

ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y GLOBAL EN COMUNIDADES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SAJHUAYA



Agua Sustentable

La Paz

Calle Nataniel Aguirre N° 82 entre 11D y 12 de Irpavi

Telf/Fax: (2) 2151744

lapaz@aguasustentable.org

IIAREN (Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales)
UMSA,

Edificio Lizímaco Gutiérrez, Héroes del Acre N° 1850

Telf: (2) 2484647

iiaren@correo.umsa.bo

IHH (Instituto de Hidráulica e Hidrología)

Dirección: Calle 30, Cota Cota

Casilla : 699

Telf/Fax: (2) 2795724

ihh@acelerate.com

Ilustración de portada: Norka Paz Rodo

Foto contratapa: Comunidad Cebollullo

Contenido

PREÁMBULO

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	ANTECEDENTES	5
3.	MARCO CONCEPTUAL	6
	a. Cambio Global y Cambio Climático	6
	b. Vulnerabilidad	7
	c. Adaptación Participativa y Desarrollo de Capacidades	9
	d. Marco Legal y Político	11
4.	OBJETIVO	14
5.	MISIÓN Y VISIÓN	15
6.	METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA	15

DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD

1.	CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA	18
2.	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL ÁREA	25
	a. Oferta Histórica de Agua	25
	b. Evolución de la gestión del agua en la microcuenca	28
3.	EFFECTOS DEL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA: RETROCESO DE LOS GLACIARES DEL NEVADO ILLIMANI	31
	a. Pérdida de superficie	33
	b. Pérdida de espesor	35
4.	EXPOSICIÓN HISTÓRICO- ACTUAL	36
	a. Temperatura	36
	b. Precipitación	40
5.	SENSIBILIDAD	44
	a. Biofísica	44
	b. Socioeconómica	50
	c. Productiva	52
	d. Género	57
	e. Institucional	59
6.	CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LAS COMUNIDADES	60

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

a.	Escenarios de Cambio Climático	66
b.	Análisis del impacto futuro en la gestión del agua al 2050 (2035-2069)	70
c.	Escenarios de acuerdos y convenios futuros en la gestión del agua	75

LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS DE ADAPTACIÓN

1.	LINEAMIENTOS DE LA ESTRATEGIA	77
2.	ROLES DE ACTORES	82
3.	LINEAS DE ACCIÓN	86
4.	ACCIONES PILOTO DE ADAPTACIÓN	99
a.	Almacenamiento de agua y su utilización en la producción agrícola	100
b.	Implementación de Atajados	101
c.	Mejoramiento de la eficiencia de captación y conducción de canales de riego en las comunidades	105
d.	Construcción de sistema de distribución de agua para riego	114
e.	Parcela experimental: Efecto del Riego Deficitario en dos variedades de maíz en la comunidad de La Granja	117
5.	EXPERIENCIAS DE CAPACITACIÓN	120
6.	RECOMENDACIONES	121
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	GLOSARIO	125

Índice de tablas

Tabla 1: Políticas del Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático.	10
Tabla 2: Directrices de los planes nacionales relacionados al recurso hídrico donde se involucra la GIRH y adaptación al cambio climático.	11
Tabla 3: Comunidades en el área de estudio.	18
Tabla 4: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de papa con y sin plaguicidas.	21
Tabla 5: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de maíz en las comunidades de Khapi y Cebollullo.	21
Tabla 6: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de lechuga en las comunidades de Cebollullo y Tahuapalca.	22
Tabla 7: Resumen de oferta de agua anual en las subcuencas del Río Sajhuaya (1975-2009).	26
Tabla 8: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario por mes.	28
Tabla 9: Pérdida de superficie del glaciar Illimani entre 1963-2009.	32
Tabla 10: Velocidad promedio de pérdida de espesor de nieve en el glaciar Illimani.	33
Tabla 11: Acciones tomadas para responder al impacto de un evento extremo pasado (% de familias encuestadas).	42
Tabla 12: Conocimiento de indicadores del clima local.	43
Tabla 13: Matriz de sensibilidad de las comunidades.	44
Tabla 14: Nivel de educación de padres de familia.	49
Tabla 15: Cambios en las áreas bajo riego, tipos y patrones de cultivo de las comunidades de la microcuenca Sajhuaya.	52
Tabla 16: Matriz de condiciones de vulnerabilidad de las mujeres.	56
Tabla 17: Estrategias de las comunidades para adaptarse a su entorno.	59
Tabla 18: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario y por mes, escenarios ELB, EMP y EFH.	70
Tabla 19: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario y por mes, escenario EGR.	72

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema de los factores de vulnerabilidad	6
Figura 2: Esquema metodológico para la construcción de la Estrategia	14
Figura 3: Área de estudio de la microcuenca Sajhuaya y sus principales comunidades	17
Figura 4: Áreas cultivadas bajo riego	19
Figura 5: Cambios en la cobertura de uso y de suelo (1954-2009)	20
Figura 6: Actividades extra-agropecuarias	23
Figura 7: Rangos altitudinales o zonas de elevación en la cuenca del río Sajhuaya	24
Figura 8: Comportamiento de caudal medio simulado (1975-2009) [l/s]	25
Figura 9: Entradas y salidas de un modelo de gestión del agua	27
Figura 10: Extensión de superficie de glaciares en el Illimani desde 1963-2009	31
Figura 11: Tendencia de pérdida de superficie frontal del glaciar Illimani	32
Figura 12: Comportamiento mensual de la temperatura máxima (°C) en los periodos 1976-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia	35
Figura 13: Comportamiento mensual de la temperatura media (°C) en los periodos 1976-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia	36
Figura 14: Comportamiento mensual de la temperatura mínima (°C) en los periodos 1975-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia	37
Figura 15: Tendencias de precipitación anual [mm] para el periodo histórico y periodo común en las estaciones de referencia (Con datos reconstituidos y rellenados)	39
Figura 16: Comportamiento de la precipitación mensual [mm] para las estaciones de referencia, en el quinquenio inicial (línea azul), medio (línea roja) y final (línea verde)	40
Figura 17: Mapa de amenazas y vulnerabilidad de la microcuenca del río Sajhuaya	45
Figura 18: Percepción de la migración de la población hace 10 años	50

Figura 19: Especies cultivadas actualmente dentro del perímetro de la microcuenca	51
Figura 20: Evolución del requerimiento de riego [l/s] para los meses de Diciembre, Julio y promedio anual determinados para la comunidad de Tahuapalca en el periodo 1975-2009	54
Figura 21: Variación de la temperatura media mensual [°C] (2040-2060) respecto a	65
Figura 22: Variación de la temperatura anual mensual [°C] (2040-2060) respecto a	66
Figura 23: Variación de la precipitación media mensual [%] (2040-2060) respecto a	66
Figura 24: Variación de precipitación media anual [%] (2040-2060) respecto a	67
Figura 25: Representación esquemática de la situación de conflictos, convenios y enfrentamientos en relación al déficit de agua	73
Figura 26: Esquema de la implementación de obras piloto	97
Figura 27: Diseño de planta de los atajados	99
Figura 28: Corte longitudinal del atajado	100
Figura 29: Corte transversal del atajado	100
Figura 30: Diseño del paso de quebrada Chuwallani	104
Figura 31: Diseño de planta del desarenador canal 1 en Cebollullo.	105
Figura 32: Corte transversal del desarenador del canal 1 en Cebollullo.	106
Figura 33: Diseño de planta de la cámara intermedia en el canal 1 de Cebollullo	106
Figura 34: Corte transversal de la cámara intermedia en el canal 1 de Cebollullo	106
Figura 35: Diseño de planta de la cámara de carga del canal 3 en Cebollullo	108
Figura 36: Corte transversal de la cámara de carga del canal 3 en Cebollullo	108
Figura 37: Diseño de planta de la cámara de entrada del canal Camapo en Challasirca	110
Figura 38: Corte longitudinal de la cámara de entrada del canal Camapo en Challasirca	110
Figura 39: Diseño del sistema de distribución de agua para riego en Tahuapalca	114
Figura 40: Diseño de la parcela experimental en la comunidad de La Granja	116
Figura 41: Riego aplicado en los distintos tratamientos según fase fenológica	117



PREÁMBULO

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático global se evidencia cada vez más en las observaciones del aumento de la temperatura promedio del aire que provoca el derretimiento de hielo y nieve y, por consecuencia, el aumento del nivel del mar. Estas modificaciones son producto de un incremento en las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros, a causa directa o indirecta de la actividad humana, impulsado por un proceso de desarrollo basado en el uso de combustibles fósiles (para energía, transporte e industria), la deforestación, cambios en el uso del suelo, y la producción de desechos, por mencionar algunos.

Ante esta problemática, y hace más de una década, se conforma la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático donde se determina que para prevenir un mayor aumento de la temperatura, es necesario reducir las fuentes y emisiones de GEI y a potenciar sus sumideros (mitigación). Además, como los efectos de este cambio ya se perciben, sobre todo en las regiones más pobres, es necesario adoptar medidas para ajustarse a estas modificaciones, ya sea reduciendo posibles daños o aprovechando las oportunidades que se presenten (adaptación).

La misma convención establece un aspecto clave en el marco de las negociaciones, reflejado como Principio en el Artículo 3: “(...) proteger el sistema climático en beneficio de las generaciones presentes y futuras, sobre la base de la equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus respectivas capacidades”. Este aspecto tan importante recuerda que no todos los países tienen el mismo grado de responsabilidad en la emisión de Gases de Efecto Invernadero. Son los países desarrollados los que deben reconocer su responsabilidad histórica en la saturación de la atmósfera y tomar medidas específicas para reducir sus emisiones actuales y futuras, así como para apoyar a los países en desarrollo y menos adelantados en procesos como el de adaptación al cambio climático.

Uno de los impactos más notorios del cambio climático, es el retroceso acelerado de los glaciares, pues éstos representan importantes reservas de agua dulce, pero son altamente sensibles a dicho cambio. Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2008) el retroceso de glaciares llegaría a provocar una disminución en la disponibilidad del agua en comunidades de montaña donde vive más de un sexto de la población mundial.

En Bolivia, los glaciares tropicales están desapareciendo; un caso emblemático es el Chacaltaya, en la ciudad de La Paz, que ha perdido entre 1992 y 2005 el 90 % de su superficie y el 97% de su volumen de hielo (Comunidad Andina, 2008). A esto se suma una mayor frecuencia en los eventos climáticos extremos como inundaciones, sequías y heladas, afectando principalmente a las poblaciones rurales y pobres que son altamente dependientes de recursos sensibles a los cambios y la variabilidad climática, y por tanto son más vulnerables.

Bajo este contexto, el proyecto “Fortaleciendo la capacidad y desarrollando estrategias de adaptación a los fenómenos de cambio climático en comunidades de montaña dependientes de glaciares tropicales en Bolivia” tuvo como objetivo desarrollar una estrategia de adaptación a los efectos del cambio climático para un área particularmente vulnerable como es la microcuenca del río Sajhuaya, en el Municipio de Palca del Departamento de La Paz.

En esta microcuenca, las comunidades se dedican principalmente a la producción agrícola, que representa su motor económico. En su sistema productivo, actualmente predomina el cultivo de lechuga, el cual depende mucho del agua disponible para riego. La disponibilidad de agua en la microcuenca está condicionada por la oferta de agua, proveniente en una parte del glaciar Illimani, y en otra de la precipitación. En lo que respecta al glaciar, los estudios muestran que éste aporta de manera significativa al caudal de la cuenca en época seca (junio, julio, agosto). Sin embargo, los últimos 26 años la tendencia de pérdida de su superficie ha aumentado en relación a los años 60; esto a futuro podría llegar a ser más crítico debido a los cambios en las condiciones de temperatura y precipitación que se vienen observando en el área; llegando a comprometer la oferta futura de agua, especialmente en época seca.

Aproximadamente en la última década, la oferta de agua no ha podido satisfacer las necesidades de riego en algunas comunidades, especialmente en época seca, aún cuando las comunidades han establecido turnos para el riego como una manera de enfrentar los cambios experimentados en las condiciones climáticas. Se prevé que bajo distintos escenarios de cambio climático, la gestión del agua se verá afectada, acrecentando la demanda para riego y disminuyendo la oferta, sobre todo en un escenario de retroceso del glaciar.

Por este motivo, la Estrategia de Adaptación al cambio climático y global busca promover la sostenibilidad tanto de los sistemas de provisión de agua y medio ambiente como de los sistemas productivos, disminuyendo las posibilidades de conflicto por el uso del agua y fomentando el desarrollo y mejoramiento de la capacidad adaptativa de las comunidades rurales para enfrentarse a los cambios en las condiciones climáticas presentes y futuras.

El estudio contó con la colaboración del International Development Research Center (IDRC) y fue complementado con el apoyo de Nordic Environment Finance Corporation (NEFCO), DIAKONIA, y Christian Aid; trabajando en completa colaboración entre tres instituciones: Agua Sustentable, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales (IIAREN) y el Instituto de Hidrología e Hidráulica (IHH), ambos pertenecientes a la Universidad Mayor de San Andrés, con quienes se estableció presencia en el campo y se interactuó muy de cerca con las comunidades locales.

El presente documento se divide en cuatro partes. En la primera, se presenta el marco de conceptos, legal y político bajo el que se encuadra la presente propuesta, su finalidad y la metodología que llevó a su elaboración. Una segunda parte muestra un diagnóstico de la vulnerabilidad, mostrando una caracterización de la microcuenca, seguida de los resultados del estudio del retroceso de glaciares en el Illimani y los distintos factores de vulnerabilidad identificados en la microcuenca del río Sajhuaya, exponiendo una línea base. La tercera parte presenta un análisis de escenarios climáticos y la implicancia de los mismos en la gestión del agua en la cuenca, a partir del uso de modelos matemáticos específicos, donde además se simulan los efectos que tendría el retroceso del glaciar en la mencionada gestión.

La cuarta y última parte corresponde a la propuesta de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático y Global para las comunidades de la microcuenca del río Sajhuaya. Se presentan los lineamientos y medidas de adaptación planteadas en base a la vulnerabilidad identificada. Además, se muestran algunas experiencias y obras piloto de adaptación realizadas en la microcuenca del río Sajhuaya, que coadyuvaron al desarrollo de capacidades de los pobladores en el área.

Se espera que este trabajo contribuya a fortalecer las capacidades de los pobladores tanto hombres como mujeres, en las comunidades y el Municipio de Palca, para que sean capaces de adaptarse a los efectos del cambio climático en el marco de un desarrollo sostenible más armónico con la naturaleza.

2. ANTECEDENTES

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales, (IIAREN) perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, es la unidad de investigación básica y aplicada responsable de identificar, gestionar, planificar, ejecutar, monitorear, evaluar y difundir los resultados de programas y proyectos en el campo agropecuario y de recursos naturales. Este instituto tiene como objetivo generar, validar y sistematizar conocimientos científicos y tecnológicos apropiados, en base a la investigación básica y aplicada que respondan a las demandas específicas de la sociedad, para el desarrollo de la producción agropecuaria y el manejo sostenible de los recursos naturales.

El Instituto de Hidráulica e Hidrología – IHH, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, tiene como objetivo consolidarse como centro científico de alta calidad en recursos hídricos, que ejecute proyectos dirigidos a aportar con el desarrollo nacional y regional. Asimismo, le interesa profundizar su participación de tareas de interacción social, brindando servicios de óptima calidad, dando especial atención a proyectos de interés nacional y regional.

Agua Sustentable es una organización no gubernamental sin fines de lucro orientada a promover y fortalecer procesos locales, departamentales, nacionales e internacionales, interactuando con la sociedad civil y las instituciones públicas, para la construcción, consolidación y aplicación de un marco normativo, institucional y de prácticas sociales de gestión del medio ambiente, la biodiversidad, el agua y los servicios derivados de ésta, reconociendo y respetando la pluralidad, promoviendo la interculturalidad y la equidad, sobre la base del principio del derecho humano al agua y a un medio ambiente saludable.

Esta institución viene trabajando en la temática de adaptación al cambio climático desde el año 2008 con el proyecto “Adaptación al Cambio Climático en regiones afectadas por el retroceso de los glaciares tropicales en Bolivia” el cual tuvo como objeto de estudio la microcuenca del río Choquecota, la cual depende del Glaciar Mururata como fuente de recurso hídrico, ubicada también en el Municipio de Palca. Los resultados de esta investigación señalan que el glaciar ha reducido un 20.13% de su cobertura los últimos 50 años afectando la disponibilidad de agua en la microcuenca; asimismo, datos de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) indican que la temperatura en la zona se ha incrementado aproximadamente 2 °C los últimos 30 años, tanto en la época húmeda como en la época seca.

Dentro de esta experiencia, se formuló una estrategia de adaptación al cambio climático para esta microcuenca, elaborada también de forma participativa con las comunidades y que fue presentada al Municipio e instituciones del Gobierno Departamental y Nacional. Uno de los resultados más relevantes de este proyecto ha sido la aceptación de una carpeta a diseño final de un proyecto de riego como medida de adaptación al cambio climático, que es hoy implementado por el Viceministerio de Medio Ambiente y Agua a través del Fondo Productivo y Social (FPS).

3. MARCO CONCEPTUAL

a. Cambio Global y Cambio Climático

El Cambio Global se refiere a todas aquellas transformaciones de gran escala que tienen repercusiones significativas sobre el funcionamiento del sistema planetario, ya sea afectando los componentes biofísicos (agua, aire, suelos, biodiversidad), alterando el comportamiento de las comunidades y ecosistemas y/o generando efectos en los sistemas socioeconómicos. Dichas transformaciones se caracterizan por ser de naturaleza multivariada y no-lineal en sus orígenes y en sus impactos, tener mecanismos de retroalimentación y expresar comportamientos sinérgicos que dificultan su predicción mediante análisis no sistémicos (Centro de Cambio Global UC, 2011). Dos de las fuerzas que han generado este cambio son el crecimiento poblacional y el aumento en el consumo de recursos per cápita.

Hay dos características del cambio global que hacen que los cambios asociados sean únicos en la historia del planeta. En primer lugar la rapidez con la que este cambio está teniendo lugar, con cambios notables (ej. en concentración de CO₂ atmosférico) en espacios de tiempo tan cortos para la evolución del planeta como décadas; y en segundo lugar, el hecho de que una única especie, el Homo sapiens es el motor de todos estos cambios (ibíd.)

Por otro lado, el Cambio Climático se refiere a toda variación del clima a lo largo del tiempo, por efecto de la variabilidad natural o de las actividades humanas (IPCC, 2007a) y que, siendo consecuencia del cambio global, afecta a su vez a otros procesos fundamentales del funcionamiento del sistema Tierra (Duarte et. al., 2006).

Dentro del proyecto se observó que el cambio climático afecta a las comunidades de la microcuenca Sajhuaya, manifestándose a partir del aumento de temperatura, mayor concentración e intensificación de lluvias así como la ocurrencia de eventos climáticos extremos. Además, dichas comunidades se ven presionadas por otro tipo de factores como el mercado, el tamaño de la tierra, etc., los cuales pueden ser vistos bajo un contexto más amplio de Cambio Global, que está influyendo en la forma de vida que llevan las mismas.

b. Vulnerabilidad

En principio, se relacionaba la vulnerabilidad a las condiciones físicas como los asentamientos humanos en topografías susceptibles a las amenazas de eventos extremos o variabilidad climática. Sin embargo, hoy en día, este mismo enfoque considera que el riesgo es una construcción social donde la vulnerabilidad ya no es determinada únicamente por factores físicos sino también por factores sociales más complejos que interactúan y se integran formando un estado de vulnerabilidad amplio que Wilches Chau (1993) citado por Torrico et. al. (2008) menciona como vulnerabilidad global:

“Es necesario anotar que la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el “bloqueo” o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente “desastre”. A esa interacción de factores y características vamos a darle el nombre de vulnerabilidad global”.

Por su parte, Cardona (2001, citado por Torrico et. al. 2008) interpreta la vulnerabilidad y el riesgo desde una perspectiva holística, a partir del modelo “conurrencia-relajación”. En dicho modelo, se distinguen tres niveles que se vinculan entre sí y que forman el proceso por el cual se podría entender por qué las comunidades son las más vulnerables. Torrico et. al. (2008) los definen de la siguiente manera:

-Los factores subyacentes y causas de fondo: Se refiere al modelo de desarrollo que prioriza la explotación de recursos naturales; la estructura de propiedad de la tierra y de los medios de producción que favorecen a los propietarios privados; en el nivel político el acceso limitado a las decisiones políticas por determinados grupos.

-Las presiones dinámicas: son procesos y actividades que canalizan las causas de fondo hacia condiciones inseguras para la población: degradación ambiental, crecimiento de la población, bajos ingresos y bajo nivel de nutrición de la población, falta de inversiones en desarrollo sostenible, proceso acelerado de deforestación regional, baja productividad del suelo, emigración.

-Las condiciones de inseguridad son las formas concretas en que la vulnerabilidad de la población en el área dispersa se expresa junto a la amenaza.

Desde una mirada de cambio climático la vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos de dicho fenómeno y en particular de la variabilidad climática y los fenómenos extremos (IPCC, 2007).

Existen tres factores que determinan dicha vulnerabilidad, representados en la figura 1: factores externos como las exposiciones que afectan un sistema, y factores internos como su sensibilidad y capacidad adaptativa. La sensibilidad y la exposición definen el impacto del cambio climático sobre un sistema.

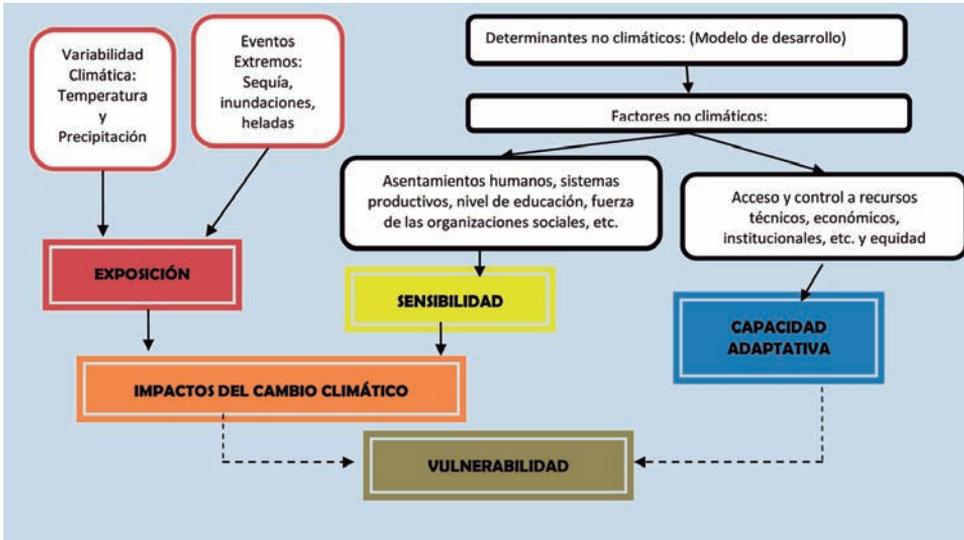


Figura 1. Esquema de factores de vulnerabilidad

(Fuente: Adaptado de Füssel& Klein, 2006)

La exposición es la naturaleza y el grado al cual está expuesto un sistema (población, recursos, infraestructura) a variaciones climáticas considerables (IPCC, 2001) como eventos climáticos extremos (sequías, inundaciones, granizos) y variabilidades climáticas (cambios en los patrones de precipitación y temperatura).

La sensibilidad es el grado en que un sistema resulta afectado positiva o negativamente por la variabilidad o el cambio climático (IPCC, 2007). Smit, et al (2005, citado por Ríos, 2010) ven la sensibilidad como “características de ocupación” que incluyen hechos como la “ubicación y tipo de asentamiento, forma de sustento, uso de tierra, etc.”

Por capacidad adaptativa se entiende la capacidad de un sistema de ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los eventos extremos) para aminorar daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o enfrentar las consecuencias (IPCC, 2007).

Para Smith & Pilifosova (2001) las características de comunidades y regiones que parecen determinar su capacidad adaptativa son: recursos económicos, tecnología, información y habilidades, infraestructura, instituciones y equidad. Para Füssel & Klein (2006) estas características son denominadas factores no climáticos, que son afectados por determinantes no climáticos (ej.: aspectos sociopolíticos, demográficos y biofísicos) que a su vez definen la sensibilidad de dichas comunidades o sistemas.

Mientras mayor capacidad adaptativa tiene un sistema o una sociedad, mayor será su potencial para moderar los efectos adversos del cambio climático y menor será su vulnerabilidad.

Si consideramos lo mencionado anteriormente, tanto los determinantes como los factores no climáticos pueden ser vistos como las causas de fondo y las presiones dinámicas señaladas por Cardona (2001), que van influyendo significativamente en la capacidad adaptativa de las poblaciones y por tanto en su vulnerabilidad.

c. Adaptación Participativa y Desarrollo de capacidades

La adaptación se refiere al ajuste de un sistema ante los cambios en su entorno, ya sea enfrentando las amenazas o aprovechando las oportunidades que se presenten. La rapidez con que hoy en día ocurren estos cambios (económicos, sociales, ambientales, etc.) y la presión que ejercen sobre distintos sistemas (recursos hídricos, agricultura, salud, etc.) ha ocasionado que este tipo de proceso adquiera mayor relevancia, sobre todo en lo que se refiere al cambio climático, uno de los componentes más representativos del cambio global.

Se debe entender la adaptación como un proceso iterativo y continuo, basado en la formulación de políticas y adopción de medidas que fortalezcan la capacidad de resiliencia de los sistemas, pudiendo darse de manera instintiva frente a los impactos inmediatos (adaptación autónoma) o de manera deliberada ante impactos previstos a largo plazo (adaptación planificada).

Según el marco de políticas de adaptación establecido por el PNUD (2005), el horizonte de tiempo define distintos tipos de adaptación como ser:

- Adaptaciones a largo plazo, que estén respondiendo a cambios promedio en el clima (planificación de cuencas hidrológicas, cambios institucionales para la asignación de recursos hídricos, educación e investigación).
- Adaptaciones tácticas, relacionadas con las consideraciones a mediano plazo de la variabilidad climática (disposiciones para controlar inundaciones, medidas para la conservación del agua).

- Adaptación de contingencia, relacionada con eventos extremos a corto plazo, asociados con la variabilidad climática (manejo de emergencia ante sequías, pronóstico de inundaciones).
- Adaptaciones analíticas, que consideren los efectos climáticos en todas las escalas (adquisición de datos, creación de modelos para el manejo de recursos hídricos).

Una adaptación puede realizarse a través de tecnologías, comportamiento individual, organización social, normas y políticas, actividades económicas o educación. La capacidad de adaptación varía entre países y poblaciones; y depende, entre otros factores de los recursos disponibles, el grado de desigualdad social que exista, la fuerza de las instituciones públicas, así como las prioridades y la voluntad de los que toman decisiones (Magaña, 2006).

Las más propensas a recibir con mayor fuerza el impacto de los cambios en el clima, son las poblaciones rurales debido a sus condiciones de pobreza e inequidad. En el caso de estudio, se ha visto que para alcanzar la adaptación es necesario reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales en la microcuenca Sajhuaya, a través del fortalecimiento de sus capacidades adaptativas que les permitan responder o ajustarse a cualquier escenario de cambio que se presente en el futuro.

En este sentido, el enfoque de adaptación participativa consideró a las comunidades como actores principales, elaborando la Estrategia de Adaptación en forma conjunta, de manera que las acciones de adaptación planteadas surjan desde su realidad manifiesta en fortalezas, limitaciones, necesidades y oportunidades.

Se enfatiza en el desarrollo de capacidades, entendido como un proceso en el cual los individuos, organizaciones, instituciones y sociedades obtienen, fortalecen, adaptan y mantienen a través del tiempo habilidades para realizar tareas, resolver problemas, establecer y alcanzar objetivos de forma sustentable (PNUD, 2012). Bajo este concepto, en la microcuenca distintos actores a diferentes niveles trabajan conjuntamente desarrollando variedad de destrezas que en conjunto conllevan a una mejor gestión de los recursos (suelo, agua, cultivos, etc.), preparando a las comunidades ante contingencias en su entorno.

La concepción básica que orienta la presente estrategia se fundamenta en que los recursos humanos informados, capacitados y organizados son el factor principal para encarar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático. Más aún, a este factor se pueden sumar las alianzas y redes de cooperación, así como el desarrollo institucional normativo, que coadyuvan a la mayor consistencia y sostenibilidad de la estrategia.

La Estrategia de Adaptación es una herramienta que sirve para orientar las políticas ambientales y de desarrollo del Municipio de Palca y que puede ser integrada a su Plan Operativo Anual (POA) ó Plan de Desarrollo Municipal. Inclusive, la experiencia puede ser extendida a los Planes de Desarrollo Departamental y Plan de Desarrollo Nacional.

d. Marco legal y político

La presente estrategia se enmarca primeramente en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia que señala en su artículo 33: “Las personas tienen derecho a un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado. El ejercicio de este derecho debe permitir a los individuos y colectividades de las presentes y futuras generaciones, además de otros seres vivos, desarrollarse de manera normal y permanente...”. Asimismo establece como un deber en su artículo 108: “Proteger y defender los recursos naturales y contribuir a su uso sustentable, para preservar los derechos de las futuras generaciones...”.

A nivel de políticas públicas, se ha considerado la estrategia de “Adaptación de sectores vulnerables a los cambios ambientales y socioeconómicos globales” dentro de la Política 6 “Gestión ambiental y de riesgos: equilibrio entre las necesidades de desarrollo y conservación del medio ambiente” (capítulo Recursos Ambientales) del Plan Nacional de Desarrollo. El Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC) responde a dicha política y reúne programas sectoriales y transversales de adaptación a los que deben ceñirse las iniciativas de adaptación. La tabla 1 muestra las políticas del MNACC tomadas en cuenta para la Estrategia de Adaptación de la microcuenca Sajhuaya.

Por otro lado, El Plan Nacional de Cuencas (PNC), Plan Nacional de Saneamiento Básico (PNSB) y Plan Nacional de Riego (PNDR) se enmarcan en los conceptos de Manejo Integral de Cuencas (MIC) y Gestión Integral del recurso hídrico (GIRH). Este último entendido por el PNC, como la sumatoria de acciones e interacciones que implican: análisis de los componentes hidrológicos, una visión integral de agua, suelo y medio ambiente, interactuando estos elementos en una relación de interdependencia, y la intervención de instituciones y actores sociales públicos construyendo acuerdos y plataformas de alianzas para gestionar integralmente el uso de los recursos hídricos. Asimismo se establece a la cuenca como unidad básica de planificación y gestión.

Estos planes también se enmarcan en el concepto de adaptación al cambio climático. En la tabla 2 se recogen algunas de las directrices consideradas para la Estrategia.

Tabla 1: Políticas del Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático

Programa	Políticas
Recursos Hídricos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conservar y manejar el agua considerando escenarios climáticos futuros. 2. Normar, legislar y educar para mantener la calidad del agua
Adaptación Sanitaria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rectoría y Liderazgo 2. Movilización Social 3. Determinantes de la salud incluyendo las variables del Cambio Climático 4. Sistemas de vigilancia epidemiológica y monitoreo del riesgo con enfoque de cambio climático
Seguridad y soberanía alimentaria	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantizar la disponibilidad y acceso en la cantidad suficiente de alimentos para la población, generando medidas de adaptación efectivas articuladas a las políticas del PND de la producción agropecuaria, conservación y manejo de la agro-bio-diversidad. 2. Información sistémica con mayor cobertura en el monitoreo y análisis de tendencias articuladas a escenarios climáticos, generando sistemas complejos para el mayor entendimiento de la vulnerabilidad al Cambio Climático incluyendo la variabilidad del clima y sus impactos. 3. Garantizar un fondo de adaptación al cambio climático. 4. Alerta temprana y manejo integral de cuencas. 5. Disponibilidad de recursos fitogenéticos para la adaptación.
Ecosistemas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Áreas protegidas en balance armónico entre áreas de amortiguamiento y áreas secundarias de escape para la adaptación al cambio climático de la vida silvestre (flora y Fauna). 2. Identificación de superficies en diversos ecosistemas sensibles al cambio climático.
Asentamientos Humanos y Gestión de Riesgos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asentamientos humanos seguros en nuevas áreas basados en la zonificación agroecológica, planes de uso del suelo y planes de ordenamiento territorial 2. Adaptación articulada a sistemas de asentamientos y gestión de riesgo. 3. Vivienda e infraestructura segura para el desarrollo humano integral 4. Ordenamiento territorial y gestión de riesgo climático
Investigación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Articulación integral de la investigación en “cambio climático” imbricada a los sectores. 2. Capacidades de investigación desarrolladas.
Capacitación, difusión y educación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Educación con alto sentido de responsabilidad sobre conservación de la naturaleza. 2. Inserción de la temática de cambio climático en los programas educativos. 3. Actores sociales con conocimiento básicos sobre el cambio climático y sus impactos. 4. Decisores de política públicas con información suficiente para el desarrollo de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático.

Fuente: PNCC, 2007b

Tabla 2: Directrices de los planes nacionales relacionados al recurso hídrico donde se involucra la GIRH y adaptación al cambio climático.

PNSB	
Objetivos:	
-Incorporar en la gestión de los servicios el estudio de acciones de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.	
-Política de Manejo Integral del Agua y uso eficiente de los servicios, en el marco de la adaptación al cambio climático.	
Metas:	
-Inversiones en plantas de tratamiento para habilitar aguas para riego (vinculado a impactos determinados por el MNACC: Incremento de necesidades de agua para riego y agua potable; Mayor contaminación de fuentes de agua por bajos caudales en los ríos y vertidos de aguas residuales)	
SENASBA (Servicio Nacional de Sostenibilidad de Saneamiento Básico)	
Formular:	Tareas:
-Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático	-Promover que los proyectos sectoriales se enmarquen en la Gestión Integral de Cuencas
-Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua	-Modificar las normas técnicas para la elaboración de proyectos a diseño final incorporando el componente de cambio climático.
AAPS (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento)	
Marco de competencias para desarrollar acciones de adaptación al CC:	
1. Asegurar el cumplimiento del derecho fundamentalísimo del agua para la vida, la priorización de usos para consumo humano, seguridad alimentaria y conservación del medio ambiente	
2. Regular la prestación de servicios de agua potable y la gestión de los recursos hídricos respetando usos y costumbres	
3. Precautelar que los derechos de uso y aprovechamiento de aguas garanticen las prioridades de uso antes expuestas.	
4. Precautelar el cumplimiento de titulares de autorizaciones, licencias y registros.	

