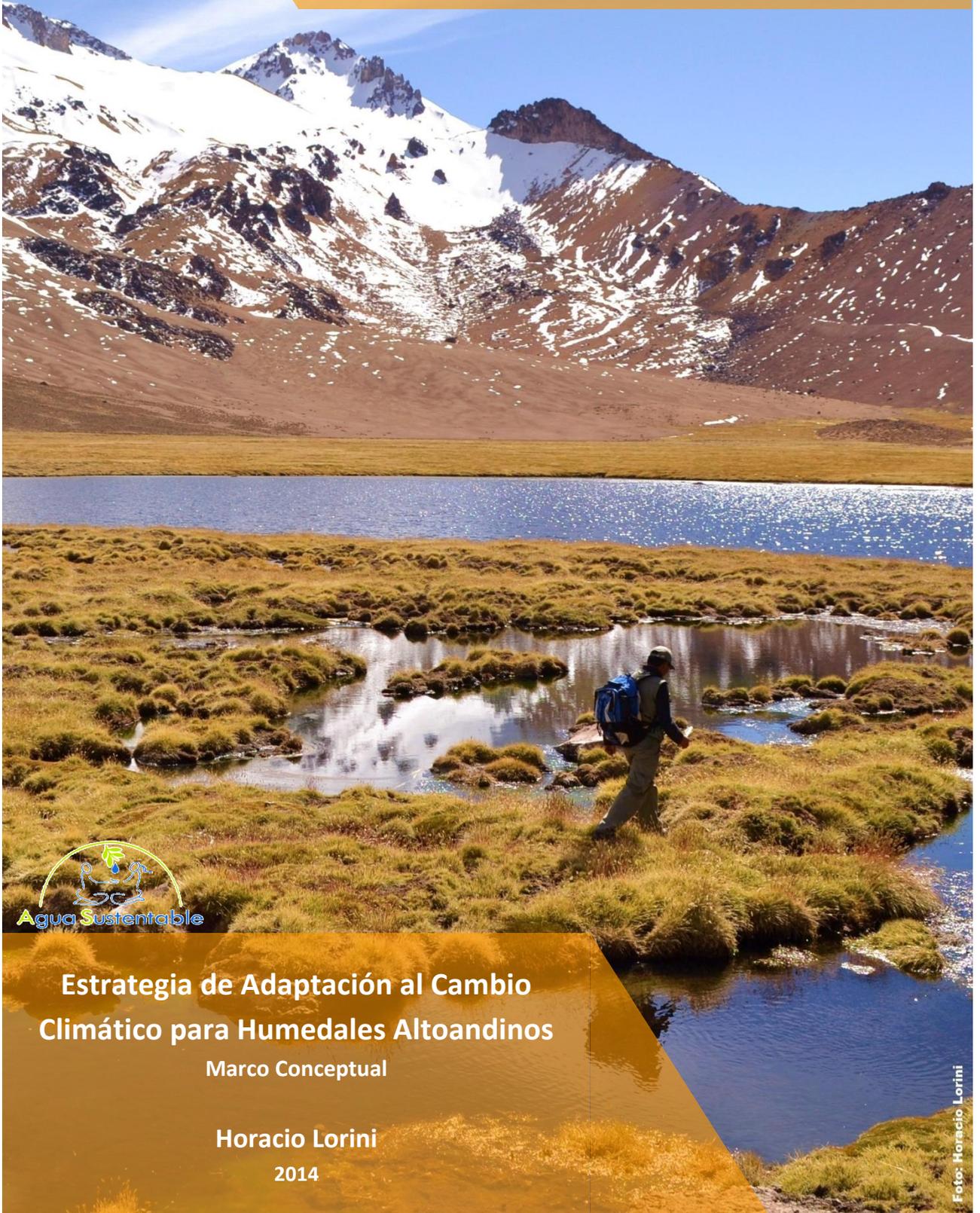


Proyecto “Los bofedales como aliados en la resiliencia
y mitigación del cambio climático”



Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos

Marco Conceptual

Horacio Lorini

2014

Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos

Marco Conceptual

Tabla de contenido

1. Introducción	4
Humedales	5
Clima y cambio climático.....	8
Orientación normativa y política pública	10
2. Marco conceptual	14
Vegetación como bioindicadora	14
Gestión de bofedales para la adaptación al cambio climático.....	16
Investigación participativa	19
Riego y gestión integrada de recursos hídricos	20
Organización para la adaptación.....	23
Fortalecimiento de iniciativas productivas	24
3. Bibliografía	28

Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos

Marco Conceptual

Glosario

COSUDE: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

CPE: Constitución Política del Estado

GCM: Modelos de Circulación General

LMT: la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien

MMAYA: Ministerio de Medio Ambiente y Agua

PNB: Programa Nacional Biocultura

PNS: Parque Nacional Sajama

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

VMABCCGDF: Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión de Desarrollo Forestal

MIC: Manejo Integrado de Cuencas

GIRH: Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos

Marco Conceptual

Horacio Lorini
Producto 5

1. Introducción

Los Andes son conocidos por su aridez, baja cobertura vegetal y severas restricciones climáticas, aspectos que llevan a interpretaciones erradas sobre su dinámica y ecología (Körner 2003). Lo cierto es que la vida en los Andes se adaptó a las condiciones del medio, forzada por presiones ambientales que continúan moldeando el paisaje Altoandino y las interacciones entre los organismos que lo habitan.

En los ecosistemas andinos de Bolivia el espacio natural y sus componentes evolucionaron junto con las culturas y las sociedades, modelándose mutuamente en un proceso de permanente interacción (MMAYA 2013). Ejemplos tangibles de esta relación se pueden encontrar en los *suka kollus* o camellones andinos, *tacanas* y terrazas de formación lenta, los sistemas de cosecha de agua, sistemas tradicionales de riego y muchos otros casos donde las condiciones naturales, más que obstáculos, han sido elementos a modelar y aprovechar. Estos ejemplos llevan por detrás lógicas de gestión territorial y estructuras organizativas sólidas; relaciones espirituales y sociales en permanente enriquecimiento, que son parte de una construcción social de los territorios (MMAYA 2013).

La percepción y el conocimiento que el hombre andino adquirió de sus múltiples ambientes naturales a través de los milenios, le permitió combinar una alta variedad de cultivos en un solo macrosistema económico (Murra 2002). El control vertical de los pisos ecológicos consistía en el control simultáneo de islas de recursos por parte de un estado cuyo núcleo demográfico y centro de poder podía encontrarse a decenas de kilómetros de distancia. La población hacía un esfuerzo continuo para asegurarse el acceso a estas islas de recursos, colonizándolas con su propia gente a pesar de las distancias que las separaban de sus centros de poder (Murra 2002). Este modelo de “archipiélago vertical” aún se encuentra en las sociedades andinas actuales, donde por ejemplo, pobladores de Sajama mantienen un área de “chacarismo” cerca de la población de Curahuara de Carangas, a unos 90 km de distancia.

De esta manera, cabe reconocer que el concepto de territorio para las sociedades andinas no necesariamente representa una delimitación poligonal del espacio, sino una identificación de áreas con potencial de aprovechamiento o nichos en los que se puede diversificar las fuentes de ingreso, incluyéndose bajo la ruralidad actual, áreas urbanas donde se pueden generar fuentes complementarias de ingresos.

Este impulso de construcción del territorio a partir del potencial productivo, podría explicar la fuerte relación que se observa entre el patrón de asentamientos humanos y la distribución espacial de humedales en la zona Altoandina.

La zona Altoandina corresponde al piso ecológico situado en la vertiente occidental de los Andes, entre los 4.000 y 4.700 metros de altitud¹, un área que impone severas restricciones climáticas para el desarrollo de la agricultura y donde los humedales adquieren relevancia como base productiva.

Humedales

Humedal es un área donde la saturación de agua constituye el factor determinante para la naturaleza y desarrollo de sus suelos, las formaciones de la superficie y las comunidades de plantas y animales que allí habitan (Cowardin *et al.* 1979). La primera definición de humedal se postuló en 1971 en la ciudad de Ramsar – Irán, estableciéndose que los humedales correspondían a “Extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Esta definición fue evolucionando presentando un enfoque actual más completo e integral, que reconoce a los humedales como ecosistemas compuestos por un ambiente acuático que interactúa con el ambiente palustre adyacente, formando de esta manera, condiciones biogeoquímicas únicas (Rasmussen 2003, Navarro 2011, Maldonado *et al.* 2012), creando gradientes de humedad y salinidad, donde las comunidades biológicas se ordenan de la siguiente manera:

- Ambiente palustre: formado sobre suelos hidromórficos, con un gradiente de humedad desde suelos saturados hasta suelos inundados de forma estacional o permanente, donde las comunidades biológicas se ordenan en función de sus necesidades de humedad (RUMBOL 2014).
- Ambiente acuático: donde se presentan gradientes de profundidad, penetración de luz, temperatura y oxígeno que determinan la presencia de las comunidades biológicas acuáticas (RUMBOL 2014).

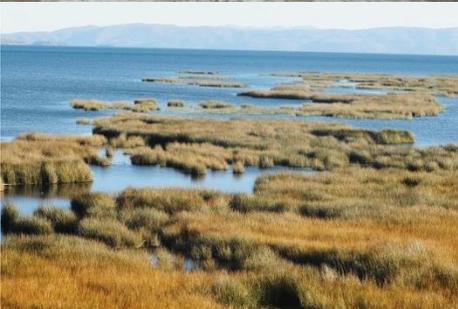
Los humedales se forman en depresiones y zonas con bajas pendientes topográficas, donde la velocidad de escurrimiento de las aguas es notoriamente menor a la que rige el escurrimiento superficial sobre las laderas; es también común la formación de humedales en zonas aisladas, con suelos de poca profundidad (Cowardin *et al.* 1979, Rasmussen 2003, Ramsar 2002, WWF 2005).

La naturaleza y configuración de los humedales varía de acuerdo a la latitud y elevación del sitio, debido a diferencias regionales y locales en los suelos, topografía, clima, química de las aguas, vegetación y las actividades antrópicas (Rasmussen 2003).

Maldonado y colaboradores (2002) establecen una clasificación para los humedales de Bolivia cuyas características se listan en la **Tabla 1**. Con base a esta clasificación, RUMBOL SRL (2014) estimó las áreas que ocupan estos ambientes en la región Andina de Bolivia (**Tabla 1**), estableciendo un inventario con la tipificación de los humedales Altoandinos por encargo de Agua Sustentable y el Programa Nacional Biocultura de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

¹ Límites flexibles que pueden encontrarse 100 metros por debajo dependiendo de la latitud y características fisiográficas particulares (sobre todo exposición). Es en tal sentido que Navarro & Maldonado (2005) establecen los siguientes límites para el Altoandino: De 3.900 – 4.000 a 4.600 – 4.700 metros.

