando en la más baja: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Portillo (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Muturayo (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Santa Ana La Nueva (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), San Agustin Sur (Tarija), Turumayo (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Ladera Norte (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Pampa Redonda (Tarija), Camacho (Padcaya), La Choza (Uriondo), Colon Sur (Uriondo), Abra De La Cruz (Padcaya), Yesera Norte (Tarija), La Ventolera (Uriondo), La Pintada (Tarija), Barrancas (Uriondo), Laderas Sur (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo).

fueron clasificadas por su grado de riesgo en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁵⁸. La Figura 21 presenta el mapa de las comunidades pecuarias por su grado de riesgo.

8.5 Conclusiones específicas de la ERC

- a) La actividad pecuaria es vulnerable al cambio climático, debido a que depende para su desarrollo de dos insumos importantes como son el alimento y el agua; los cuales depende para la calidad y cantidad de las condiciones meteorológicas. Adicionalmente, a diferencia de la agricultura, en la que se puede definir los periodos de producción, la actividad pecuaria se la realiza durante todo el año, y en la época de estiaje, que coincide con la temporada fría del año, las condiciones que se le da al ganado, son las menos adecuadas para su óptimo desarrollo.
- b) Se ha identificado 27 comunidades pecuarias que han sido clasificadas con un alto riesgo a la amenaza escasez, las cuales ordenadas descendentemente por su nivel de riesgo, son: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Portillo (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Muturayo (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Santa Ana La Nueva (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), San Agustin Sur (Tarija), Turumayo (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Ladera Norte (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Pampa Redonda (Tarija), Camacho (Padcaya), La Choza (Uriondo), Colon Sur (Uriondo), Abra De La Cruz (Padcaya), Yesera Norte (Tarija), La Pintada (Tarija), Barrancas (Uriondo), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo).
- c) En las 27 comunidades identificadas con alto riesgo, mencionadas anteriormente, están en riesgo las siguientes familias de ganado y por ende la calidad y cantidad de sus productos y subproductos.

Cuadro 12: Superficie agrícola en alto riesgo a la escasez de agua. Por familia

Familia	Número de cabezas		Porcentaje
	Comunidades con alto riesgo	Total cuenca	
Aves de granja	512744	990519	51.8
Aves de corral	40735	126824	32.1
Porcino	8849	28066	31.5
Équidos	3443	11429	30.1
Bovinae	21789	77240	28.2
Caprinae	31654	129059	24.5
Lepóridos	335	1635	20.5
Auquénidos	4	62	6.5

⁵⁸ Las comunidades clasificadas con alto riesgo en el *tiempo presente* que han reducido su grado de riesgo de alto a medio en el *tiempo futuro* son: La Ventolera (Uriondo), Laderas Sur (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo). El cambio de grado de riesgo entre los dos tiempos, se debe principalmente al proceso de normalización y clasificación, que se los realiza independientemente para el *tiempo presente* y para el *tiempo futuro*; y no así por un cambio en las condiciones de la amenaza a la escasez de agua en las comunidades listadas.

- d) El indicador de la amenaza juega un rol importante en la definición del grado de riesgo en la cuenca, ya que, de las 27 comunidades, 18 de ellas tiene un grado de amenaza Alto y 9 tiene un grado de amenaza Medio.
- e) La exposición tiene menor importancia al determinar el grado de riesgo, ya que solamente 4 comunidades tienen un grado de amenaza Alto y 19 tiene un grado de amenaza Medio.
- f) De las 27 comunidades identificadas con riesgo alto 11 de ellas tiene un grado de vulnerabilidad Alto, mientras que 9 tiene un grado de vulnerabilidad Medio, lo que demuestra que la contribución de la vulnerabilidad en la clasificación de riesgo alto es menor que el indicador de la amenaza.
- g) La tendencia histórica de la precipitación en la cuenca es a la reducción, la cual, según los distintos escenarios climáticos, continuará en el *tiempo futuro*, lo cual podrá generar impactos negativos sobre la actividad pecuaria de la cuenca. De no tomarse medidas de adaptación oportunas, se podrá en el futuro, experimentar la reducción de la disponibilidad de alimento y agua para el ganado, especialmente para el ganado mayor, insumos importantes para el logro productos y subproductos de la actividad pecuaria adecuados en calidad y cantidad.

8.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Por las características propias de la actividad pecuaria, ésta necesita de procesos de planificación, que permitan establecer parámetros para la definición de la magnitud de este emprendimiento. Uno de esos parámetros, que resulta importante, es la cantidad de animales, especialmente de ganado mayor, que pueden ser adecuadamente alimentados y para los cuales se tiene la suficiente cantidad de agua que permita su óptimo desarrollo. Dicho trabajo de planificación básica debe ser realizado, para la determinación del número de cabezas de ganado que pueden ser debidamente sustentados. Dicha determinación debe ser hecha no solo bajo las condiciones presentes; sino también en las condiciones futuras, con la presencia del cambio climático en la cuenca.
- b) El cambio climático en la cuenca ha de afectar, en su generalidad de forma negativa, el desarrollo de la actividad pecuaria, por lo cual es necesario realizar un conjunto de medidas de adaptación que tiene el objeto de evitar que este fenómeno climático global, reduzca las condiciones de *bienestar animal*⁵⁹, dentro de las cuales se incluye, las siguientes acciones a favor de los animales⁶⁰:
 - a. Evitar que sufran hambre o sed, asegurándose el fácil acceso al agua fresca y potable y a una dieta para mantener la salud y el vigor.

⁵⁹ El bienestar animal es definido como el conjunto de actividades encaminadas a proporcionar comodidad, tranquilidad, protección, salud, y seguridad a los animales durante su crianza, mantenimiento, producción, transporte y sacrificio.

⁶⁰ Basado en: *Reglamento técnico de bienestar animal bovino del departamento de Santa Cruz*, Secretaría de Desarrollo Productivo - Dirección de Sanidad Agroalimentaria, Art. 8, Santa Cruz, 2012.

- b. Evitar que sufran incomodidad física o térmica, proporcionando un ambiente adecuado, que incluya refugios y áreas de descanso cómodas, higiene y protección ante las condiciones climáticas.
 - c. Evitar que sufran lesiones o enfermedades, asegurándoles la prevención, pronto diagnóstico y rápido tratamiento.
 - d. Evitar que sufran miedo y dolor, garantizando las condiciones y trato que eviten el sufrimiento mental y físico.
 - e. Generar las condiciones para que puedan desempeñarse con su comportamiento normal y esencial, cohabitando con animales de su misma especie.
- c) Capacitación en *buenas prácticas* en la actividad pecuaria, que vayan a mejorar las condiciones de *bienestar animal*.
 - d) Acceso a créditos y asistencia técnica para la mejorar de la producción de productos y subproductos de la actividad pecuaria en la cuenca.

9 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Exceso de Agua* para el elemento expuesto *Centros Poblados*

La evaluación del riesgo climático para la amenaza *exceso de agua* para el elemento expuesto *centros poblados*, difiere de la realizada en el subtítulo 6 de este documento, en que se utilizará la información de la amenaza *exceso de agua*. Los valores de los indicadores de exposición, y vulnerabilidad utilizados en la evaluación del riesgo climático para la amenaza *escasez de agua* para el elemento expuesto *centros poblados* serán utilizados en la presente evaluación.

9.1 Indicador de amenaza

El valor del indicador de amenaza de *exceso de agua* para cada uno de los centros poblados de la cuenca, es igual al valor de dicha amenaza para la unidad hidrológica a la que pertenece la comunidad⁶¹. Dicho indicador fue calculado, sumando los excesos de las precipitaciones mayores al percentil 90 de cada una de la UH a la que pertenece el centro poblado. Cuanto mayor sea la suma de los excesos de precipitación, tanto mayor será la amenaza al exceso de agua en el centro poblado.

9.1.1 Indicador para el tiempo presente

De los 167 centros poblados identificados en la cuenca 59, 89, 19 fueron clasificados como de Bajo, Medio, Alto grado de amenaza por exceso de agua⁶². Las cuatro unidades hidrológicas que

⁶¹ Para mayor detalle de cómo se calculó dicha amenaza para las UH, referirse al subtítulo 5.2.

⁶² Los centros poblados con alto grado de amenaza, ordenados descendientemente por su nivel de amenaza, son: San Isidro De Rejara (Padcaya), Antigal (Uriondo), Barbascuyo (Uriondo), Miscas Caldera (Uriondo), Calderilla Chica (Tarija), Tolomosa Norte (Tarija), Calderillas (Tarija), Bella Vista (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), San Pedro De

tienen mayor número de comunidades con amenaza alta son: UH_10(Parte Alta), UH_13(Parte Media), UH_8589928(Parte Media), UH_8589664(Parte Media) con 6, 4, 3, 2 comunidades respectivamente.

9.1.2 Indicador para el *tiempo futuro*

De los 167 centros poblados de la cuenca, 51, 97, 19 fueron clasificados como de Bajo, Medio, Alto grado de amenaza por exceso de agua para el *tiempo futuro*. No ha existido un cambio en el *tiempo futuro*, del número ni composición de los centros poblados que fueron clasificados con alto grado de amenaza en el *tiempo presente*.

9.2 Indicadores de exposición

Los valores de este indicador son exactamente iguales a los utilizados en la evaluación del riesgo climático para la amenaza *escasez de agua* para el elemento expuesto centros poblados (Subtítulo 6.2).

9.2.1 Indicador para el *tiempo presente*

Según este indicador para el *tiempo presente*, existen 154, 12, 1 centros poblados, clasificados con grado Bajo, Medio, Alto de exposición respectivamente. Siendo Tarija el centro poblado más expuesto, debido a que cuentan con la mayor población en el *tiempo presente* en la cuenca.

9.2.2 Indicador para el *tiempo futuro*

No se ha detectado cambio en el *tiempo futuro* en el grado de exposición en los centros poblados cuyo grado de exposición fue clasificado como alto en *tiempo presente*.

9.3 Indicador de vulnerabilidad

Al igual que el indicador de exposición, los valores del indicador de vulnerabilidad son los mismos utilizados en el ERC para la *amenaza escasez de agua* para el elemento expuesto centros poblados. Como se mencionó en el subtítulo 6.3, no se ha identificado un procedimiento para proyectar los valores de este indicador al año 2050, por lo cual, tanto para el *tiempo presente* como para el *tiempo futuro* se utilizará los mismos valores de vulnerabilidad.

9.4 Indicador de riesgo

La fórmula presentada en el subtítulo 6.4, para el cálculo del riesgo climático, es también aplicable a la amenaza exceso de agua, para el *tiempo presente* como para el *tiempo futuro*. La explicación dada en dicho subtítulo es aplicable a esta evaluación.

Sola (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Pinos Norte (Tarija), Bella Vista (Tarija), Quebrada De Cañas (Padcaya), La Huerta (Padcaya), Canchasmayo (Padcaya), Camacho (Padcaya), Camacho (Padcaya), Alisos (Uriondo).

9.4.1 Para el tiempo presente

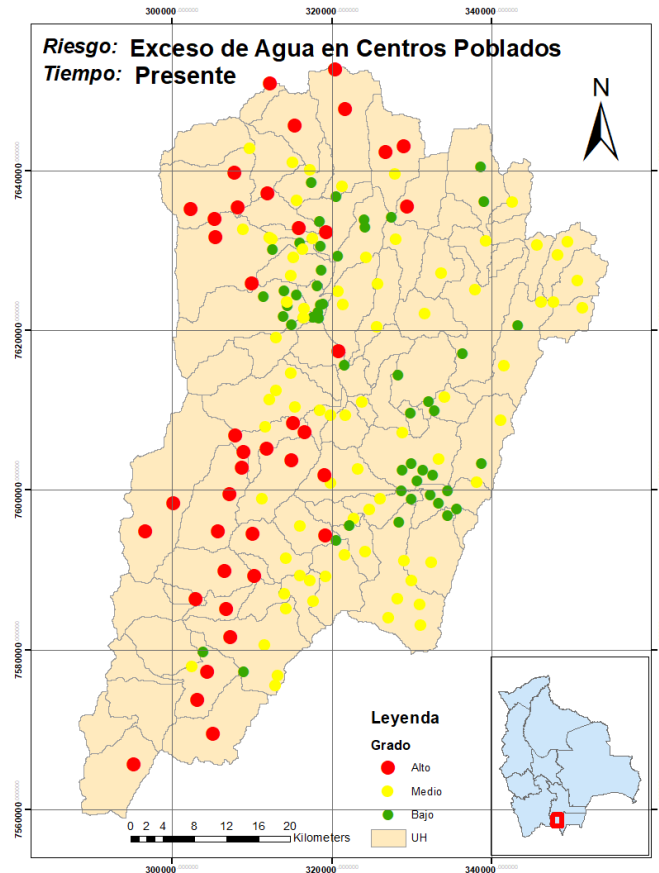


Figura 22: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en Centros Poblados: Tiempo presente

El riesgo climático en el *tiempo presente* para la amenaza exceso de agua y el elemento expuesto centros poblados, se calculó usando la información procesada en los subtítulos 9.1.1, 9.2.1 y 9.3 para amenaza, exposición y vulnerabilidad en el *tiempo presente* respectivamente. La Figura 22 muestra el mapa resultado de ésta evaluación. En el *tiempo presente* para la amenaza exceso de agua, se han identificado 50, 77, 40 comunidades cuyo grado de riesgo es Bajo, Medio, Alto respectivamente⁶³.

⁶³ Las comunidades con alto riesgo, presentadas en orden descendente por su nivel de riesgo, son: San Isidro De Rejara (Padcaya), Calderilla Chica (Tarija), Calderillas (Tarija), Antigal (Uriondo), Pinos Norte (Tarija), Tarija (Tarija), Barbascuyo (Uriondo), Quebrada De Cañas (Padcaya), Bella Vista (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), Miscas Caldera (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Alisos (Uriondo), Pinos Sur (Tarija), Cochas (Villa San Lorenzo), Coimata (Villa San Lorenzo), La Huerta (Padcaya), Tolomosa Norte (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), La Quiñua (Villa San Lorenzo), Choroma (Villa San Lorenzo), Huacata (Villa San Lorenzo), Corana Norte (Villa San Lorenzo), Tres Morros (Villa San Lorenzo), El Rosal (Villa San Lorenzo), Nueva Esperanza (Uriondo), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), El Barranco (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), La Hondura (Villa San Lorenzo), Tacuara (Padcaya), Cirminuelas (Villa San Lorenzo), Churquis (Tarija), Sella Candelaria (Tarija), Canchasmayo (Padcaya), Puesto Tunal (Uriondo), Paschani (Villa San Lorenzo), Mulli Cancha (Uriondo), Panti Pampa (Tarija), Tucumilla (Villa San Lorenzo).