Fuente: Orellana, 2010

4. OBJETIVO

- * Guiar el proceso de adaptación planificada de las comunidades en la microcuenca Sajhuaya para reducir su vulnerabilidad ante el cambio climático y global, impulsando la adopción de medidas que fortalezcan su capacidad adaptativa minimizando impactos actuales y riesgos climáticos futuros, orientado a desarrollar sus capacidades y mejorar las condiciones de vida de los pobladores en el marco de un desarrollo sustentable; y a su vez, servir de herramienta en la planificación e implementación de políticas públicas que incluyan la adaptación como parte fundamental del proceso de desarrollo, en los distintos niveles de gobierno.

Esto a través de un proceso que ha seguido los siguientes propósitos puntuales:

- * Identificar qué factores hacen vulnerables a las comunidades frente a los eventos extremos, variabilidad climática y cambios socio-ambientales.
- * Establecer escenarios futuros de cambio climático acordes a la región, así como la influencia que tendrán éstos en la gestión del agua de las comunidades.
- * Fomentar la participación de las comunidades de la microcuenca Sajhuaya en la búsqueda y establecimiento de lineamientos y medidas de adaptación planificada, en base a las vulnerabilidades encontradas, que estén orientadas al manejo sostenible de sus recursos, respetando sus usos y costumbres.

5. MISIÓN Y VISIÓN

a. Misión

Mediante la investigación participativa identificar, analizar y evaluar los factores de vulnerabilidad en las comunidades de la microcuenca Sajhuaya en base a los cambios experimentados en los ámbitos económico, socio-productivo, ambiental y climático los últimos 30 años; para a partir de eso, construir en conjunto con las comunidades un documento base para la adaptación al cambio climático global que reúna medidas enfocadas a fortalecer capacidades de hombres y mujeres, aplicar procesos de gestión, coordinación, generación y difusión de información, que puedan ser incluidos en la planificación del Municipio de Palca y contribuyan a la sostenibilidad de su desarrollo.

b. Visión

Las comunidades de la microcuenca Sajhuaya conscientes de su vulnerabilidad, advierten el efecto del cambio climático global sobre sus formas de vida y aplican medidas de adaptación a dicho cambio, contando con el apoyo de los distintos niveles de gobierno quienes trabajan de forma sinérgica para hacerlas más resilientes y sostenibles. Además, los hombres y mujeres de las comunidades, difunden las destrezas y conocimientos adquiridos en la práctica.

6. METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Para la formulación de esta estrategia se ha seguido un enfoque altamente participativo. La mayoría de las investigaciones realizadas en el área de estudio han involucrado a los pobladores de las distintas comunidades a través de entrevistas, encuestas, talleres, así como en el diseño e implementación de obras piloto de adaptación.

El proceso se dividió en cuatro etapas (ver figura 2). En una primera fase se hizo una revisión de las distintas investigaciones para caracterizar a la microcuenca desde sus aspectos, sociales, económicos y ambientales. A partir de esto, se ha sintetizado la información para determinar los factores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa que determinan la vulnerabilidad de las comunidades en la microcuenca. Además, se han perfilado escenarios de cambio climático y su influencia en la gestión del agua de la cuenca como una condición de vulnerabilidad futura.

Posteriormente se realizaron talleres participativos con las comunidades, donde se presentaron los resultados de las investigaciones y se recogieron sugerencias sobre las medidas de adaptación que consideraban necesarias para incluirlas en la estrategia.

A partir de esto se comenzó el trabajo de redacción en gabinete, del cual se obtuvo un primer borrador que fue validado en un taller interno con miembros del proyecto representados por investigadores, técnicos de campo y tesis. El intercambio de conocimientos desde una perspectiva multidisciplinaria permitió enriquecer el documento.

Finalmente se realizaron talleres de validación con las comunidades, donde asistieron representantes de cada comunidad (autoridades y agricultores) y técnicos del proyecto. En estos talleres se presentó la propuesta de Estrategia de Adaptación al cambio climático para la microcuenca del río Sajhuaya, con el objetivo de fortalecer el documento final a partir del intercambio de opiniones y experiencias, discusión y observaciones provenientes de los mismos pobladores.

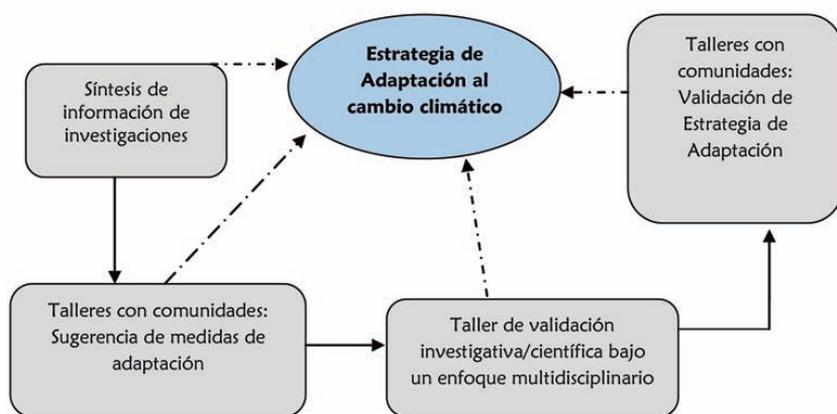


Figura 2. Esquema metodológico para la elaboración de la Estrategia



DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD

1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y SOCIOECONÓMICA

La microcuenca del río Sajhuaya esta geográficamente ubicada entre las latitudes 16°38' -16°44' Sur y longitudes 67°54' – 67°46' Este del Municipio de Palca, Provincia Murillo del Departamento de La Paz. Nace en la cordillera oriental con dirección Este formando parte del flanco occidental central del majestuoso Illimani de cota máxima aproximada de 6.350 msnm como cabecera de cuenca y como su punto más bajo los 2.500 msnm con desemboque al Río Palca (ver figura 3). Tiene un área total de 59 km², limitando al noreste con el Municipio de Irupana, y al Suroeste con el Municipio de Mecapaca, a aproximadamente 66 km de la ciudad de La Paz.

La diferencia altitudinal de la cuenca hace posible que existan distintas ecoregiones como la región altoandina y de puna húmeda (entre los 3.700 y 4.800 msnm) donde se encuentran pastizales abiertos y zonas de bofedal; así como la región de valles secos interandinos, que presenta zonas destinadas al pastoreo de ganado vacuno y tierras de cultivo en diferentes estados de sucesión, debido a que cuenta con un microclima para la producción agropecuaria.

Según el Plan de Desarrollo Municipal (PDM, 2007), el clima corresponde a una zona micro-termal con humedad deficiente a seco en invierno y en primavera semi-seco. La estación meteorológica de La Paz, registra una temperatura promedio anual de 15,03 °C, con una mínima promedio de -3,8 °C (mes de junio) y una máxima promedio de 22,4 °C (mes de diciembre).

Dado que la gestión del agua en las comunidades andinas abarca espacios territoriales más amplios que los delimitados geográficamente, en el presente estudio se ha considerado la microcuenca como una cuenca social, entendida según Yañez & Poats (2007) como un espacio delimitado por los nacimientos de los cursos de agua y las zonas altas que los protegen y nutren, y se extiende hasta donde llegan las aguas “naturalmente” y hasta donde se conduce el agua por los hilos construidos por las sociedades.

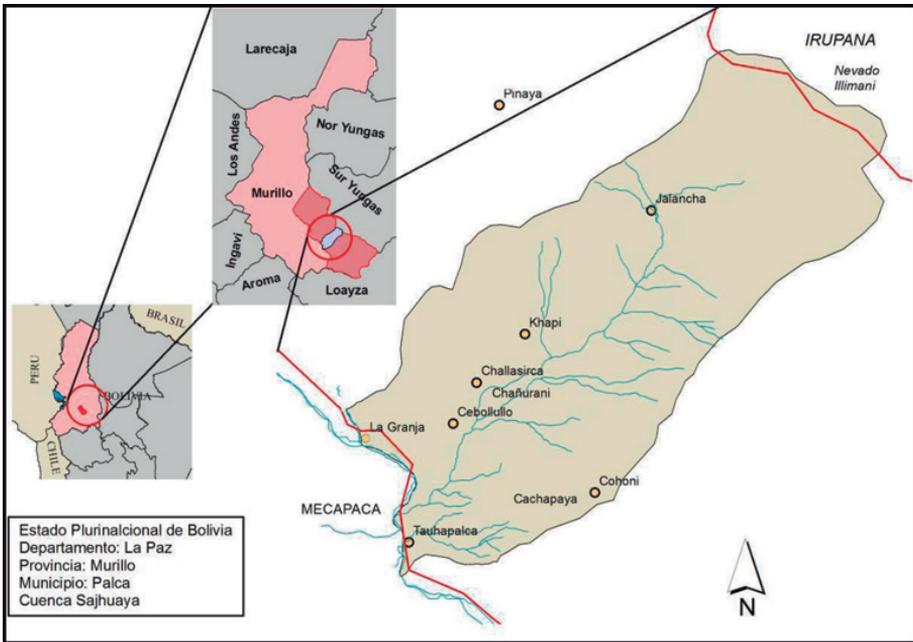


Figura 3: Áreas de estudio de la microcuenca Sajhuaya y sus principales comunidades

(Fuente: Proyecto “Fortaleciendo la capacidad y desarrollando estrategias de adaptación a los fenómenos de Cambio Climático en comunidades de montaña de la cordillera real de Los Andes centrales de Bolivia”. 2009)

Las aguas son en su mayor parte de origen glaciar. Las comunidades de la microcuenca se abastecen de aguas superficiales representadas por ríos y vertientes (Villarreal, et.al., 2010).

El río principal es el Sajhuaya que cambia de nombre a lo largo de su cauce (Anuuta, Chañurani, Sajhuaya). Este río tiene afluentes de pequeñas quebradas y el río Paucara.

De las vertientes se pueden mencionar: Wakería, Achojpaya, Chapoco y Turicala; existen otras vertientes que no llevan nombre.

Las comunidades que conforman la microcuenca haciendo uso de sus recursos hídricos tanto para riego como consumo humano se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Comunidades en el área de estudio

Comunidades	Nº de habitantes	Hombres	Mujeres
Pinaya	288	143	145
Jalanca	50	23	27
Khapi	196	103	93
Challasirca	205	113	92
Cebollullo	297	167	130
Chañurani	74	43	31
Cachapaya	494	248	246
Tahuapalca	195	100	95
La Granja	137	73	64
Total	1548	870	778

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE), 2001

En base a los análisis realizados en la cuenca, y según los estándares de calidad, el agua pertenece a la Clase B¹, lo que significa que ésta requiere de tratamiento físico (ej. desinfección con cloro, hervir el agua o dejarla reposar en botellas plásticas durante 6 horas) para que sea apta para consumo humano.

En la cuenca de estudio, se identificaron nueve sistemas de riego. En la figura 4, se presentan las áreas de riego y los límites comunales. El total de áreas bajo riego es de 681,63 ha y el número de usuarios por comunidad es de 505, mientras que por sistema es de 330.

Vale la pena recalcar que este total debe ser aproximadamente un 10% más bajo de lo señalado, considerando que muchas veces los mismos usuarios pertenecen a más de un sistema y que las áreas regadas también se superponen en algunos sectores.

¹Existen varios parámetros que determinan el tipo de clasificación del agua. En este caso particular, los análisis realizados se basaron en el parámetro de Número Más Probable de Coliformes Fecales en 100 ml (NMP/100ml). Se asigna la clasificación "B" a aquellas aguas en las que los Coliformes Fecales se presentan en el rango de <1000 y <200 NMP en 80% de las muestras.

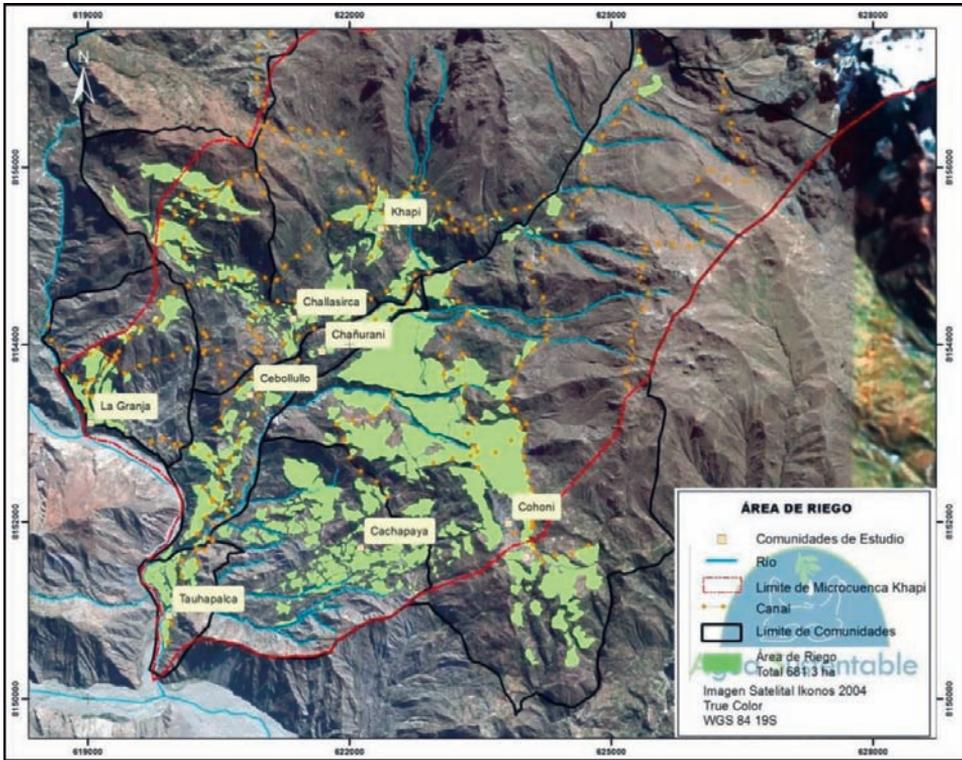


Figura 4: Áreas cultivadas bajo riego
(Fuente: Villarroel et. al., 2011)

Los derechos de agua en la microcuenca del río Sajhuaya están destinados a dos usos principales: uso agropecuario y doméstico. Cada tipo de uso tiene características propias de acceso y gestión. El uso agropecuario tiene como fuente principal el río Sajhuaya (Illimani). Tanto el uso agropecuario como doméstico, son gestionados por autoridades del agua que son parte del Directorio de los Sindicatos Agrarios comunales, que es una de las formas de organización de las comunidades, además de los Ayllus.

Ambos tipos de organización, se encuentran afiliados a dos Subcentrales Agrarias: Llujo y Tahuapalca, los que conforman la Central Agraria de Khapi. Las familias son los ejes de estas organizaciones y las que también generan el movimiento social y económico. Tanto las autoridades del agua como el resto de los cargos sindicales son rotativos y todos los comunarios tienen la obligación de asumirlos cuando les toca. Esto es muy positivo para los derechos de agua, ya que el conocimiento de los usos y costumbres no se queda en unos pocos dirigentes casi permanentes como sucede en otras partes, sino que todos los usuarios se ven obligados a conocerlos para poder ejercer su cargo de manera responsable y eficiente (Villarroel et. al. 2011)

Por otro lado, un monitoreo del cambio de cobertura y uso de suelo en la microcuenca, realizado a través de técnicas de teledetección, muestra que entre 1954 y 2009, las áreas de cultivo se ampliaron en aproximadamente 200 ha, y el suelo desnudo en casi 800 ha. En contraposición, se han perdido aproximadamente 900 ha de nieve y 225 ha de áreas de descanso conocidas como aynocas, indicado en la figura 5.

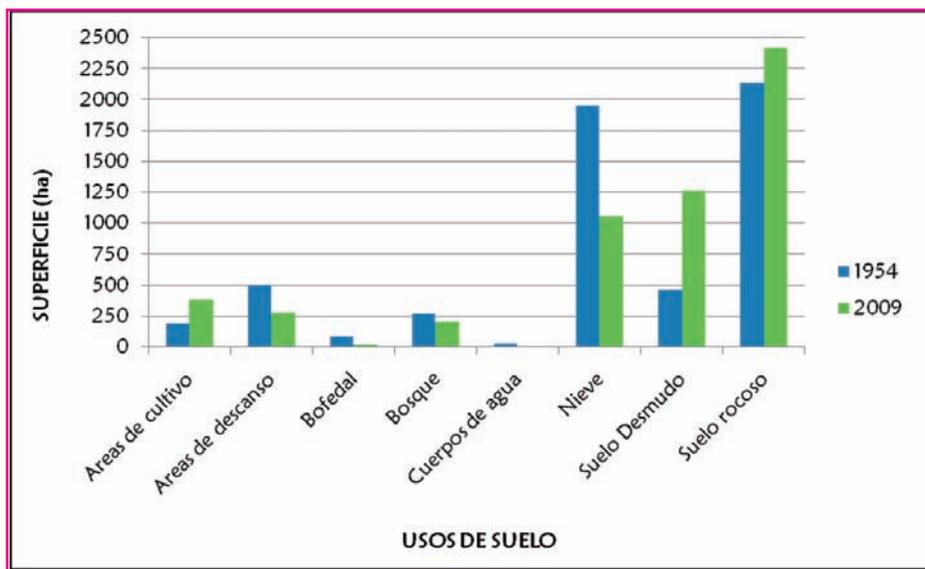


Figura 5: Cambios en la cobertura de uso y de suelo (1954-2009)

(Fuente: Informe Semestral- Proyecto Illimani, 2011)

La tendencia de aumento del área de cultivos sigue una dirección de sur-este a nor-oeste, en sentido de la gradiente altitudinal de la cuenca, coincidiendo precisamente con el aumento de temperaturas dado en los últimos años en esa dirección.

Otro dato importante son las pérdidas sustanciales de bosque y bofedales. Se estima que la superficie de bosque perdida se convirtió en suelo desnudo y rocoso, mientras que el área de bofedales perdida se convirtió en áreas de cultivo y suelo desnudo.

Por otra parte, las comunidades basan su economía en la producción agrícola, destinada primordialmente al mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz. De los tres principales cultivos (papa, maíz y lechuga) en las comunidades de Khapi, Cebollullo y Tahuapalca, la lechuga es el más rentable con una relación beneficio/costo promedio de Bs. 4,68. Esto significa que en promedio por cada 1 Bs. invertido en la producción los comunarios recuperan su inversión, ganando además Bs. 3,68

A continuación, se detalla y analiza el resultado de los costos, ingresos y relación beneficio/costo (B/C) para cada cultivo en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de papa con y sin plaguicidas (Expresado en Bs.)

INSUMO	TOTAL COSTOS	TOTAL INGRESOS	TOTAL INGRESO NETO	RELACION B/C
CON PLAGUICIDAS	16.970	39.040	22.070	2,30
SIN PLAGUICIDAS	14.610	39.040	24.430	2,67

Fuente: Cuiza, 2011

Se ha hecho esta distinción en la producción de papa ya que la comunidad de Khapi indica que no requiere del uso de plaguicidas para su producción mientras que los agricultores de las otras comunidades indican que durante los últimos años han empezado a utilizar diferentes plaguicidas por la presencia de algunas plagas que anteriormente no se encontraban en la zona de estudio. Se puede evidenciar que los costos se reducen en aproximadamente 15% en el caso de la producción sin plaguicidas, lo cual tiene un fuerte impacto en la relación beneficio costo.

Asimismo, es importante mencionar que los productores de la zona pueden tener entre 1 y 2 cosechas por año, esto debido a que en invierno, se genera una competencia en el mercado con los productores del Altiplano, lo que obliga a los productores de la cuenca a bajar sus precios de venta al mercado.

Tabla 5: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de maíz en las comunidades de Khapi y Cebollullo (Expresado en Bs.)

COMUNIDAD	TOTAL COSTOS	TOTAL INGRESOS	TOTAL INGRESO NETO	RELACION B/C
Khapi	7.065	15.000	7.935	2,12
Cebollullo	16.787,5	36.250	19.462,5	2,16

Fuente: Cuiza, 2011

La producción de maíz en la comunidad de Khapi es ligeramente menor a la de Cebollullo, principalmente porque las temperaturas bajas en Khapi (parte alta de la cuenca) afectan el rendimiento de este cultivo. Además, Khapi no utiliza plaguicidas, en cambio Cebollullo sí los usa; esta situación afecta significativamente el costo total de producción y ocasiona que la relación beneficio/costo sea casi similar a la obtenida en la comunidad de Khapi, aunque en realidad el rendimiento de la producción en Cebollullo sea sustancialmente mayor al de Khapi (en Khapi se obtienen 16000 unidades comparada con 35000 unidades que se obtienen en la comunidad de Cebollullo).

Adicionalmente, se evidencia que los agricultores de Cebollullo pueden vender su producción de maíz a un precio mayor al que se efectúa por los agricultores de Khapi, debido a la calidad de su producción. Asimismo, es importante hacer notar que existen dos ciclos de producción al año.

Tabla 6: Comparación de costos, ingresos y relación beneficio/costo del cultivo de lechuga en las comunidades de Cebollullo y Tahuapalca (Expresado en Bs.)

COMUNIDAD	TOTAL COSTO	TOTAL INGRESO	TOTAL INGRESO NETO	RELACIÓN B/C
Cebollullo	23.500	77.000	53.500	3,28
Tahuapalca	31.650	192.500	160.850	6,08

Fuente: Cuiza, 2011

La relación B/C de la lechuga (Bs. 3,28) en la comunidad de Cebollullo revela que esta producción es mucho más rentable que la del maíz (Bs. 2,16) considerando adicionalmente que los agricultores efectúan tres cosechas al año. Sin embargo, esta tendencia de producción intensiva está ocasionando que los productores tiendan a utilizar un mayor volumen de fertilizantes y plaguicidas, lo cual también impacta directamente en sus costos de producción.

En la comunidad de Tahuapalca, se evidencia que el rendimiento del cultivo es sustancialmente mayor al obtenido en la comunidad de Cebollullo, específicamente las unidades que son obtenidas en esta comunidad son comparativamente más del doble de las comunidad de Cebollullo, situación que ha provocado que el cultivo de la lechuga sea prácticamente un monocultivo en esta zona.

Este rendimiento hace que la relación B/C sea significativamente mayor para Tahuapalca, debido principalmente al buen precio en el que se comercializa el producto en la ciudad de La Paz. Sin embargo, al igual que en Cebollullo, se ha incrementado sustancialmente el uso de fertilizantes y plaguicidas. Por esta situación, se predicen fuertes impactos en la calidad de la producción en el futuro cercano y se evidencia la necesidad de tomar las acciones correspondientes para que este buen rendimiento sea sostenible en el tiempo.

En tanto, en épocas de baja producción, la alternativa económica de alrededor del 30% de los pobladores, mayormente del esposo, consiste en realizar trabajos de albañil, agricultor jornalero, chofer y operador de maquinaria, como indica la figura 6.

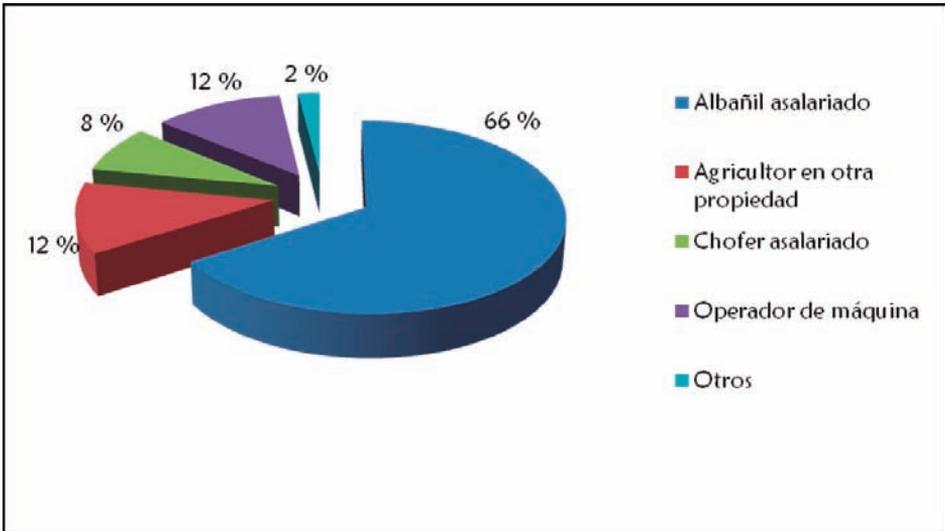


Figura 6: Actividades extra-agropecuarias

(Fuente: García y Taboada, 2010)

2. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DEL ÁREA

a. Oferta Histórica de Agua

Conociendo la importancia que tiene el recurso hídrico para el desarrollo de estas comunidades, se estimó la oferta de agua histórica dentro de la microcuenca. Para esto, el estudio realizado por Espinoza D. y Fuchs, P. (2011a),



utilizó modelos hidrológicos e hidro-glaciológicos que simulan la variación experimentada por el caudal de agua en la microcuenca Sajhuaya, en función de los cambios climáticos estacionales, para el periodo 1975-2009.

Los resultados del estudio han estimado que para el periodo 1975-2009, la temperatura media anual varía desde 17.4°C (a 2724 msnm) hasta -7.7°C (a 6120 msnm); mientras que la lluvia anual varía entre 402 mm (a 2724 msnm) y 823 mm (a 6120 msnm).

Debido al amplio gradiente altitudinal entre el punto más alto y el punto de salida de la microcuenca (aprox. 4000 metros), se tuvo que diferenciar o dividir la microcuenca, en subcuencas e intercuenas con un gradiente altitudinal de aproximadamente 500 metros de elevación, estableciendo zonas altitudinales, tal como muestra la figura 7; de éstas solo las zonas E, F, G y H presentan cobertura glacial o de nieve.

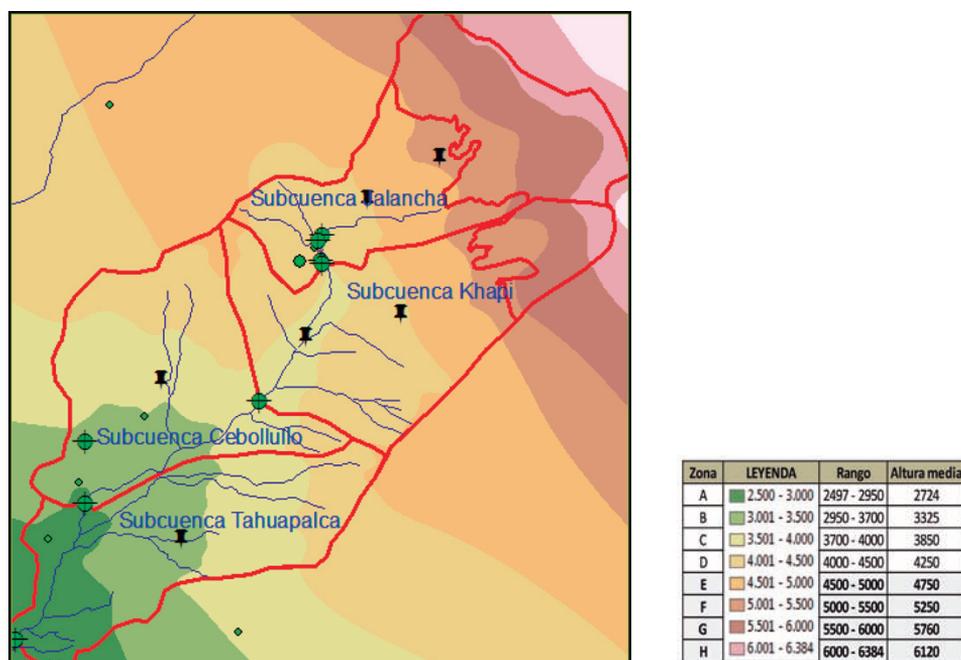


Figura 7: Rangos altitudinales o zonas de elevación en la cuenca del río Sajhuaya

(Fuente: Espinoza, D. y Fuchs, P.; 2011a)

Los resultados de la simulación hidro-glaciológica muestran que en las zonas G (5.760 msnm) y H (6.120 msnm) se acumula la nieve a nivel mensual ya que las temperaturas inter-mensuales están por debajo de la temperatura crítica (por encima de dicha temperatura sí ocurre fusión de hielo o nieve).

Por otro lado, se puede inferir un ligero aumento del escurrimiento en la zona F (5.250 msnm) durante las últimas décadas, como consecuencia de un incremento en las temperaturas. La zona más baja con presencia de nieve, la zona E (4.750 msnm) ha disminuido su aporte al caudal en las últimas décadas, como consecuencia de una menor superficie de nieve.

Se aprecia que el comportamiento de las cuencas glaciales respecto al de una cuenca hidrológica natural sin cobertura glacial o nival es diferente.

En las cuencas glaciales, los caudales máximos no coinciden con las precipitaciones o lluvias máximas. Esto debido a que la temperatura crítica hace que la precipitación se presente como nieve, favoreciendo la recarga del glacial (almacenamiento) y no así al escurrimiento. Por el contrario los mayores escurrimientos por aporte del glaciario, se producen en años relativamente secos 82-83 y 96-97 debido a las condiciones meteorológicas, influenciadas y favorecidas probablemente por la baja nubosidad y por la alta radiación que se produce en este tipo de cuencas. Además, el glaciario aporta a la microcuenca en los meses de estiaje (junio, julio y agosto), cuando los caudales son mínimos.

Por otro lado, en la simulación de cuencas hidrológicas, el escurrimiento sí responde directamente a la precipitación. Además, las simulaciones indican que se presentaron años secos en 1982-83, 1988-99, 1993-94 y 2004-2005, que coinciden con episodios El Niño. Los años muy húmedos, se presentaron en 1978-79, 1983-84, 2000-01 y 2007-2008.

Los valores medios mensuales de caudales simulados para el periodo 1975-2009, en las subcuencas glaciales y no glaciales intermedias, se resumen en la tabla 7 y la figura 8.

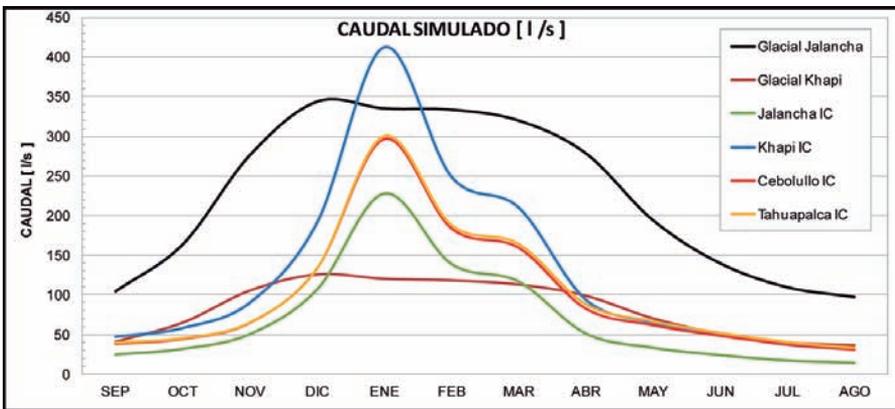


Figura 8: Comportamiento de caudal medio simulado (1975-2009) [l/s] (subcuencas de estudio)

Nota: Subcuencas glaciares = Cabecera y IC=subcuenca intermedia
(Fuente: Espinoza, D. y Fuchs, P.; 2011a)

Es evidente la diferencia entre el comportamiento del caudal de cuencas hidrológicas y el de cuencas con cobertura glacial. En las cuencas glaciares de Jalancha y Khapi, los caudales máximos se presentan en diciembre, mientras que en las cuencas hidrológicas de Jalancha, Khapi, Cebollullo y Tahuapalca se presentan en enero. No obstante, los caudales mínimos en ambos tipos de cuencas se presentan en agosto. De este comportamiento se puede inferir que el glaciario amortigua el pico y la recesión del escurrimiento.

La oferta de agua aumenta en las comunidades, a medida que éstas se encuentran en altitudes más bajas. La oferta anual de agua por subcuencas del río Sajhuaya se resume en la siguiente tabla:

Tabla 7: Resumen de oferta de agua anual en las subcuencas del Río Sajhuaya (1975-2009)

Subcuenca	Tipo	Caudal			Lámina	Caudal	Precipitación	Coefficiente	Potencial
		[Km ²]	[m ³ /s]	[l/s]	Escorrimento [mm]	Específico [l/s-km ²]	[mm]	de escorrimento [mm/mm]	Hídrico [hm ³]
Glacial Jalancha	SC-C	6,32	0,22	225	1118	35,56	741	1,51	7,1
Glacial Khapi	SC-C	2,24	0,08	82	1149	36,54	729	1,58	2,6
Jalancha	IC	5,62	0,07	69	388	15,45	619	0,63	2,2
Jalancha	SC	11,94	0,29	294	775	24,64	684	1,13	9,2
Khapi	IC	10,83	0,13	128	371	14,47	599	0,62	4,0
Khapi	SC	25,01	0,50	504	633	20,14	651	0,97	15,8
Cebollullo	IC	9,84	0,10	98	314	12,08	530	0,59	3,1
Cebollullo	SC	34,85	0,60	602	543	17,28	617	0,88	18,9
Tahuapalca	IC	11,38	0,10	101	278	10,68	485	0,57	3,2
Tahuapalca	SC	46,23	0,70	703	478	15,20	584	0,82	22,1

Nota: SCC=subcuenca Cabecera, IC=subcuenca intermedia y

SC=subcuenca total

Cobertura glacial en Jalancha y Khapi de 92 y 91% respectivamente

(Fuente: Espinoza, D. y Fuchs, P.; 2011a)

a. Evolución de la gestión del agua en la microcuenca

La gestión del agua a nivel de cuenca puede ser concebida como un intento de identificar el mejor uso posible de los recursos hídricos disponibles, considerando ciertas condiciones/restricciones sociales, legales, técnicas, de suelo y medio ambiente. Dicha gestión se hace indispensable cuando la oferta del agua es escasa frente a la demanda de múltiples usuarios que compiten por un recurso limitado, ya que la falta de agua en una región puede restringir seriamente su desarrollo y su uso puede provocar grandes impactos ambientales (Molina, 2011). Bajo esta concepción, uno de los objetivos del proyecto fue determinar y evaluar escenarios de gestión del agua en la cuenca del río Sajhuaya.