Tabla 1. Clasificación de humedales según Maldonado *et al.* (2012) y áreas estimadas en la región Andina boliviana

	Humedales	Superficie (Ha)	Características	Fotografía
AMBIENTES PALUSTRES	Bofedales	153.425	Formaciones vegetales que crecen sobre suelos orgánicos turbosos saturados o anegados de agua durante todo el año, formando praderas densas de plantas herbáceas vivaces y semileñosas, que forman carpetas compactas planas o cojines almohadillados, generalmente constituidos por una o dos especies de juncáceas con algunas gramíneas y diversas especies herbáceas de pequeño tamaño, pueden ser permanentes o estacionales.	
	Pajonales higrofiticos	788.010	Son pastizales o praderas densas dominadas por gramíneas y ciperáceas que se desarrollan en suelos húmicos hidromorfos siempre húmedos, que se pueden anegar estacionalmente de forma somera.	
	Vegas salinas	1.542.459	Se desarrollan únicamente en llanuras aluviales fluviales o fluvio-lacustres, con sedimentos detríticos (limos, arcillas y arenas finas). Están en contacto con bofedales estacionales en la zona más baja del humedal, y con salares en la zona más elevada.	
	Salares	1.277.961	Contienen vegetación abierta desarrollada en playas de los salares, en suelos salinos estacionalmente saturados o inundados de forma somera, pero secos en los meses de invierno. La flora es peculiar y poco diversa, dominada por especies prostradas semileñosas que forman almohadillas compactas y por algunas plantas herbáceas rizomatosas.	
AMBIENTES ACUÁTICOS	Vegetación acuática	385.224	Constituida por comunidades de plantas helófitas, hidrófitas o pleustófitas que se desarrollan dentro del agua.	

	Humedales	Superficie (Ha)	Características	Fotografía
AMBIENTES ACUÁTICOS	Lagos y lagunas	335.981	Solo tres lagos se encuentran en el Altiplano, en tanto las lagunas son muy numerosas. El lago Titicaca es un lago profundo; y los lagos Uru Uru y Poopó someros. Las lagunas pueden ser de origen glacial y tectónico, someras y profundas, grandes o pequeñas, permanentes o temporales.	
	Charcas		Son extraordinariamente numerosas particularmente distribuidas dentro de los bofedales, pueden ser permanentes o estacionales.	
	Arroyos		Son muy numerosos en las cordilleras, pueden ser permanentes o estacionales y depender del deshielo o de las precipitaciones.	
	Ríos		Pueden ser de montaña o de llanura, con flujo permanente de agua y los de la llanura altiplánica poseen moderadas llanuras de inundación.	
	Manantiales		Son particularmente numerosos en la Cordillera Occidental, siendo muchos de ellos geotermales.	

Fuente: RUMBOL SRL 2014. Fotos H Lorini; excepto de vegas salinas y salares: W Ferreira; y de ríos: V Alanoca.

Clima y cambio climático

El clima es el principal factor determinante del tipo de vegetación y de los ecosistemas en su conjunto (Navarro & Maldonado 2005). Debido a su posición geográfica, el clima y la vegetación de Bolivia son tropicales en todo su territorio y a cualquier altitud (Rivas-Martinez *et al.* 1999 cit. en Navarro & Maldonado 2005). Con esta premisa en mente, se pueden delimitar bioclimas locales a partir de la relación del clima con los patrones de distribución de los seres vivos², incluyendo al Altoandino bajo un termoclina Orotropical con bioclima Pluviestacional y Xérico (Navarro & Maldonado 2005).

En la Región Andina se encuentran tres sectores biogeográficos que representan un gradiente de precipitación descendente de norte a sur. En el sector biogeográfico más norteño, el Puneño-Peruano, el bioclima predominante es pluviestacional con ombrotipos desde subhúmedo a húmedo, con precipitaciones medias anuales de 371 mm a 554 mm e incluso de 977 mm en ciertos distritos con bioclima pluvial; en el sector del Norte-Altiplánico se observa un bioclima xérico donde la precipitación anual promedia los 300 a 450 mm; y al sur el sector Centro-Altiplánico con una precipitación media anual menor a los 300 mm, condicionando un ombroclima xérico a semiárido (Navarro & Maldonado 2005).

La precipitación también disminuye a medida que se incrementa la distancia a las fuentes de humedad del Atlántico tropical y la cuenca del río Amazonas, lo que define que la línea de nieve sobre los glaciares de la Cordillera Occidental de los Andes en Bolivia se eleve de este a oeste (Thompson *et al.* 1998). En la Cordillera Occidental, los vientos del este son los responsables de los incrementos en la humedad específica; por otro lado, los vientos del oeste, que son secos debido a la presencia del desierto de Atacama, previenen el transporte de humedad desde la Amazonía y el Chaco hacia la región oeste del Altiplano (Vuille 1999). La consecuencia de esta interacción es un clima semiárido, con tasas de precipitación de 350 mm concentradas principalmente en el periodo diciembre-marzo (Vuille 1999). A escala diurna, los patrones de precipitación en estaciones situadas en el Altiplano tienen un comportamiento donde las máximas frecuencias e intensidades ocurren entre la tarde y el inicio de la noche, como producto del calentamiento de la superficie por efectos de la insolación y la consecuente desestabilización de las capas bajas de la tropósfera (Garreaud *et al.* 2003). A escalas menores durante la época húmeda, la lluvia tiende a concentrarse en secuencias de cerca de una semana de duración, separadas por secuencias similares de periodos secos (Aceituno & Montecinos 1993).

Durante el invierno austral (junio a agosto), es frecuente la ocurrencia de heladas y nevadas aisladas, ocasionadas por la intrusión de masas polares que sobre el hemisferio sur viajan en dirección norte, guiadas por la zona planetaria de vientos del oeste (Vuille 1999).

Las fluctuaciones diarias de temperatura constituyen la variable más crítica de estrés ambiental para las plantas, y la frecuencia de heladas es una fuerza selectiva clave en la adaptación a los ambientes tropicales de altura (Cuesta *et al.* 2012). Las especies que viven en estos sitios también tienen que soportar un estrés adicional de ciclos de congelamiento y deshielo causados por los movimientos dinámicos del suelo, que actúan como un ambiente hostil para las raíces de las plantas (Smith & Young 1987, Luebert & Gajardo 2005, Cano *et al.* 2010), provocando así diferencias en la fisonomía de la vegetación a lo largo del gradiente altitudinal (Cuesta *et al.* 2012).

² Principalmente la vegetación

Generalmente sobre los 4.500 m de elevación se produce una combinación de mayor radiación, mayor exposición a vientos (desección) y mayor fluctuación térmica diaria (Cuesta *et al.* 2012), que en muchos casos incluye condiciones de congelamiento y descongelamiento en un mismo día (Sklenář 2000), generando alta presión selectiva y forzando el desarrollo de adaptaciones fisiológicas singulares en las plantas (Cuesta *et al.* 2012).

Las tendencias de cambio observadas en el clima durante los últimos 60 años a partir de datos de temperatura atmosférica colectados a nivel del suelo para 277 estaciones, muestran patrones importantes de cambio para la temperatura entre los paralelos 1°N - 23°S y de 0 a 5.000 metros de altitud (Vuille & Bradley 2000, Vuille *et al.* 2003). A escala regional se registra una tendencia de incremento en la temperatura atmosférica de 0,11 °C por década para el período 1939 – 1998 y de 0,34 °C por década para el período 1974 – 1998. Soria (2014) confirmó esta tendencia de incremento de temperatura para el Altiplano boliviano a partir del análisis de consistencia de 63 estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, para la longitud total del récord de datos existente (desde 1943 en algunos casos, hasta parte del año 2013 en otros). En el caso de la temperatura media anual del aire, la tendencia con la tasa más alta de incremento fue observada en la estación Oruro, donde asumiendo una tendencia lineal se estima que en 50 años la variable se incrementó en 2,5°C, probablemente como producto de la influencia de la isla de calor de la ciudad de Oruro. Por otro lado, el menor incremento promedio esperado es para la región donde está instalada la estación Calacoto, donde en 50 años se observó un incremento promedio de 0,45°C (Soria 2014).

De manera similar, en el Altiplano boliviano se han observado, y se proyectan hasta el fin de este siglo incrementos en la frecuencia de olas de calor, en la temperatura diurna y nocturna, disminución de días con temperaturas menores a 0 °C, mayor frecuencia de precipitaciones extremas y mayor variación en el rango de temperaturas (Thibeault *et al.* 2010, Garcia 2012). Reportes recientes de los Andes peruanos muestran que las temperaturas máximas diarias entre octubre y mayo son superiores a los 0 °C aún a elevaciones de 5.680 m, valores que apoyan las tendencias reportadas por los modelos de circulación general (GCM) a nivel global (Bradley *et al.* 2006). Dichos cambios en temperatura son suficientes para causar alteraciones significativas en procesos ecosistémicos, en los rangos de distribución de especies nativas, en la composición de las comunidades y en la disponibilidad de agua (Buytaert *et al.* 2011).

En Bolivia se logró reconstruir el clima de los últimos 18.000 años a través de la señal isotópica³ de un testigo de hielo extraído del nevado Illimani (Ramírez *et al.* 2003), esta información comparada con la que se obtuvo de testigos obtenidos del nevado Sajama, Huascarán y Quelcaya (Hoffman *et al.* 2003) permitió identificar los importantes cambios en el clima producidos por la actividad antrópica desde la década del 70 e inicios de los 80, representando incrementos de temperatura y una posible disminución de la precipitación sobre la cuenca Amazónica, que constituye la principal fuente de humedad para los Andes Tropicales (Ramírez & Machaca 2011).

³ Estos indicadores climáticos isotópicos, para el caso de la región tropical, están relacionados de forma inversamente proporcional a la cantidad de lluvia que cae sobre el sitio y directamente proporcional al incremento de las temperaturas (Ramírez 2008a)

Por otro lado, el análisis de registros de precipitación de los últimos 50 años no evidencian patrones regionales claros a nivel del Altiplano boliviano (Soria 2014) ni a nivel de los Andes Tropicales (Vuille *et al.* 2003), y en tal sentido, las proyecciones de cambio en la precipitación son mucho más erráticas e inciertas entre los GCM (Cuesta *et al.* 2012).

Orientación normativa y política pública

El Programa Nacional Biocultura constituye un esfuerzo conjunto del gobierno boliviano y la cooperación suiza para integrar los programas ambientales de la COSUDE en la política pública nacional. Es en tal sentido que corresponde una contextualización de la orientación normativa que impulsa la política nacional ambiental, para que la presente propuesta contribuya efectivamente a la implementación de acciones estratégicas priorizadas desde el Estado y encuentre un asiento institucional que brinde sostenibilidad y continuidad a las acciones que se inicien.