9.4.2 Para el tiempo futuro

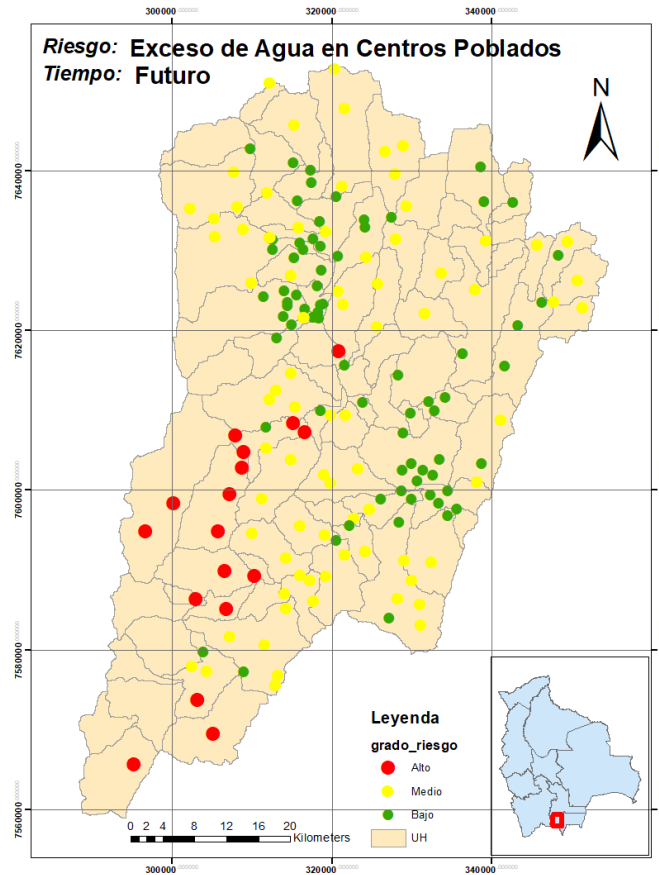


Figura 23: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en Centros Poblados: Tiempo futuro

El cálculo del riesgo climático por amenaza exceso de agua en el *tiempo futuro* utilizó la información procesada en los subtítulos 9.1.2, 9.2.2 y 9.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. En la Figura 23 se presenta el mapa de la distribución de centros poblados según su grado de riesgo a la amenaza exceso de agua. De las 167 comunidades identificadas en la cuenca, 73, 77, 17 han sido clasificadas con grado Bajo, Medio, Alto de riesgo al exceso de agua respectivamente⁶⁴.

⁶⁴ Los centros poblados que ha reducido sus grado de amenaza de alto a medio entre el *tiempo presente* al *tiempo futuro* son: Corana Norte (Villa San Lorenzo), La Hondura (Villa San Lorenzo), El Rosal (Villa San Lorenzo), Coimata (Villa San Lorenzo), La Quiñua (Villa San Lorenzo), Choroma (Villa San Lorenzo), Cochas (Villa San Lorenzo), El Barranco (Villa San Lorenzo), Tres Morros (Villa San Lorenzo), Tucumilla (Villa San Lorenzo), Panti Pampa (Tarija), Churquis (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Nueva Esperanza (Uriondo), Puesto Tunal (Uriondo), Tacuara (Padcaya), Canchasmayo (Padcaya), Huacata (Villa San Lorenzo), Sella Candelaria (Tarija), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), Paschani (Villa San Lorenzo), Taucoma (Villa San Lorenzo), Cirminuelas (Villa San Lorenzo).

9.5 Conclusiones específicas de la ERC

- a) De la evaluación del riesgo climático para la amenaza *exceso de agua* para el elemento expuesto *centros poblados* para el *tiempo presente* y *tiempo futuro* se tiene 17 comunidades con riesgo alto, afectando a 185914 habitantes de la cuenca (76.3 % del total de la población de la cuenca). Dichos centros poblados, en orden descendente por su nivel de riesgo, son: San Isidro De Rejara (Padcaya), Calderilla Chica (Tarija), Calderillas (Tarija), Antigal (Uriondo), Pinos Norte (Tarija), Tarija (Tarija), Barbasucyo (Uriondo), Quebrada De Cañas (Padcaya), Bella Vista (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), Miscas Caldera (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Alisos (Uriondo), Pinos Sur (Tarija), La Huerta (Padcaya), Tolomosa Norte (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija).
- b) De los 17 centros poblados con riesgo alto, solamente la ciudad de Tarija tiene grado de amenaza medio, mientras que para los restantes su grado de amenaza es alto.
- c) La ciudad de Tarija es el único centro poblado que tiene alto grado de exposición, mientras que los 16 centros poblados restantes, su grado de exposición es bajo⁶⁵.
- d) Después de la amenaza, la vulnerabilidad juega un rol importante en la definición del grado de riesgo. De los 17 centros poblados 11 tienen grado de vulnerabilidad Alto mientras que solo 1 de ellos tienen grado de vulnerabilidad Bajo⁶⁶.
- e) Ante un evento meteorológico de lluvias intensas, se producirá un *exceso de agua*, el cual se manifestará en el centro poblado con inundación de las zonas bajas, pudiendo producir daños y pérdidas en los bienes públicos y privados de la comunidad.
- f) Uno de los problemas identificados en la cuenca es la contaminación del agua por químicos utilizados en la actividad agrícola para el manejo de plagas y enfermedades o como abono. Es necesario que el PDC incluya acciones que disminuyan su uso, a través de un manejo responsable y ambientalmente amigable de los mismos.
- g) Más importante que las pérdidas materiales y los perjuicios que se pueda ocasionar por las inundaciones, es la posibilidad de la generación de focos de contaminación, ya que las aguas pluviales pueden llegar a ser contaminadas por aguas servidas, con alta carga contaminante especialmente de origen microbiológico, que puede afectar la salud de la población.

9.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Mejorar los sistemas de drenaje naturales⁶⁷ o sistemas de alcantarillado pluvial, evitando en los posible prolongados tiempos de residencia del agua estancada.

⁶⁵ El rango de población de las comunidades con grado de exposición bajo es de 45 hasta 936 habitantes.

⁶⁶ La ciudad de Tarija es el único centro poblado que tiene bajo grado de vulnerabilidad en la cuenca.

⁶⁷ Los sistemas de drenaje natural de aguas pluviales hacen uso de la pendiente natural del terreno para la evacuación del agua de lluvia.

- b) Mejorar los sistemas de alcantarillado de aguas servidas, de manera de reducir, al máximo posible, la contaminación de las aguas pluviales con las aguas provenientes del alcantarillado sanitario.
- c) Las acciones de forestación y reforestación, de la parte alta de cuenca, contribuirán a la reducción el riesgo de *exceso de agua*, que se manifestaría en riadas e inundaciones, por lo cual es recomendable su implementación, adicionalmente que aportarían a la reducción del arrastre de partículas y sólidos suspendidos que reducen la capacidad de conducción de los ríos, produciendo desbordamiento de los mismos; así como se estaría reduciendo la colmatación de las represas en la cuenca.
- d) El manejo adecuado de la parte alta de la cuenca, con medidas que reduzcan la erosión, contribuirá a que el riesgo baje ante esta amenaza y existan menor probabilidad que este se materialice en impactos negativos sobre los centros poblados, especialmente los con alto riesgo.

10 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Exceso de Agua* para el elemento expuesto *Actividades Agrícolas*

Esta evaluación utilizó la información de la amenaza al *exceso de agua* procesada en el subtítulo 5.2, para la unidad hidrológica, valor que pasará a todas las comunidades agrícolas ubicadas en esa UH; la información de exposición utilizada en esta ERC es la misma que para la amenaza escasez de agua (Subtítulo 7.2), ya que el elemento expuesto es el mismo; y la vulnerabilidad de las actividades agrícolas ante la amenaza de *exceso de agua* es ligeramente diferente al utilizado en Subtítulo 7.3; así la como la ponderación usada en esta ERC es diferente.

10.1 Indicador de amenaza

El valor del indicador de amenaza *exceso de agua* para cada comunidad agrícola, es igual al valor de dicha amenaza para la unidad hidrológica en la cual está asentada.

10.1.1 Indicador para el *tiempo presente*

Para la amenaza exceso de agua en las comunidades agrícolas de la cuenca 59, 80, 17 han sido clasificadas en Bajo, Medio, Alto respectivamente según su grado de amenaza⁶⁸.

10.1.2 Indicador para el *tiempo futuro*

Para el *tiempo futuro*, de las 156 comunidades agrícolas 51, 88, 17 han sido clasificadas como de grado Bajo, Medio, Alto respectivamente a la amenaza exceso de agua.

⁶⁸ Las comunidades catalogadas con grado alto, presentadas en orden descendente por su grado de amenaza, son: San Isidro De Rejara (Padcaya), Antigal (Uriondo), Barbascuyo (Uriondo), Miscas Caldera (Uriondo), Calderilla Chica (Tarija), Tolomosa Norte (Tarija), Calderillas (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Pinos Norte (Tarija), Bella Vista (Tarija), Quebrada De Cañas (Padcaya), La Huerta (Padcaya), Canchasmayo (Padcaya), Camacho (Padcaya), Alisos (Uriondo).

10.2 Indicadores de exposición

Los valores del indicador de exposición son los mismos que los utilizados en la ERC para la amenaza *escasez de agua* para el elemento expuesto actividades agrícolas (Subtítulo 7.2subt:indi_expo_escasez_agri). Debido a que no se tiene información que permita proyectar para el año 2050 la superficie agrícola, los valores del *tiempo presente* también fueron usados para el *tiempo futuro*.

De las 156 comunidades agrícolas 98, 52, 6 han sido clasificadas por su grado de exposición en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁶⁹.

10.3 Indicador de vulnerabilidad

Para la ERC de la *amenaza exceso de agua* en la actividad agrícola, el valor del indicador de vulnerabilidad será ligeramente diferente al utilizado en la ERC para la *escasez del agua*, radicando la diferencia en los siguientes aspectos:

- a) La existencia o no de un sistema de riego en la comunidad agrícola no incrementa ni reduce su capacidad adaptativa ante la amenaza exceso de agua, razón por la cual fue excluida del cálculo de la vulnerabilidad.
- b) Si bien se han trabajado con los mismos siete productos agrícolas de la ERC para la amenaza *escasez de agua*, los valores de ponderación, para el cálculo de la sensibilidad al *exceso de agua*, son diferentes, habiéndose utilizado los valores⁷⁰ de 2.4, 2.5, 2.5, 2.4, 2.5, 2.4 y 2.4 para el Alfalfa, Arveja verde, Cebolla, Maíz, Papa, Trigo y Uva respectivamente, según su grado de afectación al exceso de agua. Según dichos valores, la mayor afectación se daría en los cultivos de Arveja verde, Cebolla y Papa.
- c) Los factores finales de la ponderación para el cálculo de la vulnerabilidad son 2, 1, 1, 2 y 4 para la tenencia de tractores (grado de mecanización), número de fumigadores por comunidad (grado de equipamiento), porcentaje del número de personas de la comunidad cuya actividad principal es la agricultura y para la sensibilidad respectivamente.

Al igual que para la exposición, no se tiene información que permita la proyección para el año 2050 de los factores de la vulnerabilidad presente; por lo cual, el valor para el *tiempo presente* también fue usado para el *tiempo futuro*. De las 156 comunidades agrícolas de la cuenca 74, 75, 7 han sido clasificadas según su grado de vulnerabilidad en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷¹.

⁶⁹ Las comunidades que tienen una exposición alta, presentadas descendientemente, partiendo de la que tiene mayor exposición, son: San Andres (Tarija), Portillo (Tarija), Bella Vista (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija).

⁷⁰ Los valores de ponderación para los diferentes cultivos tienen como fuente la encuesta digital de *criterio de experto y/o experiencia local*.

⁷¹ Las comunidades agrícolas clasificadas con grado alto de vulnerabilidad, presentadas en orden descendente por su nivel de vulnerabilidad, son: San Andres (Tarija), Bella Vista (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), Yesera Norte (Tarija).

10.4 Indicador de riesgo

La fórmula presentada en el subtítulo 6.4, para el cálculo del riesgo climático también fue utilizada para calcular el riesgo climático generado por la amenaza exceso de agua sobre el elemento expuesto actividades agrícolas.

10.4.1 Para el *tiempo presente*

Los valores que alimentaron la fórmula del riesgo son los valores normalizados procesados en los subtítulos 9.1.1, 9.2.1 y 9.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad en el *tiempo presente*. La Figura 24 presenta el mapa del riesgo por exceso de agua en la actividad agrícola en el *tiempo presente*. De las 156 comunidades agrícolas de la cuenca 97, 43, 16 han sido clasificadas con riesgo Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷².

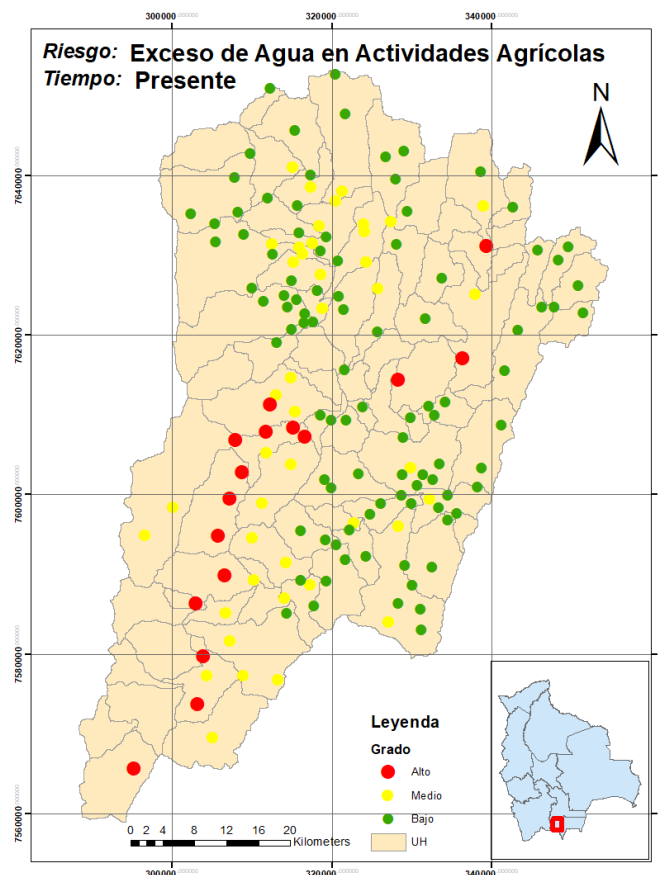


Figura 24: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo presente

⁷² Las comunidades catalogadas con riesgo alto al exceso de agua, presentadas en orden descendente por su valor de riesgo, son : Bella Vista (Tarija), San Andres (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Portillo (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Tolomosa Norte (Tarija), Antigal (Uriondo), La Huerta (Padcaya), Camacho (Padcaya), San Pedro De Sola (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Miscas Caldera (Uriondo), Pinos Norte (Tarija), Yesera Centro (Tarija).

10.4.2 Para el tiempo futuro

El cálculo del riesgo climático generado por la amenaza exceso de agua en la actividad agrícola para el *tiempo futuro*, utilizó la información procesada en los subtítulos 9.1.2subtit:erc_exceso_amena_fut_agri, 9.2.2 y 9.3. Del total de comunidades agrícolas de la cuenca 95, 43, 18 han sido clasificada, según su grado de riesgo, en Bajo, Medio, Alto respectivamente. La Figura 25 presenta el mapa del riesgo por exceso de agua en la actividad agrícola en el *tiempo futuro*.

La modificación del número de comunidades agrícolas con alto riesgo entre el *tiempo presente* y el *tiempo futuro* se debe a que el procedimiento de normalización y clasificación se lo realiza independiente en ambos tiempos, y no así a una modificación de la amenaza climática.