Para esto, se recurrió a un modelo de gestión, una herramienta que permite trabajar con una gran cantidad de información para obtener un diagnóstico del manejo actual del agua en una cuenca y para simular escenarios futuros, tomando en cuenta la variabilidad espacial y temporal de la oferta y demanda de agua, y la competencia entre usuarios, la figura 9 muestra la información considerada en el modelo. Como ventaja adicional, el modelo ayuda a transparentar la asignación del agua, a identificar posibles puntos de conflicto, así como condiciones y situaciones críticas (ibíd.).

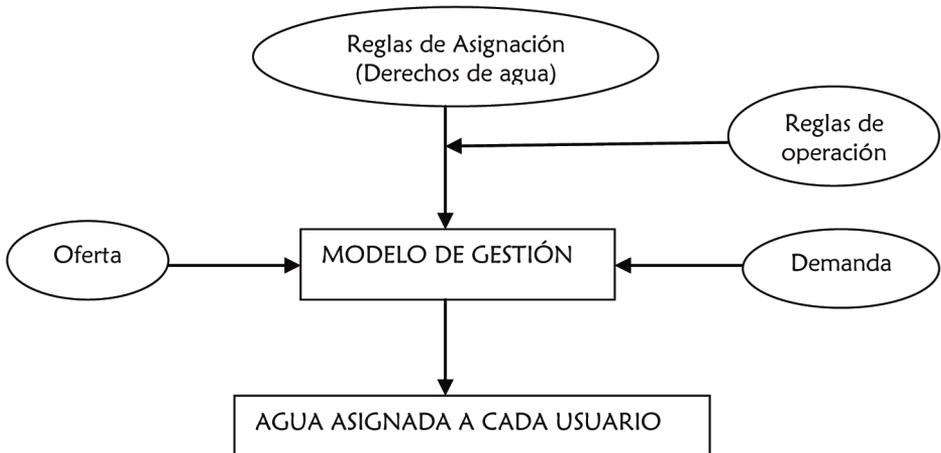


Figura 9: Entradas y salidas de un modelo de gestión del agua

Fuente: Molina & Cruz, 2011

El modelo utilizado fue el MIKE BASIN, del Danish Hydraulic Institute. Se consideró en el análisis solamente a los usuarios de riego debido a que el agua para consumo humano y animal representa una porción menor del agua consumida dentro de la cuenca y a que este uso tiene por lo general fuentes independientes (vertientes), (ibíd.).

Se evaluó un escenario histórico, uno de línea base y tres escenarios de cambio climático que fueron comparados con el escenario de línea base. La variable utilizada para comparar los diversos escenarios fue el déficit hídrico relativo a nivel de usuario, definido de la siguiente manera:

$$\text{Déficit relativo} = (\text{Demanda potencial} - \text{Agua usada}) / \text{Demanda potencial}$$

Este déficit es un parámetro útil para evaluar si la distribución del agua en un determinado sistema es equitativa y satisface las necesidades de todos los usuarios o, si por el contrario, existe una alta concentración de derechos de agua en pocos usuarios. Permite también identificar los usuarios o áreas que debieran beneficiarse de futuros proyectos de aprovechamiento de agua y de fuentes nuevas.

En el escenario histórico, el modelo permitió estimar la evolución en el tiempo de la extracción/consumo de agua de los usuarios y del déficit hídrico. Según los resultados de la simulación, los usuarios del sistema del río Sajhuaya no sufrían de déficit hídrico al comienzo del periodo de estudio. El déficit recién aparece en la década de los 90 y en algunos casos recién en la década de 2000-09.

La tabla 8 muestra el déficit hídrico medio mensual de cada uno de los usuarios para los periodos 1975-09 y 2003-09, en porcentaje. La tabla permite identificar a los usuarios Canal 3 Cohoni-Cachapaya, canales 4-5 Cohoni- Cachapaya, La Granja y Tahuapalca como los que presentarían un mayor déficit. En contraste, los usuarios Khapi, Challasirca y Canal 2 Cohoni, en ese orden, no presentan déficits o son prácticamente inexistentes. Los usuarios en condición más crítica han llegado a presentar déficits mensuales cercanos al 100% en algunos meses y años de la década 2000-09.

Otro aspecto a destacar es que en casi todos los años y casi todos los sistemas, el déficit máximo se presenta en agosto. En otros sistemas estudiados en el Altiplano (Molina y Cruz, 2008) y el valle central de Cochabamba (Molina et al, 2005) los meses de mayor déficit eran octubre y noviembre. Un análisis de los resultados muestra que lo anterior se debe a los datos de entrada de oferta y demanda. En el caso de oferta, porque al parecer en cuencas con importante aporte glaciar, el mínimo anual se adelanta en el tiempo con respecto a las cuencas no glaciares.

Tabla 8: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario por mes

DÉFICIT DE RIEGO, PERIODO 1975-2009												
USUARIO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Canal 2 (Cohoni)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3 (Cohoni-Cachapaya)	6	19	8	9	1	0	0	0	0	0	0	1
Canal 4-5 (Cohoni-Cachapaya)	10	25	10	14	3	0	0	0	0	0	2	5
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	0	7	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	2	10	8	9	3	0	0	0	0	0	0	0
Cebollullo	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	2	8	5	13	2	0	0	0	0	0	0	2
DÉFICIT DE RIEGO, PERIODO 2003-2009												
Canal 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	33	78	43	53	3	0	0	0	0	0	0	7
Canal 4-5	53	79	48	67	19	0	0	0	0	0	10	30
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	2	36	12	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	12	34	14	47	9	0	0	0	0	0	0	9
Cebollullo	3	11	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	12	46	38	49	14	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: Molina & Cruz, 2011

En términos de gestión, se puede decir que la cuenca hidro-social del río Sajhuaya estaba adaptada a la variabilidad climática natural hasta la década del 90. A finales de esa década varios usuarios empiezan a mostrar déficits estacionales, que al parecer se han incrementado con el paso de los años. Esto plantea una necesidad creciente de medidas de gestión, estructurales y no estructurales, que contribuyan a mitigar o resolver los requerimientos de agua actuales, incluso antes de considerar los efectos de cambio climático.

3. EFECTOS DEL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA: RETROCESO DE LOS GLACIARES DEL NEVADO ILLIMANI

Un glaciar es un cuerpo permanente de hielo formado en la superficie terrestre por acumulación, compactación y recristalización de la nieve, que muestra señales de movimiento por acción de la gravedad². Es relevante mencionar que el comportamiento de un glaciar de montaña es dinámico y depende de varias condiciones físicas y geográficas locales del mismo, algunas de estas son: la posición latitudinal (polos o zona tropical), la orientación del glaciar respecto al horizonte, la pendiente de las zonas de acumulación y ablación, las dimensiones del glaciar, el espesor de la masa de hielo, la densidad del hielo, la energía incidente como radiación solar y albedo, la nubosidad, la infiltración y la sublimación.

Distintos estudios realizados alrededor del mundo en este tipo de formaciones han develado un retroceso acelerado de los mismos. En la actualidad son considerados un indicador de cambio climático importante porque responden rápidamente a modificaciones en el clima (balance de masa, velocidades de desplazamiento).

En los Andes Centrales, todos los glaciares han acelerado su retroceso en los últimos 25 años, siendo la pérdida de masa 25% mayor para los glaciares pequeños. En Bolivia entre 1992 y 2005, el glaciar Chacaltaya perdió el 90% de su superficie y el 97% de su volumen de hielo (Comunidad Andina, 2008). Dentro del Municipio de Palca, el glaciar Mururata ha perdido el 20.13% de su cobertura los últimos 50 años (Ramírez, 2009).

Para Francou, Vuille et al (2004, citado en Gonzáles, 2010) los glaciares reaccionan de forma significativa frente a variaciones climáticas de temperatura, precipitación, humedad, nubosidad, cambio de albedo y a la presencia de eventos climáticos como el caso de “El Niño”. Los glaciares se constituyen en una reserva natural de agua (similares a represas naturales), pero lo más importante, es el rol que juegan como reguladores naturales de los caudales de escurrimiento (Gonzáles, 2010).

Según el IPCC (2008) las proyecciones indican que las reservas de agua almacenada en los glaciares y en la capa de nieve disminuirían durante este siglo, reduciendo así la disponibilidad futura de agua durante los periodos calurosos y secos (debido a un cambio estacional del caudal fluvial, a un aumento de las aportaciones invernales al total anual, y a reducciones de los caudales menores) en regiones dependientes del deshielo en las principales cordilleras montañosas, en las que vive actualmente más de la sexta parte de la población mundial.

Esta disminución tendrá efectos en las prácticas de gestión hídrica de comunidades rurales agrícolas y pobres, que dependen de sistemas de riego para sus cultivos, afectando por consiguiente la seguridad alimentaria tanto de las poblaciones rurales, como de las familias consumidoras de su producción.

En vista de las circunstancias previamente mencionadas y conociendo que el nevado Illimani se sitúa como cabecera de la microcuenca de estudio, se vio pertinente realizar una investigación el año 2010 para conocer el comportamiento de los glaciares en el nevado Illimani los últimos 50 años aproximadamente. El estudio se valió de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelaciones para su análisis.

El estudio de restitución fotogramétrica para evaluar las pérdidas de superficie y espesor de un conjunto de glaciares del nevado Illimani, utilizó fotografías aéreas de los años 1963, 1975, 1983 y 2009 provistas por el Servicio Nacional de Aerofotogrametría de la Fuerza Aérea Boliviana (FAB). Asimismo, un conjunto de seis perfiles longitudinales (ver figura 10) fueron medidos sobre las lenguas glaciares representativas, para cada uno de los años analizados, a fin de cuantificar las pérdidas en espesor experimentadas en el periodo 1963-2009 (Ramírez & Machaca, 2011).

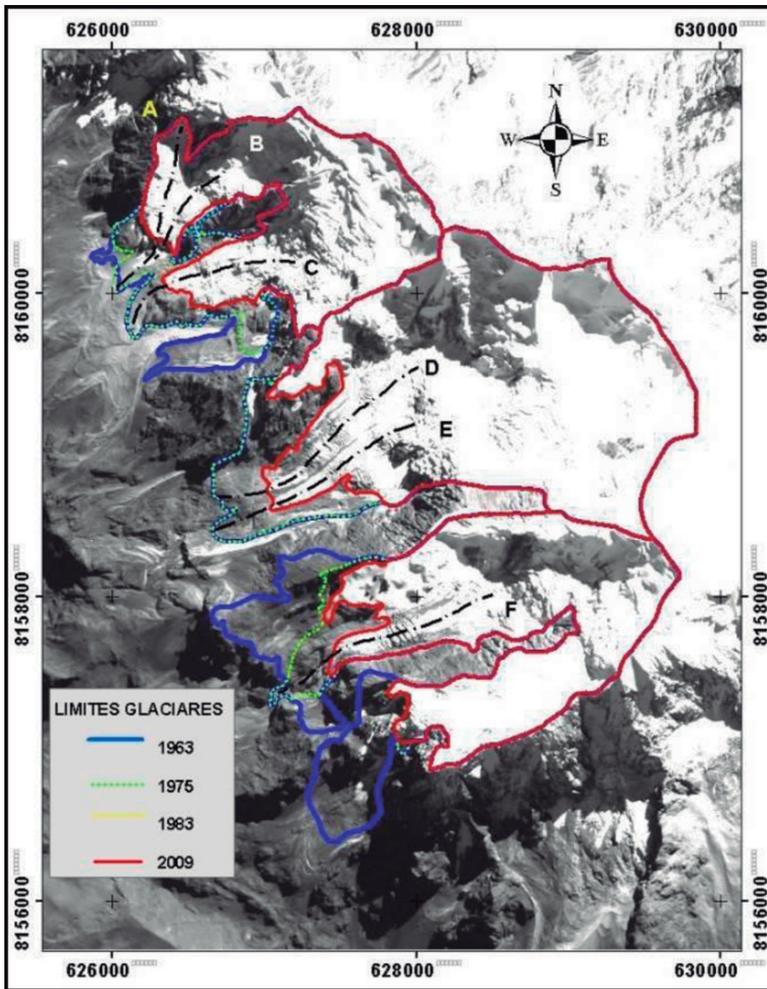


Figura 10: Extensión de superficie de glaciares en el Illimani desde 1963-2009

(Fuente: Ramírez & Machaca, 2011)

Los ejes de los perfiles longitudinales se muestran en trazo discontinuo (línea negra)

a. Pérdida de superficie

En cuencas de montaña es característico que la cobertura de nieve disminuya durante el período de fusión. En el caso de los glaciares tropicales, como es el caso del glaciar Illimani, esta cobertura glaciar ha venido disminuyendo de forma sostenida desde la denominada “Pequeña Edad de Hielo” que se produjo en esta región entre los siglos XVI y XVII (ibíd.)

Los últimos 46 años el glaciar Illimani ha perdido aproximadamente el 21,3% de su superficie. Las superficies estimadas y sus porcentajes de pérdida se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Pérdida de superficie del glaciar Illimani entre 1963-2009

Año	Superficie frontal del glaciar (km ²)	% de Superficie perdida
1963	9,57	0,00
1975	8,67	9,37
1983	8,56	1,22
2009	7,53	10,7
Total perdido	2,04	21,3

Fuente: Ramírez & Machaca, 2011

Como se muestra en la figura 11, la tendencia de disminución de la superficie frontal del glaciar es mayor en el último periodo de estudio (1983-2009), con una pérdida de 1,03 Km² que representan el 10,7% de la superficie en 1963.

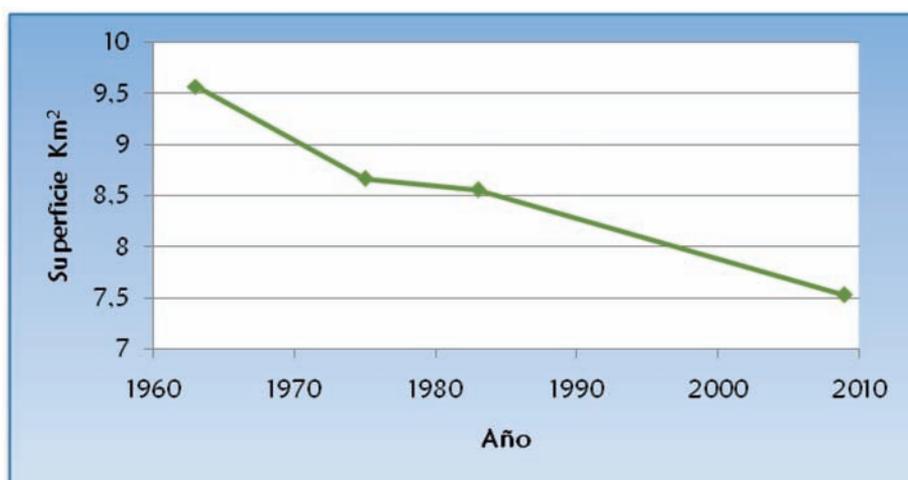


Figura 11: Tendencia de pérdida de superficie frontal del glaciar Illimani

(Fuente: Elaboración propia en base a Ramírez y Machaca, 2011)

b. Pérdida de espesor

En todo el periodo de estudio (1963-2009) el glaciar ha perdido 22 m de espesor, a una velocidad de 47 cm por año. La tabla 10 muestra en detalle la velocidad de pérdida de espesor en el glaciar para los perfiles delimitados y los periodos analizados.

Tabla 10: Velocidad promedio de pérdida de espesor de nieve en el glaciar Illimani Periodo 1963-2009

Periodo	Pérdida de espesor por perfil (cm/año)					
	A	B	C	D	E	F
1963-1975	3,1	1,5	26,6	116,6	67,1	114,3
1975-1983	14,2	19,7	45,9	13,6	122,1	49,2
1983-2009	7,9	43,3	67,7	37,3	42,9	69,1
1963-2009	7,7	28,3	53,2	53,9	62,9	77,4

Fuente: Ramírez y Machaca, 2011.



A diferencia de otros glaciares tropicales en los que se observa un notable quiebre en las tendencias de derretimiento desde mediados de los años 70 e inicios de los 80, los glaciares del Nevado Illimani mas bien presentan una tendencia homogénea. Este

efecto puede deberse posiblemente a la altitud del mismo nevado (6300 msnm) y a la todavía representativa área de recarga con la que cuentan los glaciares (Ramírez & Machaca, 2010).

Los glaciares del nevado se encuentran en un relativo equilibrio; sin embargo se advierte una fuerte posibilidad de que esto cambie debido al rápido incremento que se viene observando en las temperaturas y en el cambio de los patrones de precipitación actuales (Ramírez & Machaca, 2011). Esta situación a futuro podría influir en la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca afectando a las comunidades que dependen de ella.

4. EXPOSICIÓN HISTÓRICO - ACTUAL

Como parte del análisis de vulnerabilidad, este acápite hace referencia a aquellos factores climáticos externos a los que se encuentran expuestos los pobladores en la microcuenca Sajhuaya.

Tendencias en variables climáticas

En el análisis de tendencias (Espinoza, D. y Fernández, R. 2011b), es importante contar con una base de datos o series temporales de observaciones meteorológicas consistentes sobre periodos largos, para reducir la incertidumbre y evaluar la variabilidad climática en la región. Sin embargo, debido a la baja densidad de la red termo-pluviométrica y la baja disponibilidad de datos históricos continuos y extensos de temperatura y precipitación en la región, se tuvo que recurrir a estaciones regionales de apoyo.

Dentro de los alcances del proyecto Illimani, desde 2009, se han instalado siete estaciones meteorológicas dentro de la cuenca de estudio. A pesar que un periodo tan corto de mediciones no permite evaluar tendencias, estos registros sirven de referencia al momento de seleccionar estaciones regionales con mediciones más extensas; además representan una contribución a la red de datos existente en el país, así como la base para futuras investigaciones.

Después de una regionalización y análisis de consistencia a los datos disponibles en estaciones cercanas y con un extenso periodo de datos, se decidió que para analizar la temperatura se estudiarían las estaciones de La Paz y El Alto y Viacha. Para el caso de las precipitaciones, se utilizaron las estaciones de La Paz, El Alto y San Calixto.

a. Temperatura

Una comparación de las temperaturas registradas entre los periodos 1976-1980 y 2005-2009, señala que la temperatura máxima se ha incrementado tanto en la estación de El Alto como en la estación de La Paz, siendo más evidente en esta última como consecuencia del efecto isla de calor, tal como muestra la figura 12.

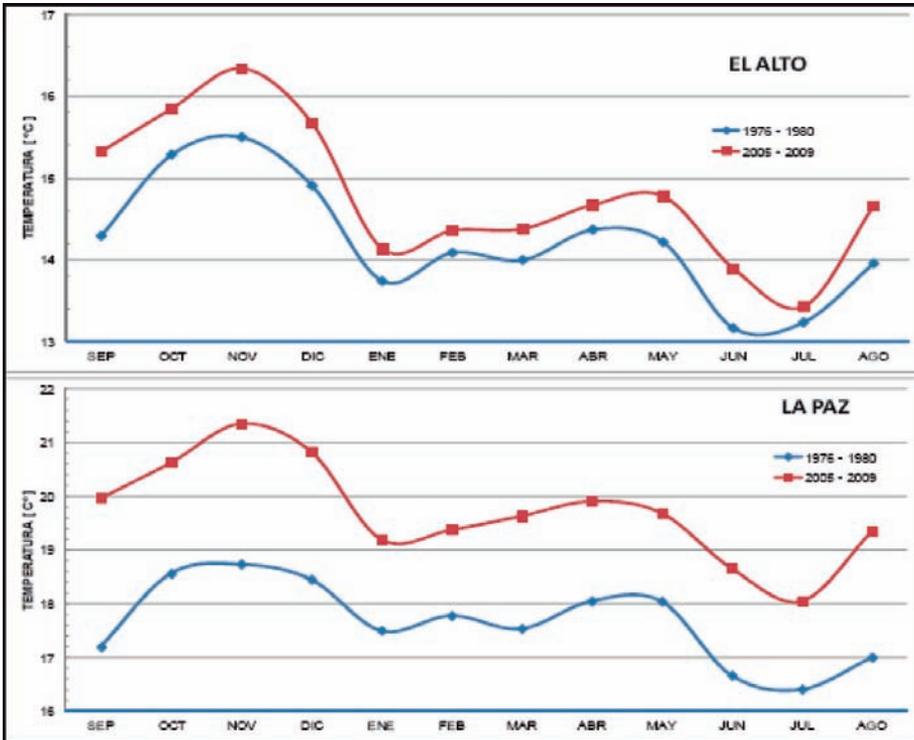


Figura 12: Comportamiento mensual de la temperatura máxima (°C) en los periodos 1976-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia
(Fuente: Espinoza, D. y Fernandez, R. 2011b)

De igual forma, la figura 13 muestra un evidente aumento regional en la temperatura media mensual y anual en ambas estaciones, respecto de los años setenta. En El Alto, este incremento se presenta en algunos meses, mientras que en La Paz el incremento es constante todo el año.

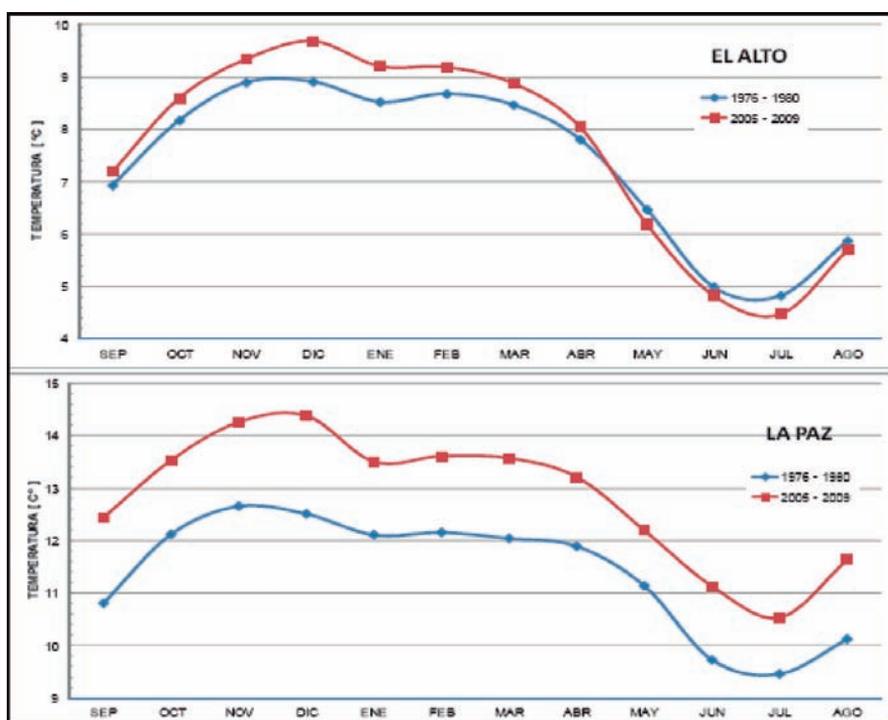


Figura 13: Comportamiento mensual de la temperatura media (°C) en los periodos 1976-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia
 (Fuente: Espinoza, D. y Fernandez, R. 2011b)

Por otro lado, los cambios en la temperatura mínima respecto a los años setenta son diferentes entre estaciones. La figura 14 muestra que en la estación de El Alto, dicha temperatura ha aumentado en la época de verano, mientras que en la época de invierno ha disminuido. En cambio en la estación de La Paz, el aumento ha sido constante.

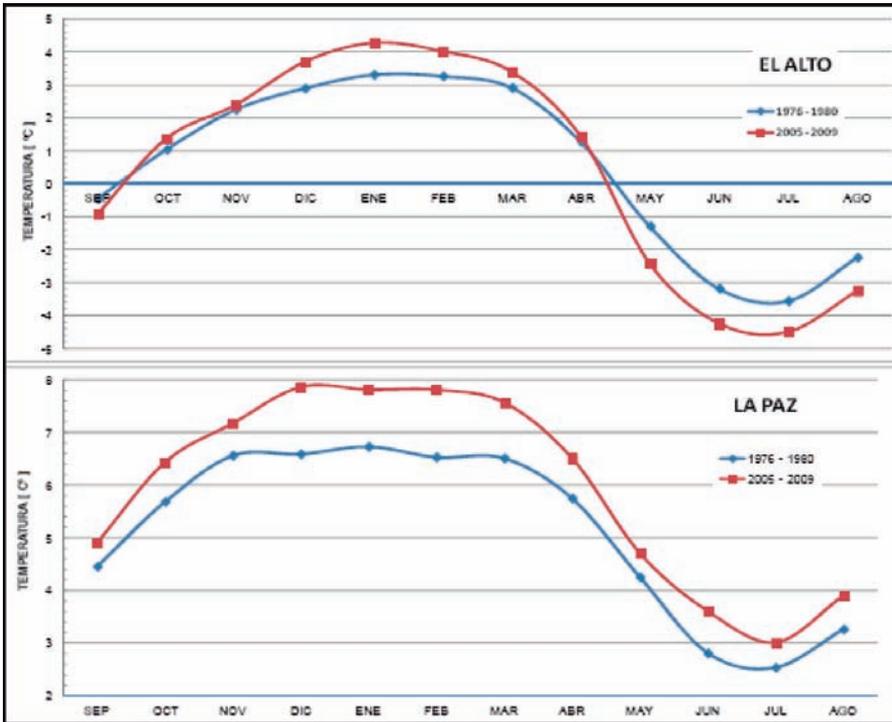


Figura 14: Comportamiento mensual de la temperatura mínima (°C) en los periodos 1975-1980 (línea azul) y 2005-2009 (línea roja) para las estaciones de referencia
(Fuente: Espinoza, D. y Fernandez, R. 2011b)

Estas observaciones concuerdan con la percepción de los pobladores en las comunidades de la cuenca Sajhuaya, quienes reportan un aumento sostenido en la temperatura desde la década de los 70.

b. Precipitación

Se ha observado la tendencia de la precipitación en dos periodos diferentes: el histórico (sobre 63 años, 1946-2009) y el periodo común (con el análisis de temperaturas, sobre 33 años, 1976-2009). La figura 15 muestra gráficamente la tendencia de la precipitación anual para la estación de El Alto, La Paz y San Calixto en ambos periodos.

La figura 12 muestra la influencia del periodo de análisis y la sensibilidad de las tendencias al trabajar con series cortas o de pocos años. En el periodo histórico, se observa un incremento de la precipitación en las tres estaciones de referencia, y en el periodo común se observa un decremento en las estaciones de El Alto y La Paz, mientras que en San Calixto la tendencia es de aumento.

Esto implica que no existe una tendencia evidente respecto a la precipitación pero si se presenta una variabilidad climática con periodos secos de varios años y otros de años húmedos. La variabilidad climática tiene un gran impacto en el periodo común (33 años, 1976-2009) por ser muy corto. Sin embargo, se puede inferir una ligera tendencia regional al aumento de precipitaciones a largo plazo.

Periodo Histórico: (1946 – 2009) Periodo Común: (1976 – 2009)

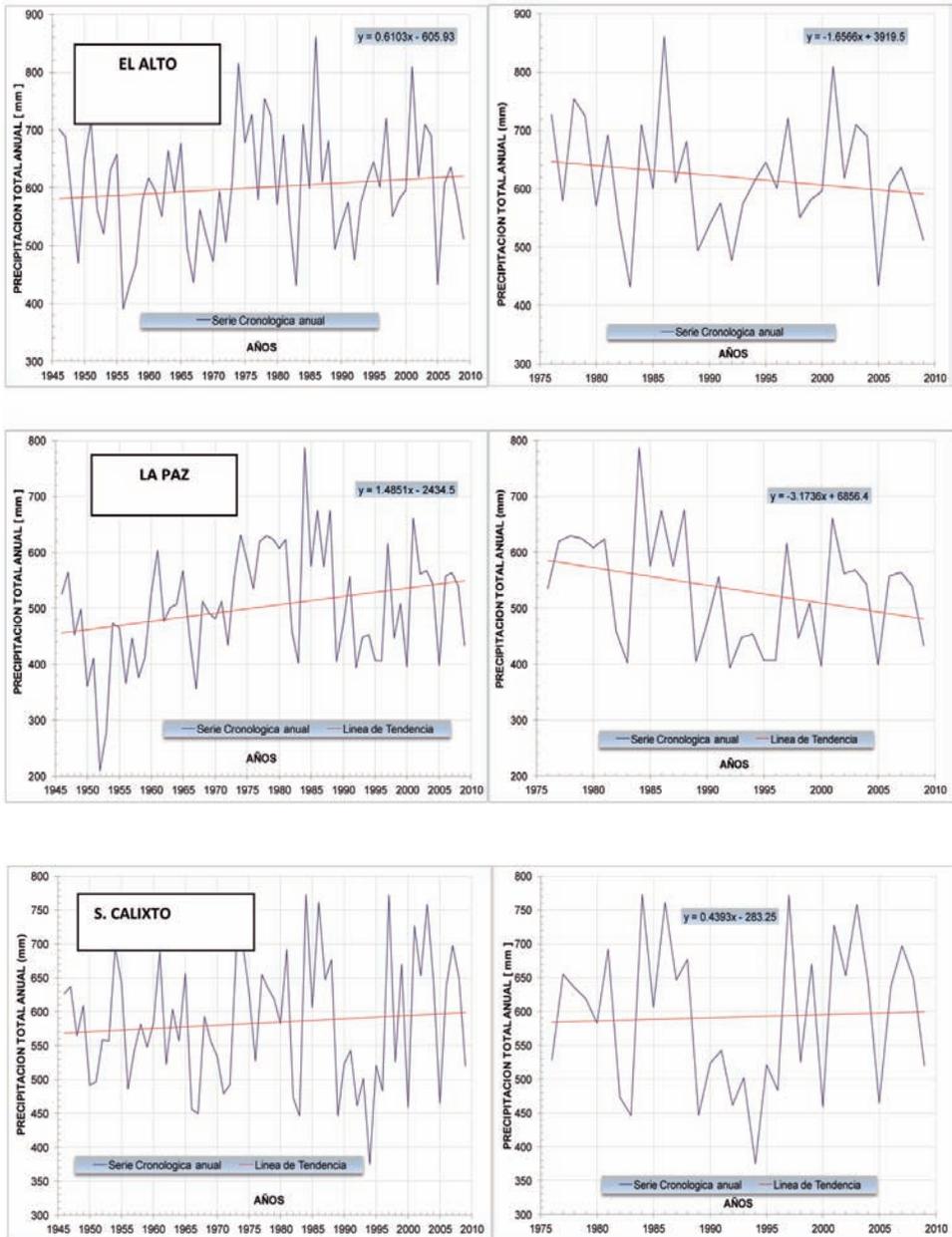


Figura 15: Tendencias de precipitación anual [mm] para el periodo histórico y periodo común en las estaciones de referencia (Con datos reconstituidos y rellenados)

(Fuente: Espinoza, D. y Fernandez, R. 2011b)

La figura 16 muestra el comportamiento mensual de la precipitación en tres distintos quinquenios: inicial (1946-1950), medio (1976-1980) y final (2005-2009). Se observa que dicho comportamiento es similar para las tres estaciones.

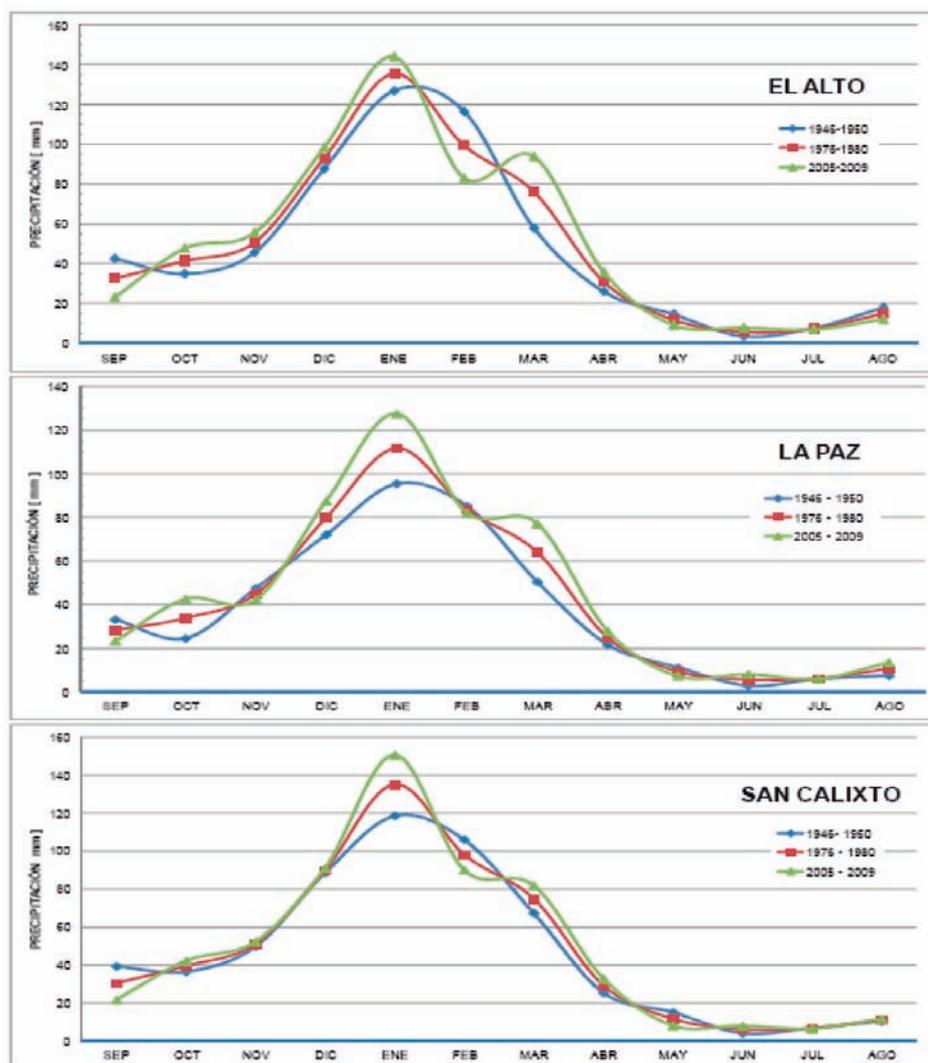


Figura 16: Comportamiento de la precipitación mensual [mm] para las estaciones de referencia, en el quinquenio inicial (línea azul), medio (línea roja) y final (línea verde)

(Fuente: Espinoza, D. y Fernández, R. 2011b)

En todas las estaciones, la lluvia se ha incrementado el quinquenio final (2005-2009), en los meses de enero y marzo, mientras que en septiembre se tiene menos lluvias. En El Alto, las lluvias tienden a disminuir en el mes de febrero, y a aumentar en marzo- abril. En La Paz, las lluvias tienden a incrementarse los meses de octubre, enero, marzo, abril, junio y a nivel anual. En la estación de San Calixto los cambios son menos evidentes que en las otras estaciones.