El instrumento normativo que orienta las leyes específicas, políticas, normas, estrategias, planes, programas y proyectos del Estado Plurinacional de Bolivia es la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien. El Plan General de Desarrollo Económico y Social para Vivir Bien y los planes de las entidades territoriales autónomas, deben formularse en función al cumplimiento de los objetivos del Vivir Bien, promoviendo programas y proyectos que estén orientados a alcanzar dichos objetivos (Artículo 50, LMT). En su primer artículo transitorio, la LMT indica también que las entidades que trabajan con recursos de cooperación internacional, deberán articular sus intervenciones a los enfoques, principios, lineamientos, estrategias, planes, prioridades y objetivos del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra. En la presente Estrategia se recoge plenamente esta orientación normativa, incorporando varios alcances⁴ de la política ambiental que asumió el Estado boliviano a partir de la promulgación de la LMT en octubre del año 2012 y la Constitución Política del Estado del año 2009.

Uno de los fines y funciones esenciales del Estado es el de promover y garantizar el aprovechamiento responsable y planificado de los recursos naturales, impulsando su industrialización a través del desarrollo y fortalecimiento de la base productiva en sus diferentes dimensiones y niveles, así como la conservación del ambiente (Artículo 9, CPE). Un concepto importante que introduce la LMT es el de la **capacidad de regeneración natural** de los recursos naturales renovables, dejando en claro que su uso y aprovechamiento deberá darse de acuerdo a su capacidad de regeneración y a la capacidad de las zonas de vida para asimilar daños, reconociendo que las relaciones económicas están limitadas por la capacidad de regeneración que tiene la Madre Tierra (Artículo 15, LMT). En tal sentido, reconoce también la necesidad de desarrollar y aplicar políticas destinadas a fomentar y promocionar la **investigación participativa** revalorizadora, a partir del diálogo de saberes entre la ciencia occidental moderna y las ciencias de las naciones indígena originario campesinas (Artículo 33, LMT).

El Estado Plurinacional de Bolivia, a través de la Autoridad Nacional competente, realizará de forma progresiva el **registro de los componentes de la Madre Tierra** con alto valor estratégico, priorizando los componentes naturales renovables; esto comprende el desarrollo de **líneas de**

⁴ A lo largo de esta sección se resaltan con negrilla los alcances normativos que recoge la presente Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos

base, inventariación y/o indicadores según corresponda, expresando el estado de situación de los componentes de la Madre Tierra (Artículo 51, LMT).

Un aspecto fundamental establecido por la CPE que debe ser considerado para la formulación de las políticas ambientales, es que éstas se basan en una **planificación y gestión participativa**, donde la población, no solo debe ser consultada sino que participa en la ejecución de acciones y en el control social efectivo de la gestión ambiental en su conjunto (Artículos 343 y 345, CPE). En el marco de los derechos de las naciones y pueblos indígena originario campesinos, se debe promover la valoración, respeto y promoción de los saberes y conocimientos tradicionales, así como el derecho a vivir en un ambiente sano, con manejo y aprovechamiento adecuado de los ecosistemas (Artículo 30, CPE).

En materia de humedales, la Constitución Política del Estado establece que es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando la conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciales, **humedales**, subterráneas, minerales, medicinales y otras; constituyéndose en recursos inalienables, inembargables e imprescriptibles (Artículo 374, CPE). La Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, recoge y ratifica estas obligaciones del Estado sobre los recursos hídricos mencionados (Artículo 27, LMT).

Es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas, regulando el manejo y **gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego**, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades (Artículo 375, CPE). “Promover la conservación y protección de las **zonas de recarga hídrica, cabeceras de cuenca**, franjas de seguridad nacional del país y áreas con alto valor de conservación, en el marco del manejo integral de cuencas” constituye una de las orientaciones del Vivir Bien de acuerdo a la Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien (Artículo 23, LMT).

Otras orientaciones y bases del Vivir Bien, obligan al Estado a garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente; regular, **monitorear** y fiscalizar los **parámetros y niveles de la calidad de agua**; promover el aprovechamiento y uso sustentable del agua para la producción de alimentos de acuerdo a las prioridades y potencialidades productivas de las diferentes zonas; adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación, almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua; y con especial importancia, desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran **afectados por el cambio climático**, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados (Artículo 27, LMT).

Reconociendo que los efectos del cambio climático están presentes en el territorio nacional y que amenazan los sistemas de vida, la LMT impulsa al Estado a crear condiciones para que la distribución de la riqueza permita la reducción de las vulnerabilidades regionales que resultan del impacto del cambio climático en el pueblo boliviano y en las zonas de vida del país (Artículo 18, LMT). En tal sentido, la política pública deberá promover la recuperación y aplicación de prácticas, tecnologías, saberes y conocimientos para el desarrollo de medidas de respuesta efectivas a los impactos del cambio climático en armonía y equilibrio con los sistemas de vida (Artículo 32, LMT).

Finalmente la CPE establece como competencia exclusiva del nivel central del Estado el régimen general de recursos hídricos y sus servicios, así como el régimen general de biodiversidad y medio ambiente, la política forestal y régimen general de suelos, recursos forestales y bosques (Artículo 298, CPE).

Siendo los bofedales un tipo de humedal priorizado a través de la presente estrategia, corresponde citar la Ley 404 que declara de prioridad para el Estado Plurinacional la recuperación, conservación, uso y aprovechamiento sustentable de los bofedales, con el propósito de precautelar los sistemas de vida dependientes de este recurso especial (Artículo 1, Ley 404). Esta ley de reciente promulgación (septiembre 2013), instruye al Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión de Desarrollo Forestal, promover la **realización de estudios e inventarios** pertinentes respecto a los bofedales a nivel nacional, con el objeto de formular, ejecutar programas y proyectos de **recuperación, conservación y manejo de bofedales**, a través de técnicas de **cosecha de agua**, conservación de suelos y preservación de especies vegetales de importancia forrajera, para trascender hacia un beneficio colectivo de la población boliviana (Artículo 5, Ley 404). Así mismo instruye al VMABCCGDF apoyar en **gestionar el financiamiento nacional y de la cooperación internacional**, para la realización de los estudios e implementación de los programas y proyectos de recuperación, conservación y manejo especializado de los bofedales (Artículo 6, Ley 404).

Finalmente, la Ley 404 instruye a los gobiernos de las entidades territoriales autónomas y entidades descentralizadas correspondientes, **incorporar en sus planes de desarrollo y planes operativos anuales**, las demandas de las comunidades respecto al uso, conservación y aprovechamiento sustentable de los bofedales, incluyendo acciones particulares como el uso del agua, conservación de suelos y el cuidado de los recursos vegetales (Artículo 7, Ley 404).

La Agenda Patriótica 2025, constituye una Política de Estado de largo plazo, que asigna responsabilidades a todos los niveles de gobierno, incluidos el Nivel Central del Estado, los gobiernos autónomos departamentales, gobiernos autónomos municipales y las autonomías indígena originario campesinas (MA 2013). Es con base a la Agenda Patriótica 2025 que la Autoridad Ambiental Nacional viene construyendo las políticas sectoriales, velando a su vez porque las mismas contribuyan al cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por Bolivia en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, actualizados durante la Décima Reunión de la Conferencia de las Partes (COP 10) y que se agregan en el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 bajo el nombre genérico de las Metas de Aichi (S Gutierrez com. pers. 2014).

Es en tal sentido por ejemplo, que la Política Nacional de Biodiversidad y Medio Ambiente que se venía gestionando hasta el año 2013 desde el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Climático, hoy demanda un proceso de actualización bajo la orientación que brinda la Agenda Patriótica 2025 y las Metas de Aichi, dando paso así, a la construcción de nuevas políticas sectoriales entre las que se incluye una actualización de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y la Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas de la Zona Andina (S Gutierrez com. pers. 2014).

La Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas de la Zona Andina, constituye el instrumento de política más próximo a aprobarse (S Gutierrez com. pers. 2014), y pretende desarrollar una gestión

de ecosistemas partiendo de las fortalezas y estructuras lógicas territoriales, las estructuras organizativas y los conocimientos de las comunidades y pueblos indígena originario campesinos (MMAYA 2013). Los principios fundamentales que se incluyen en el documento borrador de la Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas de la Zona Andina son cuatro:

- La construcción de procesos de gestión de los ecosistemas andinos se basa en una relación de responsabilidades compartidas entre las organizaciones indígena originaria campesinas; y las entidades de Gobierno; potenciando las capacidades y conocimientos de estas organizaciones.
- La gestión de los ecosistemas andinos, sólo puede basarse en las distintas territorialidades de los pueblos indígena originario campesinos que habitan en estas regiones; y en el respeto a los derechos de estos pueblos a establecer y mantener sistemas propios de ocupación y gestión (manejo) de estos territorios y los recursos de biodiversidad; en el respeto a sus organizaciones y a sus formas de autogobiernos, considerando los criterios de aprovechamiento de los recursos naturales y su manejo sustentable.
- La gestión de los ecosistemas andinos se orienta a recuperar, donde sea necesario, y mantener la capacidad de estas regiones de sustentar la vida y sustentar los procesos y sistemas productivos de las poblaciones indígena originario campesinas y de las poblaciones que habitan la zona andina.
- La gestión de los ecosistemas andinos, busca contribuir a la adaptación al cambio climático, a través de acciones que se orientan a disminuir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y a la mejor gestión de los recursos hídricos.

Adicionalmente, establece siete Áreas Estratégicas de Acción, que de manera interactuante e interdependiente contribuyen a la gestión integral de los ecosistemas andinos (MMAYA 2013):

- Fortalecimiento y adecuación de las formas de gestión territorial existentes, de las normas propias de uso y acceso a los territorios y los recursos, y de sus organizaciones propias para garantizar un uso sustentable del territorio y sus recursos naturales.
- Desarrollo y fortalecimiento del conocimiento y las tecnologías tradicionales, así como procesos de diálogo de conocimientos con lo académico.
- La gestión de las funciones ambientales y el reconocimiento de importancia de las comunidades rurales en su conservación y uso sustentable del agua.
- El desarrollo, fortalecimiento y/o recuperación de sistemas productivos sustentables, apropiados a las características naturales de cada región y las características culturales de cada grupo humano.
- Contribuir a evaluar y mitigar el impacto del crecimiento de las ciudades sobre los recursos naturales de las regiones andinas.
- Desarrollo de alternativas energéticas de bajo impacto ambiental para evitar los efectos negativos sobre las especies nativas por el uso de su leña o carbón a nivel doméstico e industrial.
- Desarrollo de capacidades de las entidades del Estado y de las organizaciones indígena originario campesinas para la gestión de las regiones andinas y de sus recursos naturales.