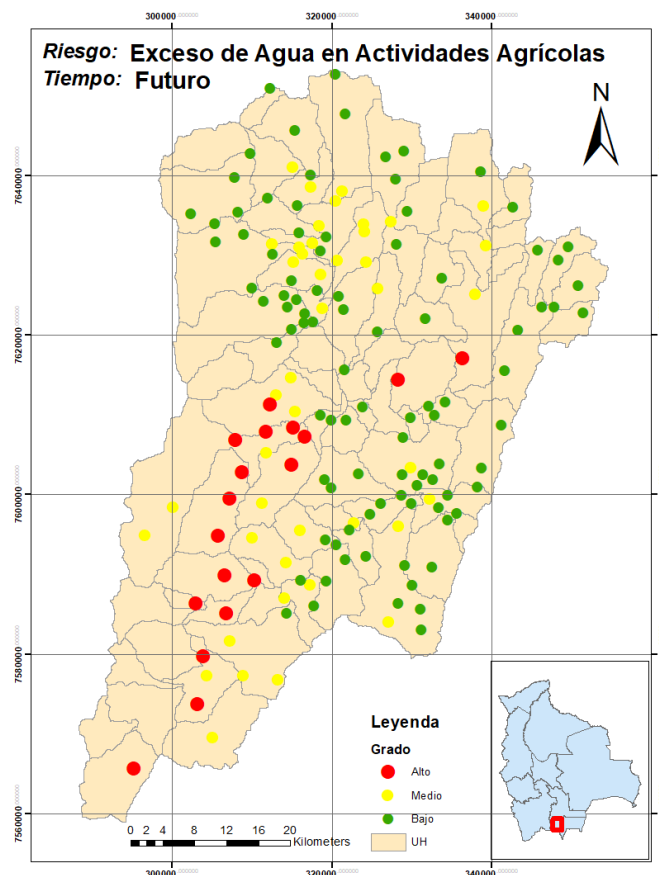


Figura 25: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Agrícola: Tiempo futuro

10.5 Conclusiones específicas de la ERC

- La actividad agrícola tiene una gran dependencia para su desarrollo del tiempo meteorológico en sus distintas fases. Si bien es mucho más vulnerable a la *escasez de agua*,

esto no significa que no lo sea al *exceso de agua*. Adicionalmente a los problemas que puede causar una inundación o una riada sobre las áreas agrícolas perjudicando su normal desarrollo, la presencia de precipitaciones inusualmente altas, contribuyen, mediante el proceso *precipitación - escorrentía* al lavado de los campos agrícolas y que por arrastre del agua superficial se transfiera la contaminación de agentes químicos usados en la actividad agrícola a los ríos.

- b) Se han identificado 15 comunidades agrícolas con alto riesgo a la amenaza exceso de agua, tanto en el *tiempo presente* como en el *tiempo futuro*, las cuales, presentadas en orden descendente por su nivel de riesgo, son: Bella Vista (Tarija), San Andres (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Portillo (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Tolomosa Norte (Tarija), Antigal (Uriondo), La Huerta (Padcaya), Camacho (Padcaya), San Pedro De Sola (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Miscas Caldera (Uriondo), Pinos Norte (Tarija).
- c) En las 15 comunidades identificadas con alto riesgo, mencionadas anteriormente, están en riesgo las siguientes superficies y por ende su calidad y cantidad de los siguientes principales productos agrícolas.

Cuadro 13: Superficie agrícola en alto riesgo a la exceso de agua. Por producto

Producto	Superficie cultivada		Porcentaje
	Comunidades con alto riesgo	Total cuenca	
Papa	1264.0	3586.0	35.2
Cebolla	126.1	491.8	25.6
Arveja verde	276.6	1290.2	21.4
Maíz	1490.4	7792.4	19.1
Uva	320.5	1847.6	17.3
Trigo	78.9	641.2	12.3
Alfalfa	38.4	452.9	8.5

- d) Basado en las tendencias mostradas de la precipitación en el *tiempo presente* y el *tiempo futuro*, la amenaza tiende a aminorarse, aunque no a desaparecer. No obstante de ello, juega un rol importante al definir el nivel alto de riesgo, ya que 11 comunidades tiene grado de amenaza Alto mientras que 2 su grado de amenaza es Medio.
- e) La exposición⁷³ juega un papel de menos importante para la definición del riesgo alto, ya que la mayoría de las comunidades agrícolas (7) tiene un grado de exposición Medio y 6 comunidades tiene grado Alto.
- f) La vulnerabilidad, después de la amenaza, es importante para la definición del riesgo alto a la amenaza exceso de agua, ya que 4 comunidades agrícolas tienen grado de vulnerabilidad Alto y 10 tienen un grado de vulnerabilidad Medio.

⁷³ La exposición mide la cantidad de superficie dedicada a la actividad agrícola

- g) Si no se implementan acciones que reduzcan el riesgo a la amenaza *exceso de agua*, las 15 comunidades clasificadas con riesgo alto pueden experimentar una reducción de su producción y de la calidad de sus productos, mayor número de enfermedades causadas por hongos principalmente, lo cual impactaría en definitiva en los ingresos económicos de las familias y la reducción de la seguridad alimentaria en la cuenca; lo cual también puede repercutir en impactos sociales como la migración.

10.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Es necesario que el agricultor cuente con información, al inicio de la gestión agrícola, sobre la posibilidad de la existencia de eventos de alta precipitación que podrían afectar su producción. Esta información debería ser presentada en los informes agrometeorológicos, que permiten planificar mejor la producción.
- b) Es importante apoyar la actividad agrícola en la cuenca a través del servicio de extensión agrícola, o también llamada extensión rural, que permitirían al agricultor conocer técnicas y conocimientos para reducir los impactos que causa el *exceso de agua* en sus parcelas de cultivos.
- c) Mejoramiento del sistema de drenaje de sus parcelas, mediante la apertura de acequias y zanjas de drenaje que eviten la inundación de la misma. En las parcelas que han sido identificadas con elevado grado de contaminación por elementos químicos, se recomienda que el agua drenada de los campos sea llevada a superficies amplias, para su evaporación y evitar con ello la contaminación de los cursos de agua superficiales.
- d) En lugares en los cuales se ha evidenciado una frecuencia alta de inundaciones de las parcelas, cuando sea posible y necesario, implementar la siembra en camellones.
- e) Realización de un estudio, para la modificación del ciclo agrícola, que permita evitar, cuando sea posible, los impactos de la escasez y exceso de agua.
- f) Introducción de variedades y cultivos que sean más resistentes al *exceso de agua*, para los años en los cuales se pronostique años excepcionalmente húmedos.
- g) Capacitación en manejo integral de plagas y en especial de enfermedades que son producidas por exceso de agua en la tierra. Dicha capacitación deberá incluir uso eficiente de agentes químicos en la producción agrícola.
- h) Acceso a créditos que vayan acompañados de asistencia técnica para la mejora e incremento de la producción agrícola.
- i) Mejoramiento de las prestaciones del Seguro Agrícola ante pérdidas producidas por eventos meteorológicos de exceso de precipitaciones en la cuenca.

11 Evaluación del riesgo climático para la amenaza *Exceso de Agua* para el elemento expuesto *Actividades Pecuarias*

Para realizar esta evaluación se utilizaron los indicadores de amenaza, exposición y vulnerabilidad. La información que alimentó al indicador de amenaza fue procesada en el

subtítulo 5.2, mientras que para los otros dos indicadores se seleccionó indicadores que fueron procesados y reportados en este acápite de este documento.

Similar a lo sucedido en la ERC por *escasez de agua* para la actividad pecuaria no se tiene información que permita realizar la proyección de los valores de los indicadores de exposición y vulnerabilidad del *tiempo presente* al año 2050, por lo cual, la información para estos dos componentes del riesgo será iguales para el *tiempo presente* que para el *tiempo futuro*.

11.1 Indicador de amenaza

Los valores que se utilizaron para este indicador para cada comunidad pecuaria, corresponden al valor que tiene dicha amenaza para la unidad hidrológica a la cual pertenece.

11.1.1 Indicador para el *tiempo presente*

Para la amenaza exceso de agua en las comunidades pecuarias de la cuenca 59, 80, 17 han sido clasificadas en Bajo, Medio, Alto respectivamente según su grado de amenaza⁷⁴.

11.1.2 Indicador para el *tiempo futuro*

Para el *tiempo futuro*, de las 156 comunidades pecuarias 51, 88, 17 han sido clasificadas como de grado Bajo, Medio, Alto respectivamente a la amenaza exceso de agua.

11.2 Indicadores de exposición

El indicador de exposición para la amenaza exceso de agua es el mismo que el utilizado en la ERC para la amenaza escasez de agua (ver subtítulo 8.2), debido a que el elemento expuesto es el mismo independientemente de la amenaza *exceso de agua* o *escasez de agua*.

De las 156 comunidades pecuarias 105, 47, 4 han sido catalogadas con grado de exposición como Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷⁵.

11.3 Indicador de vulnerabilidad

El indicador de vulnerabilidad seleccionado está compuesto por dos factores de capacidad adaptativa y un factor de sensibilidad. Los factores de capacidad adaptativa son la superficie ganadera de la comunidad (SG) y la cantidad de personas cuya principal actividad es la ganadería (CPAG), las cuales son las mismas procesadas en el subtítulo 8.3, ya que dichas capacidades reducen el riesgo ya sea para la amenaza *escasez de agua* como *exceso de agua*.

⁷⁴ Las comunidades catalogadas como grado alto, presentadas en orden descendente por su nivel de amenaza, son: San Isidro De Rejara (Padcaya), Antigal (Uriondo), Barbasuyo (Uriondo), Miscas Caldera (Uriondo), Calderilla Chica (Tarija), Tolomosa Norte (Tarija), Calderillas (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Pinos Norte (Tarija), Bella Vista (Tarija), Quebrada De Cañas (Padcaya), La Huerta (Padcaya), Canchasmayo (Padcaya), Camacho (Padcaya), Alisos (Uriondo).

⁷⁵ Las comunidades clasificadas con exposición alta, presentadas en orden descendente por su nivel de exposición, son: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Portillo (Tarija).

Cuadro 14: Sensibilidad al exceso de agua por familia de ganado

Familia	Componentes	Sensibilidad al exceso de agua
Bovinae	Vacas, toros y bueyes	2.2
Caprinae	Ovejas y cabras	2.2
Porcino	Chanchos de granja y coral	2.1
Auquénidos	Llamas	1.8
Équidos	Caballos, mulas y asnos	1.9
Lepóridos	Conejos y cuyes	1.8
Aves de granja	Pollos parrilleros, gallinas de postura, pollitos bebes y similares	1.8
Aves de corral	Gallinas, pavos, patos y avestruces	2.3

El factor de sensibilidad usado en esta evaluación, es diferente al usado en la ERC de *escasez de agua*, ya que las sensibilidades son diferentes según sean las amenazas. Para valorar esta sensibilidad, se hizo uso de los resultados de la encuesta digital de *Criterio de experto y/o percepción local*, en la cual se identificó los grados de sensibilidad por familia de animales al exceso de agua, los cuales se muestra en el Cuadro 14.

Basado en la metodología usada y los identificadores seleccionados, la fórmula usada para el cálculo de la vulnerabilidad fue:

$$vulnerabilidad = \frac{4 * sensibilidad + 2 * SG + 1 * CPAG}{4 + 2 + 1}$$

Aplicando los datos a la fórmula, se tiene que de las 156 comunidades pecuarias 35, 112, 9 fueron catalogadas con grado de vulnerabilidad Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷⁶.

11.4 Indicador de riesgo

Tanto para el *tiempo presente* como para el *tiempo futuro*, basado en la metodología aplicada a la evaluación, se utilizó la fórmula que cuantifico el riesgo:

⁷⁶ Las comunidades pecuarias clasificadas con alta vulnerabilidad son presentadas en forma descendente según su nivel de vulnerabilidad: Turumayo (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Mateo (Tarija), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), Loma Tomatitas (Villa San Lorenzo), Guerra Huayco (Tarija), Rancho Sur (Villa San Lorenzo), Erquis Oropeza (Villa San Lorenzo), Santa Barbara Chica (Villa San Lorenzo).

$$\text{riesgo} = \frac{1 * \text{amenaza} + 1 * \text{exposición} + 1 * \text{vulnerabilidad}}{1 + 1 + 1}$$

donde los factores de ponderación de los componentes del riesgo son igual a la unidad y los valores normalizados de los indicadores de amenaza, exposición y vulnerabilidad.

11.4.1 Para el tiempo presente

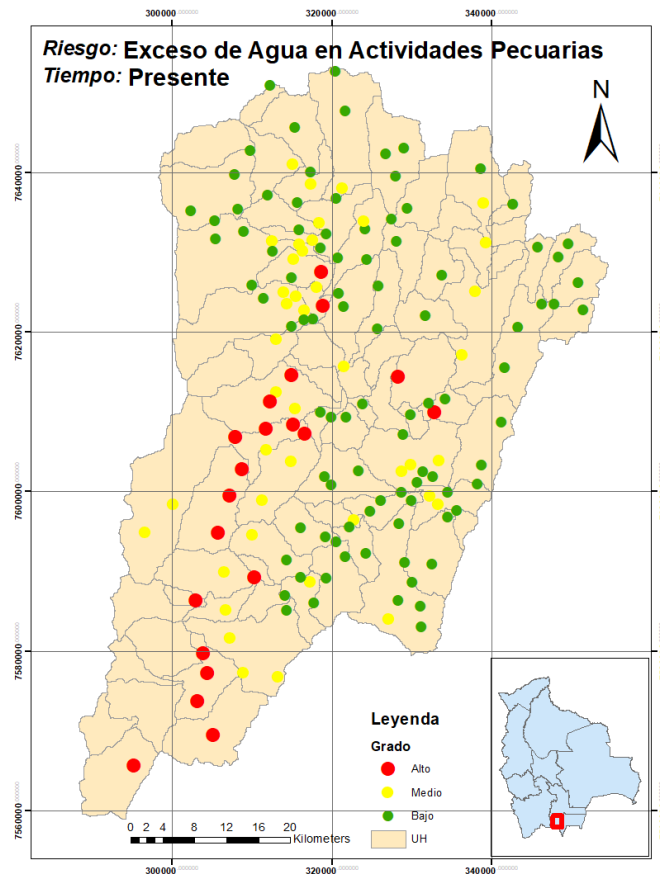


Figura 26: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Presente

El indicador del riesgo para el *tiempo presente* fue calculado usando la información procesada en los subtítulos 11.1.1, 8.2 y 11.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad respectivamente. La Figura 26 muestra el mapa de las comunidades pecuarias clasificadas por su grado de riesgo al exceso de agua. De las 156 comunidades pecuarias 94, 42, 20 han sido clasificadas según su grado de riesgo en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷⁷.

⁷⁷ Las comunidades catalogadas con riesgo alto, presentadas en forma descendente por su grado de riesgo, son: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Turumayo (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), La Huerta (Padcaya), Bella Vista (Tarija), Camacho (Padcaya), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), Antigal

11.4.2 Para el tiempo futuro

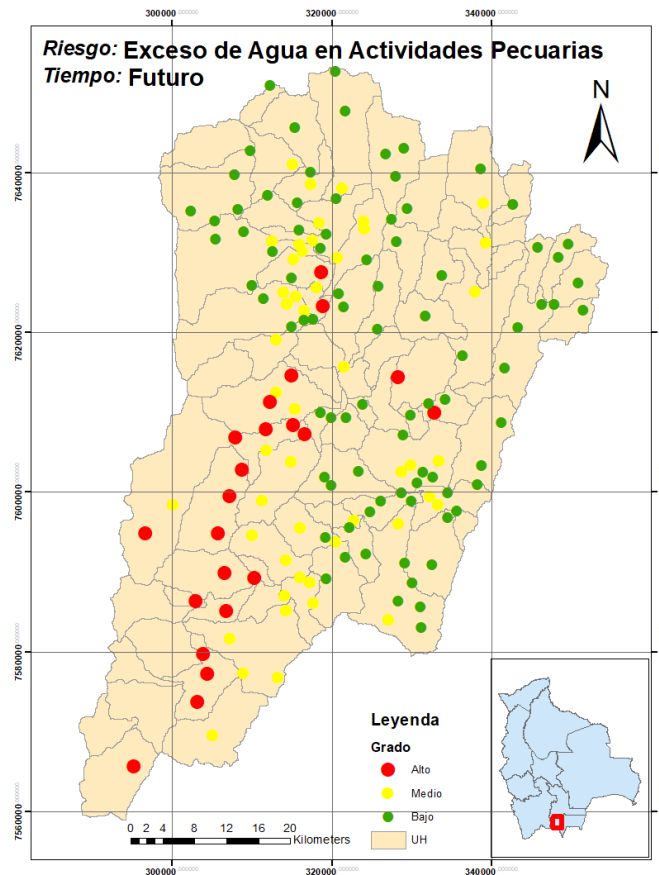


Figura 27: Mapa de riesgo por Exceso de Agua en la Actividad Pecuaria: Tiempo Futuro

El indicador de riesgo para el *tiempo futuro* hizo uso de la información procesada en el subtítulo 11.1.2, 8.2 y 11.3 para la amenaza, exposición y vulnerabilidad. De las comunidades pecuarias de la cuenca 85, 49, 22 han sido catalogadas por su grado de riesgo en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁷⁸. En la Figura 27 se presenta el mapa con la distribución de comunidades pecuarias.