Sin embargo, la percepción de los agricultores es que la precipitación está en descenso. Una explicación para esto podría encontrarse en los estudios de Seth et. al. (2010), los cuales indican que entre las latitudes 10-20°S no se percibe un cambio en la cantidad total de precipitación que se recibiría en el escenario A2 personalizado, pero sí en su distribución temporal.

Estos datos sugieren que en el siglo 21 la estación de lluvias en la zona se demoraría en su inicio para intensificarse cuando las lluvias ya se hayan establecido. Esto permite decir que la percepción de mayor sequía de los agricultores en realidad refleja una tendencia al retraso en el inicio de la estación lluviosa, lo cual se está convirtiendo gradualmente en lo regular en el Occidente Boliviano (García & Taboada, 2010).

5. SENSIBILIDAD

A continuación se indican los factores internos que hacen a las comunidades sensibles a la exposición previamente mencionada. Estos factores han sido diferenciados en tipos de sensibilidad, que muestran indicadores cualitativos y/o cuantitativos de las condiciones actuales en las que se encuentran las comunidades.

a. Biofísica

Amenazas climáticas y sus impactos en los medios de vida de las comunidades

En general, las amenazas climáticas que se presentan a nivel municipal son la helada, granizo, escasez o mala distribución de lluvias e inundaciones. El Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia (2008) señala un índice de riesgo bajo para heladas e inundaciones y alto para sequías. Por otro lado, el índice de vulnerabilidad del municipio es alto.

García y Taboada (2010) recuperan la memoria histórica de eventos extremos en el área de estudio, donde el 80% de la población reporta la ocurrencia de eventos climáticos extremos en los últimos 25 años, siendo los más importantes el granizo y la sequía. El año 1983 se recuerda como el más seco que se ha presentado en el Occidente Boliviano, lo que nuevamente refuerza la importancia de conceptualizar a la sequía como uno de los riesgos climáticos más importantes para la zona, aunque las familias han habilitado el riego como forma de reaccionar ante este evento.

Las familias en la microcuenca tienen distintas formas de enfrentar este tipo de riesgos. La tabla 11 muestra las acciones de respuesta empleadas por tres comunidades representativas ante la ocurrencia de eventos extremos.

Tabla 11: Acciones tomadas para responder al impacto de un evento extremo pasado (% de familias encuestadas)

Comunidad	Utilizó sus ahorros	Tuvo que migrar para trabajar	Ayuda del Gobierno
Khapi	70,6	17,6	0
Cebollullo	61,9	4,8	19
Tahuapalca	33,3	7,4	18,5

Fuente: García & Taboada, 2010

La mayoría de las familias hace uso de sus ahorros; otras optan por migrar temporalmente por trabajo; sólo un 20% de las familias en las comunidades de la parte baja (Cebollullo y Tahuapalca) de la microcuenca han recibido ayuda del Gobierno.

En la región andina, existen metodologías tradicionales de previsión contra riesgos climáticos. Los agricultores generalmente hacen uso de los llamados indicadores locales del clima conocidos también como bioindicadores. En la microcuenca, se usan principalmente para predecir si un año será seco o húmedo. La tabla 12 muestra que en comunidades intermedias y bajas menos del 30% de las familias tienen conocimiento de estos indicadores debido principalmente a que acceden al riego y no consideran importante saber sobre éstos. Además la mayoría considera que sus pronósticos son incorrectos. Sin embargo más de la mitad de las familias en la comunidad alta (Khapi) tienen conocimiento y hacen uso de los mismos, asegurando que su pronóstico es siempre correcto (García & Taboada, 2010).

Estos datos evidencian que uno de los efectos negativos del cambio climático en la microcuenca es la pérdida del conocimiento ancestral en el uso de bioindicadores de comunidades en la parte baja de la cuenca. Aunque, un aspecto positivo es el uso que le siguen dando las comunidades en la parte alta.

Tabla 12: Conocimiento de indicadores del clima local

Comunidad	¿Conoce indicadores naturales del clima? (% de familias encuestadas)		Total
	Si	No	
Khapi	55,0	45,0	100
Tahuapalca	25,7	74,3	100
Cebollullo	12,5	87,5	100
Total	27,6	72,4	100

Fuente: García & Taboada, 2010

De manera más específica, se quiso conocer la percepción de las comunidades en la microcuenca respecto al grado de sensibilidad que ellas consideran tener. Siguiendo la metodología de la Adaptación Basada en Comunidades (CBA, por sus siglas en inglés) se utilizó como herramienta una matriz de vulnerabilidad (CARE, 2010) que mide el impacto de distintas amenazas sobre los medios de vida más importantes para las comunidades y que para fines de este análisis, se entiende como el grado de sensibilidad (Tabla 13).

Tabla 13: Matriz de sensibilidad de las comunidades

MEDIOS DE VIDA	AMENAZAS							
	Heladas	Granizadas	Calor (aumento de temperatura)	Escasez de agua/ sequía	Exceso de lluvia	Plagas	Deslizamientos y derrumbes	Vientos Fuertes
Agua	3	2	2	3	2	0	3	0
Cultivos	3	3	2	3	1	3	0	2
Caminos	0	2	0	0	3	0	3	0
Educación	2	2	0	0	1	2	0	0
Organización	0	1	0	3	2	2	0	0
Suelo	0	2	0	3	0	0	0	2

Parámetros de valoración

Valoración	Nivel de Impacto
0	Impacto Nulo
1	Bajo impacto
2	Mediano Impacto
3	Gran impacto

Los resultados de la tabla anterior muestran que las comunidades perciben un alto grado de sensibilidad al impacto de la escasez de agua o sequía sobre aquellos recursos enfocados a la producción agrícola, sobre todo en comunidades de la parte baja de la cuenca como Tahuapalca y La Granja. Esta última es una de las que más sufre los efectos de la escasez debido a que la mayor parte del agua que utilizan proviene del Sistema canal Khapi, comunidad que por su ubicación en la parte alta tiene predominancia en el acceso y uso del mismo.

El granizo y la helada son amenazas percibidas en mayor grado por las comunidades de la parte alta de la cuenca como Khapi y Challasirca. De estos resultados, se puede inferir que las amenazas se presentan de manera diferenciada según la altura a la que se encuentran cada comunidad. Además de la matriz, en los talleres de diagnóstico participativo realizados el año 2009, las comunidades de Khapi, Challasirca y La Granja identificaron en mapas las zonas donde se presentan estas amenazas. A partir de esta información se elaboró un mapa de vulnerabilidad (Figura 17) que se muestra a continuación:

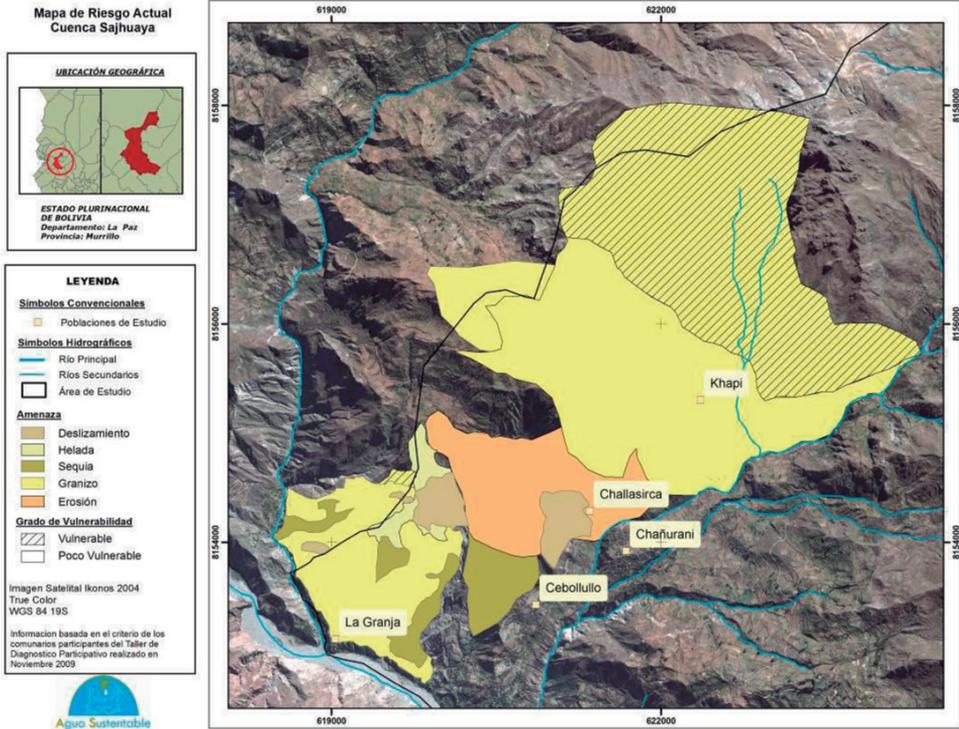


Figura 17: Mapa de amenazas y vulnerabilidad de la microcuenca del río Sajhuaya

(Fuente: Proyecto “Fortaleciendo la capacidad y desarrollando estrategias de adaptación a los fenómenos de Cambio Climático en comunidades de montaña de la cordillera real de Los Andes centrales de Bolivia”. 2009)

De todos los recursos en la comunidad, los cultivos son los más sensibles tanto a la variabilidad climática (aumento de temperatura, vientos fuertes), como a eventos climáticos extremos tipo heladas (según el PDM se presentan esporádicamente entre abril y septiembre) y granizadas (entre diciembre a febrero), estas últimas tienen un impacto mediano sobre los recursos.

A su vez se identificó otro tipo de amenazas no climáticas de gran impacto como:

- *Deslizamientos y derrumbes: Percepción confirmada con datos del Ministerio de Defensa Civil, a través del Centro de Operaciones y Emergencias (COE) quienes reportan que entre 2006 y 2008 se registró una mayor incidencia de este tipo de eventos en el Municipio de Palca.*

- *Plagas en los cultivos: El aumento en la presencia de plagas, su resistencia y el surgimiento de nuevas en la microcuenca, estaría relacionado al incremento de temperatura percibido por los comunarios. Reportes del IPCC (2007) señalan como prácticamente cierto que una mayor frecuencia de días y noches cálidos tendría como impacto el aumento en la presencia de plagas. Ante esta situación, la estrategia de los pobladores es hacer uso de plaguicidas de mayor toxicidad, muchas veces sin tomar en cuenta las medidas de seguridad necesarias para prevenir posibles efectos en la salud.*

Bofedales

Se denominan bofedales a los humedales de altura, caracterizados por ser un tipo de pradera nativa poco extensa con suelo permanentemente húmedo y vegetación siempre verde, suculenta, de elevado potencial forrajero (Alzerreca 2005, citado en Carafa 2010).



Se forman en zonas como las del macizo andino, donde las planicies almacenan agua proveniente de las precipitaciones pluviales, deshielo de glaciares y principalmente alumbramientos superficiales de aguas subterráneas (Flores 2002, citado en Carafa 2010).

Las condiciones hidrológicas son extremadamente importantes para la manutención estructural y funcional del bofedal, afectan factores abióticos como anaerobiosis de suelos, disposición de nutrientes y salinidad (Mitsch et. al. 2003, citado en Carafa 2010), los que a su vez determinan el tipo de flora y fauna presente (en algunos casos endémica).



Los bofedales son importantes porque actúan como reguladores del flujo hídrico. Sin embargo, las condiciones ambientales los convierten en un ecosistema frágil y vulnerable ante los cambios en las condiciones climáticas.

Bajo este contexto, Carafa (2010) indica que el bofedal situado en las faldas del nevado Illimani es de tipo hidromórfico, es decir, que presenta condiciones de humedad permanente en su suelo. Asimismo, es hábitat de aves representativas de la fauna andina y de tres especies de anfibios, así como de viscachas, cuya presencia la mencionan los comunarios.

Este bofedal está compuesto por especies vegetales de alta calidad forrajera, por lo que su rol fundamental es pastoril. De hecho, las comunidades de Jalancha y Pinaya, que tienen acceso al mismo, lo utilizan para el pastoreo de camélidos en su mayoría llamas, así como para ovejas, chanchos, vacas y caballos. Otros usos implican la cacería de vizcachas, campo base para turistas, y agua de riego.

El 93,3% de los comunarios lo usan durante todo el año, sólo un pequeño porcentaje lo utiliza en época de lluvias cuando tiene más agua. Asimismo, se compra o trae más ganado de otras comunidades para aprovechar su forraje por lo que se deduce un sobrepastoreo del mismo. Este factor, así como el uso de ganado inapropiado para el ecosistema, son algunas señales de un manejo inadecuado de bofedales.

Basado en una comparación de imágenes clasificadas se pudo observar un aumento en la superficie del bofedal de 33,7 ha en 1989, a 107,6 ha el año 2009, lo que podría estar relacionado con un aumento en la cantidad de agua proveniente del deshielo del glaciar.

Un indicio de la relación glaciar-bofedal son las observaciones del estudio hidrogeológico realizado por Soliz (2011) señalando que: “en plena época seca se produce un incremento del nivel de las aguas superficiales (en Mayo - Junio) debido al ingreso de agua proveniente de infiltraciones en la morrena y manantiales (deshielo del glaciar).” Sin embargo, esta relación no ha podido ser claramente establecida.

Por otro lado, y a modo de referencia, el mismo estudio señala que la recarga promedio del bofedal es de 78,2mm/año lo que equivale al 11% de la precipitación total (700,8 mm) registrada durante el año hidrológico 2009-2010. Además, se ha podido cuantificar que la cantidad de agua almacenada por el bofedal llega a un volumen de 2'649.251,61 m³ para el mismo periodo.

b. Socioeconómica

Pobreza:

La pobreza está relacionada directamente a la falta o marginalización de los recursos disponibles. Este aspecto es crítico cuando se produce un evento extremo y afecta fuertemente en el nivel de estrés que sufre un individuo o comunidad (García &Taboada, 2010).

Los resultados del último censo nacional señalan que en el Municipio de Palca, donde se encuentra la zona de estudio, el ingreso anual per cápita es de 652 \$us y el 46,8% de la población se encuentra en extrema pobreza.

Los valores reportados sugieren una elevada vulnerabilidad de los habitantes del Municipio ante cualquier estrés o shock externo, especialmente climático, pues los bajos niveles de ingreso no permiten la inversión en medidas que reduzcan su vulnerabilidad (riego tecnificado, fertilizantes, infraestructura de protección, etc.). Adicionalmente, la fuente de ingreso principal en todas las comunidades es la agricultura, por lo que un evento de estrés agrícola de mucha importancia, reduciría los niveles de ingresos e incrementaría la vulnerabilidad (ibíd., pág. 10).

Nivel educacional:

La educación es un índice clave de desarrollo que mejora la capacidad de las comunidades para resolver sus problemas, aceptar y aplicar nuevas tecnologías y estrategias que beneficien su producción (Lacki 1995, Iqbal 2007, Mgaba-Semgalawe 200, Namara et al., 2007, citado en García y Taboada, 2010).

Hay ocho unidades educativas en el área de estudio: La Granja cuenta sólo con niveles de 1º a 3º básico. La unidad educativa de Khapi abarca desde 1º a 5º básico. Las unidades educativas de Chañurani y Cebollullo abarcan desde el nivel inicial hasta 6º básico. Los estudiantes de estas comunidades concluyen sus estudios en las comunidades de Cohoni y Tahuapalca que cuentan con unidades educativas desde el nivel inicial hasta 4to de secundaria.

La tabla 14, muestra que más del 65% de los padres de familia cursaron el nivel primario. Además, existe un porcentaje adicional de la población que ha alcanzado el nivel secundario: 77% de los padres que cursaron el nivel secundario son jóvenes (entre 19 y 35 años), lo cual es un prometedor indicador de cambio.

Tabla 14: Nivel de educación de padres de familia

Nivel de Educación	Porcentaje observado (%)	
	Esposo	Esposa
Ninguno	2,47	7,69
Pre-escolar		2,56
Primaria	67,9	80,77
Secundaria	27,16	7,69
Total	97,53	98,71

Fuente: Elaboración propia en base a García y Taboada, 2010

Similar a otras áreas rurales, en el caso de las mujeres, aproximadamente el 89% sólo han cursado el nivel primario, menos del 10% han alcanzado el nivel secundario (mayormente mujeres entre 19-35 años). A pesar de estos valores, la tasa de analfabetismo de la población de la cuenca es menor que del Municipio completo. El porcentaje de población educada está creciendo, la mayoría son jóvenes, lo que puede reducir su vulnerabilidad (ibíd., pág. 11).

Migración

Contrariamente al patrón característico de las poblaciones rurales, el porcentaje de migración en las comunidades de estudio es bajo (menor al 10%); empero la población encuestada percibe que hace 10 años las personas migraban menos (Figura 18).

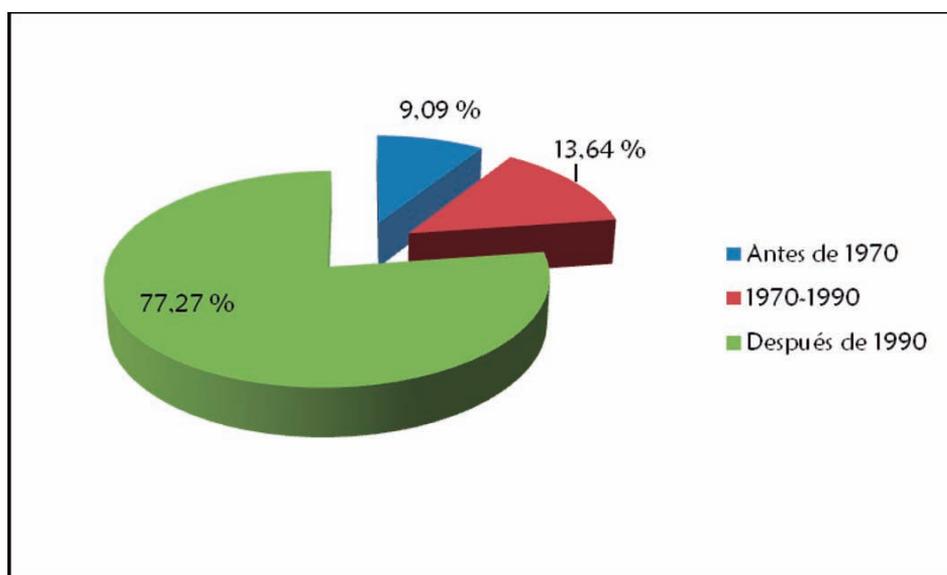


Figura 18: Percepción de la migración de la población hace 10 años

(Fuente: García y Taboada, 2010)

El bajo porcentaje de migración se debería a que actualmente las comunidades se hallan fuertemente insertadas al mercado, lo cual justifica un ingreso permanente que motiva la permanencia en la zona. Por otra parte, debido al incremento de las temperaturas, la actividad agrícola se desarrolla todo el año, por lo que los agricultores no enfrentan una época seca sin actividad agrícola como en el pasado que les obligue a buscar empleo transitorio en la ciudad u otras zonas agrícolas (ibíd., pág. 15).

c. Productiva

La principal actividad productiva de las comunidades en la microcuenca es la producción agrícola. La mayor parte de la agricultura se desarrolla en laderas y una pequeña proporción en pequeñas planicies y en las pocas terrazas aluviales formadas en los flancos de algunos ríos.

Una de las principales características de la zona es que las superficies de cultivo son considerablemente pequeñas, éstas varían entre 250 m² (superficie mínima dada en Tahuapalca) y 4 hectáreas (superficie máxima dada en Khapi) (ibíd., pág. 27).

Desde los años 80 (más específicamente desde 1985), se experimentó importantes modificaciones en la estructura productiva de toda la microcuenca (ver tabla 15). Se percibe que se ha pasado de un modelo agrario basado en una producción de cultivos a secano, a un sistema que, sin eliminar el anterior, ahora se basa en una agricultura comercial con riego.

Las razones identificadas para estos cambios fueron, por una parte el incremento de la temperatura de la zona; pero más importante aún, el acceso al mercado urbano gracias a la apertura del camino y la habilitación del puente sobre el río La Paz, además de la mejora de los canales de riego.

La lechuga es el cultivo mayoritario en la zona, otros cultivos son papa, maíz, tomate y hortalizas, tal como muestra la figura 19.

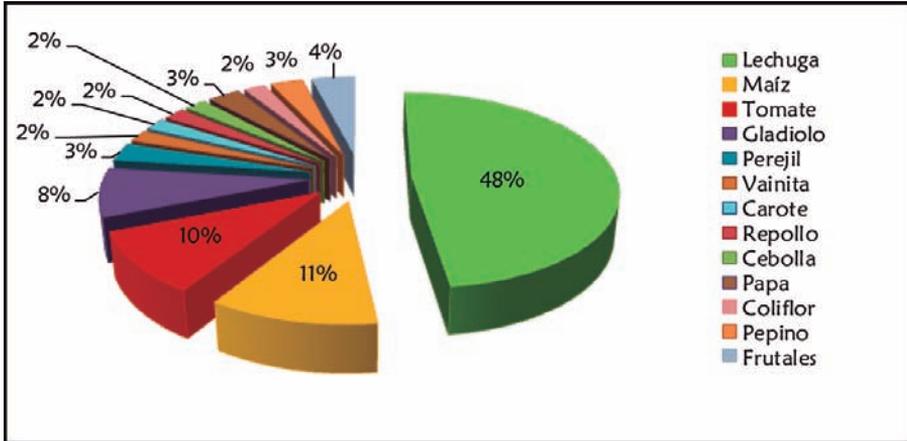


Figura 19: Especies cultivadas actualmente dentro del perímetro de la microcuenca

(Fuente: Monrroy, 2011)

Tabla 15: Cambios en las áreas bajo riego, tipos y patrones de cultivo de las comunidades de la microcuenca Sajhuaya

Comunidad	Área cultivada bajo riego (ha)			Tipo de cultivo		Patrón de cultivo			
	1987-1988	2009-2010		1987-1988	2009-2010	1987-1988		2009-2010	
		Área bajo riego	Área de riego en base a derechos			Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Khapi*	11	23.6	39.3	Papa o maíz	Papa	Octubre	Marzo	Julio	Enero
Challasirca**	13	20.0	20.0		maíz			Octubre	Marzo
					lechuga			Febrero	Mayo
				haba	Abril	Agosto			
Cebollullo	18	30	37.4	Papa o maíz	Maíz (Sólo 40% del terreno cultivado)	Julio	Noviembre	Julio	Octubre
46% de Cohoni abajo y 50% de Cachapaya (canal 3)	26	94	144						
41% de Cohoni abajo y 50% Cachapaya (canales 4 y 5)***	24	87	134	Haba o arveja	Lechuga u otro similar	Febrero	Junio	60% del terreno cultivado: Primera siembra en Octubre hasta última cosecha en Agosto. 3 cosechas al año.	
Chañurani	12	14.0	15					El restante 40%: 2 cosechas al año: Diciembre-Febrero y Abril-Junio	
Tahuapalca	11	15.2	19.0	Lechuga (principal)	Lechuga	Todo el año. 3 cosechas para la lechuga y 4 para el perejil		Todo el año. 4 cosechas al año	
				Tomate	Maíz	Marzo	Mayo	Agosto	Noviembre
						Julio	Septiembre	Diciembre	Febrero
				Frutales	Gladiolo	Todo el año		Octubre	Noviembre
								Febrero	Mayo
								Junio	Agosto
				Otros	Otros	Octubre	Octubre	Septiembre	Octubre
		Diciembre	Diciembre	Diciembre	Diciembre				
		Febrero	Febrero	Marzo	Marzo				
		Junio	Julio	Junio	Julio				
Cohoni arriba y 13 % de Cohoni Abajo (Canal 2) **	26	93	143	Igual a Khapi y Challasirca		Igual a Khapi y Challasirca			
				Igual a Cebollullo, Cachapaya y Chañurani		Igual a Cebollullo, Cachapaya y Chañurani			

*Khapi todavía conserva hasta un 10 % de Aynocas en zonas altas que no requieren riego y de su superficie cultivada, y hasta un tercio de sus cultivos se realizan sin riego o con riego muy esporádico. ** Cohoni Arriba incluye áreas donde hasta un 30 % de sus cultivos se realizan sin riego o con riego muy esporádico. ***Al presente, solo Cohoni Abajo y Cachapaya mantienen hasta un 65 % de su extensión en producción y el resto en descanso. Las otras comunidades solo mantienen entre un 10 y 20 % en descanso. (Fuente: Elaboración propia en base a García, 2011)

La producción intensiva parecería ser una medida adecuada para esta zona; sin embargo, el sistema tiende al monocultivo de la lechuga que es el producto que permite a los agricultores preservar y reproducir su fuerza de trabajo. Así, por esta práctica, se puede ya observar un desgaste significativo de la fertilidad de los suelos y un uso indiscriminado de plaguicidas debido al incremento de plagas y enfermedades; si además se considera el crecimiento de la población, que trae como consecuencia un mayor parcelamiento, en el futuro próximo se pueden vislumbrar fuertes problemas medio ambientales.

Es importante recalcar que este tipo de sistema productivo es insostenible en la medida que reduce la fertilidad del suelo, y la ampliación de las áreas de cultivo se ve limitada por la topografía del lugar y el cambio de uso de suelo, favoreciendo el crecimiento de suelo desnudo y rocoso sobre aquellos aptos para la producción.

Cambios en la Demanda de agua para riego

Dada la dependencia de los cultivos al riego, se quiso evaluar las necesidades hídricas de los cultivos los últimos 35 años, por lo que el año 2010 se realizó un estudio denominado “Cálculo de las demandas de riego desde 1975 hasta 2009 en la cuenca del río Sajhuaya”.



Los resultados obtenidos muestran un fuerte incremento en los requerimientos de riego en todas las comunidades tanto en la época de estiaje como en la época de lluvias (en forma más notoria en las comunidades de altitudes intermedias y bajas) (Ver figura 20). Este hecho ocurre debido principalmente al cambio de patrón de cultivo y el incremento de áreas cultivadas con cultivos demandantes de riego (García, 2011).

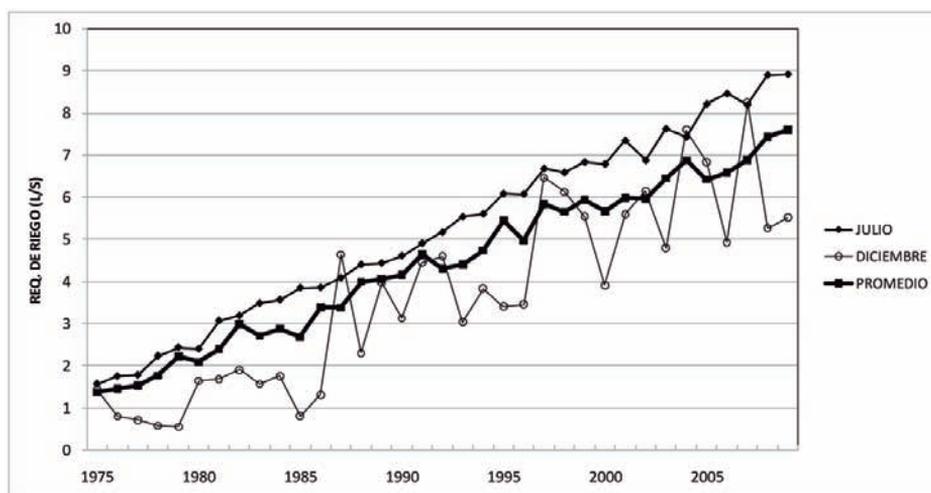


Figura 20: Evolución del requerimiento de riego [l/s] para los meses de Diciembre, Julio y promedio anual determinados para la comunidad de Tahuapalca en el periodo 1975-2009

(Fuente: García, 2011)

En promedio se aplica una lámina real de agua de 972,3 mm al maíz, cuando la cantidad requerida es sólo de 550 mm. Lo mismo pasa con la lechuga a la que se aplica una lámina de 796,1 mm siendo requeridos tan sólo 350mm (García& Taboada, Op.cit., pág. 32).

Es importante agregar que el cálculo efectuado se refiere a las necesidades de riego reales en función del clima reinante en la zona, del área cultivada y del patrón de cultivos representativo de cada comunidad. Sin embargo, el levantamiento de información realizado en la zona, ha mostrado que la eficiencia de riego promedio de las comunidades es de tan solo 30 %, por lo que el agua real usada en las zonas es aproximadamente 3 veces superior a la calculada (Carcía, Op. Cit., pág. 22).

d. Género

En la microcuenca Sajhuaya, como en muchas áreas rurales, las mujeres tienen un vínculo estrecho con el agua: todas las actividades que realizan, tanto productivas (siembra, riego y venta de productos agrícolas; inclusive asumen todas las actividades en ausencia temporal o permanente del esposo) como domésticas (lavar, cocinar, limpiar), involucran el uso y manejo de este recurso. Un estudio de género realizado por Ríos (2010) indica que aunque todas tienen agua de pila en sus domicilios, la irregularidad del servicio y calidad de agua les exige buscar fuentes alternativas, recargando su jornada de trabajo.

Acción para el Desarrollo (IRAD, por sus siglas en inglés), explica por qué las mujeres son más vulnerables que los hombres, especialmente en las áreas rurales: “Las mujeres se encuentran más propensas a los efectos adversos del cambio climático. Sus capacidades de adaptación son más limitadas debido a la desigualdad social que prevalece y a los diferentes roles sociales y económicos que se les atribuyen, los cuales resultan en diferencias en sus derechos de propiedad, acceso a la información, falta de empleo y un acceso desigual a los recursos”.

Por otro lado, en países como Bolivia, el origen étnico se constituye, también, en un factor de exclusión que “vulnerabiliza” a sectores importantes de la población. Ser mujer, campesina e indígena resulta una combinación generadora de marginalidad, exclusión y vulnerabilidad (Ríos, 2010).

Por la relación género-agua, la autora señala que la sensibilidad de las mujeres a eventos climáticos que afecten su acceso, gestión y control, es elevada, advirtiéndose una condición de alta vulnerabilidad de las mujeres y por tanto una deficiente capacidad de adaptación. Los resultados de este análisis se muestran en la tabla 16.

Tabla 16: Matriz de condiciones de vulnerabilidad de las mujeres

EXPOSICION (Eventos climáticos)	SENSIBILIDADES LOCALES	CAPACIDADES DE ADAPTACION		
		Derechos: Reconocidos y ejercidos	Vulnerabilidad Colectiva	Vulnerabilidad Individual
-Calor -Plagas, aumentan en la época de calor	Mujeres, principales garantes de la seguridad alimentaria de las familias	Derechos de distribución de tierras privilegiado a los varones	Poca gravitación de la mujeres en las decisiones comunales	-Limitaciones en las condiciones escolares -Alta deserción escolar -Pocas capacidades de manejar conocimiento técnico
-Cambios estacionales en la temporada de lluvias -Sequia, entendida como menos lluvia	Alta dependencia de la seguridad alimentaria a los recursos naturales, especialmente al agua	Pocas capacidades de toma de decisión	Pocos conocimientos sobre cambio climático	-Alta incidencia de embarazo prematuros -Partos de riesgo
-Granizos -Heladas Evaporación de los terrenos	Carga laboral de las mujeres (actividades productiva y reproductivas)	Subordinación de derechos a los roles establecidos	Poca capacidad de pensar estrategias de adaptación al cambio climático	-Violencia intrafamiliar

(Fuente: Ríos, 2010)

e. Institucional

Dentro del Gobierno Municipal de Palca no existe una unidad relacionada al cambio climático, recursos naturales, medio ambiente o atención/prevenición de desastres; pero si cuenta con la Unidad de Fomento a la Producción Agropecuaria.

Entre 2004 y 2009 hubo siete cambios de Alcalde, lo que repercutió de tal forma que impidió la estructuración del Gobierno Municipal que incorpore una planificación en el desarrollo de los sectores productivos del Municipio.

Por otro lado, el Municipio no cuenta con información adecuada y actualizada respecto a los cambios y variabilidad climática que le afectan; esto probablemente se deba al distanciamiento que tienen los distintos niveles de gobierno en su relacionamiento con la Universidad; si hubiera un vínculo de colaboración entre ambos que propicie la generación y difusión de este tipo de información, aumentaría la capacidad institucional para responder a los impactos actuales y futuros del cambio climático en la cuenca.

Los regantes, al no ser organizaciones separadas del sindicato comunal, no están afiliados a la Asociación Departamental de Regantes de La Paz, lo que podría limitar su representación a nivel Provincial y Municipal para promover sus proyectos de riego.

La función de las organizaciones sociales es principalmente coordinar con las instancias gubernamentales como el Municipio y/o Gobernaciones para velar por el cumplimiento de las demandas sectoriales en las comunidades. Sin embargo, durante la última gestión se ha observado una mayor injerencia política dentro de las organizaciones de la microcuenca, que está ocasionado que estas pierdan legitimidad, generando cierto condicionamiento político para la ejecución de obras en las comunidades afines.