Queda claro entonces, que para la política ambiental nacional no sólo la relación cultura – naturaleza es importante, sino también la necesidad de asegurar que esta relación mantenga la

calidad del entorno natural y genere beneficios para las sociedades (MMAYA 2013), orientación a la que se adscribe el Programa Nacional Biocultura y el diseño de la presente Estrategia de Adaptación al Cambio Climático para Humedales Altoandinos.

2. Marco conceptual

Desde una perspectiva general, la relevancia de las montañas radica en su capacidad de proveer de manera directa los medios de vida para aproximadamente el 10% de la población global y de manera indirecta para aproximadamente un 50% de la misma (Beniston 2003).

Cinco millones de personas viven en ecosistemas de la zona andina de Bolivia e intervienen de forma directa en la gestión de los mismos para su sustento y reproducción cultural (MMAYA 2013). Aunque muchos habitantes viven en las ciudades, dependen de manera directa de la estabilidad y gestión sostenible de los ecosistemas andinos (MMAYA 2013). La cantidad absoluta de población rural en el Altiplano se mantiene relativamente constante en cerca de dos millones de habitantes, dando cuenta de procesos de migración constante que expulsan al poblador andino a una tasa constante, hacia regiones económicamente más activas (PNUD 2011). A pesar de ello, la población rural en el Altiplano representa el 46% de la población rural total en Bolivia (PNUD 2011).

Vegetación como bioindicadora

Al reconocer que en los ecosistemas andinos de Bolivia el espacio natural y sus componentes se modelaron junto con las culturas y las sociedades, no necesariamente hacemos referencia a una interacción positiva. Estudios en la zona árida y semiárida de las altas montañas tropicales de los Andes de Bolivia y Argentina, afirman que la parte alta de los mismos está cubierta por una vegetación transformada por cambios antropozoogénicos, que hablan de una extensa e intensa ocupación humana, acompañada de prácticas de pastoreo y extracción de madera, que incluso datan de la época incaica (Ruthsatz 1982, Fjeldsaa & Kessler 1996, Resnikowsky 2001, Navarro & Maldonado 2005).

La vegetación actual de los Andes bolivianos estaría caracterizada por plantas colonizadoras de una sucesión secundaria, etapas seriales procedentes de la degradación o transformación de los bosques u otro tipo de vegetación potencial (Navarro & Maldonado 2005), por ejemplo las gramíneas son buenas colonizadoras, así como las formas de vida de *tussock*, cojines y arbustos rastreros (Ruthsatz 1992, González 1997). Buttolph & Coppock (2004) encontraron además que la diversidad de especies en estos ecosistemas parece reducirse en áreas bajo pastoreo intensivo de camélidos.

Hoy extensas zonas andinas con uso milenario “tradicional” muestran paisajes esquilados y erosionados, donde tanto la diversidad biológica como el potencial productivo a largo plazo se hallan gravemente afectados (Navarro & Maldonado 2005). Esta transformación de la vegetación original es la consecuencia del uso humano del territorio durante siglos, a su vez determinado por el complejo de variables socio-económicas que en determinadas épocas entran en disarmonía y aumentan la presión sobre los recursos (Navarro & Maldonado 2005). Obviamente, la capacidad

de transformación del ambiente se relaciona directamente con la capacidad tecnológica desarrollada por cada sociedad (Navarro & Maldonado 2005) y es en tal sentido que podemos relacionar una dinámica de degradación más intensa conforme nos acercamos a la época actual.

El calentamiento global constituye un agravante en el proceso moderno de modificación del paisaje, configurando nuevos escenarios climáticos que obligan a las especies a adaptarse a modificaciones en los regímenes de temperatura y precipitación.

Estudios recientes desarrollados en el Parque Nacional Sajama muestran que durante los últimos 26 años se dio una expansión de la vegetación hacia áreas antiguamente despobladas a razón de 450 ha/año, observándose también un ascenso en altitud de vegetación que antiguamente estaba restringida a rangos altitudinales menores (García 2011). Tanto la expansión de cobertura como el recambio altitudinal en especies se vio influenciado por la temperatura y la evapotranspiración (García 2011), variables que se prevé continuarán en ascenso producto del cambio climático. Desplazamientos de especies en gradientes altitudinales también fueron reportados en otras montañas tropicales (Deutsch *et al.* 2008, Chen *et al.* 2011, Pauli *et al.* 2012).

Como vemos, la vegetación constituye un bioindicador adecuado de cambio y el monitoreo de la composición florística puede proporcionar información sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas, ya que el arreglo de especies de una zona, refleja la respuesta biológica a los diferentes procesos ecológicos y/o características ambientales que se dan en un sitio específico (Josse *et al.* 2007). Si el monitoreo biológico se concentra en unidades de vegetación de importancia económica, como los bofedales, existirá mayor probabilidad de que el mismo se proyecte a través del tiempo y llegue a ser apropiado por los pobladores rurales.

Los bofedales se forman en la naturaleza en zonas geoecológicas tales como las del macizo andino, ubicadas sobre los 4.000 m de altitud, en planicies que almacenan agua proveniente de las precipitaciones, deshielo de glaciares y principalmente alumbramientos superficiales de aguas subterráneas, por ello son ecosistemas frágiles que pueden ser fácilmente alterados si no se manejan sosteniblemente (Flores 2002). Los bofedales son un tipo de pradera nativa con vegetación siempre verde, suculenta, de elevado potencial forrajero y producción continua (Prieto *et al.* 2003).

Análisis multitemporales de imágenes satelitales reflejan cambios en la superficie ocupada por bofedales en Bolivia, mientras algunos estudios estiman reducciones de superficie, otros reflejan incrementos. Por ejemplo, Flores (2002) analizó cuatro escenas satelitales de una porción de la Cordillera Occidental boliviana y parte del altiplano, encontrando que entre 1990 y el 2001, el área de bofedales había disminuido en 12,1% para una escena del área de estudio, mientras que en las otras escenas se encontraron reducciones del 4,7% (entre 1990 y 1998), del 15% (entre 1990 y 1995) y del 12% (entre 1987 y 1998). Por su parte, Carafa (2009) a través de un análisis multitemporal de imágenes en un bofedal del nevado Illimani, determinó superficies de 81,9 ha en 1994, de 64,2 ha en 1999, de 43,8 ha en el 2005 y de 107,6 ha para el 2009. Lorini (2012) estimó una reducción de 28,8% entre 1986 y 2009 para los bofedales del Parque Nacional Sajama y su área de influencia; y recientemente Zeballos (2013) estimó una reducción de área del 50% para el conjunto de humedales distribuidos en la Cordillera Real para el período 1984 – 2009.

Comparaciones multitemporales entre inventarios florísticos para un mismo bofedal del Parque Nacional Sajama, muestran cambios en la relación de dominancia de las especies, así como

incrementos de al menos el 8% en los valores de cobertura vegetal y en la riqueza de especies (Lieberman 1986, Lorini 2012), sugiriendo un ascenso en altura de vegetación que hace tres décadas se encontraba restringida a rangos altitudinales menores.

Los bofedales son ecosistemas muy sensibles a cambios en el clima. Estudios desarrollados en los Andes chilenos (Aravena *et al.* 2003, Squeo *et al.* 2006, Madrid 2009) y en el Parque Nacional Sajama (Lorini 2012) muestran la relación directa entre la variación climática interanual y el crecimiento de las plantas en bofedales. Es en tal sentido, que se identifica la necesidad de priorizar el registro de los componentes de la Madre Tierra en estos humedales de alto valor estratégico, elaborando líneas de base e inventarios que reflejen su situación y estado de conservación. Estos inventarios no solo deberán concentrarse en la estimación de la riqueza de especies presentes en los diferentes tipos de bofedales, sino también obtener valores fitosociológicos que permitan identificar cambios en otros parámetros de la biodiversidad. En tal sentido, se recomienda el empleo de métodos estandarizados que permitan la comparación entre regiones y a través del tiempo.

Tomando en cuenta que más de 17.000 personas dependen económicamente de los bofedales (Prieto *et al.* 2003) y que éstos ocupan el 0,006% de la Puna en Bolivia (RUMBOL SRL 2014), resulta prioritario el monitoreo de su estado de conservación a través del tiempo.

Gestión de bofedales para la adaptación al cambio climático

La importancia de los bofedales no solo radica en su potencial de uso para la ganadería camélida, pues en los últimos años se han incrementado los estudios e investigaciones relacionados a las funciones que cumplen estos humedales, sobretodo como reguladores de flujos hacia las cuencas en épocas de estiaje (Ramírez 2008b, Soliz 2011, Lorini 2013).

El retroceso de los glaciares andinos producido por efecto del calentamiento global, constituye un agravante para la oferta futura de agua en los cauces principales de las cuencas andinas y el balance hídrico general. Más del 80%⁵ del agua fresca de las regiones áridas y semiáridas de los trópicos se origina en las regiones montañosas (Messerli 2001, Liniger *et al.* 1998), siendo los glaciares la principal fuente de agua superficial en época seca (Vuille *et al.* 2008), gracias a su capacidad de liberación lenta de agua acumulada en la época de lluvias.

Desde 1991 el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), conjuntamente con el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés (IHH-UMSA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, iniciaron un programa de monitoreo de glaciares tropicales (Ramírez 2008a). Las investigaciones desarrolladas bajo este programa identificaron tendencias de pérdida en superficie y espesor glaciar en diferentes nevados de Bolivia: Mururata mostró una reducción del 20% de superficie glaciar durante el período 1956 – 2009 (Ramírez 2008b); el nevado Illimani alcanzó una reducción del 21% de área y 22 metros de espesor entre los años 1963 -2009 (Ramírez & Machaca 2011); mientras las cuencas del glaciar Tuni y Condoriri mostraron reducciones de 44% y 55% de superficie glaciar entre 1956 y 2006 (Ramírez 2007); constituyéndose Chacaltaya en el caso más alarmante, al haber perdido prácticamente toda su

⁵ Liniger y colaboradores (1998) estiman que la contribución de las montañas en regiones áridas representa hasta el 95% de los caudales que definen la descarga total de las cuencas.

superficie glaciar (Ramírez 2008a). Análisis multitemporales efectuados para los nevados del Parque Nacional Sajama entre el período 1986 – 2011 constataron que este patrón de pérdida también se halla presente en la Cordillera Occidental, encontrándose una reducción del 41% en las áreas glaciales del área protegida (Buitrón & Fernández 2012). Zeballos (2013) por su parte, encontró una disminución del 32% del área glaciar en la Cordillera Real para el periodo 1984 - 2009.