(Uriondo), Tolomosa Norte (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), San Mateo (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Portillo (Tarija), Canchasmayo (Padcaya), Barbasucuyo (Uriondo), Pinos Norte (Tarija), Quebrada De Cañas (Padcaya).

⁷⁸ Si bien en el *tiempo futuro* existen 2 comunidades adicionales a las identificadas en el *tiempo presente*, este hecho se debe a que en el procedimiento de normalización y clasificación se lo realiza de manera independiente entre ambos tiempos, no existiendo una modificación de las condiciones meteorológicas que justifiquen, al menos para esta ERC, que se incremente el grado de riesgo entre el *tiempo presente* al *tiempo futuro*.

11.5 Conclusiones específicas de la ERC

- a) La actividad pecuaria es vulnerable a la amenaza de exceso de agua, que puede dependiendo de la orografía de la comunidad, llegar a inundarse el lugar de residencia del ganado, lo que puede interferir con el rutinario desarrollo de esta actividad y el normal desenvolvimiento de los diferentes tipos de ganado en la cuenca.
- b) De las 156 comunidades pecuarias identificadas por el Censo 2013, 19 de ellas han sido clasificadas como de alto grado de riesgo al exceso de agua para el *tiempo presente* y para el *tiempo futuro*. Dichas comunidades, ordenadas descendientemente por el nivel de riesgo, son: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Turumayo (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), La Huerta (Padcaya), Bella Vista (Tarija), Camacho (Padcaya), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), Antigal (Uriondo), Tolomosa Norte (Tarija), San Pedro De Sola (Tarija), San Mateo (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Portillo (Tarija), Canchasmayo (Padcaya), Barbascuyo (Uriondo), Pinos Norte (Tarija).
- c) En las 19 comunidades identificadas con alto riesgo, mencionadas anteriormente, están en riesgo las siguientes familias de ganado y por ende la calidad y cantidad de sus productos y subproductos.

Cuadro 15: Número de cabezas de ganado en alto riesgo a la exceso de agua. Por familia

Familia	Número de cabezas		Porcentaje
	Comunidades con alto riesgo	Total cuenca	
Auquénidos	32	62	51.6
Aves de granja	490204	990519	49.5
Aves de corral	34663	126824	27.3
Bovinae	17901	77240	23.2
Porcino	6053	28066	21.6
Équidos	2250	11429	19.7
Lepóridos	311	1635	19.0
Caprinae	22948	129059	17.8

- d) El nivel de riesgo está altamente influenciado por la amenaza, dado que 13 comunidades han sido clasificadas con grado de amenaza Alto y 5 con grado de amenaza Medio.
- e) Si bien en menor grado que la amenaza, la exposición es importante al momento de definir la clasificación de riesgo alto de las comunidades, ya que, 3 de las comunidades tienen grado de exposición Alto y 14 tienen grado de exposición Medio.
- f) La vulnerabilidad, tiene una importancia menor que los otros dos componentes del riesgo, para su definición, debido a que solamente 5 comunidades tienen grado de vulnerabilidad Alto; mientras que 12 comunidades tienen grado de vulnerabilidad Medio.
- g) Dada la tendencia histórica a la disminución de la precipitación en la cuenca, misma que es ratificada por las proyecciones climáticas futuras, es probable que la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos de elevada precipitación se reduzcan,

aunque no existe garantía que estos desaparezcan; por lo cual, si no se toman medidas de adaptación, los productos y subproductos de la actividad pecuaria disminuirían en calidad y cantidad; así como también se generaría estrés en el ganado, que reducirían su calidad de vida.

11.6 Recomendaciones específicas de la ERC

- a) Identificación de zonas altas en las comunidades, con buen drenaje de aguas pluviales, en las cuales se pueda llevar al ganado, cuando existan inundaciones, y mantenerlo allí mientras las condiciones mejoren en sus lugares habituales de estancia. En dichas zonas se deberá prever agua y alimento para el ganado.
- b) Al igual que para la amenaza *escasez de agua* se debe evitar en lo posible que la amenaza de exceso de agua reduzca las condiciones de *bienestar animal*.
- c) Capacitación en *buenas prácticas* en la actividad pecuaria.
- d) Acceso a créditos y asistencia técnica para mejorar la producción de productos y subproductos de la actividad pecuaria en la cuenca.

12 Evaluación de aspectos de género e interculturalidad

Al igual que para las seis evaluaciones del riesgo climático en la cuenca, para la evaluación de los aspectos de género e interculturalidad, la fuente de información principal fue el Censo de Población y Vivienda 2012. Dado que dicho Censo no estuvo planificado para ser usado específicamente en evaluaciones de riesgo climático o de aspectos de género e interculturalidad, ha sido necesario identificar y seleccionar la información producida por el Censo que mejor se adecue a los propósitos de la evaluación específica.

Después de la revisión de la información del Censo 2012, se concluyó que no se tiene información que permita evaluar directamente las condiciones de la temática de género e interculturalidad. Sin embargo, se ha identificado información, que, si bien no permite conocer el estado de dicha problemática en la cuenca, se puede con la información disponible, determinar si, en las comunidades/centros poblados de la cuenca, se tienen condiciones que pueden afectar los aspectos de género e interculturalidad.

12.1 Evaluación de aspectos de género

De la revisión de la información del Censo 2012, se concluyó que contiene información relevante, para determinar por comunidad/centro poblado si existen las condiciones para que se puedan generar o exacerbar las situaciones de inequidad de género entre mujeres y hombres. Dichas condiciones identificadas son:

- a) **El uso de leña, guano, bosta o taquia como combustible para cocinar alimentos.** Usualmente, en las viviendas que requieren la recolección de elementos del ambiente para ser usados como combustible para la cocción de alimentos, dicha actividad es encargada a las mujeres del entorno familiar, haciendo que utilicen su tiempo y energía para esa labor alejándola de actividades que promuevan su crecimiento personal como son su educación

y capacitación. El indicador usado es el porcentaje de viviendas que usan leña, guano, bosta o taquía como combustible para cocinar del total de viviendas en la comunidad. A mayor porcentaje, se incrementan las posibilidades de una inequidad de género en contra de las mujeres.

- b) **Provisión de agua a vivienda por pileta pública, carro repartidor, pozo o noria (con o sin bomba), lluvia, río, vertiente, acequia, lago, laguna o curichi.** Cuando la vivienda no está conectada a una red de distribución domiciliaria de agua potable o cuando la comunidad no tiene un sistema de distribución de agua potable, entonces los habitantes de la vivienda se ven obligados a aprovisionarse del líquido vital elemento a través de la recolección del mismo de las fuentes antes mencionadas. Dicha actividad de recolección, en su generalidad es asignada a las mujeres que habitan la vivienda haciendo que ellas dediquen tiempo y energía para dicha labor descuidando su educación y capacitación. El indicador seleccionado fue el porcentaje de viviendas en la comunidad que no cuentan con abastecimiento de agua en sus domicilios. A mayor porcentaje de dichas viviendas, mayor también será la cantidad de mujeres que deban dedicarse a esa labor de recolección.

Los dos indicadores seleccionados permiten, en el marco de las limitaciones de información que el Censo 2012 proporciona, clasificar a las comunidades/centros poblados en “Alto”, “Medio” o “Bajo”, según el grado en el que se den las condiciones antes identificadas. Para la conjunción de ambos indicadores, primeramente, se los normalizó, y se le asignó a cada indicador un factor de ponderación. En la presente evaluación, dichos factores fueron iguales para cada indicador y tienen un valor igual a la unidad⁷⁹.

⁷⁹ Qué se haya establecido un valor igual para cada uno de los factores de ponderación, se está admitiendo implícitamente, que es igual el tiempo y energía usado para la recolección de agua como para el de combustible para cocinar.

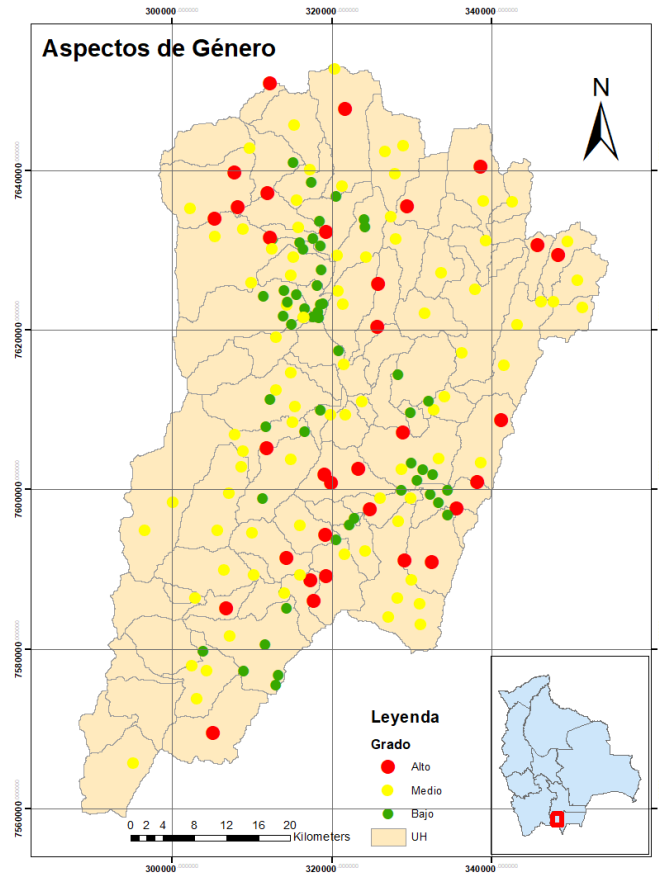


Figura 28: Mapa de aspectos de género

De las 167 comunidades/centros poblados identificadas por el Censo 2012 en la cuenca, en tan solo 31.1 por ciento de las comunidades se dan las condiciones “Bajas” antes mencionadas, teniendo el restante 68.9 por ciento, condiciones “Media” y “Alta”.

La Figura 28 muestra el mapa de la distribución de las comunidades de la cuenca, según su grado para producir condiciones de que exacerbén la inequidad de género. De las 167 comunidades 52, 83, 32 han sido clasificadas en Bajo, Medio, Alto respectivamente⁸⁰.

⁸⁰ Las comunidades/centros poblados que tienen un nivel alto de condiciones que favorecen la inequidad de género, basados en los dos indicadores mencionados, presentados en forma desciente, son: Choroma (Villa San Lorenzo), Laderas Sur (Uriondo), Yesera San Sebastian (Tarija), Cochás (Villa San Lorenzo), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Mulli Cancha (Uriondo), Coimata (Villa San Lorenzo), Nueva Esperanza (Uriondo), San Nicolas (Uriondo), Colorado Sur (Villa San Lorenzo), Huacata (Villa San Lorenzo), Colon Sur (Uriondo), Huairiguana (Uriondo), Barrancas (Uriondo), Chorrillos (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Sella Candelaria (Tarija), Armaos (Uriondo), Rumicancha (Uriondo), San Jose De Charajas (Uriondo), Panti Pampa (Tarija), Rujero (Uriondo), La Hondura (Villa San Lorenzo), Morro Gacho (Tarija), El Barranco (Villa San Lorenzo), Quebrada De Cañas (Padcaya), Junacas Sur (Tarija), Toma Tunal (Uriondo), Pampa Galana (Tarija), Bordo La Calama (Villa San Lorenzo), Alisos (Uriondo).

12.2 Evaluación de aspectos de interculturalidad

La población total de la cuenca, registrada en el Censo 2012, fue de 243765 habitantes, de ellos, 26329 (10.8%) se identifica de la siguiente manera:

Cuadro 16: Auto identificación con pueblos o comunidades

Pueblo	Número de Habitantes	Porcentaje
Campesino	13313	50.56
Quechua	7821	29.70
Aymara	2428	9.22
Guarani	783	2.97

El Cuadro 16 muestra como el 50.56 por ciento de los encuestados, se autoidentifican no con las naciones/pueblos quechua, aymara o guaraní, sino con *campesino*, dejando a esta evaluación sólo con dos indicadores a considerar, que son menos importantes, que el de autoidentificación como son el *lugar de nacimiento fue en otro lugar* y *Vivió en otro lugar hace 5 años*.

El Censo 2012 incluye información que, si bien no permite una evaluación directa de la existencia de interculturalidad en las comunidades/centros poblados de la cuenca, al menos da información que permite clasificar ellas según el nivel en el cual se presenten las condiciones para que ésta se pueda dar. Los indicadores identificados y seleccionados para establecer las condiciones para la existencia de la interculturalidad fueron:

- a) **El lugar de nacimiento fue en otro lugar (NOL)**. Lo que implica que los padres del encuestado en el Censo 2012 residían en otro lugar del país y posteriormente migraron o retornaron a la cuenca, este aspecto da la posibilidad que los padres hayan convivido con otras culturas y esas enseñanzas contribuya a los procesos de interculturalidad. El indicador seleccionado es el resultado de la división de la suma de *población que nació en otro lugar del país* más la *población que nació en el exterior del país* dividido entre la *población censada*. A mayor valor del indicador, entonces mayores son las condiciones de interculturalidad.
- b) **Vivió en otro lugar hace 5 años (VOL)**. El cual incluye que la residencia hace 5 años fue en otro lugar del país o el exterior. Que la persona haya vivido en otro lugar, implica su interrelación con otras culturas, la cual puede tener una influencia en la comunidad en la cual habita, favoreciendo el proceso de interculturalidad. Este indicador se calcula, sumando la *población que vivía hace 5 años en otro lugar del país* más la *población que vivía hace 5 años en el exterior del país* dividido entre la *población censada*. A mayor valor del indicador, mayores serán las chances de interculturalidad.

El *indicador de aspectos de interculturalidad (IAI)*, que incluye los dos anteriores indicadores, usando un factor de ponderación de 0, 1, 3 para el indicador *PNQ*, *NOL*, y *VOL* respectivamente, se calculó aplicando la fórmula.

$$IAI = \frac{1 * NOL + 3 * VOL}{1 + 3}$$

Los resultados de la aplicación de la fórmula son que de las 167 comunidades de las cuales se tiene información 102, 64, 1 fueron catalogados con un grado Bajo, Medio, Alto respectivamente⁸¹. La Figura 29 muestra el mapa por grado de generación de las condiciones de interculturalidad en la cuenca.