6. CAPACIDAD ADAPTATIVA DE LAS COMUNIDADES

En general, el ser humano adopta ciertas acciones o estrategias para adecuarse a las características de su entorno ambiental, social y económico, así como para aprovechar los efectos positivos o bien prevenir y ajustarse a los efectos negativos de cambios o alteraciones en cualquiera de estos ámbitos.

En el caso de las comunidades andinas, éstas siempre han manejado el riesgo con una diversidad e integralidad de estrategias que abarcan no solo el manejo de los componentes ecosistémicos sino también los componentes organizativos, relaciones sociales, padrinazgos, aspectos de mercado, cadenas productivas, etc. (Villaruel et al, 2010).

Para fines del análisis de vulnerabilidad, en el caso de estudio, se han reconocido algunas medidas ejercidas por las comunidades para manejar los riesgos y ajustarse a las condiciones de su entorno, como parte de su capacidad adaptativa.

Si bien las comunidades mantienen algunas de las estrategias relacionadas al riesgo, los cambios experimentados los últimos 30 años, principalmente el incremento en la temperatura y la articulación caminera de la cuenca con las ciudades de La Paz y El Alto han transformado su estructura productiva y facilitado su acceso al mercado, provocando que las comunidades adopten nuevas estrategias.

En algunos casos, las nuevas estrategias no son sostenibles al largo plazo (como cultivos más dependientes del riego e insumos externos) y pueden acrecentar su vulnerabilidad ante cambios en la disponibilidad del recurso hídrico y/o en las condiciones de mercado, por dar un ejemplo. No obstante, otras estrategias son prueba de la capacidad de manejo sostenible de los recursos por parte de los pobladores (como la conservación del suelo, los turnos de riego y limpieza de canales, etc.), y pueden ser reforzadas y/o promocionadas.

Algunas de las estrategias ejercidas por las comunidades se presentan en la tabla 17.

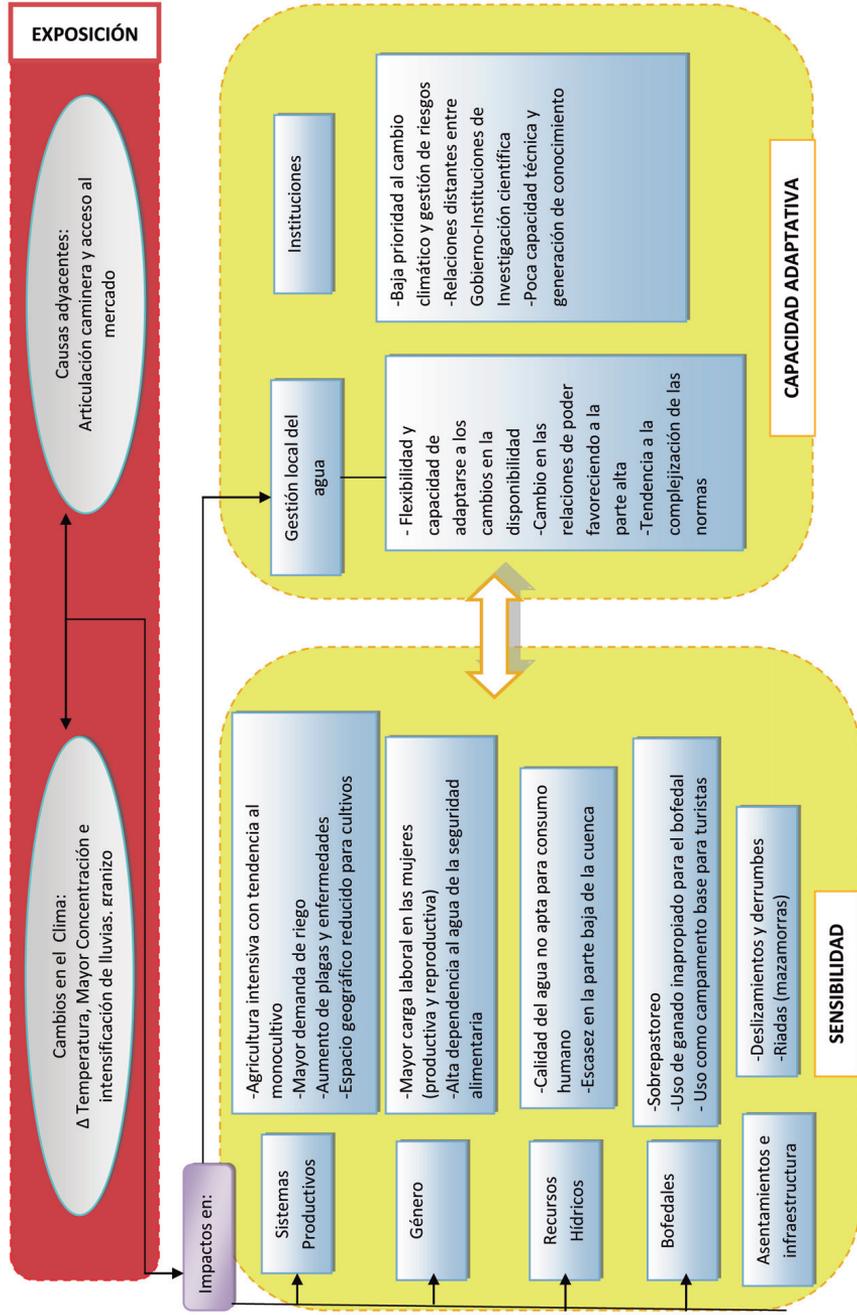
Tabla 17: Estrategias de las comunidades para adaptarse a su entorno

Estrategias	
Sistemas Productivos	Ocupación vertical del espacio: cada familia accede a diferentes pisos ecológicos en su comunidad. La diversidad de cultivos garantiza la seguridad alimentaria
	Parcelamiento disperso en cada piso ecológico que dificulta la propagación de plagas y enfermedades
	El sistema de aynoqas asegura la rotación de cultivos y una producción permanente. Sin embargo sólo es aplicado en muy pocos lugares en la actualidad.
	Una forma de conservación de suelo es la ocupación de parcelas pequeñas en laderas de mayor pendiente y parcelas grandes en laderas de menor pendiente, así como la zona de terrazas en laderas que además mejoran la absorción y retención de agua por el suelo.
	El incremento de la temperatura los últimos 30 años ha propiciado que más cultivos puedan ser producidos, incluso a alturas donde antes era imposible o no rentable. Esto ha generado una tendencia hacia el monocultivo de lechuga por su precio en el mercado y una mayor dependencia de insumos externos.
Gestión del agua	<p>Las comunidades han pasado de no tener turnos para riego a un sistema complejo de turnos entre comunidades, al interior de éstas y de una época del año a otra.</p> <p>Esta complejización de sus reglas es un indicativo de un incremento en el déficit o de un incremento en la demanda.</p> <p>Las comunidades han habilitado como estrategia de prevención de riesgos de riadas (mazamorras) la limpieza comunal de los canales de riego una vez al año.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a Villarroel et. al. 2011

SÍNTESES DE VULNERABILIDAD ACTUAL

Factores climáticos y no climáticos a los que se exponen las comunidades, los impactos que generan y los elementos de su capacidad adaptativa que convierten a estas comunidades en vulnerables.



Los últimos 30 años las comunidades de la microcuenca Sajhuaya han estado expuestas a cambios en las condiciones climáticas. Estos cambios se han manifestado en un aumento de la temperatura y mayor concentración e intensificación de las lluvias que, en combinación con factores como la facilitación caminera y el acceso al mercado han provocado un paulatino cambio en su estructura productiva, como mecanismo de adaptación espontánea, favoreciendo un tipo de agricultura más intensiva y dependiente del riego, incrementando así la demanda de agua para dicho fin, que por lo observado, podría ser aplicado de manera más eficiente por los pobladores.

Asimismo, aunque se ha producido una ampliación de las áreas de cultivo en términos de superficie, el suelo desnudo se ha extendido aproximadamente cuatro veces más, y se han reducido áreas de bofedales y aynoqas (práctica comunal de descanso de la tierra). Además, debido a las características geomorfológicas de la microcuenca, la distribución de las tierras cultivables a nivel familiar ha generado un excesivo parcelamiento acortando las distancias entre los terrenos. Esta situación en combinación con la elevación de la temperatura, parecen haber impulsado un aumento en la propagación y resistencia de plagas y enfermedades en los cultivos. Estas características revelan una elevada sensibilidad de los sistemas productivos, tanto a las alteraciones del clima como a las presiones que ejerce el entorno.

Por su parte, la transmisión del conocimiento y prácticas de manejo del riesgo desarrollados por las comunidades, parece haber disminuido. Aunque los bioindicadores usados para predecir los cambios en el clima continúan siendo empleados por comunidades de la parte alta, donde todavía son efectivos, los pobladores de la parte baja y media de la microcuenca manifiestan no conocerlos, exponiéndose a una mayor incertidumbre que no les permite estar preparados ante la ocurrencia de eventos extremos.

Por otro lado, el uso y manejo que se da al área de bofedal no es el más apropiado, subestimando su importancia como ecosistema almacenador de agua proveniente del glaciar, regulador del caudal en época seca y proveedor del forraje necesario para el ganado camélido, además de albergar especies nativas de flora y fauna. Cualidades que lo convierten en un recurso indispensable y a su vez, sensible a los cambios en las condiciones climáticas.

En particular, la situación de las mujeres en las comunidades las hace vulnerables debido a la estrecha relación que tienen éstas con el manejo del agua, tanto en el riego de las parcelas, como en las tareas domésticas. Además, su participación en los espacios de toma de decisión comunal es limitada, así como el reconocimiento de derechos de propiedad de la tierra es otorgado únicamente al hombre.

El complejo sistema de distribución y manejo del agua para riego en el área, es un ejemplo de la capacidad adaptativa de las comunidades a una mayor disponibilidad del recurso. No obstante, se observa una tendencia a que se presenten mayores dificultades para llegar a acuerdos entre las comunidades, especialmente en época seca, cuando disminuye el caudal. Igualmente, una mayor frecuencia de eventos extremos, en particular riadas y deslizamientos ocasionan daños a la infraestructura actual como ser canales o acequias de riego, obstaculizando muchas veces el acceso al recurso.

A todo esto se añaden algunos obstáculos para generar capacidad adaptativa a nivel institucional. Por un lado el Municipio de Palca todavía no ha priorizado la adaptación y la gestión del riesgo como ejes estratégicos en su proceso de planificación. Por otro, la capacidad técnica y la generación de conocimiento todavía son insuficientes y se encuentran desarticuladas entre Gobierno e Instituciones de investigación científica. Este contexto impide que las comunidades de la microcuenca Sajhuaya accedan a información climática certera, actualizada y disponible que les permita planificar y tomar decisiones que mejoren su capacidad adaptativa, así como contar con redes o plataformas de trabajo desde donde puedan recibir orientación y apoyo técnico-financiero si así lo requirieran.

Toda esta situación hace que estas comunidades, desde los distintos factores, se conviertan en sujetos vulnerables ante los cambios y la variabilidad climática.



ESCENARIOS CLIMÁTICOS E IMPACTOS FUTUROS EN LA GESTIÓN DEL AGUA

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Para poder inferir en la vulnerabilidad futura de las comunidades fue necesario identificar la magnitud del cambio en variables climáticas como temperatura y precipitación para el año 2050, a la que estarían expuestas. Para tal efecto, se analizaron distintos escenarios del clima en base a modelos climáticos. Pero además, se quiso identificar cómo estos escenarios climáticos afectarían la gestión del agua para riego analizando las variaciones del déficit hídrico relativo del riego, es decir, las épocas en que la oferta no cubriría la demanda y qué sistemas (canales) de riego serían los más afectados a futuro.

De igual forma, se han analizado posibles escenarios de cambio en los acuerdos y convenios dentro de la gestión de agua en las comunidades, según las variaciones de disponibilidad de agua en la microcuenca.

a. Escenarios de Cambio Climático

Los modelos climáticos usan métodos cuantitativos para simular las interacciones de la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre, y el hielo. Se utilizan para variedad de propósitos que implican el estudio de la dinámica del sistema meteorológico y climático global y proyecciones futuras del clima. Durante varias décadas de desarrollo, los modelos han proporcionado respuestas robustas y sin ambigüedades significativas del calentamiento climático, debido al aumento de GEI (Randall, 2007, citado en Espinoza, 2011c).

Por otro lado, los escenarios son representaciones o supuestos del futuro o futuros alternativos, bajo diferentes hipótesis de desarrollo demográfico, social, económico y tecnológico. El IPCC ha desarrollado el Reporte Especial en Escenarios de Emisiones (SRES, Special Report on Emissions Scenarios), el cual fue construido para explorar avances futuros en el ambiente global con especial referencia en la producción de gases de efecto invernadero. Los escenarios del IPCC-SRES contienen varios agentes de forzamiento del cambio climático, incluyendo el crecimiento de población y el desarrollo socioeconómico. Estos escenarios, son utilizados como base para realizar proyecciones climáticas a partir de los Modelos de Circulación General (MCGs) y Modelos de Circulación Regional (MCRs).

La información de los MCGs está disponible en la página web del IPCC, para las precipitaciones y temperaturas medias a nivel mensual y anual. Dado que las salidas de los MCGs, presentan un nivel espacial de resolución baja (250x250 km, 100x100 km), el proyecto ha trabajado evaluando salidas de mejor resolución espacial (a nivel regional) obtenidas a partir de técnicas de “downscaling estadístico”. Estas salidas de temperatura y precipitación para diferentes escenarios futuros, han sido comparadas con las proyecciones obtenidas a partir del análisis de tendencias regional. De esta forma, se ha podido evaluar los posibles cambios futuros en variables climatológicas en

Las salidas del downscaling estadístico WCRP CMIP3 (World Climate Research Programme) utilizadas en el modelo francés CNRM CM3.0, son las que presentan proyecciones futuras más consistentes y factibles respecto a las tendencias en estaciones meteorológicas de la región. Bajo las salidas de este modelo, respecto a las variaciones de precipitación y temperatura esperadas al 2050, se evaluaron distintos escenarios de cambio climático³ establecidos por el IPCC, para las variables climáticas mencionadas, hacia el año 2050 respecto al periodo 1960-1990.

En la figura 21 se puede observar la variación de temperatura media mensual de las salidas del MCG's CNRM para diferentes escenarios y las proyecciones de tendencias mensual con significancia. Si bien son diferentes en magnitud, varios de los meses coinciden en el aumento de temperatura media y en la forma de la curva media mensual.

Es relevante mencionar que la variación intermensual y anual en la estación La Paz es alta debido al efecto isla de calor que se produce en ciudades grandes, donde se tiene mayor incremento de temperaturas.

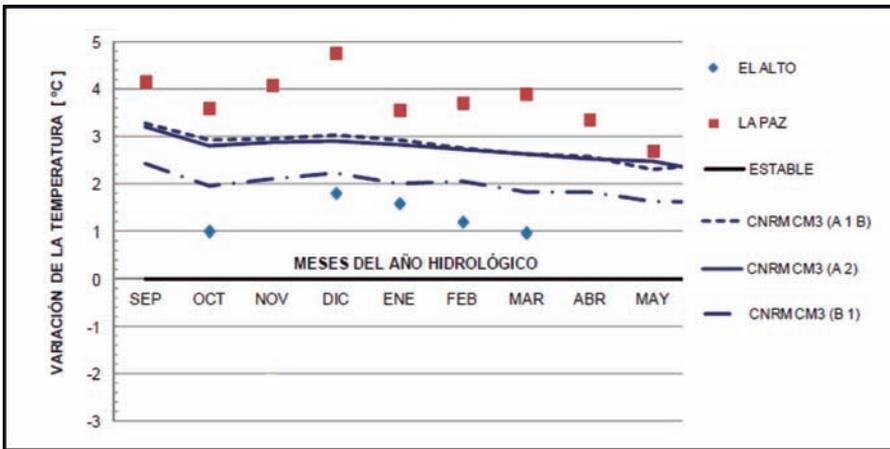


Figura 21: Variación de la temperatura media mensual [°C] (2040-2060) respecto a (1960-1990) datos del Downscaling estadístico WCRP CMIP3 (0,5° Ó 50 KM) del CNRM CM3 y tendencias de temperatura media mensual en estaciones de La Paz y El Alto (1975-2009)

Fuente: (Espinoza, D., 2011c)

En el caso de los cambios proyectados para la temperatura media anual, en la figura 22 se observa que la temperatura esperada por las proyecciones de tendencias de la estación meteorológica de La Paz, está muy por encima de los escenarios simulados, mientras que la temperatura esperada en la estación del El Alto a 2050 está muy por debajo de los escenarios simulados.

³Escenarios A1: describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. A1B: utilización equilibrada de todo tipo de fuentes. "equilibrada" indica que no se dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimenten mejoras similares. B1: describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva

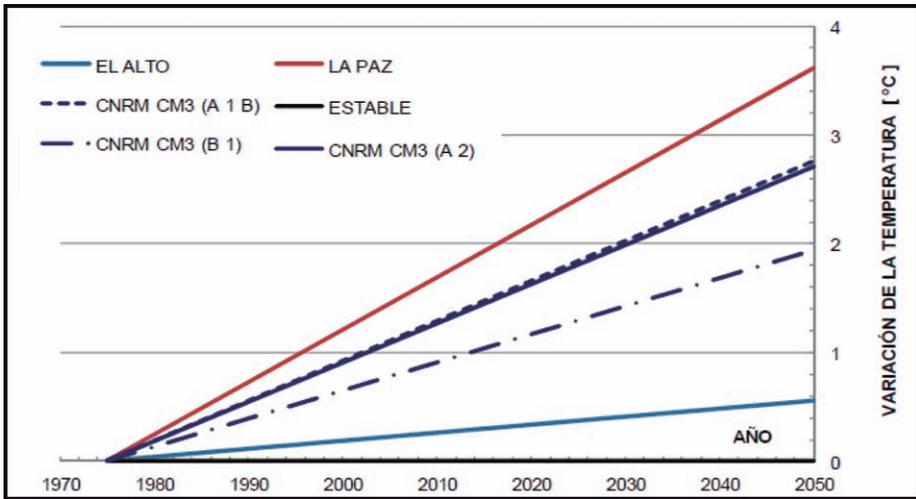


Figura 22: Variación de la temperatura media anual [°C] (2040-2060) respecto a (1960-1990) del Downscaling estadístico WCRO CMIP3 (0,5° ó 50 Km) del CNRM CM3 y proyecciones de tendencias de precipitación media mensual en estaciones de La Paz y El Alto (1975-2009)

Fuente: (Espinoza, D., 2011c)

En cuanto a la precipitación media mensual, en la figura 23 se observa que, aunque los valores son diferentes en magnitud entre modelos y tendencias, varios de los meses presentan ambos un incremento de lluvias.

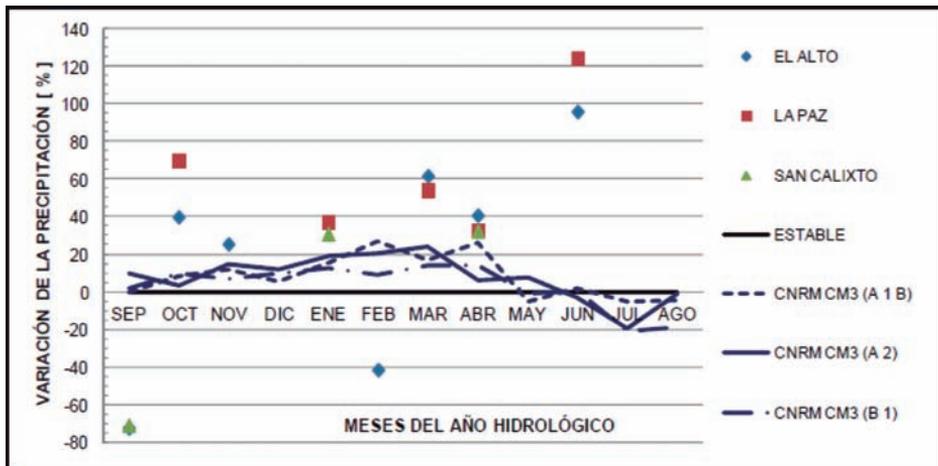


Figura 23: Variación de la precipitación media mensual [%] (2040-2060) respecto a(1960-1990) del Downscaling estadístico WCRP CMIP3 (0,5° ó 50 Km) del CNRM CM3 y proyecciones de tendencias de precipitación media mensual con significancia leve, media y/o fuerte.

Fuente: (Espinoza, D., 2011c)

Por otro lado, los cambios proyectados para la precipitación media anual de la estación de La Paz, se encuentran muy por encima de los escenarios simulados por el modelo CNRM CM3, tal como muestra la figura 24.

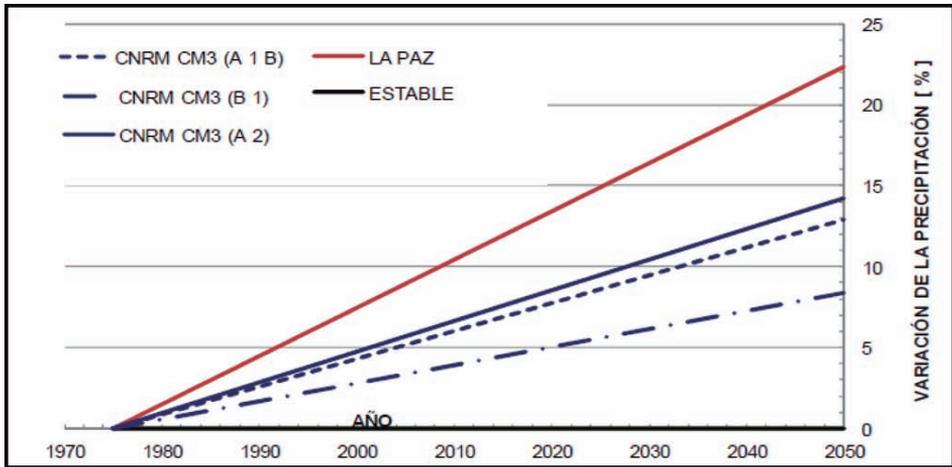


Figura 24: Variación de precipitación media anual [%] (2040-2060) respecto a (1960-1990), datos del Downscaling estadístico WCRP CMIP3 (0,5° Ó 50 Km) del CNRM CM3 y proyección de tendencias de precipitación media mensual de la estación de La Paz.

Fuente: (Espinoza, D., 2011c)

De los escenarios analizados, si bien el escenario B1 parece no muy probable ante el estado actual de las negociaciones internacionales, se lo ha considerado para fines de investigación, dado que es el escenario con las variaciones de precipitación media anual y temperatura media anual más consistente al análisis de tendencias en estaciones regionales. A continuación se detallan las proyecciones de dicho escenario para el año 2050 respecto al periodo 1960-1990, tanto para temperatura media como precipitación media:

- Temperatura media:** Se proyecta a nivel anual un incremento hasta de 1,9 ° C aproximadamente. A nivel mensual este escenario presenta los incrementos de temperatura más bajos. Los meses de octubre a febrero y el mes de abril, el incremento oscila aprox. entre 1,5 y 2,0 ° C. En marzo, junio y julio el incremento es de aprox. 1,3 ° C. Septiembre es el mes de mayor incremento llegando hasta 2,9 ° C aprox.
- Precipitación media:** Se proyecta un incremento de lluvias a nivel anual hasta del 16 % aprox. A nivel mensual las proyecciones indican incrementos de lluvia para los meses entre octubre y junio que varían aprox. entre 10 y 25%. Para los meses de julio, agosto y septiembre se tienen decrementos aprox. entre 10% y 30%.

Por otro lado, se ha adoptado el escenario A1B como el escenario probable más húmedo entre los demás escenarios, considerando que es el escenario con las variaciones de precipitación anual y temperatura media mensual más consistentes al análisis de tendencias en estaciones regionales. De igual forma, se presentan a continuación las proyecciones hechas para el año 2050 respecto al periodo 1960-1990, tanto para temperatura como precipitación:

- **Temperatura media:** Se proyecta incrementos de temperatura de aprox. 2,5 ° C a nivel anual. A nivel mensual, los incrementos máximos varían aprox. entre 2.0 y 3,5 ° C, con incrementos máximos en los meses de septiembre y agosto, y los más bajos en marzo, mayo, junio y julio.
- **Precipitación media:** El incremento anual proyectado es de hasta un 21% aproximadamente.

Por su parte, el escenario A2 proyecta los mismos incrementos de temperatura del escenario A1B, pero con la diferencia de un incremento de precipitación anual del 15%.

Cabe mencionar que los rangos de variación de la temperatura y las aproximaciones porcentuales de la precipitación, reflejan la incertidumbre de las proyecciones para los escenarios mostrados.

No existen evidencias sustentables tanto en los MCG como en tendencias para plantear un escenario extremadamente seco, por lo que se lo ha descartado. Sin embargo podría considerarse la probabilidad de que se presente un escenario seco, al reducirse en gran magnitud la cobertura del glaciar.

b. Análisis del impacto futuro en la gestión del agua al 2050 (2035-2069)

Los tres escenarios de cambio climático: escenario probable (EMP), escenario futuro húmedo (EFH) y escenario de Glaciar Reducido (EGR), estiman que tanto la temperatura como la precipitación se incrementarán debido al cambio climático. Los escenarios EMP y EFH usaron las salidas de modelos globales (MCG) con downscaling estadístico, para generar series de oferta y demanda de agua para el horizonte del año 2050.

El primer escenario, EMP, representa la mejor aproximación que pudo obtenerse entre las salidas de uno de los modelos seleccionados y los resultados del análisis de tendencias. Corresponde a la salida a nivel mensual del modelo CNRM con downscaling estadístico WCRP CMIP3 (30 minutos ó 50 km), para el escenario B1.

El segundo escenario, EFH, representa el caso en que el incremento de precipitación es mayor, de entre todas las salidas de los modelos seleccionados en el estudio de cambio climático (Espinoza, 2011c). Corresponde a la salida del modelo CNRM con downscaling estadístico WCRP CMIP3 (30 minutos ó 50 km) para el escenario A1B.

El escenario EGR considera el efecto del glaciar sobre el régimen hidrológico de la cuenca, asumiendo una reducción de la superficie del glaciar a un valor que corresponde aproximadamente a un 17% de su tamaño actual, lo que influye a la oferta de agua del sistema. Este escenario de reducción se combinó con el escenario B1 (escenario EMP), que estima el menor incremento de la precipitación media anual: 8.5%.

Escenario Más Probable (EMP) y Escenario Futuro Húmedo (EFH):

En lo que respecta a la demanda media anual, esta no cambia significativamente para los escenarios EMP y EFH. Eso era de esperar, debido a que el mayor incremento de temperatura del escenario EFH (2.8°C con respecto a 1.9°C de EMP) se “compensa” con un incremento más elevado de la precipitación (12.9% frente a 8.4% de EMP).

En cambio, la oferta futura de agua (Espinoza, 2011) en la cuenca aumenta considerablemente con respecto al escenario histórico para los dos escenarios de cambio climático (EMP: 30%, EFH: 72%). Parte de ese incremento se explica por el aumento esperado de la precipitación, que aparentemente será más grande que el aumento esperado de la evapotranspiración real en la cuenca, por lo que el escurrimiento aumenta como resultado del balance hídrico. Pero la mayor parte del incremento de la oferta de agua se debe a la fusión/ablación progresiva de la masa glaciar al ir aumentando la temperatura.

La tabla 18 muestra el déficit hídrico medio mensual de cada uno de los usuarios para los escenarios de línea base ELB, probable EMP y húmedo EFH, en porcentaje. Se observa una disminución del déficit en los sistemas, con respecto a la línea base. Esto se debe al aumento de la oferta de agua que se prevé para los dos escenarios de cambio climático. La disminución del déficit medio mensual es especialmente notable entre los meses de septiembre y noviembre. Agosto se mantiene como el mes más crítico (el de mayor déficit). Como era de esperar, en el escenario húmedo EFH se produce la mayor reducción del déficit de todos los escenarios. El déficit desaparece por completo para los usuarios de Chañurani y Cebollullo y se reduce considerablemente en los otros casos.

Tabla 18: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario y por mes, escenarios ELB, EMP y EFH

DÉFICIT DE RIEGO, ESCENARIO LINEA BASE												
USUARIO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Canal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	30	62	23	29	3	0	0	0	0	0	1	3
Canal 4-5	51	72	35	44	12	0	0	0	0	0	4	20
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	1	12	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	4	29	29	25	9	0	0	0	0	0	0	1
Cebollullo	1	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	2	41	10	26	8	0	0	0	0	0	0	2
DÉFICIT DE RIEGO, ESCENARIO EMP												
Canal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	15	50	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Canal 4-5	43	70	9	16	0	0	0	0	0	0	0	8
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	4	29	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Cebollullo	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	2	35	2	13	0	0	0	0	0	0	0	2
DÉFICIT DE RIEGO, ESCENARIO EFH												
Canal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 4-5	16	36	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cebollullo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Molina & Cruz, 2011

Los escenarios EMP y EFH suponen que durante el horizonte de estudio (año 2050) el área y volumen del glaciar no se reducen tanto que supongan una limitación al caudal que escurre por fusión del hielo. Esto probablemente no corresponde a la realidad. Aun cuando un simple cálculo del volumen que escurre del glaciar durante los 34 años de simulación muestra que el glaciar no habrá desaparecido para el año 2050, ni aún para el escenario EFH, cabe esperar que se reduzca en área y volumen en una magnitud tal que afecte el caudal que escurre por fusión de la masa glaciar. Por lo tanto, el escenario EFH es probablemente demasiado optimista.

Escenario de Glaciar Reducido (EGR)

Según el estudio de oferta de agua (Espinoza y Fuchs, 2011a), alrededor de 43% del agua que escurrió de la cuenca en el punto de control de Tahuapalca durante el periodo histórico provino de los glaciares de la parte alta. A su vez, parte del agua proveniente de los glaciares fue resultado de la pérdida de masa del glaciar por fusión, que se ha visto acelerada en los últimos años.

Con esos antecedentes, es razonable suponer que la fusión de la masa glaciar se irá incrementando con el tiempo al aumentar la temperatura y como consecuencia, se incrementará la oferta de agua. Sin embargo, un incremento indefinido en el tiempo no es posible. El comportamiento más probable es el de un incremento paulatino del caudal que escurre del glaciar a medida que aumenta la temperatura hasta alcanzar un valor máximo, para luego empezar a decrecer a medida que se reduce la superficie y masa del glaciar. Si es que la masa glaciar desapareciera completamente, el escurrimiento provendría solamente de la precipitación en forma de lluvia y nieve.

Sin embargo, las limitaciones impuestas por el estado actual del conocimiento del comportamiento hidrológico de glaciares tropicales (cómo el glaciar afecta al escurrimiento y por tanto al régimen hidrológico de la cuenca) y las limitaciones del modelo que se utilizó en el estudio de oferta de agua, impiden simular con un cierto grado de consistencia y certeza ese proceso de incremento y luego disminución gradual del caudal con el tiempo. Los datos aportados por el estudio de glaciología que forma parte del proyecto (Ramírez et. al., 2011) tampoco permiten estimar ese máximo o siquiera inferir ese proceso, debido a que no se pueden extrapolar en el tiempo.

De todas formas, se ha simulado un escenario de reducción del glaciar. Este escenario (EGR) resultó ser el más crítico desde el punto de vista de los usuarios del agua, debido a que la oferta de agua se reduce en un 15% respecto a la oferta histórica. El régimen hidrológico varía significativamente, el escurrimiento se reduce principalmente durante la primavera austral (septiembre a diciembre), al perderse gran parte del aporte glaciar, esto coincide con la época del año con máxima demanda de riego.

La tabla 19 muestra el déficit hídrico medio mensual de cada uno de los usuarios para el escenario EGR y de línea base ELB, en porcentaje. En el escenario EGR, el déficit se incrementa para todos los usuarios del sistema. Incluso usuarios que en el escenario de línea base no presentaban déficit en ningún mes del año, empiezan a presentar déficits entre los meses de agosto y noviembre, época en que el aporte glaciar es importante para la oferta de agua.

Además, se observa que la magnitud del incremento del déficit está influenciada por la ubicación del subsistema (usuario). El déficit es mayor para un subsistema cuya toma está situada en la parte alta de la cuenca y que depende mucho del aporte glaciar. Para el sistema de la microcuenca Sajhuaya en conjunto, el déficit medio anual se incrementa de 12% en el escenario de línea base a 25% en el escenario EGR.

Tabla 19: Déficit hídrico relativo medio (%) por usuario y por mes, escenario EGR

DÉFICIT DE RIEGO, ESCENARIO EGR												
USUARIO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Canal 2	0	7	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	77	97	62	66	32	4	0	1	3	2	19	30
Canal 4-5	73	84	51	62	31	10	0	2	2	4	37	54
Khapi	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	3	55	11	25	12	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	34	62	51	45	30	6	0	0	0	0	1	8
Cebollullo	1	6	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	5	49	17	31	17	0	0	0	0	0	1	2
DÉFICIT DE RIEGO, ESCENARIO LINEA BASE												
Canal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canal 3	30	62	23	29	3	0	0	0	0	0	1	3
Canal 4-5	51	72	35	44	12	0	0	0	0	0	4	20
Khapi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chañurani	1	12	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Challasirca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Granja	4	29	29	25	9	0	0	0	0	0	0	1
Cebollullo	1	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Tahuapalca	2	41	10	26	8	0	0	0	0	0	0	2

Fuente: Molina & Cruz, 2011

El escenario más probable (o más realista) de oferta de agua podría resultar de una combinación de los escenarios climáticos EMP y EGR. Es decir, la oferta de cuenca se iría incrementando con el tiempo a medida que aumente la temperatura y se reduzca la masa glaciar. En un tiempo no determinado, el caudal que escurre del glaciar alcanzaría un valor máximo y la oferta empezaría a decrecer hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio, representado aproximadamente por el escenario EGR. Cabe aclarar que el glaciar no puede reducirse más allá de un valor límite, definido por el área y volumen por encima de la línea de equilibrio, que en el caso del glaciar Illimani se encuentra a los 5.400 m.

c. Escenarios de acuerdos y convenios futuros en la gestión del agua

Actualmente, son comunes los acuerdos entre comunidades pertenecientes a un solo sistema de riego, en época seca. Haciendo un análisis sobre las consecuencias que tendría un mayor o menor déficit de agua sobre los acuerdos y convenios de las comunidades, la figura 25 introduce posibles escenarios futuros.