Las curvas de tendencia muestran que ciertos glaciares podrían desaparecer en los próximos 30 años (Ramírez 2007) de continuar los niveles actuales de emisiones de gases de efecto invernadero y las tendencias actuales de calentamiento global, mismas que aún se encuentran lejos de reducir su tasa de crecimiento, excepto para el caso de Europa. Si la función de regulación de flujos de los glaciares se halla amenazada por el calentamiento global, es preciso encontrar alternativas que permitan reemplazar dicha función.

Una medida de adaptación es apostar por obras de infraestructura como la construcción de represas y atajados para mitigar los efectos del cambio climático, y si bien estas acciones pueden brindar soluciones a corto plazo para los pobladores altoandinos, su importancia a largo plazo puede verse comprometida por los costos de mantenimiento que acarrearán y el alto grado organizativo que demandan de los usuarios. Además, tomando en cuenta que el cambio climático viene asociado al incremento de eventos extremos como precipitaciones torrenciales distribuidas en cortos períodos, los diseños ingenieriles actuales podrían resultar poco adecuados para las condiciones climáticas futuras, o al menos acarrear nuevos costos de mantenimiento, como aquellos asociados a la limpieza de sedimentos que pudieran acumularse después de una lluvia torrencial. Otro aspecto que constituye una limitante para la amplia replicación de estas iniciativas, son los costos de inversión asociados y la necesidad de contar con personal calificado para el adecuado diseño de estas obras.

Bajo este contexto, es de interés proponer medidas de adaptabilidad alternativas, cuya implementación pueda darse desde las capacidades locales.

A través de modelaciones para la cuenca del Mururata, ya el año 2009 Edson Ramírez destacaba el rol fundamental de los bofedales en el proceso de almacenamiento de humedad que luego se libera como caudal de base al caudal total superficial, y aunque no llegó a efectuar mediciones directas de este fenómeno, motivó el desarrollo de una tesis posterior que contribuyó significativamente al entendimiento de las relaciones hídricas que acontecen en este tipo de humedales (Soliz 2011). Soliz (2011) estimó que un bofedal de 15,5 ha del nevado Illimani podía llegar a almacenar 45.000 m³ de agua en su capa orgánica⁶, regulando el caudal de lluvias y deshielo, amortiguando drásticamente la escorrentía directa y manteniendo la ecología del sistema. Soliz (2011) también estimó que la recarga del bofedal alcanzaba en promedio 78,2 mm/año y 195,9 mm/año, equivalentes al 11% y 28% de la precipitación total registrada en el año de estudio (700,8 mm: 2009 - 2010). También estimó que los tiempos de residencia del agua en el bofedal podrían variar entre 40 a 150 meses para el agua almacenada en las capas orgánicas, y más de 2.000 años para el agua almacenada en las capas más profundas. Soliz (2011) también logró determinar que el bofedal de Illimani se formó gracias a la presencia de una capa impermeable de arcilla, a la cual llega una fuerte contribución de agua de las morrenas laterales

⁶ El volumen total del depósito sedimentario se cuantificó en 3.784.645,16 m³ y se estimó que el volumen total de agua en éste ascendería a 2.649.251,61 m³ (Soliz 2011).

en el periodo de lluvia, agua que alimenta al bofedal, aunque probablemente en menor medida que los ríos, pues determinó que el agua presente en los bofedales era químicamente más parecida a la de los ríos, respecto al agua de arcilla y de los manantiales de la zona.

A través de un monitoreo de más largo plazo, Lorini (2013) constató las funciones de regulación de caudales y represamiento de agua que acontecen en los bofedales altoandinos de dos microcuencas localizadas en el nevado Sajama (PNS) y el macizo Chulcani (Cosapa). Al comparar los niveles freáticos entre los bofedales y áreas contiguas a estos, observó que el nivel piezométrico en bofedales se situaba por encima del nivel de los suelos contiguos prácticamente a lo largo de todo el año. A través del monitoreo de caudales en los ríos que atraviesan los bofedales bajo estudio de las microcuencas mencionadas, Soria (2013) determinó que los caudales de los ríos que atraviesan los bofedales de las cabeceras de cuencas cambian su comportamiento después de atravesar el bofedal. Los caudales a la salida de uno de los bofedales mostraron un patrón claro de conservación de caudal por tres y cinco meses después de haber decaído el caudal del río al ingreso del bofedal, demostrando la capacidad de liberación lenta de agua acumulada en la época de lluvias, desarrollando una función similar a la que se atribuye a los glaciares de la zona Andina.

Tomando en cuenta la capacidad de represamiento de agua y regulación de caudales identificada para ciertos bofedales, es pertinente recomendar la promoción de acciones de ampliación de bofedales en áreas de recarga hídrica para las cuencas altoandinas, tomando la precaución de acompañar las mismas con acciones de monitoreo, que permitan establecer la efectividad de éstas acciones en la necesidad de sustituir, al menos parcialmente, la capacidad de represamiento y regulación de flujos de glaciares en retroceso.

Salazar y colaboradores (2000) observaron que la configuración y profundidad de las capas de suelo donde se desarrolla un bofedal varía de acuerdo al tipo de vegetación presente, aspecto que tiene relevancia directa en el régimen de escurrimiento superficial. El estudio citado sugiere que en zonas con escurrimiento superficial permanente, el bofedal se compone de una capa con vegetación viva, que se superpone a una capa anóxica de material orgánico. Salazar y colaboradores (2000) también sugieren que en esta capa anóxica se produce la descomposición de la materia orgánica, la cual es la responsable del incremento de los niveles de acidez de los suelos, favoreciendo la alteración meteórica de los sedimentos y coadyuvando al ingreso de las sales. En contraposición, en zonas sin escurrimiento superficial permanente se observaría vegetación tipo vega y de transición con menor cobertura vegetal a la de un bofedal y la ausencia de la capa anóxica. Salazar y colaboradores (2000) finalmente proponen una probable correlación positiva entre la demanda de agua de los bofedales y los valores de evapotranspiración real del mismo.

Estudios desarrollados en el Parque Nacional Sajama para determinar la relación entre el contenido de biomasa subterránea y la capacidad de retención de agua, sugieren que bofedales dominados por plantas de raíces profundas, y en general, elevada biomasa subterránea, contienen mayor humedad respecto a aquellos dominados por plantas de raíces cortas (Palabral 2013, Lorini 2013). El elevado porcentaje de materia orgánica en suelos de bofedal aumentaría la capacidad de retención hídrica en sus espacios porosos y en particular en bofedales dominados por las juncáceas *Oxychloe andina* y *Distichia muscoides* (Palabral 2013).

De esta manera, queda identificada la necesidad de replicar las investigaciones desarrolladas en el Parque Nacional Sajama y norte de Chile para otras áreas de la región Altoandina, sobretudo en

bofedales con diferente composición vegetal y/o que se desarrollen bajo condiciones ambientales diferentes a las de Sajama, a objeto de dimensionar adecuadamente la capacidad de represamiento y regulación de caudales de cada asociación vegetal. El monitoreo de pozos y piezómetros es una de las formas más sencillas y conocidas de estudiar la profundidad del agua dentro del cuerpo de un bofedal, investigar su movimiento entre las capas de aireación y la capa de saturación y, dependiendo de la profundidad de los pozos y piezómetros, observar variaciones en las capas debajo del suelo (Sprecher 2000). La interpretación individual del comportamiento freático que se obtiene de estos piezómetros es sencilla, pero la integración de la información para explicar la respuesta de la cuenca como sistema puede resultar compleja y demandante en su conceptualización como herramienta de predicción (Soria 2013).

Bajo un enfoque de adaptación al cambio climático que incremente la capacidad de resiliencia de los ganaderos altoandinos, se deberá promover la conformación de bofedales ecológicamente funcionales que puedan hacer frente a mayores condiciones de estrés hídrico en época de estiaje. Las investigaciones de Palabral (2012) y Lorini (2012) sugieren la necesidad de dar un paso adelante en las acciones de ampliación de bofedales para las áreas de pastoreo, incorporando asociaciones vegetales que puedan contener especies palatables para el ganado, pero que también aseguren suficiente humedad a lo largo del año a nivel sub superficial.

Investigación participativa

En todo momento y particularmente para el monitoreo, se deberá promover la investigación participativa a partir del diálogo de saberes entre la ciencia occidental moderna y las ciencias de las naciones indígena originario campesinas, pues de esta manera se impulsarán procesos de reflexión conjunta que podrán incidir en la toma de decisiones a nivel comunitario. Ejemplos exitosos de esta dinámica de trabajo se documentaron para el área del Parque Nacional Madidi (Lorini 2006) y para la región Andina a través del Modelo Yapuchiri (PROSUCO 2013). Ambas experiencias destacan la capacidad de socializar el acceso a la información cuando se involucran equipos locales de investigadores, pues al constituirse por personas que residen permanentemente en el área rural, permiten que el flujo de información pueda darse a través de charlas informales y en cualquier momento. Si estos investigadores locales difunden los resultados en asambleas y reuniones comunales, existe alta probabilidad de que los mismos promuevan procesos de reflexión conjunta que deriven en normas comunales que orienten mejor la gestión de los recursos (Lorini 2006). En áreas donde se implementó el Modelo Yapuchiri, los investigadores locales solicitan espacios en las asambleas comunales para socializar los datos que se van generando a través del monitoreo agroclimático y las herramientas de pronóstico local, promoviendo el rescate y difusión de conocimientos ancestrales cuando el resto de la comunidad se involucra en la discusión de los resultados (E Baldivieso com. pers. 2014).

Hoy el Modelo Yapuchiri está presente en 20 municipios y se articula a una estructura institucional. Los Gobiernos Municipales de estos municipios a través de las unidades de gestión del riesgo agropecuario y cambio climático, brindan el respaldo económico para el mantenimiento de equipos y la integración de la información (PROSUCO 2013), pero también se debe destacar el involucramiento de las unidades educativas en esta estructura institucional (E Baldivieso com. pers. 2014).

Riego y gestión integrada de recursos hídricos

Bolivia se encuentra entre los países con mayor disponibilidad de recursos hídricos del planeta, por estar ubicado en la cabecera de dos cuencas continentales importantes (Cuenca del Plata y Cuenca del Amazonas) y porque gran parte de su territorio se sitúa en la parte baja del Sistema Hídrico del Titicaca (MDA 2007). Sin embargo, la distribución espacial y temporal del agua no es homogénea a lo largo de su territorio, encontrándose zonas con alta disponibilidad y zonas con déficit hídrico (MDA 2007).