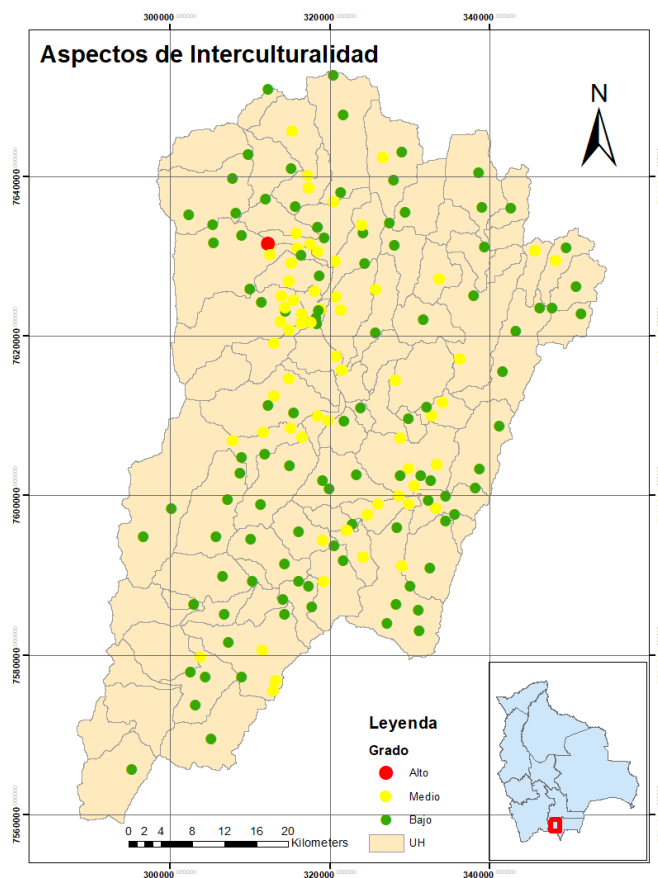


Figura 29: Mapa de aspectos de interculturalidad

⁸¹ Las comunidades con grado alto de generar condiciones para la interculturalidad son: Bordo La Calama (Villa San Lorenzo).

13 Sistema de monitoreo y evaluación del riesgo climático

La implementación de esta primera evaluación de riesgo climático marca el inicio de un proceso continuo de mejora del conocimiento de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo en la cuenca, los cuales están en constante cambio, haciendo que el riesgo climático en la cuenca vaya variando con el tiempo.

Por los datos disponible que se tiene, se puede afirmar que la dinámica de cambio de los valores de la exposición y vulnerabilidad, incluidos sus factores subyacentes (sensibilidad y capacidad adaptativa) son bajos, al igual que el diseño y construcción/implementación de medidas de adaptación sean estas duras, blandas o basadas en ecosistemas, por lo cual se puede esperar que en periodos intercensales no se presenten profundas modificaciones en los centros poblados, la actividad agrícola y pecuaria.

Contrariamente, a los valores de los indicadores de exposición y vulnerabilidad que tiene una baja dinámica, es previsible que la amenaza climática, tenga un comportamiento de mayor cambio, en especial lo referente a la variabilidad climática y los eventos extremos que se den en la cuenca.

Una carencia de información sentida, no solamente en la cuenca, sino en todo el territorio nacional, es la referida a una relación entre la intensidad del evento meteorológico y los impactos que este ocasiona, lo que permitiría establecer niveles umbrales para ellos, y con ellos poder clasificar los niveles de riesgo de mejor manera.

El sistema de monitoreo y evaluación del riesgo climático en la cuenca estaría integrado de los siguientes componentes: un monitoreo permanente y una evaluación del riesgo a nivel decadal, o cuando se tengan disponibles los resultados de un nuevo censo de población y vivienda y/o agropecuario.

13.1 Monitoreo permanente

El objetivo del monitoreo permanente es establecer niveles umbrales para cada evento meteorológico, encima del cual, se tenga una mayor probabilidad de impactos en los centros poblados, la actividad agrícola y la actividad pecuaria.

Cuadro 17: Indicadores de monitoreo

Grupo de datos	Descripción	Observaciones
localización del área afectada	departamento	campo chr
localización del área afectada	provincia	campo chr
localización del área afectada	municipio	campo chr
localización del área afectada	comunidad	campo chr
tipo de evento	sequía	campo booleano
tipo de evento	helada	campo booleano
tipo de evento	inundación	campo booleano
tipo de evento	granizada	campo booleano

Grupo de datos	Descripción	Observaciones
tipo de evento	mazamorra	campo booleano
tipo de evento	plaga	campo booleano
tipo de evento	otros	campo VARCHAR
impacto del evento	leve (0-25%)	campo booleano excluyente
impacto del evento	moderado (26-50%)	campo booleano excluyente
impacto del evento	fuerte (51-75%)	campo booleano excluyente
impacto del evento	muy fuerte (76-100%)	campo booleano excluyente
fecha de ocurrencia	año-mes-día	campo fecha
daños en los centros poblados	descripción	campo texto largo
daños a la producción agrícola	cultivo	campo VARCHAR
daños a la producción agrícola	variedad	campo VARCHAR
daños a la producción agrícola	descripción del daño o pérdida	campo texto largo
daños a la producción agrícola	especie	campo VARCHAR
daños a la producción agrícola	raza	campo VARCHAR
daños a la producción agrícola	descripción del daño o pérdida	campo texto largo

Para el logro de dicho objetivo, es necesario registrar la información, mencionada en el Cuadro 17 sobre los impactos en la cuenca producidos por eventos meteorológicos. Dicha información registrada se la contrastará con la información diaria reportada por el SENAMHI, generando de esta manera una relación de causa y efecto.

La información recopilada en el monitoreo permanente, será de utilidad para el diseño e implementación de un *sistema de alerta temprana*, en especial para evitar los impactos en las actividades agrícolas y pecuarias en la cuenca.

13.2 Evaluación del riesgo climático

La presente evaluación del riesgo climático hizo uso de los indicadores presentados en el Anexo F, en el Cuadro 25, los cuales se basan principalmente en información del SENAMHI y del INE. Desafortunadamente, el SENAMHI no realiza una actualización de su base de datos de la información meteorológica constantemente, lo cual genera que la información disponible al público, mediante su página web, tenga retrasos de varios años, perjudicando la realización de evaluaciones, al no contar con información actualizada.

La otra fuente de información para la presente ERC fue el INE, ya que se hizo uso de la información contenida en el último censo de población y vivienda y el censo agropecuario; permitiendo con ello la realización de una evaluación al nivel de detalle de comunidad, en toda la cuenca, en un periodo de tiempo reducido y bajo costo. La presente evaluación se constituye en la *línea de base* de las futuras evaluaciones, las cuales se recomienda seguir la misma metodología y los mismos indicadores mencionados en el Cuadro 25.

Se deduce de la anterior recomendación, que se debería esperar para la próxima evaluación, la realización de ambos censos, de manera de contar con la información suficiente, que permitan la comparación del valor del riesgo climático para los distintos centros poblados/comunidades agrícolas y pecuarias, y con ellos verificar si el comportamiento climático, las acciones realizadas en la cuenca ha podido reducir el riesgo o aumentarlo.

Los censos de población y vivienda previos al realizado el año 2012, fueron implementados en 1976, 1992, y 2001, por lo cual se podría esperar que el año 2024 se tenga una nueva versión del censo, con lo cual se pueda realizar la evaluación del riesgo climático sobre el elemento expuesto centros poblados.

El año 2013 fue la primera ocasión en la cual se realizó un Censo Nacional Agropecuario, por lo cual no se tiene antecedente para inferir cuando podría volver a repetirse el mismo. Sin embargo, la riqueza de la información que proporciona un censo agropecuario, además de una baja dinámica que origina cambios sustanciales en la magnitud de los emprendimientos agrícolas y pecuarios, valen la pena esperar por dicha información.

14 Conclusiones y recomendaciones finales de la evaluación

Con base a los análisis realizados y los resultados de las evaluaciones del riesgo climático presentadas en este documento, se tiene las siguientes conclusiones y recomendaciones finales.

14.1 Conclusiones

- a) Los registros de los impactos de los eventos meteorológicos acaecidos en los municipios de la cuenca, demuestra que ésta es vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos.
- b) La problemática principal identificada en la cuenca se ve agravada por el cambio climático, el cual incluye a la variabilidad climática, en especial a través de: (i) la reducción, en el tiempo presente y futuro, de la limitada disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca. Adicionalmente, la gestión del agua se verá negativamente influenciada por la variabilidad climática, que genera incertidumbre en la cantidad disponible de agua tanto territorialmente, como temporalmente; (ii) la precaria situación sanitaria de la mayoría de los centros poblados en relación a la disposición final de residuos líquidos como sólidos, hace que por el proceso de *precipitación - escorrentía* se contaminen los cursos de agua y suelos de la cuenca; (iii) el cambio climático se constituye en un factor contribuyente, adicional a la actividad antrópica, que favorece la degradación de los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad; (iv) los sistemas productivos agrícolas y pecuarios, que son altamente dependientes de los recursos hídricos, se ven influenciados negativamente por el cambio climático, incluida la variabilidad climática, lo que hace prever que en el futuro

cercano se reduzca la producción y productividad, con los subsiguientes efectos negativos en la economía y la seguridad alimentaria.

- c) La alta correlación en los valores mensuales de la precipitación y temperatura media en las unidades hidrológicas de la cuenca permite utilizar una sola estación meteorológica para el análisis de la señal climática en la cuenca, en especial en esos dos parámetros. En relación a la precipitación se observa una disminución en los promedios anuales y mensuales, situación que continuaría en el futuro, en base a las proyecciones de los escenarios climáticos disponibles, generando con ello una menor oferta de agua para los centros poblados y actividades pecuarias y agrícolas. Esta situación se verá exacerbada por el incremento de la temperatura, que hará que se incremente la demanda de agua. La conjunción de ambos podría generar/empeorar las condiciones de estrés hídrico en la cuenca.
- d) Los eventos extremos de precipitación en la cuenca, se han mantenido casi constantes entre el *tiempo pasado* y *tiempo presente*, tanto en lo referente al número de días sin precipitación, y en cuanto a los eventos de exceso, notándose una disminución en el segundo (eventos de exceso), por lo cual, se podría esperar que los eventos de alta precipitación extrema sean menos frecuentes e intensos; aunque no se puede afirmar que en el futuro no se produzcan eventos de suficiente intensidad que generen impactos negativos de inundaciones y riadas en lugares o zonas vulnerables a estos.
- e) El análisis de variabilidad climática se la realizó sobre la información mensual de la precipitación y temperatura media. La variabilidad de la precipitación interanualmente es mayor en el *tiempo presente* que en el *tiempo pasado*; notándose a nivel mensual una mayor variación en los meses de transición entre las épocas de lluvia y estiaje y viceversa. Como era de esperarse, la temperatura muestra, a nivel mensual, una menor variabilidad entre ambos tiempos que la precipitación.
- f) Dado que los eventos de vientos fuertes, granizadas, helada y nevadas, son fenómenos meteorológicos locales, los datos presentados de la Est. Met. Tarija Aeropuerto, solo son referenciales y no pueden ser extrapolados a la cuenca en su conjunto.
- g) La amenaza *exceso de agua* entre el *tiempo pasado* al *tiempo presente* tiende a reducirse por la disminución de la precipitación; habiéndose proyectado que en el *tiempo futuro* continuará esa tendencia.
- h) La actividad pecuaria en la cuenca puede verse impactada por la *escasez de agua* en doble sentido en una reducción de la disponibilidad de alimento, especialmente para el ganado mayor, y por la falta de agua.

14.2 Recomendaciones

- a) Si bien no es necesario que el PDC incluya un componente independiente de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático expresamente diseñadas con el fin de bajar el riesgo climático, es necesario que las acciones que se diseñen e implementen en el marco de las actividades del Plan Director de Cuenca tienen que estar blindadas ante los impactos del cambio climático.
- b) La problemática principal de la cuenca requiere la atención de la Plataforma Interinstitucional de Cuenca y la futura Unidad de Gestión de Cuencas, mediante la

implementación de acciones que aminoren la misma, las cuales deben ser *clima-resistente*, para lo cual en su diseño se deben incluir actividades que eviten que éstas se vean reducidas en su eficiencia por el cambio climático presente y futuro.

- c) La cuenca debe estar preparada para afrontar un decremento de la oferta de agua de lluvia y un incremento de la oferta de los mismos en el futuro cercano, de manera de evitar impactos sectoriales (saneamiento, agricultura y pecuario) que vayan a desencadenar impactos sociales y económicos principalmente.
- d) La amenaza *escasez de agua* es la que requiere mayor atención por parte del Plan Director de Cuenca, por lo que cuando se vayan a realizar acciones en las siguientes unidades hidrológicas⁸² UH_8589894, Calderas, UH_8589941, UH_8589939, UH_8589935, UH_8589925, UH_6, UH_8589640, UH_8589652, UH_8589923, UH_7, UH_15, UH_8589844, UH_8589922, UH_85899342, UH_8589842, UH_8589892, UH_85899341, UH_8589846, UH_8589840, UH_8589653, UH_9, UH_8589932, UH_8589921, UH_8589850, UH_8, UH_8589910, UH_8589596, UH_8589820, UH_8589651, UH_8589810, UH_8589700, UH_8589598, UH_8589830, UH_8589595, UH_8589597 se deberá tomar cuidados adicionales ya que las condiciones de déficit hídrico que se dan en las mismas pueden interferir con la eficiencia de las actividades planificadas.
- e) Las acciones que se tomen a favor de luchar contra la pobreza, tendrán un efecto reductor del riesgo climático, un incremento de la seguridad alimentaria y una reducción de la inequidad de género; por ello; es altamente recomendable su diseño e implementación en el corto plazo, lo cual repercutirá, adicionalmente en una mejora de las condiciones de vida de la población.
- f) Con base al listado de los centros poblados que han sido identificados con alto grado de riesgo a la escasez de agua (Subtítulo 6.5) es recomendable realizar un diagnóstico rápido, a través de una inspección sanitaria, de los sistemas de dotación de agua, con el objeto de tener una primera aproximación de los requerimientos de cada uno, para poder establecer una priorización para el diseño y construcción de mejoras o ampliaciones o en su caso para su reparación y mantenimiento, que permitirán que los mismos sean menos vulnerables a los impactos del cambio climático.
- g) Es necesario identificar las comunidades y dentro de éstas las zonas, en las cuales recurrentemente se generen inundaciones y/o riadas, de manera de identificar las acciones para evitar las pérdidas que puedan ocasionar estos fenómenos.
- h) La actividad agrícola al contar con 62.23 por ciento del área cultivada bajo sistemas de riego, tiene el desafío de mejorar la eficiencia del uso del agua, a través de sistemas de riego tecnificado, y la mejora de la gestión de los cultivos para producir más, de mejor calidad y en tiempos requeridos por el mercado. Es necesario que la gestión del uso de compuestos químicos en esta actividad debe ser eficiente, lo cual permitirá reducir los niveles de contaminación de los suelos agrícolas que tienen la propensión de contaminar los cursos de agua superficial principalmente, afectando el uso del agua, en las partes bajas de la cuenca.

⁸² Dichas unidades hidrológicas fueron clasificadas con alto grado de amenaza a la escasez del agua.