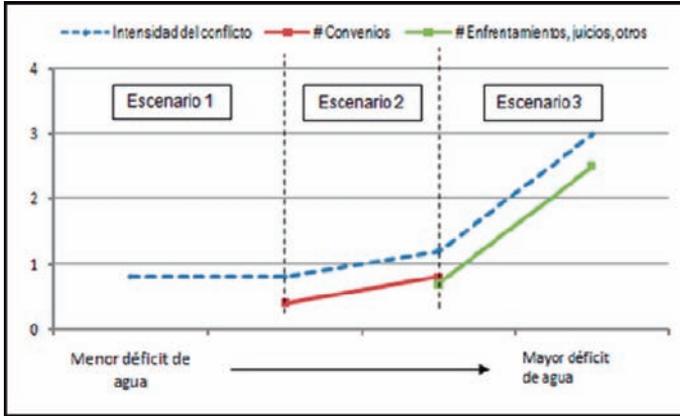
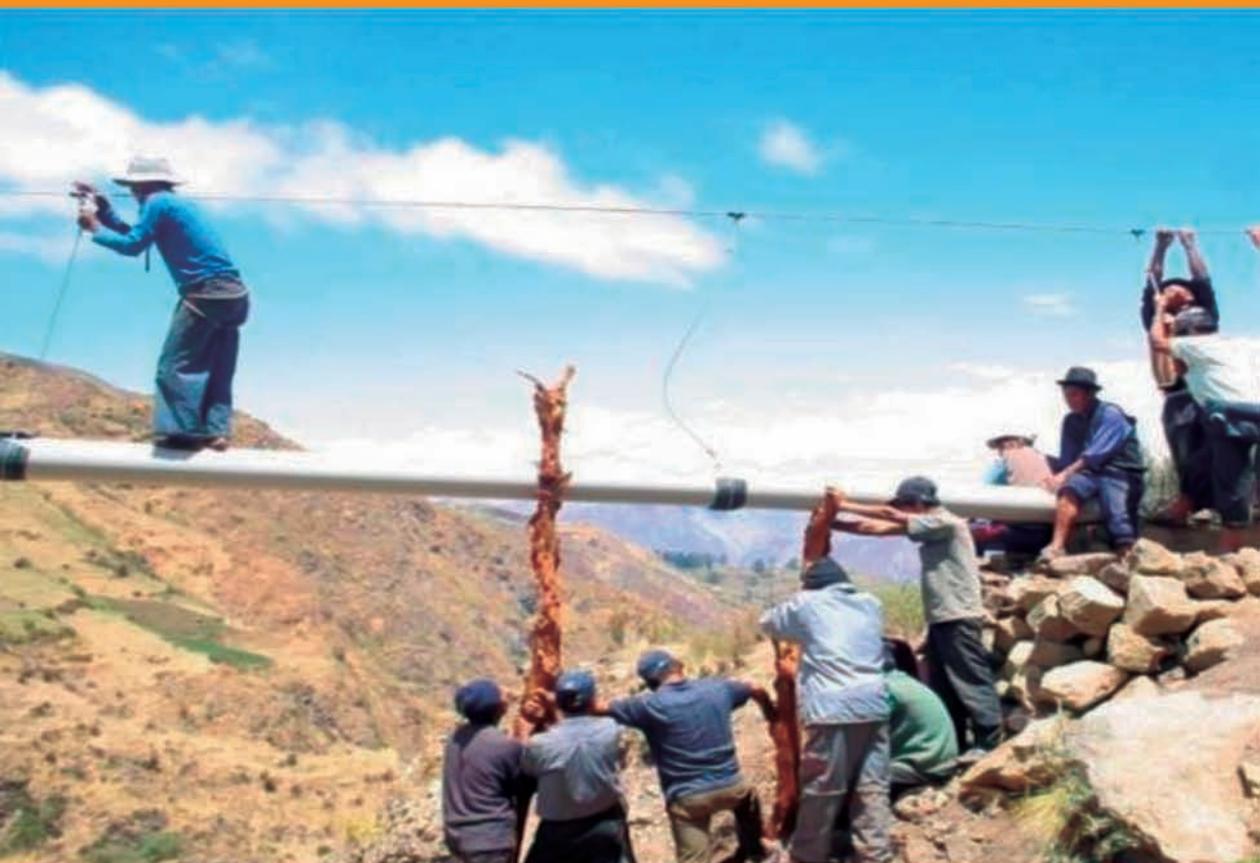


Figura 25: Representación esquemática de la situación de conflictos, convenios y enfrentamientos en relación al déficit de agua
(Fuente: Villarroel et. al., 2011)

Si el déficit no sobrepasa el Escenario 2, la flexibilidad de las normas consuetudinarias de gestión será suficiente para adaptarse. Si se llegara a un nivel de déficit que mueva al Escenario 3, las estrategias de adaptación podrían considerar dos aspectos; por un lado las formas de aumentar aún más la flexibilidad de las normas de gestión del agua y por otro, las intervenciones en el campo de adaptaciones tecnológicas para disminuir el déficit.

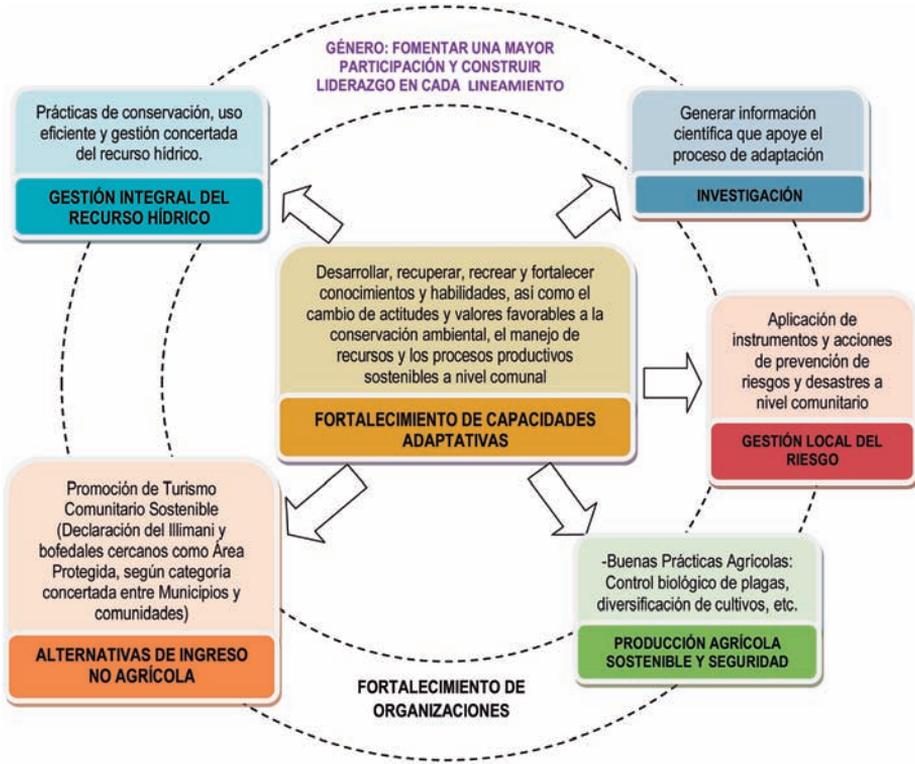
En síntesis, se puede inferir que para los dos primeros escenarios (EMP y EFH), el impacto del aumento de la temperatura será atenuado por el incremento de la precipitación, por lo que la disponibilidad de agua en la cuenca no se verá afectada en gran medida, e incluso la oferta podrá satisfacer la demanda de riego durante todo el año en algunos sistemas, ante este escenario se esperaría una gestión concertada del agua sin mayores conflictos entre los usuarios. Sin embargo, se debe considerar que todavía existe mucha incertidumbre en los datos de los modelos climáticos, sobre todo en lo que respecta a precipitación para la región, es por eso que se ha simulado el efecto de un retroceso acelerado del glaciar, que claramente muestra un escenario más crítico con un incremento del 13% en el déficit de agua para riego, por lo que a futuro las comunidades podrían estar sujetas a un escenario más conflictivo como el número 3, por un periodo de tiempo indefinido. Por esta razón, es necesario adoptar medidas proactivas ante tal incertidumbre.



LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS DE ADAPTACIÓN

1. LINEAMIENTOS DE LA ESTRATEGIA

En base al análisis de las distintas vulnerabilidades que presentan las comunidades en la microcuenca del río Sajhuaya y en conjunto con las mismas, se han establecido los siguientes lineamientos estratégicos:



Por el estrecho vínculo de las comunidades con el mercado y su dependencia del recurso hídrico para el riego, la estrategia considera medidas que garanticen su seguridad alimentaria e hídrica bajo el enfoque de Gestión Integral y Concertada del Recurso Hídrico teniendo como unidad de planificación a la cuenca. Una gestión integral y concertada, que tome en cuenta los diferentes usos y necesidades de los usuarios, puede disminuir posibles conflictos de mayor escala entre las comunidades, así como reducir los riesgos relacionados a eventos climáticos extremos como la sequía o inundaciones.

Otro factor considerado en la estrategia es la Producción Agrícola Sostenible y Seguridad Alimentaria, esto debido a que la producción actual muestra ser altamente sensible a los cambios en las condiciones climáticas y sus prácticas tienden a ser insostenibles a largo plazo. Por eso se propone reincorporar y/o fomentar un manejo más sostenible de los recursos aplicando Buenas Prácticas Agrícolas, promoviendo la diversificación de la producción. Pero además se sugiere el desarrollo del turismo comunitario a manera de prescindir de la producción agrícola como único ingreso económico. El contar con alternativas frente a los cambios que se producen hace que las comunidades tengan mayores oportunidades y capacidades de responder favorablemente, ayudándoles a ser resilientes. Esto además puede fortalecer a la cuenca como un sistema sostenible.

Como alternativa de diversificación económica, y en vista de la presencia de actividades de trekking y montañismo en el Illimani, se plantea la promoción del turismo sostenible en la cuenca. Debido a que no se cuenta con una regulación específica para controlar el desarrollo de dicha actividad y considerando a su vez los impactos ambientales de la actividad minera cercana a la cuenca, (degradación y contaminación de recursos) se propone la declaración del nevado Illimani y los bofedales cercanos como Área Protegida Departamental, debido a su ubicación entre dos municipios: el Municipio de Palca y el Municipio de Irupana.

Esta declaración, implicaría la protección y conservación de los recursos naturales, una revalorización natural y cultural de la montaña al representar un emblema no sólo departamental sino también nacional, así como el aporte de beneficios a las comunidades en materia económica por el involucramiento en la actividad turística y en términos de conservación de sus medios de subsistencia (Avejera, 2011).

Para esto, se propone considerar las categorías de: Parque Nacional o Departamental, Monumento Natural Departamental, o bien Área Natural de Manejo Integrado, todas presentes en el Reglamento General de Áreas Protegidas. Tanto la definición de la categoría como la delimitación del área tomada en cuenta para su declaración, deben concertarse entre las comunidades y los municipios, de manera que, en conjunto con la Gobernación del Departamento de La Paz, sea posible llegar a un acuerdo que se enfoque en la conservación de los recursos involucrados y permitan el desarrollo sostenible de las actividades que se realicen.

La investigación es también parte fundamental de la propuesta, tomando en cuenta que en la actualidad una de las necesidades más importantes para la planificación de la adaptación es contar con información actualizada, robusta y organizada que pueda orientar acciones hacia escenarios probables. Y esto no sólo en la investigación del clima, sino también en la generación de conocimiento acerca de los atributos de ciertas especies para resistir los cambios, así como la recuperación de los saberes ancestrales en las comunidades para el manejo del riesgo.

El enfoque de género es considerado un eje transversal a todos los lineamientos estratégicos para la adaptación, dado que las mujeres juegan un rol importante en el manejo de los recursos en la microcuenca, pero su participación en los procesos de toma de decisión y liderazgo es bastante limitado. Es importante introducir distintos mecanismos dentro de cada línea de acción que tomen en cuenta a las mujeres como grupo vulnerable clave y coadyuven en el proceso de empoderamiento de las mismas.

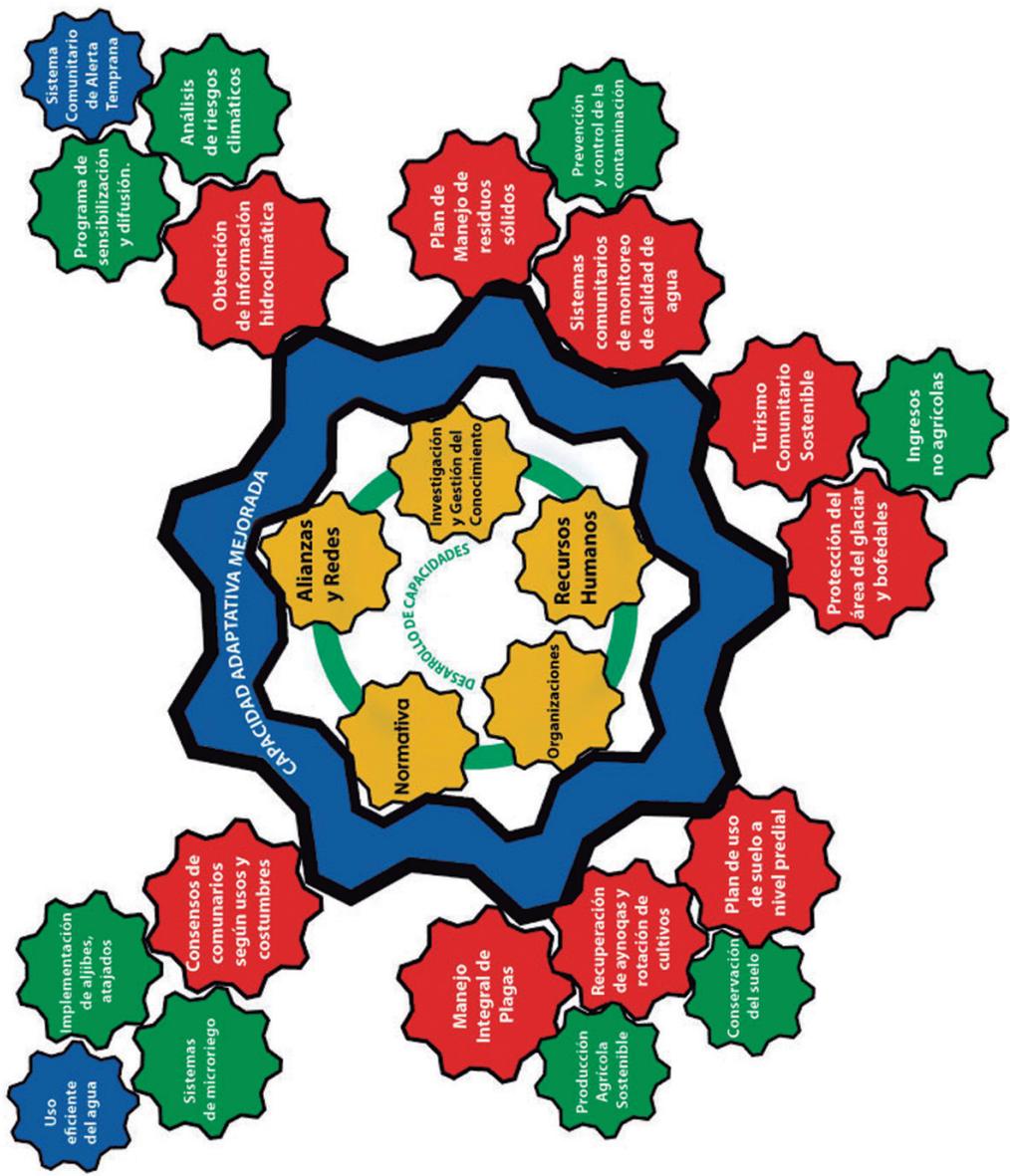
Otro eje transversal es el fortalecimiento de las organizaciones sociales dentro de la microcuenca. Se ha visto que uno de los mayores factores de vulnerabilidad en dichas comunidades se relaciona a la desarticulación de sus organizaciones, producto quizás de la voluntad fluctuante de los que asumen los cargos en la comunidad. Lo cierto es que se necesita mejorar su capacidad de organización y valoración de la misma para que las medidas de adaptación puedan ser efectivas; es a partir de una organización fortalecida que los lineamientos de la estrategia podrán sostenerse en el tiempo.

Por último pero no menos importante, el fortalecimiento de capacidades adaptativas implica un proceso que comienza con la voluntad de los interesados (recursos humanos) para indagar, generar, recuperar conocimientos y prácticas (investigación), articulándolos a partir de sus organizaciones y redes de trabajo o cooperación (alianzas), además de establecer reglas de gestión (normativa) aunando así esfuerzos y preparándose de forma colectiva e integral, ante cualquier efecto presente y futuro del cambio climático.

Para que la Estrategia pueda mantenerse en el tiempo, es de suma importancia que las líneas de acción previamente descritas, sean valoradas y apropiadas por las comunidades. Además, se debe tener en cuenta que se seguirán presentando cambios en el transcurso de la implementación de la Estrategia, por lo que se recomienda adecuar las líneas de acción a dichos cambios si se diera el caso.

Finalmente, estos lineamientos hacen relación a seis dimensiones que funcionan mejor si se activa integralmente el fortalecimiento de capacidades adaptativas como articulador y facilitador, lo que podría entenderse análogamente como una serie de engranajes y rodamientos que se impulsan unos a otros y generan un movimiento y avance sinérgico, este avance sinérgico vendría a ser el proceso de adaptación.

En la siguiente página se muestra un esquema que orienta cómo podría dirigirse la estrategia.



2. ROLES DE ACTORES

Los actores involucrados y sus roles, se han ido definiendo primeramente dentro de la Estrategia local de adaptación al cambio climático en comunidades afectadas por el retroceso del glaciar Mururata, ubicada también dentro del Municipio de Palca. Luego de una revisión, estos mismos han sido complementados y adecuados al contexto de la presente Estrategia.

Cabe resaltar que son las comunidades, desde sus organizaciones, las que deben asumir el rol principal, comprometiéndose no sólo en la elaboración de la propuesta sino también participando activamente y haciendo seguimiento en su implementación para hacerla efectiva.

Asimismo, se debe procurar una relación colaborativa entre comunidades, gobierno (desde sus diferentes ámbitos: local, regional y nacional), comunidad científica, cooperación internacional y el sector privado, que encamine las distintas acciones y posibilite mejores aptitudes dentro de las comunidades para contrarrestar los impactos actuales y futuros del cambio climático.

Rol de comunidades y organizaciones de pequeños agricultores

- Participación activa en la gestión de obras piloto y proyectos en sus diferentes etapas (pre inversión, inversión y post ejecución)
- Registrar sistemáticamente la información climática local y elaborar un Sistema de Alerta Temprana Local acorde a los riesgos más frecuentes.
- Fortalecimiento de organizaciones sociales a través de la consolidación de sus funciones y responsabilidades.
- Ejercer control social en la implementación de políticas y estrategias de adaptación.
- Reconocimiento, sensibilización y diferenciación de los problemas; asimismo participación conjunta y colaborativa para enfrentar los impactos del presente y poder hacer frente a los efectos futuros (planes de vida adaptativos).
- Experimentación e innovación autónoma (prácticas agrícolas sencillas y accesibles haciendo uso de material local).

Rol del Gobierno Municipal

- Implementar programas o proyectos con enfoque de prevención-reducción de riesgos y un Sistema de Alerta Temprana en el Municipio.
- Designar recursos para la implementación de medidas de adaptación (ej.: en planificación operativa anual y/o Planes de Desarrollo Municipales).
- Coordinar, conducir y supervisar la implementación de las estrategias locales de adaptación al cambio climático y global.
- Promover iniciativas locales que permitan desarrollar la capacidad adaptativa tanto de hombres como mujeres.

Rol de la Academia e Instituciones Científicas

- Buscar formas creativas de integrar la riqueza de los conocimientos locales con el conocimiento científico, así como facilitar la difusión de los resultados relevantes con los usuarios locales más afectados (que exista un flujo de doble vía en la difusión de conocimientos).
- Retomar prioridades de investigación identificadas en base a las necesidades locales de las poblaciones rurales, urbanas, y las naciones y pueblos indígenas.
- Fomentar la inserción de jóvenes de las comunidades en niveles de educación superior y formación de capacidades técnicas.
- Compartir con comunidades sus necesidades, problemas e interrogantes, para juntos responderlas a través de investigación-acción participativa.

Rol de entidades públicas encargadas de la gestión del agua

- Formular e implementar políticas sobre los recursos hídricos y la relación con usos sectoriales (agricultura, energía, salud) aplicando un enfoque de adaptación al cambio climático.
- Promover la gestión integrada de recursos hídricos con enfoque de riesgos y tomando en cuenta variables de cambio climático a través de planes, programas y proyectos.
- Generar, articular, homogeneizar y difundir información hidroclimática.
- Garantizar la calidad del agua.
- Asegurar equidad en acceso y derechos de agua para hombres y mujeres.
- Las instituciones públicas también deben retomar prioridades de investigación identificadas en base a las necesidades locales de las poblaciones rurales y urbanas.

Rol del Gobierno Nacional

- Incidir en los mecanismos internacionales de negociación para que los países desarrollados se comprometan a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero, estableciendo metas fijas, destinen fondos para la adaptación de los países menos desarrollados y colaboren en la transferencia de tecnología e información.
- Generar una política nacional de adaptación en conjunto con miembros de la sociedad civil, organizaciones sociales, pueblos y naciones indígenas originarias campesinas, así como los gobiernos departamentales y municipales.
- Promover tanto la investigación científica, como el conocimiento de los pueblos y naciones indígenas, articulándolos como herramientas para la adaptación al cambio climático, y a su vez facilitar el acceso público a esta información.
- Integrar la información climática generada en el país e incentivar su actualización constante.
- Desarrollar y fortalecer la normatividad y mecanismos de adaptación internos.
- Institucionalizar espacios de concertación (plataformas multidisciplinares) para la toma de decisiones en adaptación.
- Articular y homogeneizar la información de riesgos en un Sistema Nacional de Alerta Temprana.
- Designar recursos económicos para la adaptación y gestión de riesgos.

Rol de Cooperación Internacional y Proyectos de Desarrollo

- Apoyo al fortalecimiento de capacidades de gobiernos locales, regionales y comunidades (técnicas, gestión de conflictos, gestión de riesgos, investigación, equidad de género)
- Sensibilizar a autoridades a través de intercambio de experiencias exitosas (por ej. Yapuchiris).
- Facilitar la integración entre información climática y diseño de políticas públicas.
- Acompañamiento y cofinanciamiento de proyectos de adaptación, que puedan dar lineamientos a gobiernos regionales y/o locales para la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático y global.

- Promover la investigación y apoyo de transferencia de tecnología e información.

Rol del Sector Privado

- Se requiere buscar asociaciones creativas en apoyo a procesos de adaptación.
- Aportar experiencia, soluciones y recursos técnicos para la adaptación (desarrollo y transferencia de tecnología).
- Desarrollar capacidad para proporcionar servicios y acompañamiento a la implementación de medidas de adaptación al cambio climático y global.

Finalmente, se espera que los distintos actores previamente mencionados no sólo asuman los roles recomendados sino que busquen reunir esfuerzos a partir de redes de trabajo, para de esta manera orientar a los pobladores de la microcuenca Sajhuaya con información científica, técnica y práctica, además de proveer de marcos políticos, regulatorios y financieros que promuevan su adaptación a los efectos del cambio climático.

3. SOLUCIONES ENTORNO A LA VULNERABILIDAD POR LINEAMIENTO ESTRATÉGICO

A continuación, los siguientes cuadros indican los factores y el grado de vulnerabilidad identificados en la microcuenca, y proponen algunas medidas puntuales de adaptación en el marco de los lineamientos de la estrategia (producción agrícola, gestión del recurso hídrico, desarrollo de capacidades, etc.).

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: BUENAS PRACTICAS AGRÍCOLAS				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
-Incremento de temperatura los últimos 30 años aprox. -Acceso al Mercado. - Actualmente una mayor disponibilidad de agua. -Incremento de 1,9 °C al año 2050 bajo el escenario B1, poco probable en el estado de las negociaciones internacionales, por lo que se espera mucho más. - En un escenario de reducción del glaciarse podría esperar un incremento del déficit hídrico para riego en la microcuenca.	- Sistema productivo intensivo con tendencia al monocultivo	-Mayor demanda de riego en los cultivos	Alto	Diversificación de la producción Mantenimiento de archivos de producción	-Fomentar la aplicación de sistemas agroforestales según las características de cada piso -Elaboración de un registro de la producción y los costos que les permita evaluar la rentabilidad de las prácticas actuales así como de las que se incorporen.	-Todas las comunidades	Las comunidades de aquí a 30 años seguirán siendo predominantemente agrícolas.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: BUENAS PRACTICAS AGRÍCOLAS				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
-Incremento de temperatura los últimos 30 años aprox. -Se estima un incremento de aprox. 1.9 °C al año 2050 bajo el escenario B1, poco probable en el estado de las negociaciones internacionales, por lo que se espera mucho más.	-Surgimiento de nuevas plagas y aumento de las existentes (mayor resistencia a aplicación de plaguicidas)	- Incremento en la aplicación de plaguicidas tóxicos	Alto	Manejo Integral de Plagas (MIP)	-Promover el uso de insecticidas orgánicos y el control biológico. - Fomentar la disminución en el uso de plaguicidas altamente tóxicos. -Aplicar los plaguicidas bajo condiciones seguras (vestimenta adecuada, lectura de las etiquetas para su correcta aplicación, lavado de manos y cuerpo, etc.) - Almacenarlos de forma segura (por ej.: lugares secos y bien aireados, con estantes de madera o metal. - Establecer un lugar para la disposición final de los recipientes de plaguicidas (por ej.: enterrar los recipientes en un área dispuesta para eso)	Todas las comunidades	-Existe interés de los pobladores en capacitarse para el manejo de plagas y el uso de insecticidas orgánicos - El Gobierno Municipal de Palca promueve el MIP a través de las Escuelas de Manejo de Plagas. -Existe interés de los pobladores en capacitarse para el manejo de plagas y el uso de insecticidas orgánicos - El Gobierno Municipal de Palca promueve el MIP a través de las Escuelas de Manejo de Plagas.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA						
ENFOQUE: BUENAS PRACTICAS AGRÍCOLAS						
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			Técnicas y acciones			
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
Eventos climáticos extremos como granizo y helada en la parte alta. -Periodos de sequía más prolongados	-Pérdidas de producción agrícola	- Uso de ahorros o migración temporal por trabajo	Alto	Recuperación de variedades	- Parte baja: Cebollillo y Tahuapalca Todas las comunidades	Las comunidades llegan a tener acceso a mercados alternativos que valoran la producción diversificada, orgánica y de precio justo.
- Mayor acceso al mercado vía articulación caminera	-Reducción de la fertilidad de los suelos	-Mayor aplicación de fertilizantes químicos.	Alto	Conservación de suelos	Aynoqas : Parte alta (Khapi) Rotación: Todas las comunidades Todas las comunidades	- Las prácticas ancestrales se recuperan y son trasmitidas a las nuevas generaciones. - Las comunidades Están predispuestas a aplicarlos, gracias a las experiencias de los talleres.
-Incremento de temperatura los últimos 30 años. -Expansión de las áreas de cultivo.	Características geográficas limitantes para una mayor expansión del cultivo.	-Parcelamiento excesivo de las áreas de cultivo	Alto	Ordenamiento Territorial a nivel Comunitario	Todas las comunidades	-Los agricultores reconocen la necesidad de planificar el uso de sus parcelas.

GESTIÓN INTEGRAL Y CONCERTADA DEL RECURSO HÍDRICO

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: CONSERVACIÓN, TECNOLOGÍA APROPIADA Y CONCERTACIÓN				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
-Actualmente una mayor oferta de agua -Deslizamientos y derrumbes más frecuentes	Erosión hídrica y formación de cárcavas	Mínima capacidad técnica para prevención y respuesta ante riesgos climáticos.	Media	Conservación de agua y suelo	-Implementación de zanjas de infiltración en áreas de pastos y frutales -Control de cárcavas: recuperación de suelos con material local (por ej. : peñas, palos, piedras) -Construir barreras vivas, con árboles frutales u otros adecuados para cada comunidad	Parte media y baja de la cuenca: Challasirca, Cebollullo, Chañurani, Cachapaya, Tahuapalca, La Granja Parte alta: Khapi. Parte baja: Tahuapalca y La Granja Parte alta y media: Khapi, Challasirca	-Las medidas se incluyen en las estrategias del Plan de Desarrollo Municipal de Palca. -Las comunidades están organizadas y dispuestas a poner de su tiempo para realizar estas medidas.
- El retroceso del glaciar y los cambios en la precipitación podrían inferir en la capacidad de recarga en el bofedal -Sobrepastoreo	-Uso de ganado inapropiado para el bofedal - Uso como campamento base para turistas	Disminución del conocimiento y prácticas de manejo sostenible de bofedales.	Alta		-Elaborar un Plan de conservación y manejo de bofedales (ojos de agua)	Parte alta: Pinaya, Khapi y Jalancha	El Gobierno Municipal crea la Unidad o Dirección de Medio Ambiente en su próximo PDM y ésta se encarga de elaborar el plan de manejo y conservación de bofedales

GESTIÓN INTEGRAL Y CONCERTADA DEL RECURSO HÍDRICO							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: CONSERVACIÓN, TECNOLOGÍA APROPIADA Y CONCERTACIÓN				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
<p>-Incremento de temperaturas los últimos 30 años.</p> <p>-Periodos de lluvia más cortos e intensos</p> <p>- Se estima un incremento de aprox. 1.9 °C al año 2050 bajo el escenario B1, poco probable en el estado de las negociaciones internacionales, por lo que se espera mucho más.</p> <p>- Se estima una reducción de la precipitación entre 10-30% para el año 2050, bajo el escenario B, en los meses de julio, agosto y septiembre (época ceca)</p> <p>– En un escenario de reducción del glaciar se podría esperar un incremento del déficit hídrico para riego en la microcuenca.</p>	<p>-Mayor demanda de riego</p>	<p>-Las comunidades sólo tienen algunos tanques de almacenamiento de agua para consumo y no para riego.</p> <p>-Aplicación del riego mayor a la requerida por los cultivos.</p> <p>-Tramos en malas condiciones para la conducción eficiente del agua</p>	Alta	<p>Tecnologías para la captación y almacenamiento de agua</p> <p>Tecnologías para el uso eficiente del agua en riego.</p>	<p>-Construcción de obras de almacenamiento de agua para la reserva de agua en época seca</p> <p>-Implementación de aljibes</p> <p>-Elaborar manuales de uso y mantenimiento de las obras</p> <p>- Protección de obras de toma con gaviones</p> <p>-Implementación de técnicas de micro riego (riego por goteo, aspersión)</p> <p>-Controles de avenidas en zonas críticas de las estructuras de riego (canales) que no impidan la recarga de vertientes y el caudal ecológico</p> <p>- Construcción de disipadores de energía</p>	<p>Depende de las características requeridas para su construcción (Khapi y La Granja tienen uno atajados, mientras que Cebollullo tiene aljibes)</p> <p>Todas las comunidades</p>	<p>El Municipio de Palca continúa considerando como estrategia fundamental para el desarrollo económico local productivo, la construcción y el mejoramiento de sistemas de riego y almacenamiento de agua.</p>

GESTIÓN INTEGRAL Y CONCERTADA DEL RECURSO HÍDRICO							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: CONSERVACIÓN, TECNOLOGÍA APROPIADA Y CONCERTACIÓN				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
<p>-Incremento de temperaturas los últimos 30 años.</p> <p>-Periodos de lluvia más cortos e intensos</p> <p>-El río Sajhuaya suele ser utilizado como espacio para la disposición final de residuos sólidos (especialmente botellas PET).</p>	<p>-Calidad de agua no apta para consumo humano</p>	<p>Infraestructura básica para el abastecimiento de agua para consumo.</p> <p>No se cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>Media</p>	<p>Prevención y control de la contaminación del agua</p>	<p>- Elaborar e implementar un plan de manejo de residuos sólidos, asegurando la disposición final de los mismos.</p> <p>-Establecer sistemas de monitoreo comunitario de calidad de agua</p> <p>-Incorporar letrinas ecológicas.</p> <p>-Educar a las comunidades respecto al mantenimiento y control de los sistemas sanitarios.</p>	<p>Todas las comunidades</p>	<p>El Municipio de Palca da continuidad a su Plan de Acción Ambiental para elaborar el plan de Gestión de Residuos Sólidos y la construcción de un relleno sanitario.</p> <p>-Las comunidades se organizan para hacer efectivo el sistema de monitoreo y reciben apoyo del Municipio y/o instituciones no gubernamentales para su implementación.</p> <p>-Las comunidades reciben financiamiento del Municipio y/u instituciones gubernamentales para la implementación de proyectos sanitarios.</p>

GESTIÓN INTEGRAL Y CONCERTADA DEL RECURSO HÍDRICO							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: CONSERVACIÓN, TECNOLOGÍA APROPIADA Y CONCERTACIÓN				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
<p>- En un escenario de reducción del glaciar se podría esperar un incremento del déficit hídrico para riego en la microcuenca.</p> <p>-Incremento de temperaturas los últimos 30 años. Alcanzando más del 1,9 °C el año 2050.</p>	<p>-El incremento de la temperatura podría provocar mayor evapo-transpiración de los cultivos.</p>	<p>-Tendencia a la complejización de las normas</p> <p>-Cambios en las relaciones de poder, que favorecen a las comunidades de la parte alta</p>	Alto	Prevenición y manejo del conflicto	<p>-Promover alianzas y acuerdos entre comunidades de la parte alta y baja de la cuenca para garantizar el acceso y aprovechamiento concertado de fuentes de agua.</p> <p>-Favorecer procesos de diálogo entre las comunidades.</p> <p>-Informar a las comunidades sobre las leyes que rigen el sector de agua y riego, además de promover la inscripción de sus derechos de riego para que estén garantizados.</p>	Todas las comunidades	<p>Las relaciones de parentesco entre los pobladores de las distintas comunidades facilita el proceso de diálogo y gestión concertada del agua.</p> <p>-Se mantiene vigente la Ley N° 2878 de Promoción y Apoyo al sector riego para la producción agrícola y forestal -Se aprueba la nueva ley de aguas.</p>

FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES ADAPTATIVAS ENFOQUE: FORTALECIMIENTO ORGANIZACIONAL, REDES DE TRABAJO Y CAPACITACIÓN						
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			Técnica o acción			
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medida de Adaptación	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
Incremento de temperaturas los últimos 30 años. Alcanzando más del 1.9 °C el año 2050.	-Depreciación del conocimiento local en manejo del riesgo -Organizaciones comunales débiles y desarticuladas	Capacidades limitadas de hombres y mujeres para afrontar los cambios	Alto	Capacitación técnica	-Impulsar la formación de Escuelas de manejo de plagas -Formación de Operadores del Sistema de Alerta Temprana Comunitario -Talleres de intercambios de experiencias con otras comunidades -Potenciar el nivel académico y técnico de los jóvenes en las comunidades a partir de alianzas estratégicas con Universidades e instituciones técnicas. -Formación de Promotores turísticos -Capacitación a las comunidades sobre Ley de Municipalidades y sus derechos de participación en la planificación municipal	El Municipio de Palca incluye estas Escuelas como una de las medidas de apoyo al desarrollo económico local - Los distintos municipios coordinan para compartir experiencias exitosas. - El Sistema de Alerta Temprana Comunitario se encuentra incluido en el POA del Municipio - La mayoría de los jóvenes en las comunidades completan sus estudios secundarios - La zona del Illimani continúa siendo un atractivo turístico de aquí a 30 años. -Existe voluntad de las comunidades para trabajar en conjunto como microcuencia. -Las mujeres demuestran mayor interés por desarrollar sus capacidades y tomar posición dentro de la comunidad
-Periodos de lluvia más cortos e intensos. - Eventos climáticos extremos (granizo, helada, sequía prolongada)	- Baja capacidad organizativa de las mujeres					

FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES ADAPTATIVAS							
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: FORTALECIMIENTO ORGANIZACIONAL, REDES DE TRABAJO Y CAPACITACIÓN				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medida de Adaptación	Técnica o acción	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
<p>Incremento de temperaturas los últimos 30 años. Alcanzando más del 1.9 °C el año 2050.</p> <p>-Periodos de lluvia más cortos e intensos.</p> <p>- Eventos climáticos extremos (granizo, helada, sequía prolongada)</p>	<p>-Depreciación del conocimiento local en manejo del riesgo</p> <p>-Organizaciones comunales débiles y desarticuladas</p> <p>- Baja capacidad organizativa de las mujeres</p>	<p>Capacidades limitadas de hombres y mujeres para afrontar los cambios</p>	<p>Alto</p>	<p>Forjar redes y alianzas estratégicas: Integración de conocimientos y sinergia de acciones para la adaptación.</p>	<p>Promover la formación de asociaciones o cooperativas de productores y productoras agrícolas con paridad participativa.</p>	<p>Las organizaciones comunales, centros de investigación y cooperación, Municipio de Palca</p>	<p>-Existe un compromiso serio desde el Gobierno Municipal de Palca para promover la participación de las mujeres en las actividades económicas.</p> <p>Existe un interés y predisposición por parte del Gobierno Municipal, universidades, Cooperación Internacional, Organizaciones Sociales y entidades de investigación para intercambiar información y conformar redes.</p>

GESTION LOCAL DEL RIESGO						
ENFOQUE: SISTEMA COMUNITARIO DE ALERTA TEMPRANA						
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			Zona/comunidad donde se aplica			
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Grado de vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Supuestos
Riesgos de: - Granizo (parte alta) - Heladas (parte alta) - Periodos de lluvia más cortos e intensos.	Riadas [mazamorras] (en la mayoría de las comunidades) Deslizamientos y derrumbes.	En la parte alta de la cuenca todavía se hace uso de bioindicadores para prevenir los riesgos. Por el mes de noviembre se practica el ritual del "despacho del granizo". Se realiza una limpieza de canales (larqa picha) para evitar la acumulación de sedimentos.	Media	Análisis del riesgo Monitoreo y vigilancia Sistemas de comunicación	-Validar la información obtenida en los mapas de percepción de riesgos, elaborados dentro del proyecto de forma participativa con las comunidades. -Formar grupos dentro de las comunidades encargados de las mediciones y capacitarlos (operadores). -Realizar mediciones de aforo de caudales y lectura de estaciones meteorológicas. -Elaborar pronósticos que combinen el saber local con el científico. -Creación de un programa de sensibilización y difusión de información climática y de riesgos en las comunidades. - Establecer una red de transmisión de información a través de celular (envío de SMS). -Construcción de un sistema de alerta temprana para riadas. -Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones. -Construcción de un sistema de alerta temprana para riadas. -Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones. -Uso de técnicas locales	-Los constantes riesgos a los que se someten las comunidades hacen que éstas se encuentren interesadas en implementar el Sistema de Alerta Temprana Comunitario. -El SENAMHI colabora con la adquisición e instalación de estaciones meteorológicas en la microcuena. -Existe una emisora radial que puede facilitar la difusión del programa. - Las empresas de telefonía móvil se encuentran dispuestas a formar convenios con el Municipio para la transmisión de información climática vía sms. - Las comunidades se organizan y coordinan con las instancias pertinentes para la construcción del sistema. -Se cuenta con información pertinente y en constante actualización tanto para el Sistema de Alerta Temprana como para el Plan de Emergencia. -El uso de técnicas locales como los petardos no incide de manera

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD				GESTIÓN LOCAL DEL RIESGO			
ENFOQUE: SISTEMA COMUNITARIO DE ALERTA TEMPRANA							
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Grado de vulnerabilidad	Medidas de Adaptación	Técnicas y acciones	Zona/comunidad donde se aplica	Supuestos
Riesgos de: - Granizo (parte alta) - Heladas (parte alta) - Periodos de lluvia más cortos e intensos.	Riadas [mazamorras] (en la mayoría de las comunidades) Deslizamientos y derrumbes	En la parte alta de la cuenca todavía se hace uso de bioindicadores para prevenir los riesgos. Por el mes de noviembre se practica el ritual del “despacho del granizo”.	Media	Prevención y respuesta	-Plantear una Estrategia de Seguridad Alimentaria donde se incluyan acciones como el Almacenaje de alimentos para periodos de sequía o escasez de alimentos. (petardos) para la prevención de granizo; limpieza de canales para evitar mazamorras	Todas las comunidades	significativa en la modificación del clima -Se destinan fondos en los distintos niveles de gobierno para la prevención y respuesta ante riesgos climáticos. -La producción de las parcelas llega a cubrir la venta en el mercado y un excedente puede ser almacenado como prevención - Existe una buena relación de cooperación entre instituciones públicas y privadas. -El Estado, consciente de la vulnerabilidad de los sistemas productivos al cambio climático, impulsa mecanismos de gestión de riesgos y alerta temprana en el sector agropecuario.
		Se realiza una limpieza de canales (larqa picha) para evitar la acumulación de sedimentos.		Sostenibilidad del sistema	-Formación de un comité organizador entre instituciones gubernamentales e investigativas, organizaciones de la sociedad civil y autoridades locales.		

INVESTIGACIÓN			
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD		ENFOQUE: GENERAR INFORMACIÓN CIENTÍFICA QUE APOYE EL PROCESO DE ADAPTACIÓN	
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad
<p>-Incremento de temperatura los últimos 30 años aprox.</p> <p>- Actualmente una mayor disponibilidad de agua.</p> <p>-Incremento de 1.9 °C al año 2050 bajo el escenario B1, poco probable en el estado de las negociaciones internacionales, por lo que se espera mucho más.</p> <p>- En un escenario de reducción del glaciar se podría esperar un incremento del déficit hídrico para riego en la microcuenca.</p>	<p>Información científica insuficiente y desarticulada</p>	<p>-Baja prioridad al cambio climático y gestión de riesgos</p> <p>-Relaciones distantes entre Gobierno-Instituciones de Investigación científica</p> <p>-Poca capacidad técnica y generación de conocimiento</p>	<p>Alto</p>
		<p>Seguimiento y monitoreo</p>	<p>Medida de Adaptación</p>
		<p>Técnica o actividad</p>	<p>Zona/Comunidad donde se aplica</p>
		<p>-Formar alianzas estratégicas entre el Municipio y la Universidad para el fomento de la investigación científica en la cuenca.</p> <p>-Identificar cambios producidos en los cultivos por efecto del cambio climático u otros factores de estrés hídrico.</p> <p>-Estudiar, analizar y proponer en base a la experiencia, medidas de adaptación para el sector agrícola. -Elaborar escenarios futuros de cambio climático para poder planificar el desarrollo de la cuenca en base a éstos-Obtener información hidroclimática que coadyuve en la construcción del Sistema de Alerta Temprana Comunal</p>	<p>A nivel nacional, departamental y municipal</p>
			<p>Supuestos</p> <p>-Existe buena coordinación entre las instituciones gubernamentales y la Universidad.</p> <p>- Se establecen redes de intercambio de información climática entre las organizaciones de la sociedad civil y el Estado.</p> <p>Los modelos empleados para generar escenarios climáticos son menos inciertos en sus resultados. Se han fortalecido la Red de Observación Meteorológica e Hidrológica en el país.</p>

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD			ENFOQUE: TURISMO COMUNITARIO				
Exposición actual y futura	Sensibilidad	Capacidad Adaptativa	Grado de Vulnerabilidad	Medida de Adaptación	Técnica o actividad	Zona/Comunidad donde se aplica	Supuestos
<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de: <ul style="list-style-type: none"> - Granizo (parte alta) - Heladas (parte alta) - Periodos de lluvia más cortos e intensos. - Riesgos de contaminación hídrica y de suelo por actividades mineras. - Incremento de 1.9 °C al año 2050 bajo el escenario B1, poco probable en el estado de las negociaciones internacionales, por lo que se espera mucho más. - En un escenario de reducción del glaciar se podría esperar un incremento del déficit hídrico para riego en la microcuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Economía campesina centrada en la producción agrícola. - Descuido en el manejo de residuos sólidos en campamentos turísticos que además se asientan en el área de bofedales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de sus ahorros para contrarrestar las pérdidas en la producción - Poco control del flujo turístico en la zona 	Alto	<ul style="list-style-type: none"> - Protección y control - Diversificación de ingresos 	<ul style="list-style-type: none"> -Relocalizar el campamento fuera del área de bofedales -El Plan de Manejo de Residuos Sólidos también debe contemplar el área del campamento turístico -Dotar al área de señalización, para guiar a los turistas hacia los campamentos y al mismo tiempo concientizarlos sobre el retroceso del glaciar y la importancia del ecosistema del lugar. Incentivar la construcción de un Centro de Interpretación Ambiental que informe de manera didáctica sobre las características del lugar, importancia de su conservación y simbología. 	La delimitación debe estar sujeta al consenso entre Municipios y comunidades.	Tanto las comunidades como los Municipios de Palca e Irupana, eventualmente reconocen la importancia de proteger el glaciar y las ventajas económicas en la regulación del flujo turístico (cobro de ingresos al área).

4. ACCIONES PILOTO DE ADAPTACIÓN

Las diferentes obras e infraestructuras mejoradas y rediseñadas para el manejo del agua mejoran la flexibilidad de las operaciones de gestión de recursos hídricos, y aumenta la capacidad de un sistema de protegerse contra los efectos de la variabilidad climática (PNCC, 2007a).

En este sentido, dentro del área de la microcuenca Sajhuaya se ha querido implementar algunas acciones piloto en comunidades como Khapi, Challasirca, Cebollullo, La Granja y Tahuapalca que sirvan de pruebas en la búsqueda de mejores alternativas o respuestas para adaptar la gestión del agua frente a los efectos del cambio climático en las comunidades. Esto bajo un enfoque de actuar-aprender-actuar que permita a los pobladores adquirir conocimientos y destrezas que los preparen para los cambios presentes y futuros en la disponibilidad del agua en la microcuenca.

Se implementaron medidas orientadas a:

a) Facilitar el abastecimiento de agua a través de obras piloto de captación.

b) Mejorar la eficiencia del uso a través de mejoras piloto en la infraestructura de conducción y manejo del recurso.

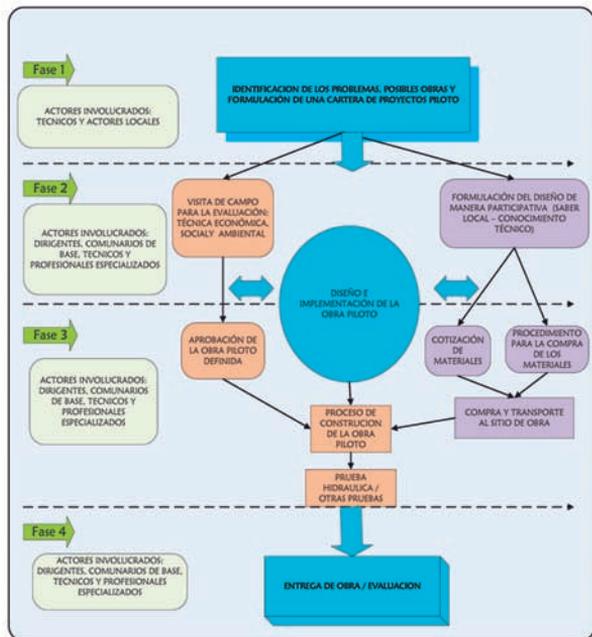


Figura 26: Esquema de la implementación de obras piloto

La participación de las comunarias y comunarios en todo el proceso, desde la definición hasta la ejecución de las obras piloto, fue un elemento clave para asegurar no sólo la apropiación de las medidas sino también para incentivar el desarrollo de sus capacidades.

La figura 26 esquematiza el proceso seguido para la implementación de las obras piloto, visualizando el alto grado de involucramiento de las comunidades, a través de una relación directa con el componente técnico del proyecto. De esta forma, se satisfacen las iniciativas de los comunarios, a la vez que se reduce su vulnerabilidad y se fortalecen sus capacidades técnicas y organizativas.

a. Almacenamiento de agua y su utilización en la producción agrícola

Antecedentes

La Granja es una comunidad de la parte baja de la cuenca. Aunque no está dentro de los límites geográficos de la misma, hace uso del agua proveniente del Sistema Canal Khapi, por lo que es considerada parte de la cuenca social del río Sajhuaya. Durante la época seca, esta comunidad es una de las más afectadas. Los pobladores expresan que los turnos de riego a los que acceden en este periodo, no son suficientes para obtener una buena producción.



ALJIBE EN COMUNIDAD LA GRANJA

La experiencia piloto

En vista de la inquietud de los pobladores por encontrar alguna solución a este problema, y en base a experiencias de cosecha de agua a nivel familiar implementadas en algunas zonas de la región del Chaco Boliviano, se llevó a cabo la implementación de un aljibe, como depósito de agua fabricado con una geomembrana de alta resistencia a las inclemencias del clima. De este tipo de infraestructura, existen distintos modelos con diferentes capacidades de almacenamiento para su compra. En este caso se adquirió un aljibe con capacidad de 20.000 l para cubrir el requerimiento de riego de una parcela de 1200 m².

En este caso, debido a que el sistema de agua potable de la comunidad presentaba excedentes durante la noche los cuales no eran aprovechados por la comunidad, se pensó en hacer un uso eficiente de esta agua y coleccionarla en el aljibe a través de un sistema de conducción. Si bien la construcción no fue hecha por la comunidad, se efectuó un proceso de difusión de información en la misma respecto al mantenimiento y operación del aljibe.

Resultados

La medida puede ser muy útil para almacenar el agua y disponer de la misma en periodos de disminución de la oferta o escasez, a nivel familiar. Puede ser replicable y emplearse en otras zonas con características similares.

b. Implementación de Atajados

Tradicionalmente y por lo general son estanques pequeños, excavados a mano (Tammes et. al. 2000). El almacenamiento de agua en atajados es una técnica que se emplea en áreas áridas y semiáridas, mediante la cual se almacena la escorrentía de la precipitación pluvial, o agua de otras fuentes, en estanques excavados en la tierra, los cuales también pueden ser recubiertos con materiales que impermeabilicen el suelo. El agua luego se utiliza para abrevadero del ganado, riego o uso doméstico, en caso de que las lluvias sean irregulares o durante el periodo de estiaje.

Antecedentes

Producto de la reducción en la masa glaciaria del Illimani, actualmente las comunidades campesinas que viven en sus faldas disponen de una mayor cantidad de agua en época húmeda, lo que ha provocado que las familias introduzcan variedades de cultivos con mayores requerimientos de riego, llegando a incrementarse la demanda de agua en las comunidades. Si bien existe mayor cantidad de agua disponible, se ve necesario el contar con reservorios que les permitan disponer de la misma en periodos donde se presenta una mayor demanda, y que generalmente coincide con la época seca cuando la cantidad disminuye.

La experiencia piloto

Se implementaron atajados en dos comunidades: Khapi (parte alta de la cuenca) y La Granja (parte baja), ambos con una capacidad máxima de almacenamiento de 250m³, de los cuales 183 m³ pueden ser efectivamente aprovechados. Las dimensiones del atajado se muestran en las siguientes figuras:

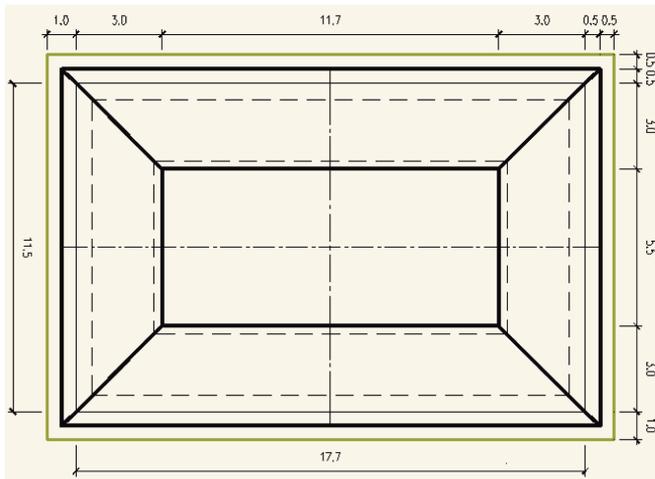


Figura 27. Diseño de planta de los atajados

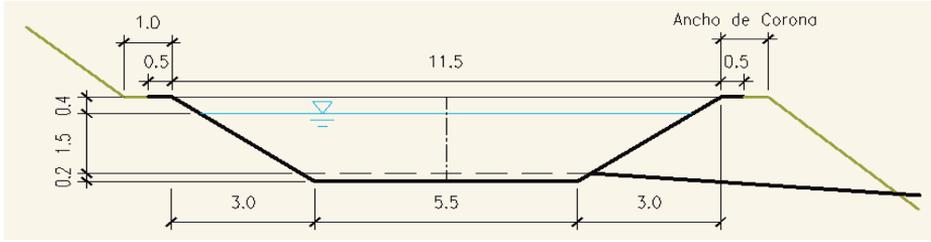


Figura 28. Corte transversal del atajado

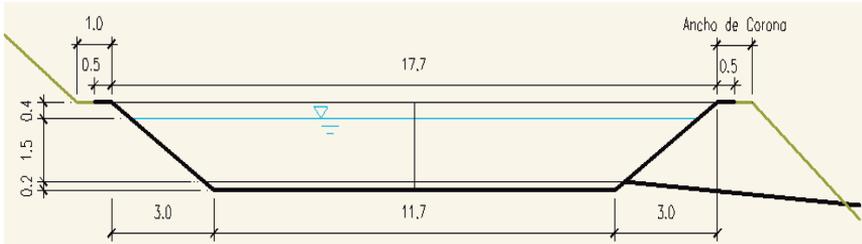


Figura 29. Corte longitudinal del atajado

En el proceso se consideraron aspectos técnicos (diseño, tipo de suelo, fuente de agua y pendiente del terreno) y sociales (ubicación en terrenos de uso común y la necesidad e interés de los comunarios beneficiarios). Es un aspecto vital que las comunidades como usuarias y gestoras del agua, se empoderen no sólo del proceso constructivo de la obra sino también de su operación y posterior mantenimiento para garantizar la sostenibilidad de la misma.

ATAJADO EN LA COMUNIDAD KHAPI

La comunidad de Khapi presenta un clima muy frío y con bastante precipitación durante la temporada de lluvias. Como la construcción del atajado se realizó durante esta época, esta situación generó ciertas dificultades para el trabajo de la comunidad, quienes además se encargaron de preparar la ubicación del atajado de forma manual. En base a esta experiencia se recomienda que este tipo de obras sean ejecutadas pasada la temporada de lluvias, sobretodo cuando el trabajo se realiza manualmente. Todo el proceso de implementación se observa en las fotografías.

**Excavación****Colocado de la geomembrana****Técnicos sellando geomembrana****Atajado**

ATAJADO EN LA COMUNIDAD LA GRANJA

En el caso de la comunidad La Granja, esta dispone solo de 4 días a la semana para regar sus cultivos, contando con los dos sistemas de riego a los que accede. Esto motivó su necesidad e interés en la implementación de esta obra, haciendo que los pobladores se organicen de una manera más dinámica. Además el clima facilitó el trabajo, por ser más templado y seco. Las fotografías abajo muestran el trabajo de la comunidad en el atajado.



Excavación



Técnicos preparando material



Colocado de la geomembrana



Atajado

En esta experiencia piloto, la fuente de agua para ambos atajados se interceptó de una acequia o canal de riego con el que cuentan las comunidades; también se espera captar agua de lluvia de manera directa. Por las características de suelo arcilloso, ambos atajados fueron revestidos con una geomembrana para evitar pérdidas por infiltración y hacer más efectivo el almacenamiento del agua. A partir de esta práctica, otras comunidades pueden observar cómo se ha optimizado el almacenamiento del agua gracias al uso de la geomembrana.

Costos

Cada atajado tuvo un costo de 24.660 Bs. En ambos casos los pobladores contribuyeron con la mano de obra.

Resultados

En La Granja, los comunarios, aprovechando de la experiencia piloto, han comenzado a implementar un sistema de distribución de riego desde el atajado hasta sus parcelas.

c. Mejoramiento de la eficiencia de captación y conducción de canales de riego en las comunidades

IMPLEMENTACIÓN DE UN ACUEDUCTO EN EL PASO DE QUEBRADA DENOMINADO CHUWALLANI, EN LA COMUNIDAD DE KHAPI

Antecedentes

La comunidad de Khapi se ubica en la parte alta de la microcuenca. En esta comunidad, la necesidad de contar con un sistema de riego para sus cultivos ha motivado el ingenio de sus pobladores, quienes han elaborado un paso de quebrada dentro del Sistema canal Khapi, con el apoyo de materiales locales como troncos y callapos de madera.



Paso de quebrada antes

Sin embargo, la obra presentaba problemas en cuanto a la eficiencia de conducción, lo que repercutía en la disponibilidad de agua para la producción agrícola.

La experiencia piloto

Como una respuesta de emergencia y adaptación, se realizó un nuevo diseño (ver figura 30) del paso de quebrada y se cambiaron los materiales rústicos por material más resistente (tuberías plásticas) que mejorara la eficiencia de conducción. La construcción de la obra fue realizada por los comunarios de la zona con supervisión técnica.

Costos

El presupuesto asignado para esta obra fue un total de 42.000 Bs, asignados para tanto para el material como para la contratación de un supervisor.

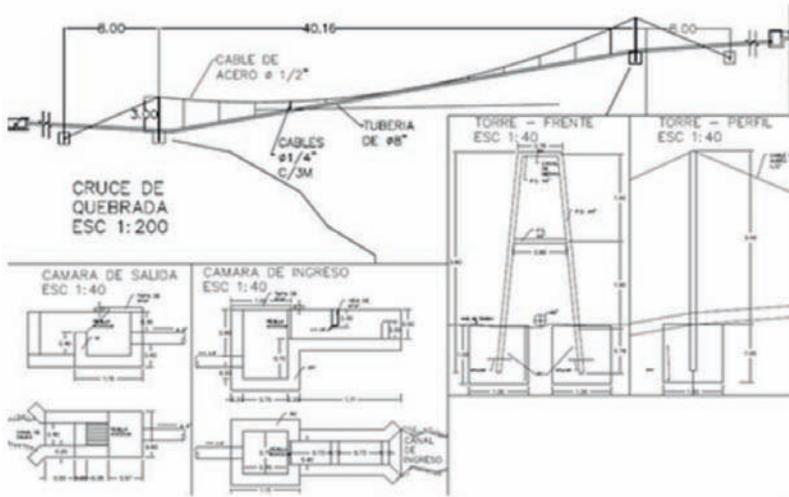


Figura 30.- Diseño del paso de quebrada Chuwallani

Resultados

Para los usuarios del sistema, esta mejora en el paso de quebrada ha significado un incremento en el rendimiento de su producción agrícola, esto debido a que se redujo la pérdida de agua. El sistema, es utilizado además por otras dos comunidades (Challasirca y La Granja), beneficiando aproximadamente a 538 personas. Este tipo de obras piloto son las que deben apoyarse por el resultado inmediato que genera en los usuarios.



No obstante, se ha observado que en la zona la ampliación de las cárcavas representa una amenaza a este tipo de obras. Por lo tanto, se recomienda además realizar un control de cárcavas, recuperando suelos a partir de barreras que pueden ser construidas con material local como piedras, paja o troncos.

El diseño puede ser replicado en otras quebradas, pero debe ir acompañado de acciones de prevención como el control de cárcavas.

MEJORAMIENTO DE CANALES 1 Y 2 (UYUPATA) EN LA COMUNIDAD CEBOLLUDO

Antecedentes

Cebollullo es una de las comunidades que se encuentra en la parte media de la microcuenca. Los pobladores se dedican al cultivo de maíz y hortalizas (principalmente lechuga), y por tanto, durante toda la gestión agrícola utilizan constantemente sus canales de riego. Los tres canales con los que cuenta la comunidad, denominados canal 1, Uyupata (canal 2) y Cantería (canal 3) presentaban algunos problemas tanto en sus obras de toma como en ciertas secciones de sus tramos (se observaron bastantes fugas en el sistema), esto debido a que su ubicación y características son altamente vulnerables a las crecidas del río Sajhuaya. Por estas razones, las comunidades y el equipo técnico vieron conveniente mejorar la eficiencia en la conducción del agua de dichos canales.

La experiencia piloto

En ambos canales, la obra de toma del canal ha sido reforzada con una estructura de cemento, llegando a captar un caudal aproximado de 50 l/s en el canal 1. Para regular este caudal y conducirlo, además se ha instalado una cámara de carga y tuberías de 8 (canal 1) y 6 (canal 2) pulgadas en dos secciones que presentaban algunas fugas y se encontraban en espacios donde las condiciones del terreno dificultaban la conducción del agua. En el canal 1, además se ha colocado un desarenador para controlar la carga de sedimentos en el canal.

A continuación, se presenta el diseño del canal 1:

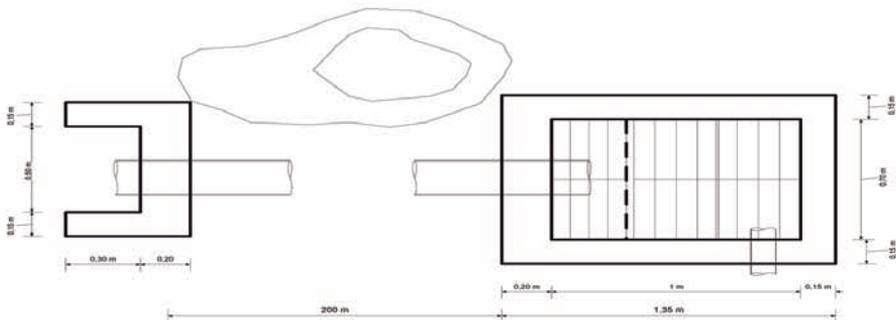


Figura 31. Diseño de planta del desarenador canal 1 en Cebollullo.

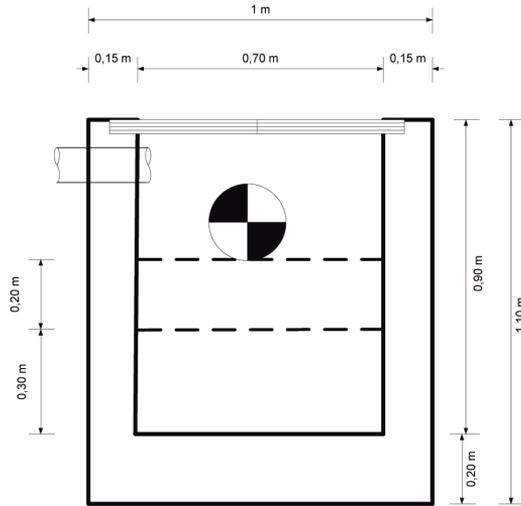


Figura 32. Corte transversal del desarenador del canal 1 en Cebollullo.

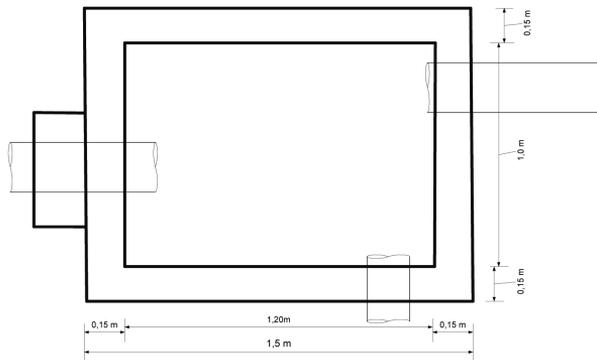


Figura 33. Diseño de planta de la cámara intermedia en el canal 1 de Cebollullo

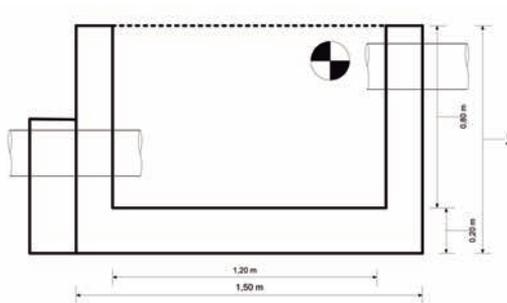


Figura 34. Corte transversal de la cámara intermedia en el canal 1 de Cebollullo



MEJORAMIENTO DE CANAL 3 (CANTERA) EN LA COMUNIDAD CEBOLLUDO

En este canal, además de las fugas, la fuerte carga de sedimentos que llegaba al mismo representaba otro inconveniente, así que, aparte del colocado de la cámara de carga y tuberías para mejorar el sistema de conducción como se hizo en los otros canales, se ha instalado un desarenador, para controlar que los sedimentos no influyan en dicha conducción.

El canal de riego 3(Cantera) presenta el siguiente diseño:

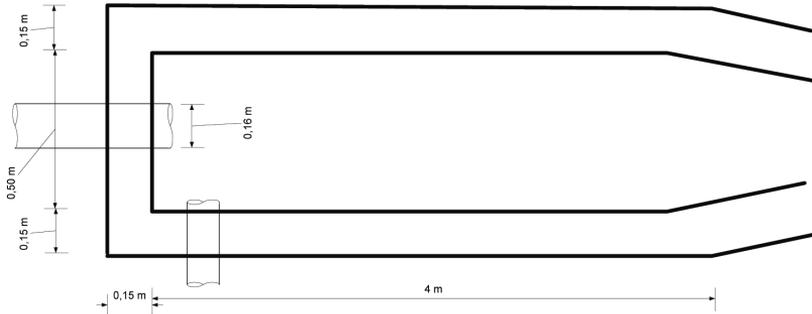


Figura 35. Diseño de planta de la cámara de carga del canal 3 en Cebollullo

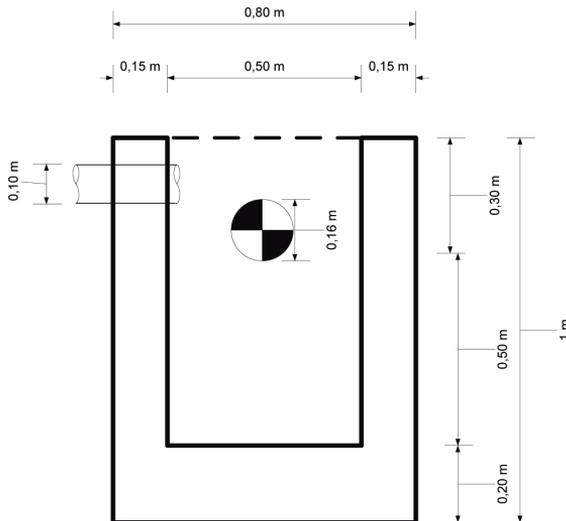


Figura 36. Corte transversal de la cámara de carga del canal 3 en Cebollullo



Desarenador en el canal Cantería



Ubicación geográfica del tramo mejorado en el canal

Fuente: Tórrez, E. (Google Earth, 2011)

Costos

El costo invertido en la readecuación del canal 1 asciende a un total de 35.000 Bs, mientras que de los canales 2 y 3 es de 49.000 Bs. Esto incluye la mano de obra aportada por la comunidad y el costo de los materiales.

Resultados

Grover Limachi, comunario de Cebollullo, expresa:

“...Ahora tenemos más agua en la comunidad, ya podemos regar dos o tres personas al mismo tiempo, lo que antes no podíamos porque teníamos que esperar que termine el turno del otro, a veces teníamos que regar hasta de noche...”

“...Ahora con estos tubos estamos mejorando nuestros canales, inclusive pensamos que el mantenimiento será mas sencillo, pero debemos cuidar el canal para que dure más tiempo...”

Antecedentes

Ubicada también en la parte media de la microcuenca, Challasirca se dedica a la producción de hortalizas y frutales, siendo una de las pocas comunidades que todavía conserva un sistema productivo diverso. Asimismo, tiene acceso a canales de riego que facilitan su producción. Sin embargo, en el canal Camapo, el transporte y la acumulación de sedimentos impiden una buena conducción del agua. Además, las condiciones del terreno por el que se encuentra dicho canal, hacen que el mismo sea susceptible a deslizamientos y pérdidas de agua por infiltración.