El riego es el mayor consumidor de agua en el país, con una demanda del 94% cercana a los 2.000 millones de m³/año; en tal razón, se estima que para cubrir la demanda actual se debe incrementar 40.000 hectáreas bajo riego con sistemas autogestionarios y sostenibles (MDA 2007). La cobertura actual de riego en el Altiplano sólo llega al 9% (PNUD 2011).

El riego en los altos Andes se destina principalmente para el mantenimiento o formación de nuevos bofedales, ambientes que constituyen la base productiva del ganadero andino.

El poblador andino incursionó en el manejo del riego desde épocas pre-hispánicas, y se dice que Tiwanaku empezó a desarrollarse como ciudad y Estado con el descubrimiento de técnicas agro-hidráulicas como el riego artificial, complementadas con el comercio a gran escala y el pastoreo de camélidos⁷. Las más de 82.000 ha de *suka kollus* que rodean el lago Titicaca son testigos de la importancia que dieron las culturas prehispánicas al riego. Benavides (1998) propone la hipótesis que en la época prehispánica y en las primeras décadas de la colonia, las autoridades autóctonas controlaban el riego a nivel de cuenca (parcialidad) y subcuenca (repartimiento), controlando desde las nacientes los deshielos que alimentaban los canales de riego de bofedales y pastos naturales de altura, hasta las zonas agrícolas en los valles.

En las últimas décadas, el riego destinado a bofedales ha venido cobrando importancia en las estrategias económicas del poblador altoandino. En el área del Parque Nacional Sajama se ha reportado la incorporación al riego de 800 ha de praderas a secano, que lograron convertirse en bofedales en los últimos 40 años⁸. Análisis multitemporales de imágenes satelitales del bofedal de Caripe en el mismo parque, muestran que entre el periodo de 1990 a 2009, el área principal de este humedal se incrementó de 419,5 ha a 517,2 ha gracias a las inversiones en riego implementadas (Lorini 2012). Hasta el año 2001 se llegó a documentar la presencia de 98 sistemas de riego en el área del PNS, de los cuales, 51 eran alimentados por vertientes y 47 por ríos (MAPZA-SERNAP 2001).

Se reporta que un pajonal seco puede convertirse en bofedal típico luego de cuatro a seis años, siempre que no falte agua (Palacios 1977). Tórrez (2103) menciona que en el área del PNS las experiencias de formación de bofedales obedecieron a dinámicas de prueba y error o formación accidental de bofedales, pero que de ellas, los pobladores locales establecieron tres criterios fundamentales para lograr el éxito de futuras intervenciones:

1. Se requiere analizar las características fisiográficas de la zona para determinar su capacidad para sostener bofedales.

⁷ <http://www.detiahuanaco.com/agricultura-de-tiahuanaco.html>

⁸ Borrador del Plan de Manejo del Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Sajama (no aprobado)

2. En función a las características fisiográficas se construye un número indeterminado de canales pequeños de riego y luego a través de ellos se conduce agua desde las partes más altas, llegando a inundar el sitio donde se quiere formar el bofedal.
3. En los años posteriores se debe asegurar la provisión constante de agua (“nunca debe faltar agua”).

Por otro lado, es necesario precisar que cuando el riego es mal manejado, puede afectar negativamente a los bofedales por salinización, especialmente si la fuente de provisión de agua proviene de fuentes de agua salina (MAPZA-SERNAP 2001). Igualmente, el exceso de agua puede ser perjudicial para el desarrollo de ciertas especies de bofedales, o incluso para el conjunto de las especies, si de los canales de riego además de agua se incorporan sedimentos.

El riego en bofedales probablemente sea una consecuencia lógica relacionada con el incremento de los hatos ganaderos y la disminución del espacio disponible para mantener estas poblaciones crecientes. En la necesidad de incrementar el forraje para un mayor número de cabezas de ganado y ante la parcelación del bofedal que antiguamente era de acceso común, el productor andino siente la necesidad de incrementar su base productiva a través del riego.

Según el tipo y tamaño de los sistemas de riego se pueden diferenciar⁸:

Sistemas de riego naturales: Que nacen de pequeñas vertientes o quebradas y riegan de manera natural los bofedales sin intervención humana en la distribución del agua.

Sistemas de riego familiares o multifamiliares rústicos: Que captan agua de ríos o vertientes a través de tomas rústicas o canales provisionales.

Sistema de riego comunal o multifamiliar rústico: Que captan agua de ríos o vertientes en cantidad regular, a través de tomas y canales rústicos de tierra. Bajo este sistema se observan grupos multifamiliares y zonales más o menos organizados, que ocasionalmente organizan turnos de riego.

Sistemas de riego con infraestructura mejorada: Que captan el agua de ríos y vertientes con abundancia de agua a través de tomas mejoradas y canales revestidos de cemento o con tubería.

Según un estudio desarrollado por MAPZA-SERNAP (2001) en el área del PNS, los sistemas de riego predominantes correspondían a los de tipo comunal o multifamiliar rústico (55%), seguidos de los sistemas multifamiliares rústicos (27%), los de riego natural (13%) y finalmente los sistemas de riego con infraestructura mejorada (5%). El estudio también menciona que los sistemas que tienden a generar mayores tensiones y conflictos entre usuarios son los de tipo familiar o multifamiliar rústico, que obedecen a niveles de relación no normados a nivel comunitario.

Normalmente el factor que dispara los conflictos entre los usuarios es la distribución desigual del agua a través de los sistemas de riego. La distribución del agua en sistemas familiares o multifamiliares está dada por la ubicación de los principales canales de riego, cada zona presenta una determinada cantidad de obras de toma de éstos canales principales que abastecen un área determinada de riego, presentándose variaciones en los caudales de riego empleados según la época húmeda o época seca del año (Tórrez 2014). El área que cada productor riega normalmente corresponde a un espacio que tradicionalmente usaba cuando el bofedal era de acceso común, pero a medida que el riego le representa mayor carga de trabajo, empieza a incrementarse el sentido de pertenencia por el área de riego, impulsándolo eventualmente a parcelar la misma y

delimitarla a través de cercos. Cuando la parcelación ocurre (con o sin cercos) empiezan los conflictos sobre la cantidad de agua que debiera recibir cada zona, pues es probable que en ciertas épocas del año el caudal en los canales principales no llegue a abastecer toda el área del bofedal y sea necesario organizar el riego a través de turnos difíciles de cumplir, más aún bajo la dinámica rural actual, en la que el productor reparte su tiempo de permanencia entre la ciudad y el campo. Este último punto merece una consideración especial al momento de decidir el área donde se implementará un sistema de riego, pues un sistema que se implemente en poblaciones con alta movilidad seguramente estará destinado a generar tensiones y probablemente al fracaso. De esta manera, es necesario tomar en cuenta que un sistema de riego no se limita a las acciones constructivas, sino debe incorporar un sistema de gestión del riego que establezca los derechos y responsabilidades de los usuarios.

Los sistemas de riego demandan cierto grado de cohesión social y el involucramiento comunal, pues se hace uso de recursos de acceso común (fuentes de agua) de carácter inalienable. En tal sentido, es prioritario incorporar el enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) que hace referencia a la planificación, concertación, definición de reglas de juego, acción, organización, desarrollo de conocimientos y capacidades entre los actores y usuarios del agua, para que el acceso, distribución, uso múltiple y conservación de los recursos hídricos no genere tensiones (MDA 2007).

La gestión sustentable de los recursos hídricos no es un fin en sí mismo, sino un medio para lograr un equilibrio entre tres objetivos estratégicos importantes (MDA 2007):

La eficiencia: para lograr que los recursos hídricos cubran la mayor parte posible de las necesidades

La equidad: en la asignación de los recursos y servicios hídricos a través de los diferentes grupos económicos y sociales

La sostenibilidad ambiental: para proteger los recursos hídricos básicos y el ecosistema asociado

Otro concepto a tomar en cuenta es el de manejo integrado de cuencas (MIC), que se refiere a los aspectos de carácter técnico que permiten el manejo de los recursos naturales (MDA 2007) delimitados topográficamente por la dinámica de escurrimiento del agua.

El concepto de MIC abarca principalmente las tareas técnicas del uso y manejo de los recursos naturales de una cuenca, mientras que la GIRH prioriza y da énfasis a los aspectos sociales e institucionales de gestión y administración para posibilitar un uso integrado y sostenible de los recursos hídricos. En consecuencia, la articulación del GIRH y el MIC resulta en la integración de la gestión social con el manejo técnico, logrando un enfoque socio-técnico (MDA 2007) al que deberían apuntar todas las intervenciones relacionadas con el manejo de los recursos hídricos.

De esta manera, el riego deja de ser una acción aislada enfocada a la satisfacción de demandas particulares, convirtiéndose en un proceso de gestión social que toma en cuenta y valora los intereses actuales y futuros de los diferentes usuarios del agua. Bajo esta orientación se destaca el derecho universal de acceso al agua para todas las personas (Artículo 16, CPE). Este enfoque de manejo plantea la necesidad de promover la gestión participativa y la planificación.

Organización para la adaptación

Partiendo del principio que los humedales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, surge la necesidad de gestionar el acceso a los mismos a partir de la consulta libre e informada con el conjunto de la población. El nivel central del Estado ejerce competencia exclusiva sobre el régimen general de recursos hídricos y el régimen general de biodiversidad, representando al conjunto de los bolivianos en la fiscalización del uso adecuado de los recursos naturales. Sin embargo, la gestión de los recursos se inicia a nivel local, entendiendo que la consulta libre e informada a nivel local constituye el paso inicial hacia un proceso formal de asignación de derecho concesional de uso sobre los recursos.

El proceso formal de acceso a recursos de la biodiversidad se aplica principalmente en tierras bajas, así como para el acceso a la fauna silvestre en la región Altoandina, sin embargo para el caso de los humedales, el Estado ejerce poco control. De esta manera, el régimen de acceso a estos recursos normalmente se ancla en los usos y costumbres locales, a través de procedimientos que asignan áreas o “cuotas de cosecha” que velan por la distribución equitativa de los recursos. Sin embargo, en ciertas áreas y de manera creciente, los procedimientos de distribución de los recursos están dejando de obedecer a lógicas tradicionales, incrementándose el interés individual por encima del colectivo y generando conflictos de acceso a los recursos. Es por ello, que la gestión de humedales deberá enfocarse en recuperar los principios de equidad relacionados con el acceso a recursos, y esto no necesariamente se trata de volver a las antiguas formas de organización comunal, sino más bien de rescatar los principios de relacionamiento y gestión compartida de los recursos, adaptándolos a la realidad social actual.

El cambio climático plantea desafíos que demandarán altos niveles de cohesión social y organización, desafíos que serán difíciles de sobrellevar de manera individual.