- i) De las comunidades agrícolas, clasificadas con alto riesgo a la *escasez de agua*, se debería seleccionar aquellas que sean representativas de los diferentes niveles de producción, para lo cual se podría utilizar la información del indicador de exposición, para desarrollar sobre ellas un diagnóstico de la actividad agrícola realizada en ellas, de manera de tener bases para la elaboración de un programa de mejora de la productividad agrícola, la cual tomaría en cuenta los posibles impactos del cambio climático en el presente y en el futuro. Dentro del mencionado programa, no sólo se debería incluir acciones de diseño y construcción de sistemas de riego, sino que también se debería priorizarse la dotación de servicios de extensión agrícola.
- j) Se debe hacer un inventario de las comunidades en las que recurrentemente se produzcan inundaciones y riadas, que afecten la producción agrícola y pecuaria, con el fin que el Plan Director de Cuenca incluya acciones que reduzcan el riesgo a esta amenaza.
- k) Para evitar los impactos producidos por la amenaza *escasez de agua* es necesario que se realice un estudio sobre la cantidad de cabezas de ganado que pueden ser óptimamente criadas por comunidad, que permitan tener productos y subproductos de calidad y cantidad adecuados que compensen el esfuerzo realizado. Una vez establecido el número óptimo de cabezas de ganado, se debería implementar las *buenas prácticas* para cada tipo de ganado existente en la comunidad.
- l) Al estar la actividad agrícola y la pecuaria íntimamente relacionadas, es necesario que el PDC tenga un enfoque conjunto al momento de implementar acciones. En este sentido, se recomienda, que se preste especial atención a las comunidades con alto riesgo a la amenaza *escasez de agua* tanto en la actividad agrícola como en la pecuaria. Dichas 18 comunidades son: San Andres (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Calamuchita (Uriondo), Portillo (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Isidro (Uriondo), Santa Ana La Nueva (Tarija), Sunchu Huayco (Uriondo), Bella Vista (Tarija), Rancho Norte (Villa San Lorenzo), San Agustin Sur (Tarija), Yesera Centro (Tarija), Ladera Norte (Tarija), Pampa Redonda (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Abra De La Cruz (Padcaya), Yesera Norte (Tarija).

15 Recomendaciones para el PDC

Los resultados obtenidos de la evaluación del riesgo climático a tres elementos expuesto importantes de la cuenca (centros poblados, actividades agrícolas y actividades pecuarias) ante las amenazas de *escasez de agua* y *exceso de agua*, permite aportar con recomendaciones para que la cuenca este mejor preparada para afrontar los impactos del cambio climático.

15.1 Recomendaciones generales

- a) No obstante que en la cuenca Guadalquivir, se ha desarrollado una capacidad adaptativa importante, como la construcción de sistema de riego, que benefician aproximadamente a un 62% de la superficie cultivable; la cuenca no deja de ser vulnerable al cambio climático, en especial a la *escasez de agua*, afectando especialmente a los centros poblados, por lo cual es necesario que todas las actividades a ser implementadas en la cuenca, bajo el paraguas del PDC, deben ser *clima-resistentes*. Para verificar si una acción a ser implementada es *clima-resistente* se sugiere, inicialmente aplicar lo establecido en el Anexo VIII (Verificación

de que el proyecto es “clima-resistente”) de la *Guía para la Elaboración de Proyectos de Gestión Integrada de Recursos Hídricos y Manejo Integral de Cuencas (GIRH/MIC)* ⁸³.

- b) Las actividades que el PDC tenga planificado realiza en las unidades hidrológicas consideradas con alta amenaza a la escasez de agua⁸⁴ y/o al exceso de agua⁸⁵ deben verificarse con mayor detalle y meticulosidad que las mismas son *clima-resistentes*.
- c) La ciudad de Tarija, capital del departamento, es un caso especial ya que es el centro más poblado de la cuenca, muy por encima de los otros⁸⁶, y en él se conjuncionan altos grados de amenaza y exposición y bajo de vulnerabilidad, que requieren un tratamiento diferenciado con respecto a las otras comunidades de la cuenca.

15.2 Recomendaciones para la línea estratégica 1: Gobernanza y gestión institucional

15.2.1 Línea de acción 1.3. Sensibilidad ambiental en las instituciones y la población

- a) La línea de acción específica 1.3.1. (Desarrollo de una estrategia de comunicación ambiental a nivel de cuenca), tiene como objetivo diseñar, acordar e implementar la estrategia de comunicación ambiental a nivel de cuenca. Se recomienda que dentro de la estrategia se incluya mensajes y productos comunicacionales sobre el uso eficiente del agua suministrada: (i) por la EPSA o CAP en los centros poblados, (ii) para riego en la actividad agrícola, y (iii) para actividad pecuaria.
- b) La acción específica 1.3.2. (Desarrollo de una estrategia de educación ambiental a nivel de cuenca) tiene como objetivo diseñar, acordar e implementar la estrategia de educación ambiental de la plataforma. Se recomienda que dentro de la estrategia se incluyan temas de reducción de la contaminación hídrica⁸⁷: (i) mediante el uso eficiente de productos químicos en la agricultura; (ii) la adecuada disposición final de desechos sólidos; y (iii) la adecuada disposición final de desechos líquidos (aguas servidas).

⁸³ <https://www.bivica.org/files/elaboracion-proyectos-girh-mic.pdf>

⁸⁴ Las UHs con alto grado de amenaza a la *escasez de agua*, ordenadas descendientemente por su nivel de amenaza, son: UH_8589597, UH_8589595, UH_8589830, UH_8589598, UH_8589700, UH_8589810, UH_8589651, UH_8589820, UH_8589596, UH_8589910, UH_8, UH_8589850, UH_8589921, UH_8589932, UH_9, UH_8589653, UH_8589840, UH_8589846, UH_85899341, UH_8589892, UH_8589842, UH_85899342, UH_8589922, UH_8589844, UH_15, UH_7, UH_8589923, UH_8589652, UH_8589640, UH_6, UH_8589925, UH_8589935, UH_8589939, UH_8589941, Calderas, UH_8589894.

⁸⁵ Las UH que requieren mayor atención por su nivel alto de amenaza al exceso de agua en el tiempo presente y futuro son: UH_8589699, UH_8589698, UH_11, UH_8589697, UH_8589696, UH_8589666, UH_12, UH_8589664, UH_10, UH_8589928, UH_8589680, UH_13, UH_8589665.

⁸⁶ Según datos del Censo 2012, la ciudad de Tarija tenía una población de 179561, y el siguiente centro poblado con mayor población de la cuenca contaba con una población de 3401, lo cual muestra una marcada diferencia entre el primer y segundo centros más poblados de la cuenca.

⁸⁷ El estrés hídrico se da cuando la demanda de agua es más mayor que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad y se manifiesta con la intermitencia en la dotación de agua. Una medida de adaptación para evitar/reducir el mencionado estrés es evitar que la calidad del agua baje y eso se realiza evitando su contaminación.

- c) La acción específica 1.3.3. (Sistema de información para la gestión de la cuenca Guadalquivir) tiene como objetivo el diseñar, institucionalizar y poner en funcionamiento sostenible de un sistema de información hídrica para la cuenca Guadalquivir. Los recursos hídricos y los efectos/impactos del cambio climático se encuentran estrechamente interrelacionados, razón por la cual se recomienda que la base de dato geográfica y tabular generada en la ERC sea incluida en el Sistema de Información Hídrica de Tarija (SIHITA). Adicionalmente, los datos generados por el Sistema de Monitoreo Permanente (Subtítulo 13.1 de este documento) sea también integrado en el SIHITA.

15.3 Recomendaciones para la línea estratégica 2: Sostenibilidad hídrica en la cuenca

15.3.1 Línea de acción 2.1. Disponibilidad de agua para diversos usos

- a) La acción específica 2.1.1. (Desarrollo de instrumentos de gestión que aseguren la disponibilidad y regulación en la distribución, acceso y uso de agua por los sectores) tiene como objetivo implementar a nivel cuenca instrumentos de planificación y gestión hídrico ambiental. La presente ERC puede contribuir al logro del objetivo de esta acción específica, por lo cual se recomienda:
- i. Que en las UH que tienen alto nivel de riesgo a la *escasez de agua*⁸⁸ se tomen medidas adicionales que aseguren la disponibilidad y regulación en la distribución, acceso y uso de los recursos de agua para los distintos sectores tanto en el *tiempo presente* como en el *tiempo futuro*.
 - ii. Se recomienda que en los centros poblados que tiene un alto riesgo a la *escasez de agua* y alto nivel de amenaza⁸⁹ se tomen medidas adicionales que permitan la disponibilidad de los recursos hídricos durante todo el año.

⁸⁸ Las UHs con alto nivel de riesgo, son aquellas subcuencas en las que se ha identificado que tendría el mayor déficit acumulado de agua de precipitación menos la evapotranspiración, en las que se puede tener carencias en la disponibilidad de recursos hídricos lo que podría afectar el acceso de los recursos hídricos a los distintos sectores. Dichas UHs son: UH_8589597, UH_8589595, UH_8589830, UH_8589598, UH_8589700, UH_8589810, UH_8589651, UH_8589820, UH_8589596, UH_8589910, UH_8, UH_8589850, UH_8589921, UH_8589932, UH_9, UH_8589653, UH_8589840, UH_8589846, UH_85899341, UH_8589892, UH_8589842, UH_85899342, UH_8589922, UH_8589844, UH_15, UH_7, UH_8589923, UH_8589652, UH_8589640, UH_6, UH_8589925, UH_8589935, UH_8589939, UH_8589941, Calderas, UH_8589894.

⁸⁹ Los centros poblados con alto riesgo a la *escasez de agua* y alto nivel de amenaza, presentados descendientemente por su nivel de amenaza, son: Laderas Sur (Uriondo), La Ventolera (Uriondo), Toma Tunal (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), San Antonio La Cabaña (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Media Luna (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Ancon Grande (Uriondo), La Choza (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Pintada (Tarija), San Nicolas (Uriondo), La Compañía (Uriondo), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Barrancas (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Yesera Sur (Tarija), San Jacinto Norte (Tarija), Almendros (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Canchones (Tarija), Pampa Galana (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Monte Sur (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Fuerte Grande (Padcaya), Guaranguay Norte (Uriondo), Guaranguay Sur (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), El Condor (Tarija), Carlazo Este (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Rujero (Uriondo), Mulli Cancha (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), Tolomosita Sur (Tarija), Tarija (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Caldera Grande (Tarija).

- iii. En las comunidades agrícolas que simultáneamente tienen un alto riesgo a la *escasez de agua* y un alto grado de amenaza⁹⁰, se deben tomar medidas adicionales que permitan asegurar la disponibilidad de agua para sus actividades productivas.
 - iv. En las comunidades pecuarias que tienen un alto riesgo a la *escasez de agua* y alto nivel de amenaza⁹¹, similarmente al anterior caso, se deben tomar medidas adicionales que permitan que las mismas cuenten con agua para sus actividades productivas durante todo el año.
- b) La acción específica 2.1.2. (Implementación de programas de conservación y protección de fuentes de agua superficiales y subterráneas considerando lineamientos del enfoque de adaptación basado en ecosistemas) tiene el objetivo de diseñar e implementar un programa de restauración, conservación y uso sostenible de los recursos naturales incorporando innovaciones tecnológicas como respuesta a los efectos del cambio climático. Se recomienda que los programas de restauración (revegetación), conservación y uso sostenible de los recursos naturales con especies nativas sea implementado en los centros poblados⁸⁹ y comunidades agrícolas⁹⁰ y pecuarias⁹¹ con alto nivel de riesgo a la *escasez de agua* y alto grado de amenaza.

15.3.2 Línea de acción 2.3. Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático para reducir los desastres y los impactos no deseados

- a) La acción específica 2.3.1. (Instrumentos técnicos orientados a disminuir los daños y explorar oportunidades para disminuir los impactos del cambio climático), cuyo objetivo es determinar los efectos del cambio climático en el sistema hidrológico y natural, productivo e infraestructura, que orienten el diseño de acciones más resilientes. Se recomienda las siguientes actividades, que aportarán al logro del objetivo de esta acción:
- i. El comportamiento meteorológico/climático en la cuenca tiene una importancia relevante en los sistemas naturales y humanos en la cuenca, por lo cual su estudio es recomendable. En el presente documento se ha dado un paso inicial con el *Análisis de la señal climática* (Subtítulo 4), mostrando los resultados del análisis de una estación meteorológica (Est. Met. Tarija Aeropuerto). Se recomienda que dicho análisis sea completado para todas las otras estaciones meteorológicas, complementadas por otras fuentes de información, si fuese necesarios (Ej. sensores remotos), de manera que se tenga una caracterización climática de la cuenca, la cual contribuirá a una planificación territorial de la cuenca, aprovechando las fortalezas

⁹⁰ Las comunidades agrícolas que simultáneamente tienen un alto riesgo a la *escasez de agua* y un alto grado de amenaza, presentadas en orden descendente por su nivel de amenaza son: Calamuchita (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), Ladera Norte (Tarija), San Isidro (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), San Agustín Sur (Tarija), San Agustín Norte (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Gamoneda (Tarija), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Abra De La Cruz (Padcaya), Colon Norte (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), Monte Cercado (Tarija), Sella Mendez (Villa San Lorenzo).

⁹¹ Las comunidades pecuarias que tienen un alto riesgo a la *escasez de agua* y alto nivel de amenaza, presentadas en orden descendente por su nivel de amenaza, son: Calamuchita (Uriondo), Maturayo (Uriondo), Santa Ana La Vieja (Tarija), Ladera Norte (Tarija), Laderas Centro (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Chozza (Uriondo), La Pintada (Tarija), Portillo (Tarija), Colon Sur (Uriondo), Barrancas (Uriondo), San Agustín Sur (Tarija), Yesera Sur (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Abra De La Cruz (Padcaya), Yesera Centro (Tarija).

y oportunidades y disminuyendo las debilidades y amenazas; en especial, los impactos y desastres producidos por el cambio climático.

- ii. Complementaria a la anterior acción, es recomendable hacer seguimiento a los resultados del Sistema de Monitoreo Permanente (Subtítulo 13.1 de este documento) ya que se podrán establecer niveles umbrales, por encima de los cuales, la probabilidad de acaecimiento de impactos y desastre es mayor; identificando los sistemas naturales e hidrológicos, productivos e infraestructura vulnerable que prioritariamente debe ser atendida, en función de evitar efectos negativos sobre ellas.
- b) La acción específica 2.3.2. (Implementación de sistemas de alerta temprana contra fenómenos naturales extremos y riesgos asociados al cambio climático) tiene el objetivo de disminuir los impactos de los eventos extremos mediante alertas tempranas.

Si bien la implementación de acciones preventivas que reduzcan la probabilidad de impactos negativos y/o desastres, no eliminan totalmente la posibilidad que, los riesgos identificados, puedan materializarse en impactos y si estos fuesen de mayor magnitud puedan constituirse en desastres, generando efectos negativos sociales, ambientales y económicos.

Se recomienda la inclusión en esta línea de acción específica, no solo la implementa de sistemas de alerta temprana, sino que estas sean ampliadas a un completa gestión de riesgo de desastres, que no solo incluya aquellas amenazas meteorológicas (sequías, inundaciones, riadas, heladas, granizadas, vientos fuertes, etc.), sino también las antrópicas (incendios forestales, eventos biológicos, eventos tecnológicos, contaminación, derrame de hidrocarburos, etc.) o de otro tipo (eventos geológicos, deslizamientos), los cuales tienen en común que afectan a los más pobres y vulnerables; incrementa el grado de pobreza; y pone trabas al desarrollo económico y social de la cuenca.