La experiencia piloto

Se han colocado tres cámaras desarenadoras y de entrada de agua en diferentes tramos del canal, así como tubería de 6 pulgadas para mejorar la conducción del sistema. Los diseños se muestran a continuación:

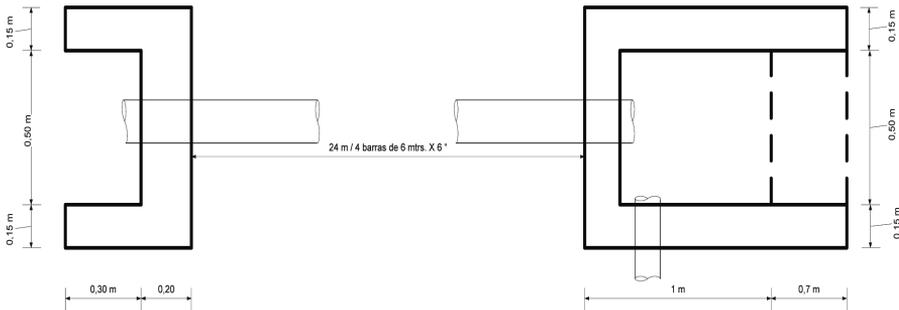


Figura 37. Diseño de planta de la cámara de entrada del canal Camapo en Challasirca

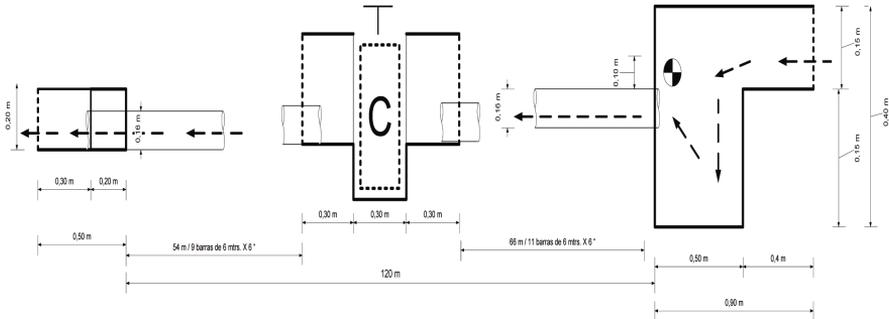


Figura 38. Corte longitudinal de la cámara de entrada del canal Camapo en Challasirca

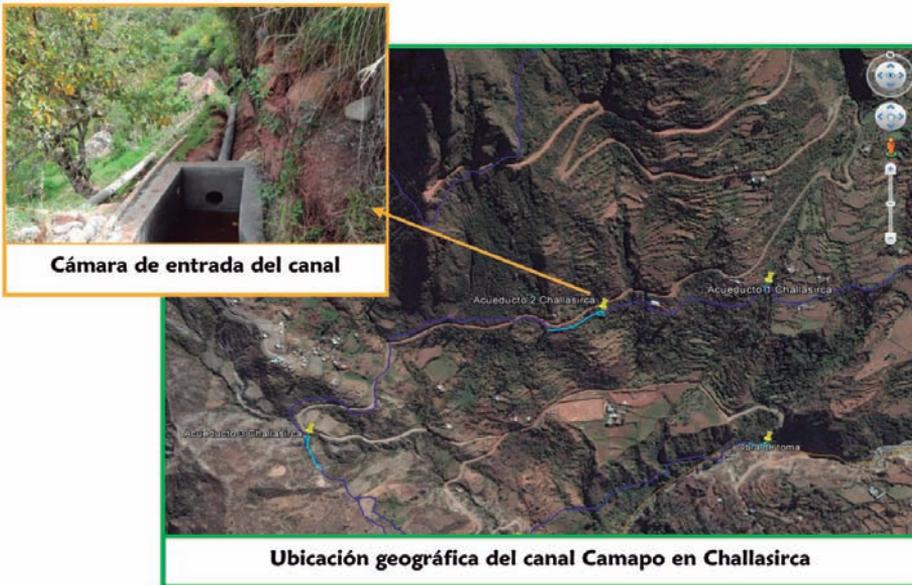
Es importante mencionar que el mejoramiento de la conducción en éste y los casos anteriores se realizó sólo en ciertos tramos de los canales, considerando las necesidades de caudal ecológico del entorno y el aporte de la infiltración al sistema hídrico de la cuenca.

Costos

El costo invertido en esta obra fue de 36.000 Bs (incluido el aporte de los comunarios con mano de obra y la compra de materiales).

Resultados

En Challasirca, se ha reducido la pérdida de agua por infiltración en los tramos intervenidos, logrando conducir una mayor cantidad de agua para la parte baja de la comunidad cuya disponibilidad de agua para riego era limitada. Los comunarios sienten que ahora pueden regar más y en zonas donde antes no se tenía tanta disponibilidad.



Fuente: Tórrez, E. (Google Earth, 2011)

d. Construcción de sistema de distribución de agua para riego

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA RIEGO EN COMUNIDAD TAHUAPALCA

Antecedentes

Tahuapalca, en la parte baja de la microcuenca, es una comunidad que se dedica a la producción de hortalizas y maíz, pero su principal cultivo es la lechuga. Al igual que el resto de las comunidades, sus productos son destinados al mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz.



Estanco de almacenamiento para riego en Tahuapalca

El año 2008, la comunidad gracias al apoyo de la institución Caritas, construyó un estanco de almacenamiento de agua con una capacidad aproximada de 400 m³. Sin embargo, el uso inadecuado ha generado filtraciones en los alrededores del tanque,



Área de cultivos beneficiada por la red de distribución

lo que a futuro podría ocasionar rupturas en la estructura de la obra.

Asimismo, el estanco abastece un área para riego a través de una conexión deficiente de tuberías secundarias recientemente habilitada por los comunarios, beneficiando aproximadamente a 70 familias. Por estas condiciones, los pobladores y el equipo técnico vieron necesario construir un sistema óptimo de distribución de agua para riego en esta comunidad.

La experiencia piloto

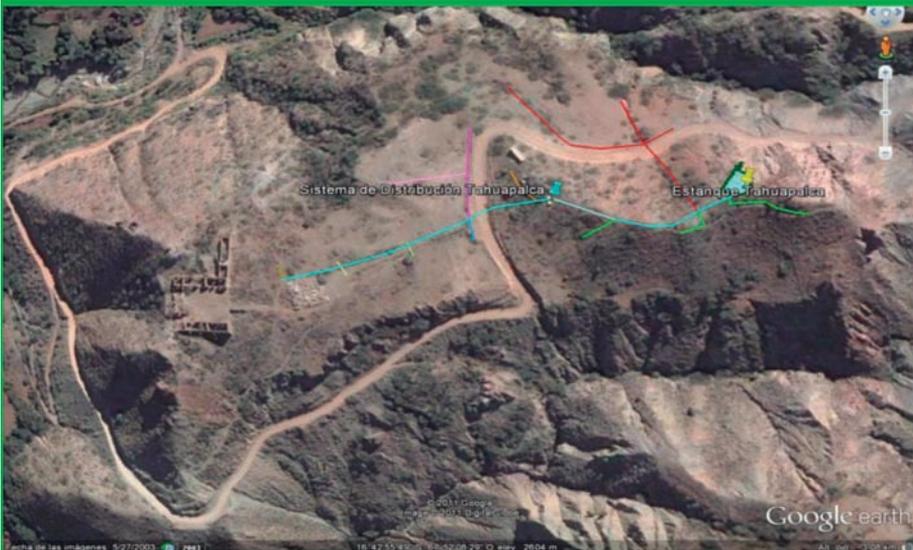
Para implementar este sistema, en coordinación con las autoridades generales y dirigentes de la comunidad, se delimitó su ubicación de manera que beneficie a la mayoría de los pobladores, considerando factores como la pendiente y presión hidráulica requerida para un funcionamiento normal de dicho sistema, el tipo de cultivos que se producen en la zona y la calidad de agua.



Proceso de excavación y tendido de tuberías, mostrando el trabajo organizado de la comunidad

El sistema de distribución cubre aproximadamente un área total de riego de dos ha y cuenta con politubos de 2 y 3 pulgadas. En la construcción de la red se emplearon materiales resistentes a las condiciones climáticas y naturales del entorno. Además, el diseño consideró el uso futuro de la red, por lo que se colocó un tapón extra en las llaves de paso, que podría ser habilitado más adelante, según la necesidad de los usuarios. A continuación se señala la ubicación y el diseño de dicha red

Ubicación geográfica del sistema de distribución en Tahuapalca



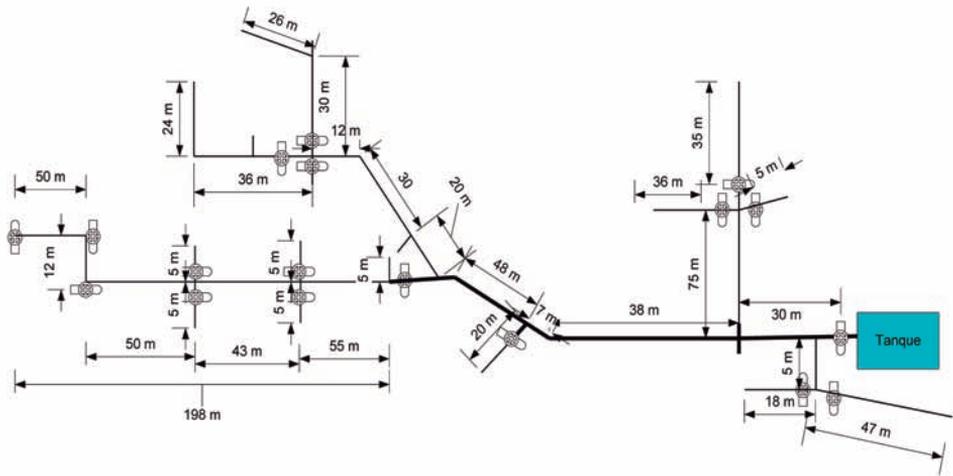


Figura 39. Diseño del sistema de distribución de agua para riego en Tahuapalca

Costos

En total el sistema tuvo un costo de 44.000 Bs entre los materiales y la contraparte local.

Resultados

El sistema de distribución ha mejorado la conducción del riego hacia las parcelas, ya que los pobladores sienten que las pérdidas de agua han disminuido. Además, por iniciativa propia han considerado devolver el excedente del sistema hacia el río Sajhuaya y de esta forma no alterar el caudal ecológico de la microcuenca, así como para que los pobladores de la zona baja de la comunidad puedan disponer del agua para el riego de sus parcelas.

e. Parcela experimental: Efecto del Riego Deficitario en dos variedades de maíz en la comunidad de La Granja

El maíz, es un cultivo que tiene la habilidad para crecer y producir un buen rendimiento de cosecha en áreas sujetas a sequías periódicas a través de dos estrategias: el escape al déficit o la tolerancia al mismo. Su ciclo se adecúa a los cambios temporales en la disponibilidad de agua, especialmente ubicando los periodos críticos que determinan su rendimiento, fuera de los momentos de mayor estrés hídrico (Dardanelli et al., 2004).

El riego deficitario, desde el punto de vista de gestión del agua, es la disminución de la cantidad de agua para el riego de los cultivos influyendo lo menos posible en el rendimiento de la planta, en la calidad del fruto y, en definitiva, en la producción (Molina, 2002), esto es fundamental en lugares con recursos limitados de agua, como es el caso de la comunidad de La Granja. Debido a esto, el proyecto decidió realizar una experiencia piloto en la comunidad, aplicando riego deficitario a dos variedades de maíz en una parcela experimental, como estrategia de adaptación al cambio climático.

Para esto, la comunidad de La Granja prestó un terreno de 1250 m² al proyecto. De este total, se dispuso un área de 1000 m² para la parcela, dentro de la cual se dio lugar a la apertura de los surcos con distancias entre sí de 0,6 m. y con altura de camellones de 15 cm, distribuidos en zigzag. Este proceso se realizó con la colaboración de los comunarios y en base a su experiencia. Además, se delimitaron los bloques y tratamientos, éstos últimos fueron sorteados al azar.

En una parte del área restante del terreno se instaló un aljibe de 20.000 l de capacidad, previendo los problemas de agua para riego en la comunidad. En la otra, se instaló una estación climática a modo de fortalecer las investigaciones climáticas.

Las variedades de maíz utilizadas fueron el Hualtaco, (utilizada en la zona y mejor conocida como Choclera, su época de siembra se da entre septiembre y noviembre), y la Aychasara 101 (introducida en la zona, de mayor calidad proteínica; su época de siembra se da entre agosto y diciembre en los valles).

El diseño consideró dos factores, como factor A las variedades de maíz: a1 (Hualtaco) y a2 (Aychasara 101). El factor B fueron los niveles de supresión del riego en las distintas fases fenológicas del cultivo:

- **b1: Testigo (T).** Misma cantidad de agua de riego que emplea la comunidad al cultivo de maíz
- **b2 Déficit hídrico 2.** Supresión de agua de riego en la fase de formación de 8 a 12 hojas alternas
- **b3: Déficit hídrico 3.** Supresión de agua de riego en la fase de pre-floración.
- **b4: Déficit hídrico 4.** Supresión de agua de riego a partir de la formación lechosa del grano

A continuación se muestra la distribución de los tratamientos, señalados también en la figura 40:

- **T1 = a1b1** Variedad Hualtaco Testigo (T)
- **T2 = a1b2** Variedad Hualtaco con déficit hídrico (2)
- **T3 = a1b3** Variedad Hualtaco con déficit hídrico (3)
- **T4 = a1b4** Variedad Hualtaco con déficit hídrico (4)
- **T5 = a2b1** Variedad Aychasara Testigo (T)
- **T6 = a2b2** Variedad Aychasara con déficit hídrico (2)
- **T7 = a2b3** Variedad Aychasara con déficit hídrico (3)
- **T8 = a2b4** Variedad Aychasara con déficit hídrico (4)

La figura 40 muestra un esquema de la parcela experimental y la distribución espacial de los distintos tratamientos.

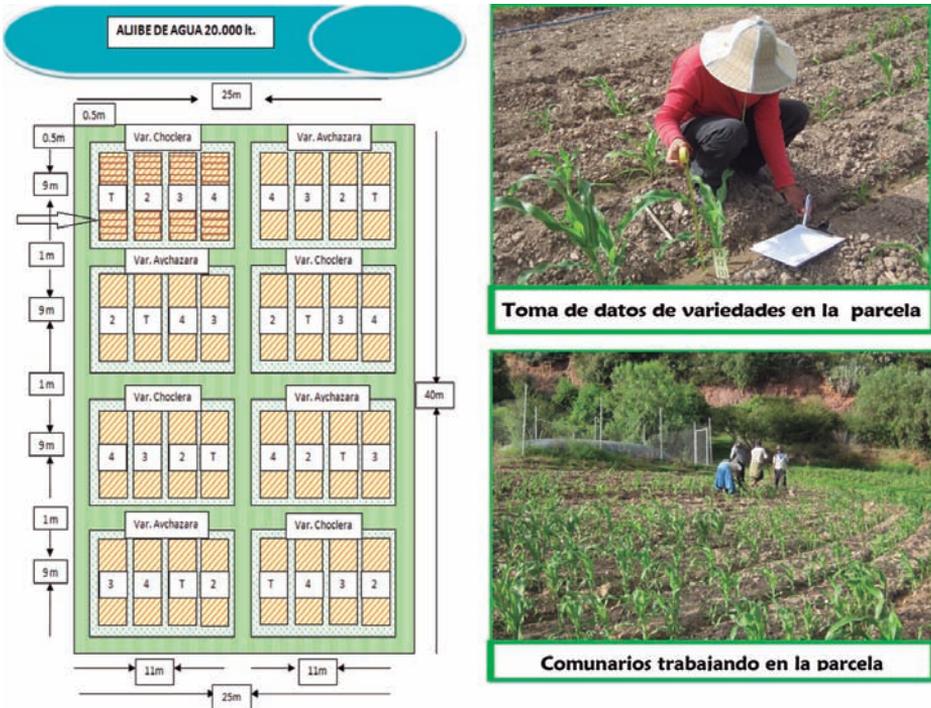


Figura 40: Diseño de la parcela experimental en la comunidad de La Granja

El manejo de la parcela fue similar al que la comunidad emplea en el cultivo de maíz. Se efectuaron labores culturales como el control de malezas, el aporque, la aplicación de fertilizante y el control de plagas.

En la figura 44 se observa la distribución del riego según los tratamientos aplicados por fase fenológica (meses) del cultivo de maíz. Se puede observar que según las distintas fases del cultivo, se redujo la misma cantidad de riego en ambas variedades. En los tratamientos a1b2 y a2b2 se suprimió el riego en un 75%, durante la formación de las hojas, en comparación con los tratamientos testigo (riego aplicado normalmente por la comunidad). La frecuencia de riego fue incrementando a partir de la fase de prefloración, debido a la mayor demanda que requiere el cultivo a partir de esta etapa.

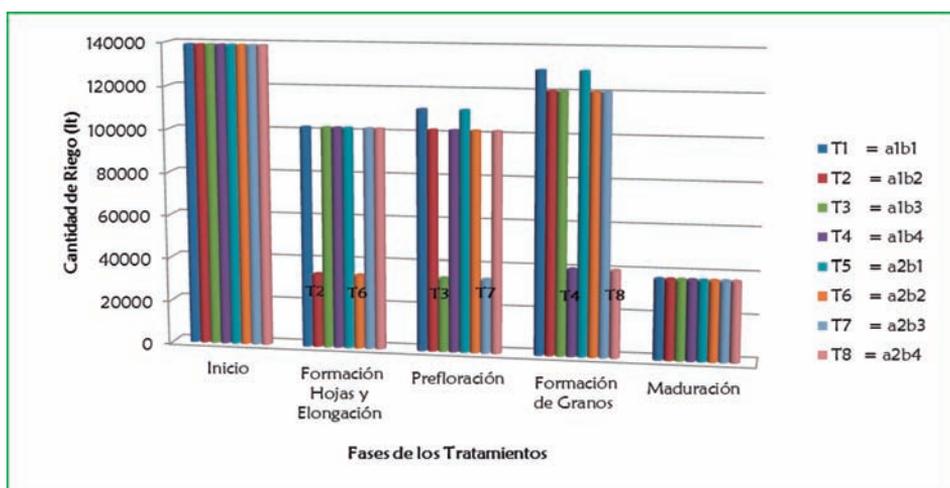


Figura 41: Riego aplicado en los distintos tratamientos según fase fenológica

Fuente: Tellería, 2012

Los resultados de la experiencia mostraron que en ambas variedades, el maíz parece ser relativamente tolerante al déficit hídrico durante la fase de formación de hojas y elongación (tratamientos a1b2 y a2b2) ya que el rendimiento no varía en gran magnitud comparado con el rendimiento del tratamiento testigo (a1b1, a2b1), al contrario, es menos tolerante durante la fase de pre-floración (a1b3, a2b3), que muestra menores rendimientos en ambas variedades. Entre ambas variedades, la variedad introducida Aychasara 101, presenta un rendimiento levemente mayor al de Hualtaco.

Por tanto se puede concluir que en el riego del maíz, se deben considerar los estados críticos de crecimiento y desarrollo de la planta, siendo éstos la germinación e instalación del cultivo, la floración, y el llenado del grano.

5. EXPERIENCIAS DE CAPACITACIÓN

Talleres de capacitación

Para ampliar el conocimiento de los productores y fortalecer sus capacidades, se realizaron talleres temáticos de Manejo Integrado de Plagas. Esto debido a que los agricultores hacen uso de plaguicidas altamente tóxicos como medida de control en el aumento de plagas sobre los cultivos.

El objetivo de estos talleres fue proporcionar información sobre los diferentes controles (mecánico, cultural, biológico, químico y etológico) y realizar prácticas en las parcelas de algunos agricultores para que apliquen el conocimiento adquirido en Manejo Integral de Plagas, observen, y comparen los resultados con el manejo actual, contando de esta manera con alternativas más sostenibles para el control de plagas. A continuación, se indican las técnicas que se enseñaron en las distintas comunidades:

- Taller elaboración del Biol (Khapi)
- Taller de elaboración de compost y Taller de manejo de plaguicidas (Khapi, Cebollullo y La Granja)
- Taller de poda e injertos frutales (Khapi y Cebollullo)
- Taller de insecticidas orgánicos (Cebollullo)

Los resultados obtenidos en los talleres fueron en general satisfactorios. Algo que cabe mencionar es que a partir de esta experiencia, los agricultores vieron la importancia del trabajo en equipo para tener resultados eficientes, tal como mencionaba un comunario:

“No se debe trabajar solo, las trampas funcionaron para mi vecino (donde se aplicó la técnica) pero todas las moscas se vinieron a mi parcela, lo que debemos hacer es aplicar todos en conjunto o sea en toda la comunidad”

TRAMPAS DE COLOR PARA EL MANEJO INTEGRAL DE PLAGAS



Preparación de la trampa de color



Trampa de color lista

TALLER DE INSECTICIDAS ORGÁNICOS EN LA COMUNIDAD DE CEBOLLUDO



6. RECOMENDACIONES

Se aconseja que la Estrategia de Adaptación sea adoptada por el Municipio de Palca a través de su próximo Plan de Desarrollo Municipal, dado que la misma cuenta con amplia información tanto científica como social que puede respaldar las acciones que se desean implementar y que podrían establecer al Municipio como Municipio modelo en Adaptación al Cambio Climático. Para esto también se recomienda que el Municipio establezca organismos institucionales como la Dirección de Medio Ambiente y programas orientados a la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos.

Las alianzas estratégicas también son fundamentales para llevar a cabo esta Estrategia; alianzas entre municipios pueden reducir los costos de su implementación; por otro lado, alianzas entre el Municipio y la Universidad a través de sus institutos, pueden reforzar la necesidad de información científica que respalde las acciones de adaptación.

Es necesario que las medidas se implementen a la brevedad posible, ya que los costos de actuar de manera preventiva frente a los posibles impactos del cambio y a la variabilidad climática pueden ser mucho menores de lo que implicaría actuar después de que éstos ocurran.

Es también relevante mencionar que una Estrategia de Adaptación es un documento flexible que representa una guía para la adopción de lineamientos y medidas de adaptación, y que puede acomodarse ante cambios en su estructura que se consideren necesarios para fortalecer personas, comunidades y municipios con mayores capacidad de resiliencia ante los efectos del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua Sustentable. 2009. Memoria de Talleres de Diagnóstico Participativo. La Paz, Bolivia.
- Carafa, T. 2009. Informe del Proyecto Illimani: “Evaluación ecológica de bodefales de la cuenca circundante al nevado Illimani”. La Paz, Bolivia.
- CARE. 2010. Manual para el Análisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática. Lima, Perú.
- Comunidad Andina. 2008.. El Cambio Climático no tiene fronteras: Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina. Lima, Perú.
- Centro de Cambio Global. 2011. Pontificia Universidad Católica de Chile. [En línea] [Fecha de consulta: Octubre 2011]. Disponible en: <http://cambioglobal.uc.cl/index.php/cambio-global.html>
- Cuiza, A. 2011. Informe de avance: Consultor Socioeconómico. La Paz, Bolivia.
- Dardanelli, J., D. Collino, M.E. Otegui, y V.O. Sadras, 2004: Producción de granos: Bases Funcionales para el Manejo del Agua en los Sistemas de Producción de los Cultivos de Grano. Capítulo XVI, 1ra Edición, Editorial Facultad de Agronomía Buenos Aires, Argentina.
- Duarte C., Alonso S., Benito G., Dachs J., Montes C., Pardo M., Ríos A., Simó R., Valladares F. 2006. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. Madrid, España.
- Espinoza, D. y Fuchs, P. 2011a. Informe Proyecto Illimani: “Oferta de agua histórica en la cuenca del río sajuaya”. La Paz, Bolivia.
- Espinoza, D. y Fernandez, R. 2011b. Informe Proyecto Illimani: “Análisis de tendencias climáticas en la región de la cuenca del río sajuaya”. La Paz, Bolivia
- Espinoza, D. 2011c. Informe Proyecto Illimani: “Estudio de Escenarios de Cambio Climático en la cuenca del río sajuaya”. La Paz, Bolivia.
- Fundación MEDMIN, 2007. Plan de Acción Ambiental Municipal- Palca.
- Füssel H-M., Klein R. 2006. Climate Change Vulnerability Assesments: An Evolution of Conceptual Thinking. Potsdam, Alemania.
- García, M. 2011. Informe del Proyecto Illimani: “Calculo de las demandas de riego en la Cuenca del Río Sajhuaya desde 1975 hasta 2009”. La Paz, Bolivia.
- García, M., & Taboada, C. 2010. Informe del Proyecto Illimani: “Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en comunidades de la cuenca del río Sajhuaya”. La Paz, Bolivia.
- Gobierno Municipal de Palca. 2007. Plan de Desarrollo Municipal de Palca (PDM) 2007 - 2011.
- González A., Vargas. C. Agua Sustentable. 2011. Estrategia de adaptación al cambio climático para comunidades afectadas por el retroceso del Glaciar Mururata, caso: Microcuenca del Río Choquecota. La Paz, Bolivia.
- IPCC. 2007. «Summary for Policymakers and Technical Summary». En: Parry, M.; Canziani, O.; Palutikof, J.; van der Linden, P.; Hanson, C. (Eds). Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge-Nueva York: Cambridge University Press.

- IPCC. 2008. Documento Técnico VI: El cambio climático y el agua.
- Molina J., Cruz R. 2011. Informe Proyecto Illimani. Modelos de gestión histórico y futuro para la cuenca del río Sajhuaya”. La Paz, Bolivia.
- Molina. M. 2002. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola INEA. Riego Deficitario. Valladolid., España. [En línea] [Fecha de consulta: Enero 2012]. Disponible en: <http://legado.inea.org/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/Riego%20deficitario.pdf>
- Monrroy, Victor. 2011. Estudio de Línea Base: Fortaleciendo la capacidad de resiliencia frente a los riesgos y tendencias climáticas en comunidades indígenas dependientes de glaciares tropicales en Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Orellana, R. 2010. Informe Proyecto Illimani: Agua y Cambio Climático: criterios y enfoques sobre el cambio climático en planes sectoriales de agua, riego y cuencas, en la ley de autonomías y en las políticas públicas de Bolivia, en relación a la microcuenca del río Sajhuaya, Municipio de Palca. La Paz, Bolivia.
- PNCC. 2007a. El cambio climático en Bolivia. La Paz, Bolivia.
- PNCC. 2007b. Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático. La Paz, Bolivia.
- PNUD.2012. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Regional Panamá. [En línea] [Fecha de consulta: Enero 2012]. <http://www.regionalcentre-lac-undp.org/es/desarrollo-de-capacidades>
- Proyecto Illimani. 2011. Informe Semestral de avance- Enero 2011. La Paz, Bolivia.
- Raigoza D., Marengo, J.2007. GOF-CPTEC. Boletín de los Proyectos: “Using Regional Climate Change Scenarios for Studies on Vulnerability and Adaptation in Brazil and South America” y “Dangerous Climate Change”. Sao Paulo, Brasil.
- Ramírez, E. & Machaca, A. 2011. Informe del Proyecto Illimani: “Determinación de balances de masa de los glaciares del Nevado Illimani mediante técnicas geodésicas” La Paz, Bolivia.
- Ramírez, E., García M., Pacheco P., Salazar D. 2011. Living with Glaciers, adapting to change the experience of the Illimani project in Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Ramírez, E. 2008. Agua Sustentable. Deshielo del Nevado Mururata y su impacto sobre los recursos hídricos de la cuenca de Palca. La Paz.
- Ríos, F. 2010. Informe Proyecto Illimani: “Implicancias del Cambio Climático en las mujeres de la microcuenca del río Sajhuaya del Municipio de Palca, poblado de Khapi y comunidades aledañas”. La Paz, Bolivia.
- Smith, B., Pilifosova, O. 2001. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity.
- Solíz, H. 2011. Informe Proyecto Illimani: Hidrogeología del bofedal del nevado Illimani. La Paz, Bolivia.
- Torrico, G., Ortíz S., Salamanca, L., Quiroga, R.2008. Los enfoques teóricos del desastre y la gestión del riesgo (construcción crítica del concepto). La Paz, Bolivia.
- Torrez E. 2010. Proyecto Illimani: Informe Técnico de Calidad de Aguas. La Paz, Bolivia.
- Villarroel, E., Pérez J., Castel A., Torrez E. 2011. Informe Proyecto Illimani: Mapeo de Derechos de agua. La Paz, Bolivia.
- Yañez. N., Poats S. 2007. Derechos de agua y gestión ciudadana. Bolivia.

GLOSARIO

Ablación glaciár: Pérdida de hielo en el final de un glaciár por fusión, sublimación o rotura de icebergs.

Albedo: Porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma.

Anaerobiosis: Capacidad que poseen algunos organismos, como hongos, bacterias, parásitos, etc., para vivir sin oxígeno molecular libre.

Balance hídrico: Equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan a un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

Bofedal: Es un humedal de altura. Se considera una pradera nativa poco extensa con vegetación siempre verde, suculenta, de elevado potencial forrajero, producción continua y con suelo permanentemente húmedo, apto para el pastoreo de camélidos.

Cárcava: Foso o zanja que suelen hacer las corrientes de agua al erosionar un terreno.

Cobertura Glaciár: Cantidad o porcentaje de extensión territorial abarcado por la masa glaciár.

Cobertura nival: Cantidad o porcentaje de extensión territorial abarcado por nieve.

Coliformes fecales: Grupo de bacterias presentes en los intestinos de mamíferos y suelos, que se caracterizan por su capacidad de soportar altas temperaturas. Tradicionalmente se consideran como indicadores de contaminación fecal en aguas de consumo humano.

Downscaling: Se traduce como “reducción de escala”. El downscaling de datos climáticos es una estrategia para la generación de datos relevantes a nivel local a partir de Modelos de Circulación Global (MCG). La estrategia general consiste en conectar las predicciones de escala global y la dinámica climática regional para generar pronósticos específicos para cada región. El downscaling se puede hacer mediante distintos métodos.

Escorrentía: Agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno. La escorrentía superficial es la parte de la lluvia que se escapa de la infiltración y de la evapotranspiración, y que consecuentemente, circula por la superficie.

Estiaje: Nivel más bajo o caudal mínimo que en ciertas épocas del año tienen las aguas de un río, estero, laguna etc., por causa de la sequía.

Escenario de Cambio Climático:

Representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas y de supuestos sobre el forzamiento radiativo, construido, por lo general, para su utilización explícita como fuente de información para elaborar modelos de impacto de cambio climático.

Fases fenológicas: Cambios visibles externos que muestran las plantas, desde la germinación de las semillas hasta la formación de las nuevas, que son el resultado de las condiciones ambientales.

Geomembrana: Nombre genérico que recibe la lámina hecha a partir de diferentes resinas plásticas, de alta resistencia a los rayos ultravioleta y la tensión, es usada como barrera impermeable a la acción del agua, productos químicos, petroquímicos, desechos sólidos (industriales y urbanos), minería, así como el almacenamiento, conservación y tratamientos de agua. Viene en diferentes espesores, cada material sintético tiene cualidades físicas y químicas distintas que hacen la diferencia para cada geomembrana.

Gradiente altitudinal: Cambio progresivo que se presenta en el ambiente (vegetación, suelo, fauna...) a lo largo de una pendiente.

Humedales: Se refiere a una amplia variedad de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten una propiedad

primordial: el agua juega un rol fundamental en el ecosistema, en la determinación de la estructura y las funciones ecológicas del humedal. Generalmente se los identifica como áreas que se inundan temporariamente, donde la napa freática aflora en la superficie o en suelos de baja permeabilidad cubiertos por agua poco profunda. Línea de equilibrio: es la línea que separa la zona de acumulación de la zona de ablación en la superficie del glaciar.

Macizo Andino: Es la cordillera de los Andes, una cadena de montañas de América del Sur, que atraviesa Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y parte de Venezuela. La altura media alcanza los 4000 metros, con numerosos puntos que alcanzan y hasta superan los 6000 msnm. Constituye una enorme masa montañosa que discurre en dirección sur-norte, contorneando la costa del océano Pacífico a lo largo de 7500 km. Se la divide en 3 tramos, de N. a S. Los Andes Septentrionales, Los Andes Centrales y Los Andes Meridionales.

Modelo hidrológico: Es una representación física o matemática confiable de los procesos hidrológicos reales que ocurren en una cuenca cuyo objeto es cuantificar los caudales entrantes a un área específica, provenientes desde sectores localizados topográficamente en áreas más altas en tiempo y en forma que ellos ocurren.

El modelo hidro-glaciológico, involucra además el aporte del glaciar al caudal de una determinada cuenca.

Resiliencia: Capacidad humana de asumir con flexibilidad situaciones límite y sobreponerse a ellas.

Retroalimentación: Conjunto de reacciones o respuestas que manifiesta un receptor respecto a la actuación del emisor, lo que es tenido en cuenta por este para cambiar o modificar su mensaje.

Rendimiento: Producto o utilidad que rinde o da alguien o algo.

Restitución fotogramétrica: La fotogrametría es un procedimiento para obtener planos de grandes extensiones de terreno por medio de fotografías, tomadas generalmente desde una aeronave. La restitución es la última etapa dentro de la secuencia de trabajo en fotogrametría. En ella se junta todo el trabajo anterior (vuelo y apoyo) para trazar los mapas propiamente dichos.

Sistema de Información Geográfica (SIG):

Herramienta informática conformada por equipos y programas utilizados para almacenar, recuperar, analizar y representar datos geográficos. La mayor ventaja de un SIG es que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Un SIG no almacena un mapa en sentido convencional, ni almacena una imagen concreta o vista de una área geográfica. En vez de ello, un SIG almacena los datos a partir de los cuales se puede crear la escala deseada, dibujada para satisfacer un producto.

Sublimación: Paso directo del estado sólido al estado gaseoso.

Teledetección: Técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación bien proveniente del sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa).





Con el apoyo de:



CRDI
Centre de recherches pour le
développement international



diakonia
PEOPLE CHANGING THE WORLD