El concepto de adaptación al cambio climático hace referencia a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales. La capacidad de adaptación al cambio climático se debe definir de manera participativa, identificando las vulnerabilidades, el grado de exposición y la sensibilidad de la población a los impactos del cambio climático, proceso que debería impulsar una estrategia de respuesta que permita sobrellevar las nuevas presiones a los sistemas de producción. Esta estrategia de respuesta debiera reflejarse de manera escrita e idealmente estructurada a través de un plan de adaptación al cambio climático.

Un plan de adaptación es una serie de acciones que un grupo de personas decide ejecutar para reducir su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático (CI/SPPD 2013). Los planes de adaptación pueden ser elaborados a nivel nacional, regional o al nivel local desde las comunidades (CI/SPPD 2013). Una comunidad puede impulsar un plan de adaptación enfocado a cierto sistema de vida o servicio ecosistémico que es importante para el mantenimiento de alguna actividad productiva relevante, como por ejemplo los bofedales para los ganaderos altoandinos. El alcance del plan de adaptación dependerá del tamaño del área incluida y de cuantos recursos técnicos humanos y financieros se cuente para su implementación (CI/SPPD 2013).

Ahora bien, un factor clave para la implementación de un plan de adaptación al cambio climático radica en una correcta lectura de la capacidad de gestión de fondos con los que cuenta el grupo que impulsa el plan. El plan de adaptación podrá emplearse para gestionar fondos privados o de cooperación internacional, escenarios en los que la financiación dependerá de cuán bien

estructurado esté el plan en relación al de otros actores que pudieran competir por los mismos fondos. Otro escenario de gestión de fondos posible son las instancias gubernamentales de Gobierno.

Partiendo del principio de planificación y gestión compartida establecido en la Constitución Política del Estado, las comunidades pueden emplear los planes de adaptación como punto de partida para el logro de este principio, y de hecho, para el caso particular de humedales, la Ley 404 instruye a los gobiernos de las entidades territoriales autónomas y entidades descentralizadas correspondientes, incorporar en sus planes de desarrollo y planes operativos anuales, las demandas de las comunidades respecto al uso, conservación y aprovechamiento sustentable de los bofedales.

Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, instruyó a las entidades territoriales autónomas, incorporar en sus planes el enfoque del Vivir Bien, a través del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra, en un plazo máximo de 180 días a partir de su promulgación (Artículo 3, LMT), aspecto que constituye una tarea pendiente para la mayoría, o probablemente el conjunto, de los gobiernos municipales. De esta manera, las comunidades que cuenten con planes de adaptación, o al menos estrategias de respuesta definidas, podrían incorporar en los instrumentos de gestión municipal (POA y PDM), los alcances de las medidas definidas localmente para enfrentar los efectos del cambio climático.

Bajo cualquier escenario de gestión de fondos, el Programa Nacional Biocultura deberá velar porque los planes de adaptación al cambio climático se anclen a la institucionalidad pública, con el objetivo de darle sostenibilidad a la implementación de acciones en el largo plazo, así como al monitoreo de la capacidad de resiliencia que adquieran las poblaciones a medida que se implementan las medidas de adaptación.

La capacidad de resiliencia o capacidad resiliente, es la capacidad de un sistema para retornar a las condiciones previas a su alteración (Fox & Fox 1986). Esta capacidad resiliente debe ser impulsada desde la interacción con los actores locales, sus saberes locales, usos y costumbres, prácticas, a las cuales se pueden sumar los componentes técnicos y científicos, que en conjunto pueden generar condiciones mínimas para contrarrestar y adaptarse mejor a las nuevas exigencias y desafíos del cambio climático (Agua Sustentable 2013).

En este sentido, la adaptación al cambio climático deberá ir mucho más allá de las medidas tecnológicas, constituyéndose más bien en un proceso de construcción participativa que incorpore activamente el punto de vista, opiniones y conocimientos de los actores locales, resultando en una planificación de la gente para la gente, que oriente la autogestión de los humedales bajo los principios de la normativa ambiental nacional y rescatando a su vez conocimientos y procedimientos ancestrales (Agua Sustentable 2013).

Fortalecimiento de iniciativas productivas

Bolivia se encuentra entrampada en un patrón de crecimiento empobrecedor, basada en el aprovechamiento de recursos naturales primarios que se comercializan sin generar valor agregado ni empleos de buena calidad (PNUD 2011). Sin embargo, existe también una economía alternativa

basada en los servicios ambientales, ecoturismo, desarrollo forestal, biocomercio y agricultura orgánica que genera empleo conservando el ambiente y contribuyendo a la economía nacional con más de 300 millones de dólares/año en exportaciones (PNUD 2011). Bajo este patrón emergente de desarrollo las tasas de retorno se incrementan y se socializa el ingreso a través de las miles de fuentes de empleo directo que se generan (PNUD 2011). El reto radica en construir sinergias entre pequeños y grandes productores, unir regiones en torno a un patrón de desarrollo sostenible y masificar su impacto (PNUD 2011).

La región Altoandina cuenta con una historia amplia de intervenciones institucionales y proyectos de apoyo al componente productivo. Por ejemplo, Avejera (2011) a través de un mapeo de actores en el área del Parque Nacional Sajama, identificó que de 47 intervenciones institucionales desarrolladas en el área, 51% correspondían a proyectos de apoyo al manejo de camélidos, el 25% a proyectos de apoyo al componente turístico, 11% a proyectos de manejo de praderas y 13% a proyectos de investigación.

El énfasis de las intervenciones institucionales en el rubro camélidos responde a la percepción de que sobre los 4.000 m de altitud las opciones de diversificación económica son mínimas y que la ganadería camélida se constituye en la única opción de generación de ingresos. Si bien la ganadería de camélidos constituye la principal actividad económica⁹ de la región Altoandina, no se debe perder de vista el potencial productivo de la zona para el desarrollo de otras actividades productivas basadas en el manejo de la biodiversidad.

El ecoturismo por ejemplo constituye una fuente de generación de ingresos importante en el circuito “Desiertos de Sal – Lagunas de Colores” que cubre el Salar de Uyuni y la Reserva Eduardo Abaroa al sur de Bolivia. Este destino recibe una afluencia superior a los 150.000 visitantes/año solo en la Reserva Eduardo Abaroa, cuyo interés principal es la visita de los humedales presentes a lo largo del circuito. También se encuentran ejemplos de emprendimientos comunitarios dedicados a la administración de ecoalbergues en el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba y en el Parque Nacional Sajama. En este último se encuentran emprendimientos privados y comunitarios establecidos y con una afluencia constante de visitantes. El Albergue Comunitario de Tomarapi viene operando desde el año 2003 y para el año 2007 ya generaba una utilidad neta de 10.900 \$us/año (PNUD 2011).

Otros recursos de la biodiversidad altoandina con potencial de mercado son las plantas medicinales, cuyo comercio informal se halla ampliamente distribuido, aunque con pocos actores participantes. Sin embargo, también existen casos de manejo y comercialización asociativa de estos productos en Bolivia, tal es el caso de la Asociación de Productores de Hierbas y Mates (APROHIMA) del municipio de Pocoata, cuyos ingresos brutos el año 2009 ascendían a cerca de 42.000 \$us por ventas de mates de tusahuayu, muña y cedrón, solo en la localidad de Llallagua. A nivel nacional, la exportación de otro producto medicinal de los Andes, la maca, representa un ingreso de 202.121 \$us/año (PNUD 2011).

Otras plantas nativas que se comercializan informalmente son la thola como combustible; la totora para construcción y elaboración de alimentos balanceados; chacatea, chinchircoma, chachacoma, cola de caballo, wira wira, valeriana, achicoria, calaguala, pura pura, alferillo,

⁹ No necesariamente la genera los principales ingresos familiares, pero si constituye la actividad de mayor valoración cultural.

mamalpina, martin muña, neencia, entre otras plantas medicinales; además de plantas tintóreas como la itapulla, lampaya, queñua; y de uso ceremonial como la k'oa. Demás esta mencionar el movimiento económico que genera la producción de quinua, así como de otros cereales andinos que vienen penetrando mercados urbanos con éxito.

Finalmente, se deben destacar las experiencias de manejo de fauna silvestre andina, con experiencias puntuales de manejo de tres especies: la pisaka, la vicuña y la rana gigante del lago Titicaca. Caben destacar los resultados del Programa Nacional de Conservación y Manejo de la Vicuña, que aglutina a 3.050 familias de 12 municipios y que el año 2010 por ejemplo, llegó a comercializar 993 kg de fibra con un valor de 427.398 \$us.

Como vemos, la región Altoandina presenta múltiples opciones de diversificación económica, pero para que estos productos se inserten en el mercado no es suficiente identificar potenciales compradores. De hecho, la principal dificultad para que los productos de los altos Andes se mantengan en el mercado se origina en el nivel de los productores, incluso para productos tradicionales como los que se obtienen de la ganadería camélida.

Entre los años 1994 y 2008, diferentes intervenciones institucionales públicas y privadas, nacionales e internacionales, se propusieron reforzar las estrategias que permitan a los productores de camélidos y pequeños emprendimientos de agregación de valor de la fibra (artesanía y fibra clasificada) y carne (posicionamiento de su consumo en segmentos no tradicionales y procesamiento de charque), mejorar sus ingresos a través de un mejor posicionamiento en el mercado (Claros 2014). Para ese propósito se utilizaron diferentes enfoques orientados a establecer cadenas productivas manejadas íntegramente por las organizaciones de productores, es decir, desde la producción de llamas y alpacas, pasando por la transformación y hasta la comercialización. El apoyo se concentró en la gestión de cadenas de valor a través de acciones de colaboración entre las organizaciones de productores y empresas textiles de confección de tejido de punto con mercados externos consolidados (Claros 2014).

En este enfoque colaborativo las organizaciones de productores, ocuparon dos eslabones importantes de la cadena de valor textil, la cosecha y clasificación de la fibra, y la provisión de hilo industrial (contrato de servicios de hilatura en la industria textil peruana), para luego proveer este hilo a las empresas textiles de confección de tejido de punto y su posterior exportación (Claros 2014).

Los enfoques de intervención en el rubro artesanal a partir del uso de hilado artesanal e industrial tuvieron dos variantes: una que establecía la participación de las organizaciones artesanales desde la crianza de las llamas y alpacas, cosecha y clasificación de la fibra, tejido de prendas de punto y plano, y su comercialización directa al consumidor a través de tiendas en Oruro y La Paz; y la otra cadena de valor colaborativa entre organizaciones de artesanas rurales y organizaciones de artesanas urbanas, donde las primeras producían prendas en base a diseños proporcionadas por las segundas, ocupándose además de su comercialización (Claros 2014).