Dicha gestión de riesgo (de desastre) estaría definida como el conjunto de acciones y medidas que la sociedad, de manera organizada, puede y debe aplicar, para evitar o impedir que se construya el riesgo de desastre y, en caso de que ya exista, para reducirlo o controlarlo, así como para responder cuando ocurra el evento peligroso; y después de éste haya ocurrido, para recuperar y reconstruir las zonas afectadas. Todo esto en una estrategia integral de desarrollo sostenible⁹². Dicha gestión de riesgo deberá involucrar los siguientes procesos claves:

- i. *Generar conocimientos sobre el riesgo de desastres en sus diferentes ámbitos*, cuyo objetivo es disponer y difundir datos, información y conocimiento que permita y facilite la efectiva gestión del riesgo a través de todos sus procesos constitutivos de forma que sean asequibles a los miembros de la Plataforma Interinstitucional y la Unidad de Gestión de Cuenca. La presente ERC, para las amenazas meteorológicas de escasez y exceso de agua, brinda la información requerida, debiendo únicamente complementarse para las otras amenazas.

⁹² La presente recomendación se basa en: Narváez L., Lavell A, Pérez G, *La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Lima, Perú, 2009 (http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf).

- ii. *Prevenir el riesgo futuro*, con el objetivo de limitar el desarrollo de los factores de riesgo de desastre en la sociedad a través de una gestión territorial-ambiental adecuada. Las medidas de adaptación recomendadas para su inclusión en el PDC en este documento, tiene el objeto de prevenir/reducir el riesgo futuro, para las amenazas climáticas *escasez de agua y exceso de agua*. Es necesario complementar con otras medidas que permitan reducir el riesgo futuro ocasionado por las otras amenazas.
- iii. *Reducir el riesgo existente*, que tiene el objetivo de minimizar los factores del riesgo existente para evitar o limitar el impacto adverso de los eventos peligrosos en la sociedad. La contribución de la ERC presentada en este documento a este proceso, son las recomendaciones dadas para la reducción de la vulnerabilidad, que tiene la propiedad de evitar o limitar la materialización del riesgo en impacto adverso. Es necesario, complementar para las otras amenazas.
- iv. *Preparar la respuesta*, en función de desarrollar capacidades, instrumentos y mecanismos para responder adecuadamente ante la inminencia y/o la ocurrencia de fenómenos peligrosos. Las medidas de adaptación recomendadas en este documento son esencialmente de carácter preventivo, no reactivas; por lo cual es necesario que se desarrollen las capacidades, instrumentos y mecanismos para todas las amenazas, incluida las meteorológicas.
- v. *Responder y rehabilitar*, con el fin de atender oportunamente las necesidades básicas e inmediatas de las poblaciones amenazadas o afectadas por un evento físico peligroso y prever la aparición de nuevas condiciones de riesgo.
- vi. *Recuperar y reconstruir*, para restablecer las condiciones aceptables y sostenibles de desarrollo económico y social de la comunidad afectada, reduciendo el riesgo a un nivel menor del que existía antes del desastre.

15.4 Recomendaciones para la línea estratégica 4: Acceso equitativo al agua potable y saneamiento básico

15.4.1 Línea de acción 4.1. Abastecimiento sostenible de agua para consumo humano

- a) La línea específica 4.1.1. (Asegurar el abastecimiento sostenible de agua potable) tiene el objetivo de ampliar la cobertura de servicios de agua potable a toda la población considerando un acceso equitativo en cantidad, calidad y oportunidad según la CPE. Para contribuir al logro del mencionado objetivo se recomienda:
 - i. Realizar un estudio que verifique si el estrés hídrico⁹³ es causado mayoritariamente por una baja de la oferta o un incremento de la demanda; adicionalmente se deberá verificar si la falta de agua se debe a la insuficiencia del caudal de la fuente y/o se debe a una falta de regulación anual del almacenamiento. De ese estudio se establecerá si se requiere buscar nuevas fuentes de agua (superficial o subterránea)

⁹³ El estrés hídrico se da cuando la demanda de agua es más mayor que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad y se manifiesta con la intermitencia en la dotación de agua.

o si es necesario mejorar el grado de almacenamiento (construcción de represas o tanques de almacenamiento; o en su caso, el incremento de su capacidad).

- ii. El estrés hídrico en los centros poblados que cuentan con sistemas de dotación de agua, se acentúa no solamente por la reducción de la oferta y/o el incremento de la demanda de recursos hídricos; sino también por la existencia de pérdidas de agua en el sistema (captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución). Por ello es necesario realizar un estudio de cuantificación de las pérdidas y alternativas técnicas para su reducción. Usualmente debido a las actividades deficientes de mantenimiento y reparación de los elementos que componen los sistemas de dotación de agua potable, las pérdidas de agua no son despreciables, por lo cual es necesario que el PDC las incluya dentro de los estudios a ser realizados.
 - iii. Como medidas de adaptación blandas a ser realizadas dentro de esta línea específica, se recomienda, el diseño y ejecución de campañas de concientización sobre el uso del agua, las cuales tendrán como resultado beneficioso, la reducción de la demanda a través de un uso eficiente de los recursos hídricos actualmente disponibles.
 - iv. La infraestructura para el abastecimiento de agua segura en comunidades, para el periodo de vida útil deben demostrar que son *clima-resistentes*, recomendándose que se prioricen las acciones en los centros poblados que presenten algo riesgo a la *escasez de agua*, alta amenaza y baja población⁹⁴.
- b) La línea específica 4.1.2. (Aplicación de estrategias de sostenibilidad de los sistemas de agua potable) tiene como objetivo el mejorar competencias, capacidades técnicas y administrativas de las EPSAS hacia servicios de agua potables más sostenibles. En este sentido se recomienda el fortalecimiento institucional de las EPSAs o CAPS de la cuenca para que logren la eficiencia y eficacia en el suministro de agua potable a la población, la cual depende de aspectos técnicos⁹⁵, operacionales⁹⁶, comerciales⁹⁷ y financieros⁹⁸ para los cuales se requiere recursos humanos calificados, recursos materiales requeridos y recursos financieros suficientes. Dichos requerimientos tienen diferente grado de cumplimiento en los distintos centros poblados; por lo cual es necesario su mejora; cuando estos son

⁹⁴ Las comunidades que reúnen las tres condiciones son: La Pintada (Tarija), La Compañía (Uriondo), Yesera Sur (Tarija), Santa Ana La Vieja (Tarija), Colon Sur (Uriondo), San Isidro (Uriondo), Ancon Chico Pampala Villa Grande (Uriondo), Sunchu Huayco (Uriondo), La Choza (Uriondo), Yesera Centro (Tarija), La Ventolera (Uriondo), Pampa Galana (Tarija), Guaranguay Sur (Uriondo), Ladera Norte (Tarija), Toma Tunal (Uriondo), Tolomosita Sur (Tarija), San Jacinto Norte (Tarija), Barrancas (Uriondo), Campo De Vasco (Uriondo), Rujero (Uriondo), Laderas Centro (Uriondo), Fuerte Grande (Padcaya), Monte Cercado (Tarija), San Jacinto Sud (Tarija), Ancon Grande (Uriondo), San Pedro De Buena Vista (Tarija), Carlazo Centro (Tarija), San Agustin Sur (Tarija), El Condor (Tarija), Guaranguay Norte (Uriondo), Mulli Cancha (Uriondo), Gamoneda (Tarija), Laderas Sur (Uriondo), San Antonio La Cabaña (Tarija), Chorrillos (Uriondo), Media Luna (Uriondo), Canchones (Tarija), San Nicolas (Uriondo), Almendros (Uriondo), San Agustin Norte (Tarija), Caldera Grande (Tarija), Morro Gacho (Tarija), Junacas Norte (Tarija), Carlazo Este (Tarija).

⁹⁵ Son objetivos del área técnica los de optimizar los procesos de captación, almacenamiento, transporte y tratamiento del agua para suministrar a la población, asegurando su continuidad y calidad de la misma.

⁹⁶ Son objetivos del área de operaciones el asegurar la correcta operación y mantenimiento de la infraestructura de los sistemas de dotación de agua potable, y la de reducción de pérdidas.

⁹⁷ Son objetivos del área comercial la facturación y cobranza por el consumo de agua de la población.

⁹⁸ Son objetivos del área financiera el de gestionar y administrar de forma oportuna y transparente los recursos financieros de fuentes internas como de externas.

insuficientes. Se debe realizar un estudio de las EPSAs de la cuenca para identificar específicamente los requerimientos de fortalecimiento y la cuantificación de los recursos financieros para lograrlo. Es importante resaltar que sin una EPSA institucionalmente fuerte cumplidora de sus funciones, los problemas de dotación de agua a los centros poblados tendrán mayores dificultades dada la proyección de un incremento del estrés hídrico.

15.4.2 Línea de acción 4.2. Saneamiento básico y gestión integral de residuos líquidos y sólidos en la cuenca

La acción específica 4.2.1. (Programa de saneamiento en la cuenca como contribución a la salud humana y evitar la contaminación hídrica) tiene como objetivo el formular e implementar un programa de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, que eviten la contaminación ambiental y de los cuerpos de agua. En función de contribuir al logro de este objetivo se recomienda el diseño y construcción del sistema de alcantarillado pluvial en la ciudad de Tarija en los distritos que no cuenten con este servicio. Esto tendrá los siguientes beneficios: reducir el caudal que va a la PTAR debido a conexiones cruzadas; evacuar las aguas pluviales a lugares seguros, evitando que se generen inundaciones en barrios bajos; y la posibilidad de utilizar las aguas de los colectores pluviales directamente sin necesidad de tratamiento alguno.

15.5 Recomendaciones para la línea estratégica 5: Agua para el crecimiento socioeconómico inclusivo

15.5.1 Línea de acción 5.1. Fomento de la producción agropecuaria sostenible bajo enfoque de gestión integral de cuencas

- a) La acción específica 5.1.1. (Programa de diversificación agrícola bajo riego sostenible) tiene como objetivo el consolidar el programa de riego que incluye sistemas nuevos, de mejoramiento y ampliación con infraestructura resiliente al cambio climático y un enfoque de cuencas. En función de contribuir al logro del mencionado objetivo se recomienda, que el programa de riego de prioridad a las comunidades agrícolas que tienen alto riesgo a la *escasez de agua* y que cuenten con menos de 50 % de su superficie productiva bajo riego⁹⁹.
- b) La acción específica 5.1.2. (Instrumentos de gestión de sistemas de riego) tiene como objetivo el generar, mejorar e institucionalizar instrumentos de gestión que aseguren el funcionamiento y la sostenibilidad de los sistemas de riego. Contribuyendo al logro de dicho objetivo se recomienda trabajar inicial y prioritariamente con las comunidades agrícolas que han sido clasificadas con alto riesgo a la *escasez de agua* y que tiene una cobertura de riego menor al 60%¹⁰⁰.

⁹⁹ Las comunidades que cumplen dichas condiciones son: Gamoneda (Gamoneda), San Pedro De Buena Vista (San Pedro De Buena Vista), Junacas Norte (Junacas Norte), Monte Cercado (Monte Cercado), San Agustín Sur (San Agustín Sur), Pampa Redonda (Pampa Redonda), Ladera Norte (Ladera Norte), Carlazo Centro (Carlazo Centro), San Agustín Norte (San Agustín Norte), Abra De La Cruz (Abra De La Cruz), Churquis (Churquis), Yesera Centro (Yesera Centro), Yesera Sur (Yesera Sur).

¹⁰⁰ Las comunidades que cumplen con dichas condiciones son: Bella Vista (Bella Vista), Santa Ana La Nueva (Santa Ana La Nueva), San Andrés (San Andrés), Sella Mendez (Sella Mendez), Portillo (Portillo), Rancho Norte (Rancho

- c) La acción específica 5.1.3. (Uso eficiente del agua en proyectos de riego que disminuya la vulnerabilidad agrícola ante la sequía) tiene como objetivo el fomentar el uso eficiente de agua de riego como mecanismos de adaptación al cambio climático. Si bien uno de los riesgos climáticos más importantes en la cuenca es la *escasez de agua* (sequía), también es necesario que se tome provisiones para los eventos extremos de elevada precipitación que pueden ocasionar inundaciones en la superficie agrícola, con sus correspondientes impactos negativos. Por ello, es necesario que se tomen medidas preventivas para mejorar los drenajes naturales de los campos de cultivos en las comunidades agrícolas que estén con alto riesgo al *exceso de agua*¹⁰¹, de manera que estos no reduzcan la cantidad y calidad de su producción.
- d) Si bien esta línea de acción (5.1.) está relacionada con el fomento de la producción agropecuaria sostenible, las seis acciones específicas incluidas en ella, están dirigidas más a la actividad agrícola. Considerando que la actividad pecuaria también es vulnerable a la *escasez de agua* (sequía) se recomienda incluir las siguientes actividades:
- i. Si bien la actividad pecuaria es una actividad productiva que genera recursos económicos para los habitantes que se dedican a dicha actividad; no es menos cierto que la cría no responsable de animales, viene generando impactos negativos en la cuenca, en especial en la degradación de algunos ecosistemas por pastoreo incontrolado. Por ello es necesario establecer la carga animal que puede soportar cada comunidad; sin que se generen efectos negativos, optimizando el uso del agua y alimento, de manera de desarrollar productos y subproductos en cantidad y calidad adecuados. La determinación de la carga animal no solo debe ser realizada en el *tiempo presente* sino también en el *tiempo futuro*.
 - ii. En función de obtener de la actividad pecuaria productos y subproductos adecuados en calidad y cantidad, es necesario la implementación de *buenas prácticas ganaderas (BPG)*, las cuales incluyan¹⁰²:
 - Gestión ambiental¹⁰³
 - Administración y organización del establecimiento ganadero¹⁰⁴

Norte), Guerra Huayco (Guerra Huayco), Colon Sur (Colon Sur), Colon Norte (Colon Norte), Sunchu Huayco (Sunchu Huayco), Calamuchita (Calamuchita), San Isidro (San Isidro), Santa Ana La Vieja (Santa Ana La Vieja).

¹⁰¹ Las comunidades que tienen alto riesgo al *exceso de agua*, y por ende a las inundaciones de los campos de labranza son: Bella Vista (Tarija), San Andres (Tarija), Tolomosa Grande (Tarija), Santa Ana La Nueva (Tarija), Portillo (Tarija), San Isidro De Rejara (Padcaya), Tolomosa Norte (Tarija), Antigal (Uriondo), La Huerta (Padcaya), Camacho (Padcaya), San Pedro De Sola (Tarija), Guerra Huayco (Tarija), Pinos Sur (Tarija), Miscas Caldera (Uriondo), Pinos Norte (Tarija).

¹⁰² Fuente: FEGASACRUZ; WWF-Bolivia. 2015, *Buenas Prácticas Ganaderas en el Pantanal Boliviano*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 54pp.

¹⁰³ La gestión ambiental se refiere al grupo de actividades que permiten hacer un adecuado uso y aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales (pasturas naturales, bosque, suelo, etc.) dentro de la propiedad/comunidad. El manejar los recursos naturales con respeto y cuidado evita la pérdida de áreas productivas y con ello evita gastos económicos para restaurar fuentes de agua o recuperar las pasturas.

¹⁰⁴ La implementación de las *buenas prácticas ganaderas*, son importantes para el productor ya que le permiten responder a las exigencias del mercado, ser competitivo, adaptarse con mayor facilidad a nuevas políticas de producción y desarrollar una actividad más sustentable. Para ello se requiere diseñar una administración y

- Recursos humanos¹⁰⁵
 - Infraestructura e instalaciones¹⁰⁶
 - Manejo sanitario, reproductivo y mejoramiento genético¹⁰⁷
 - Bienestar animal¹⁰⁸
 - Trazabilidad y registros¹⁰⁹
 - Calidad de alimentación y agua¹¹⁰
 - Bioseguridad¹¹¹
 - Control medioambiental de residuos¹¹².
- iii. Capacitación en BPG en la actividad pecuaria.
- iv. Acceso a créditos y asistencia técnica para la mejorar de la producción de productos y subproductos de la actividad pecuaria en la cuenca.

organización de la actividad ganadera, la cual incluya la definición de una organización, dirección, y control y evaluación.

¹⁰⁵ Las BPG no pueden ser implementadas a cabalidad sin el compromiso voluntario por parte del personal que trabaja en la propiedad/comunidad pecuaria y es capacitado adecuadamente para el cumplimiento de sus funciones.

¹⁰⁶ El desarrollo de la actividad pecuaria requiere la disponibilidad de instalaciones y equipos necesarios para la materialización de las BPG, cuya implementación puede ser gradual por etapas.

¹⁰⁷ Esta actividad tiene por objeto minimizar las pérdidas económicas y contribuir al incremento de los índices de reproducción, evitando la propagación de epidemias o enfermedades en los animales y facilitando al mismo tiempo la obtención de un producto diferenciado para consumo humano conservando los recursos naturales.

¹⁰⁸ El bienestar animal es el conjunto de medidas para disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor de los animales durante su crianza, producción, traslado, exhibición, cuarentena y comercialización. Las acciones a tomar deben: (i) evitar que sufran hambre o sed, asegurándose el fácil acceso al agua fresca y potable y a una dieta para mantener la salud y el vigor; (ii) evitar que sufran incomodidad física o térmica, proporcionando un ambiente adecuado, que incluya refugios y áreas de descanso cómodas, higiene y protección ante las condiciones climáticas; (iii) evitar que sufran lesiones o enfermedades, asegurándoles la prevención, pronto diagnóstico y rápido tratamiento; (iv) evitar que sufran miedo y dolor, garantizando las condiciones y trato que eviten el sufrimiento mental y físico; y (v) generar las condiciones para que puedan desempeñarse con su comportamiento normal y esencial, cohabitando con animales de su misma especie.

¹⁰⁹ La producción ganadera debe generar rutinas y actividades de manejo administrativo y operativo orientadas a mejorar la recopilación de datos para organizar, controlar, planificar, integrar y ejecutar indicadores productivos más rentables y sustentables.

¹¹⁰ La calidad de alimento y agua asegura un mejor estado sanitario de los animales además de mejores producciones y mayor calidad del producto. Es indispensable asegurar que el suministro de alimento y agua para los animales sea de calidad adecuada que satisfagan las necesidades nutricionales en base a su estado fisiológico.

¹¹¹ Una de las principales causas de la baja producción es el alto índice de enfermedades; debido principalmente a la falta de medidas preventivas, que permitan generar estrategias que minimicen el impacto del agente causal de la alta mortandad o morbilidad.

¹¹² La actividad ganadera debe ser desarrollada velando por el cumplimiento de la calidad ambiental; debiendo ejecutarse prácticas que no deterioren la calidad de los recursos naturales renovables (agua, aire, suelo, bosque, tierras forestales, flora y fauna silvestre).

ANEXOS

Anexo A: Datos numéricos de las figuras mostradas

Cuadro 18: Precipitación total anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

tiempo	año	anual
pasado	1961	710.7
pasado	1962	532.6
pasado	1963	677.9
pasado	1964	505.2
pasado	1965	506.3
pasado	1966	672.0
pasado	1967	645.6
pasado	1968	599.3
pasado	1969	616.1
pasado	1970	697.1
pasado	1971	692.7
pasado	1972	550.0
pasado	1973	576.6
pasado	1974	674.0
pasado	1975	613.7
pasado	1976	500.1
pasado	1977	566.9
pasado	1978	696.8
pasado	1979	623.9
pasado	1980	564.8
pasado	1981	726.0
pasado	1982	554.9
pasado	1983	314.1
pasado	1984	679.5
pasado	1985	664.5
pasado	1986	688.0
pasado	1987	563.9
pasado	1988	660.5
pasado	1989	566.6
pasado	1990	556.6
presente	1991	685.4

tiempo	año	anual
presente	1992	630.1
presente	1993	629.0
presente	1994	513.5
presente	1995	521.3
presente	1996	680.4
presente	1997	476.6
presente	1998	399.0
presente	1999	628.7
presente	2000	593.4
presente	2001	662.7
presente	2002	562.7
presente	2003	531.6
presente	2004	523.2
presente	2005	617.6
presente	2006	598.9
presente	2007	605.0
presente	2008	698.4
presente	2009	516.3
presente	2010	479.1
presente	2011	657.7
presente	2012	571.7
presente	2013	427.0
presente	2014	471.6
presente	2015	759.0
presente	2016	387.4

Cuadro 19: Precipitación total mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Tiempo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
pasado	132.9	119.8	78.4	28.3	3.0	1.3	1.0	2.9	5.1	29.6	66.8	137.5
presente	136.1	104.2	89.4	12.9	1.7	0.3	0.2	1.4	7.4	40.7	64.6	111.4

Cuadro 20: Temperatura media anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Tiempo	año	anual
pasado	1968	17.4
pasado	1969	17.8
pasado	1970	17.1
pasado	1971	16.9
pasado	1972	17.8
pasado	1973	17.5
pasado	1974	17.2
pasado	1975	17.1
pasado	1976	16.8
pasado	1977	18.0
pasado	1978	17.6
pasado	1979	17.4
pasado	1980	18.0
pasado	1981	17.8
pasado	1982	18.4
pasado	1983	17.9
pasado	1984	18.2
pasado	1985	18.2
pasado	1986	18.3
pasado	1987	17.9
pasado	1988	17.4
pasado	1989	17.5
pasado	1990	18.1
pasado	1991	18.2
pasado	1992	17.5
pasado	1993	17.5
pasado	1994	18.4
pasado	1995	18.1

Tiempo	año	anual
pasado	1996	17.6
pasado	1997	18.6
presente	1998	18.0
presente	1999	17.1
presente	2000	18.0
presente	2001	18.4
presente	2002	18.7
presente	2003	18.4
presente	2004	18.1
presente	2005	17.9
presente	2006	17.9
presente	2007	17.6
presente	2008	17.2
presente	2009	17.9
presente	2010	18.2
presente	2011	17.7
presente	2012	18.9
presente	2013	18.5
presente	2014	19.0
presente	2015	19.0
presente	2016	18.3

Cuadro 21: Temperatura media mensual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Tiempo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
pasado	20.6	20.2	19.8	18.2	15.5	13.4	13.2	14.9	16.8	19.3	20.2	20.8
presente	21.1	20.7	20.2	18.8	15.3	13.7	13.4	15.7	17.5	20.0	20.4	21.1

Cuadro 22: Variabilidad interanual de la temperatura media anual (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Tiempo	min	Q1	media	promedio	Q3	max	std_dev	IQR	rango	CV
pasado	16.8	17.4	17.8	17.7	18.1	18.6	0.5	0.7	1.8	2.6
presente	17.1	17.9	18.1	18.2	18.4	19.0	0.5	0.6	1.9	3.0

Fuente de datos: PROCUENCA

min: mínimo valor de las serie de datos, Q1: primer cuartil, Q3: tercer cuartil

max: máximo valor de la serie de datos, std_dev: desviación típica o estándar

IQR: rango intercuartílico, CV: coeficiente de variación

Cuadro 23: Variabilidad mensual de la temperatura media (Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Mes	tiempo	min	Q1	media	promedio	Q3	max	std_dev	IQR	rango	CV
ENE	pasado	19.4	20.0	20.5	20.6	21.2	22.3	0.8	1.2	2.9	3.7
ENE	presente	19.8	20.6	21.2	21.1	21.5	22.8	0.8	0.9	3.0	3.6
FEB	pasado	18.1	19.8	20.1	20.2	20.6	21.9	0.8	0.8	3.8	4.0
FEB	presente	19.3	20.1	20.7	20.7	21.0	22.9	0.9	0.8	3.6	4.3
MAR	pasado	18.3	19.2	19.7	19.8	20.4	21.2	0.8	1.2	2.9	4.2
MAR	presente	19.2	19.7	20.2	20.2	20.6	22.0	0.7	0.8	2.8	3.6
ABR	pasado	16.0	17.3	18.4	18.2	18.9	20.3	1.2	1.6	4.3	6.4
ABR	presente	16.4	18.4	18.8	18.8	19.2	20.7	1.0	0.8	4.3	5.2
MAY	pasado	12.5	14.7	15.3	15.5	16.5	17.4	1.3	1.8	4.9	8.2
MAY	presente	12.2	14.3	15.4	15.3	16.6	17.4	1.6	2.3	5.2	10.3
JUN	pasado	11.5	12.3	13.5	13.4	14.3	15.5	1.1	2.0	4.0	8.2
JUN	presente	11.1	12.9	14.1	13.7	14.8	15.6	1.3	1.9	4.5	9.8
JUL	pasado	10.5	12.0	13.1	13.2	14.2	16.2	1.6	2.2	5.7	12.0
JUL	presente	10.6	12.9	13.5	13.4	14.2	15.3	1.2	1.2	4.7	8.7
AGO	pasado	12.3	14.1	14.9	14.9	15.9	17.6	1.3	1.8	5.3	8.6
AGO	presente	13.5	14.6	15.5	15.7	16.6	18.0	1.4	1.9	4.5	8.6
SEP	pasado	14.8	15.8	16.6	16.8	17.7	19.6	1.3	1.9	4.8	7.6
SEP	presente	14.5	16.2	17.8	17.5	18.8	20.4	1.6	2.5	5.9	8.8
OCT	pasado	16.5	18.5	19.3	19.3	20.3	21.7	1.3	1.8	5.2	6.5
OCT	presente	17.7	19.5	20.0	20.0	20.6	22.4	1.1	1.1	4.7	5.6
NOV	pasado	18.2	19.7	20.3	20.2	20.8	21.9	0.9	1.2	3.7	4.2
NOV	presente	18.1	19.6	20.3	20.4	20.9	24.0	1.3	1.3	5.9	6.2

Mes	tiempo	min	Q1	media	promedio	Q3	max	std_dev	IQR	rango	CV
DIC	pasado	19.3	20.2	20.7	20.8	21.0	22.9	0.8	0.8	3.6	3.9
DIC	presente	17.0	20.1	21.6	21.1	22.0	23.6	1.5	1.9	6.6	6.9

Fuente de datos: PROCUENCA

min: mínimo valor de las serie de datos, Q1: primer cuartil, Q3: tercer cuartil

max: máximo valor de la serie de datos, std_dev: desviación típica o estándar

IQR: rango intercuartílico, CV: coeficiente de variación

Cuadro 24: Frecuencia anual de heladas
(Est. Met. Tarija Aeropuerto)

Año	tiempo	anual
1963	pasado	13
1964	pasado	37
1965	pasado	15
1966	pasado	33
1967	pasado	15
1968	pasado	17
1969	pasado	36
1970	pasado	39
1971	pasado	40
1972	pasado	25
1973	pasado	35
1974	pasado	34
1975	pasado	28
1976	pasado	28
1977	pasado	24
1978	pasado	16
1979	pasado	10
1980	pasado	7
1981	pasado	28
1982	pasado	16
1983	pasado	28
1984	pasado	26
1985	pasado	15
1986	pasado	28
1987	pasado	20
1988	pasado	28
1989	pasado	14

Año	tiempo	anual
1990	pasado	26
1991	pasado	16
1992	pasado	27
1993	presente	27
1994	presente	19
1995	presente	18
1996	presente	18
1997	presente	20
1998	presente	11
1999	presente	30
2000	presente	33
2001	presente	17
2002	presente	21
2003	presente	14
2004	presente	26
2005	presente	18
2006	presente	18
2007	presente	29
2008	presente	17
2009	presente	27
2010	presente	21
2011	presente	24
2012	presente	14
2013	presente	20
2014	presente	9
2015	presente	15
2016	presente	16

Anexo B: Indicadores de evaluación

Cuadro 25: Indicadores de evaluación

Componente	Indicador	Variable	Fuente	tiempo	Elemento expuesto
Amenaza	Escasez de agua	(i) Precipitación mensual; (ii) Evapotranspiración mensual	SENAMHI	Presente y futuro	Todos
	Exceso de agua	Precipitación mensual	SENAMHI	Presente y futuro	Todos
Exposición	Población	Población por comunidad	CPV del INE	Presente y futuro	Centros poblados
Vulnerabilidad	Pobreza	Necesidades básicas insatisfechas por comunidad	MPD	Presente	Centros poblados
	Población en edad no laboral	Población por comunidad comprendida entre 0 a 10 años y entre 60 y más años	CPV del INE	Presente	Centros poblados
Exposición	Superficie agrícola	Superficie agrícola por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
Vulnerabilidad	Tipo de cultivo	(i) superficie por cultivo y comunidad; (ii) sensibilidad a la escasez de agua por cultivo	(i) CA del INE (ii) Criterio de experto	Presente	Actividad agrícola
	Superficie agrícola sin riego	Superficie agrícola cultivada a secano por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
	Superficie forestal	Superficie forestal de la comunidad	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
	Tractores	Número de tractores por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
	Fumigadores	(i) Número de fumigadores por UPA; (ii) Número de UPAs por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
	Personas dedicadas a la agricultura	(i) Número de personas cuya actividad principal es la agricultura; (ii) Número de personas total de personas por UPA	CA del INE	Presente	Actividad agrícola
	Tipo de cultivo	(i) Superficie por cultivo y comunidad; (ii) Sensibilidad al exceso de agua por cultivo	(i) CA del INE (ii) Criterio de experto	Presente	Actividad agrícola

Componente	Indicador	Variable	Fuente	tiempo	Elemento expuesto
Exposición	Unidad de producción agropecuaria	Número de unidades de producción agropecuarias por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad pecuaria
Vulnerabilidad	Superficie ganadera	Superficie ganadera por comunidad	CA del INE	Presente	Actividad pecuaria
	Personas dedicadas a la ganadería	(i) Número de personas cuya actividad principal es la ganadería; (ii) Número de personas total de personas por UPA	CA del INE	Presente	Actividad pecuaria
	Consumo de agua por el ganado	(i) Número de cabezas de ganado por comunidad; (ii) Consumo de agua según tipo de ganado	(i) CA del INE (ii) Criterio de experto	Presente	Actividad pecuaria
	Sensibilidad al exceso de agua del ganado	(i) Número de cabezas de ganado por comunidad; (ii) Sensibilidad del ganado al exceso de agua por tipo de ganado	(i) CA del INE (ii) Criterio de experto	Presente	Actividad pecuaria
Aspectos de género	Combustible para cocinar alimentos	(i) Número de viviendas que usan leña como combustible; (ii) Número de viviendas que usan guano, bosta o taquía como combustible	CPV del INE	Presente	Centros poblados
	Provisión de agua a la vivienda	(i) número de viviendas cuya provisión de agua es por pileta pública; (ii) número de viviendas cuya provisión de agua es por carro repartidor; (iii) número de viviendas cuya provisión de agua es por pozo o noria (con o sin bomba); (iv) número de viviendas cuya provisión de agua es de la lluvia, río, vertiente o acequia; (v) número de viviendas cuya provisión de agua es de lago, laguna o curichi	CPV del INE	Presente	Centros poblados

Componente	Indicador	Variable	Fuente	tiempo	Elemento expuesto
Aspectos de interculturalidad	Lugar de nacimiento en otro lugar	(i) Nacimiento en otro lugar del país; (ii) Nacimiento en el exterior del país	CPV del INE	Presente	Centros poblados
	Vivió en otro lugar hace 5 años	(i) Residencia hace 5 años en otro lugar del país; (ii) Residencia hace 5 años en el exterior	CPV del INE	Presente	Centros poblados