En el rubro carne (fresca) el enfoque de intervención fue el de establecer una cadena de valor, entre los productores, matadero y puestos de venta en los mercados de abasto (Oruro) y con migrantes rurales establecidos en el área urbana que establecieron puestos de venta de carne en cortes diferenciados (friales en Oruro y La Paz, principalmente). La cadena productiva del charque, siguió las mismas estrategias de posicionamiento que la fibra y la carne fresca (Claros 2014).

Como se ve, los emprendimientos apoyados entre 1994 y 2008 recibieron un apoyo importante para incorporarlos al mercado e incrementar sus márgenes de ganancia. Sin embargo, durante este periodo se lograron éxitos relativos y luego los emprendimientos declinaron; aunque también se encuentran negocios consolidados y exitosos como NAYRA, DELICIAS y ACOPROCCA, que actualmente se encuentran en operación (Claros 2014). Se asume que la causa principal que incidió en la falta de sostenibilidad de los emprendimientos fue la constante rotación dirigenal y la replicación de las tradiciones administrativas comunales a la gestión y administración de los emprendimientos productivos (Claros 2014).

Un común denominador en los emprendimientos productivos que se gestionan o apoyan a través de proyectos, es que los mismos se sostienen en los plazos que se mantiene el proyecto, pero al concluir la asistencia técnica, muy pocos logran consolidarse como negocios sostenibles. Muchas pueden ser las causas que derivan en este patrón, y probablemente no exista un factor común identificable entre todos los casos de fracaso, sin embargo, algunas pistas sugieren que las iniciativas que incorporan modelos de trabajo diseñados fuera del contexto socio-cultural del grupo de beneficiarios, pueden generar tensiones al incorporarse de manera forzada.

En diferentes oportunidades los productores rurales manifiestan “hay que organizarse para poder beneficiarse de proyectos y ayuda”, aseveración que replica un mensaje construido desde afuera de las comunidades y que llega al productor como una condición necesaria para ampliar su espectro de posibilidades. Aunque en el cotidiano el productor alcance cierto nivel de éxito incursionando de manera individual en los negocios, identifica en el cumplimiento de la condición una oportunidad para incrementar sus capacidades, en tal sentido, aplica a una estrategia oportunista para acceder a financiación.

Otro patrón que se identifica entre productores beneficiados por proyectos, es que al concluir los mismos no dejan de desarrollar las actividades productivas que hacían bajo el proyecto, pero esta vez las desarrollan de manera individual, con capacidades incrementadas y nuevas herramientas. Es decir, los proyectos se convierten en una suerte de escuela que permite al productor incrementar sus capacidades, pero luego adapta lo aprendido a su dinámica natural de trabajo y relacionamiento interpersonal. En tal sentido, la presente estrategia recomienda partir de una lectura adecuada de las formas naturales de producción y relacionamiento con el mercado que prevalece en los grupos de beneficiarios, potenciando las mismas a través del diálogo de saberes y entendiendo que existe más de una forma para hacer negocios.

Una orientación básica que no deberá quedar ausente en el proceso de consolidación de emprendimientos rurales, es la del manejo sostenible, proporcionando al productor información sobre la capacidad de carga de los ecosistemas y la capacidad de regeneración natural del recurso bajo aprovechamiento.

El fortalecimiento de iniciativas productivas tiene por objetivo incrementar los ingresos del productor por encima de los costos actuales y de los que emerjan en atención a las medidas de adaptación al cambio climático. Por ejemplo, si el derretimiento glaciar lleva al productor a invertir en la formación de bofedales en las cabeceras de cuenca y el mantenimiento periódico de sus sistemas de riego, éstos costos de inversión y operación, deberán ser solventados a partir de precios incrementados para los productos que se generen bajo este sistema de producción, pues de otra manera, el productor sentirá que sus inversiones disminuirán sus márgenes de ganancia,

desincentivándolo. De esta manera, la asistencia técnica no deberá limitarse a los aspectos de producción, sino también en la gestión de mercados diferenciados y la generación de condiciones para que los productores puedan acceder a los mismos.

Complementariamente, se deberán impulsar acciones a nivel del consumidor, para formar clientes informados y conscientes, con voluntad de gasto para productos de la biodiversidad que permiten la conservación de humedales altoandinos en Bolivia.

3. Bibliografía

Aceituno P & A Montecinos. 1993. Análisis de la estabilidad de la relación entre la Oscilación del Sur y la precipitación en América del Sur. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines* 22: 53-64.

Agua Sustentable. 2013. Plan de adaptación al cambio climático del Parque Nacional Sajama. AS - NDF - DIAKONIA - CHRISTIAN AID, La Paz-Bolivia

Aravena R, L Earle & B Warner. 2003. Rapid development of an unusual peat-accumulating ecosystem in the Chilean Altiplano. *Quaternary Research* 59: 1 - 11.

Avejera M. 2011. Mapeo de actores. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia

Benavides M. 1998. Las batallas de Chachayllo: La lucha por el agua de riego en el valle del Colca (Arequipa, Perú). *Espacio y Desarrollo* Nº10

Beniston M. 2003. Climatic change in mountain regions: A review of possible impacts. *Climate Change* 59: 5-31.

Bradley R, M Vuille, H Diaz & W Vergara. 2006. Threats to water supplies in theTropical Andes. *Science* 312: 1755–1756.

Buitrón C & J Fernández. 2012. Evaluación de potenciales impactos del cambio climático en comunidades andinas boliviana en una región del Parque Nacional Sajama mediante el estudio espacial multitemporal de variaciones en superficie observadas a través de imágenes satelitales. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia.

Buttolph L & Coppock D. 2004. Influence of deferred grazing on vegetation dynamics and livestock productivity in an Andean pastoral system. *Journal of Applied Ecology* 41: 664–674.

Buytaert W, R Céleri, B De Bièvre, F Cisneros, G Wyseure, J Deckers & H Hofstede. 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews* 79: 53–72.

Cano A, W Mendoza, S Castillo, M Morales, M Torre, H Aponte, A Delgado, N Valencia & N Vega. 2010. Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología* 17: 095– 0103.

Carafa T. 2009. Evaluación de bofedales de la cuenca circundante al nevado Illimani. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia.

Castro M. 2011. Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los Páramos Ecuatorianos - La experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. *EcoCiencia-Wetlands International-UTPL-MAE*, Quito, Ecuador.

Chen IC, J Hill, R Ohlemüller, D Roy & C Thomas. 2011. Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science* 333: 1024–1026.

CI/SPPD (Conservation International/Social Policy and Practice Department). 2013. Adapting to a changing climate: A community manual. CI, Washington-USA

Claros A. 2014. Diagnóstico de las organizaciones productivas y emprendimientos activos en el sector artesanal de tejido con fibra de alpaca su conformación y funcionamiento. Agua Sustentable – PNB, La Paz – Bolivia.

Cowardin L, V Carter, F Golet & E LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish

- and Wildlife Service, Office of Biological Services Washington.
- Cuesta F, P Muriel, S Beck, RI Meneses, S Halloy, S Salgado, E Ortiz & MT Becerra (Eds). 2012. Biodiversidad y Cambio Climático en los Andes Tropicales - Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación. Red Gloria -Andes, Lima – Quito.
- Deutsch C, J Tewksbury, R Huey, K Sheldon, C Ghalambor, D Haak & P Martin. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 6668–6672.
- Fjeldsa J & M Kessler. 1996. Conserving the biological diversity of *Polylepis* woodland of highland of Perú and Bolivia. A contribution to sustainable natural resource management in the Andes. NORDECO, Copenhagen-Dinamarca.
- Flores D. 2002. Identificación y análisis de cambios en bofedales de la Cordillera Occidental y del Altiplano de Bolivia. Tesis de Maestría en Levantamiento de Recursos Hídricos, Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba-Bolivia.
- Fox BJ & MD FOX. 1986. Resilience of animal and plant communities to human disturbance. En: *Resilience in Mediterranean-type ecosystems*. Dordrecht, Netherlands.
- García M. 2011. Tres décadas de observación de la vegetación de alta montaña en el Parque Nacional Sajama. Tesis de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.
- García M. 2012. Evaluación agroclimática de la zona del Parque Sajama. *Agua Sustentable*, La Paz, Bolivia.
- Garreaud R, M Vuille, & A Clement. 2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 5-22.
- Gonzales J. 1997. Comunidades Vegetales de morrenas Pleistocénicas y Holocénicas de los Nevados Huayna Potosí, Mururata e Illimani (Cordillera Real, La Paz, Bolivia). Tesis de Licenciatura, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia.
- Hoffman G, E Ramírez, JD Taupin, B Francou, P Ribstein, R Delmas, H Durr, R Gallaire, J Siomoes, U Schotterer, M Stievenard & M Werner. 2003. Coherent isotope history of Andean ice cores over the last century. *Geophysical Research Letters* 30 (4): 1179-1182
- Josse C, G Navarro, F Encarnación, A Tovar, P Comer, W Ferreira, F Rodriguez, J Saito, J Sanjurjo, J Dyson, E Rubin de Celis, R Zárate, J Chang, M Ahuite, C Vargas, F Paredes, W Castro, J Maco & F Reátegui. 2007. *Sistemas Ecológicos, de la cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo*. Nature Serve. Arlington, Virginia, EEUU.
- Körner Ch. 2003. *Alpine Plant Life*. 2nd ed. Springer, Berlin - Alemania.
- Liberman M. 1986. Microclima y distribución de *Polylepis tarapacana*, en el Parque Nacional del Nevado Sajama, Bolivia. *Documents phytosociologiques X (II)*: 235-272.
- Liniger H, R Weingartner & M Grosjean. 1998. *Mountains of the World: Water Towers for the 21st Century*. Mountain Agenda, University of Berne, Switzerland.
- Lorini H. 2012. Cambio climático y relaciones hídricas en bofedales y pajonales de un valle glacial del Parque Nacional Sajama. *Agua Sustentable – NEFCO*. La Paz, Bolivia
- Lorini H. 2006. Siguiendo huellas en el monte. Monitoreo participativo de fauna y cacería en el Madidi. *Conservación Internacional Bolivia*, La Paz-Bolivia
- Lorini H. 2013. Influencia del derretimiento glaciar y la composición florística sobre los patrones de escurrimiento subsuperficial en bofedales y pajonales de dos microcuencas. *Agua Sustentable - Programa Nacional Biocultura*. La Paz, Bolivia.
- Luebert F & R Gajardo. 2005. Vegetación alto andina de Parinacota (norte del Chile) y una sinopsis de la vegetación de la Puna meridional. *Phytocoenologia* 35: 79–128.
- Madrid M. 2009. A hydrogeologic study of high altitude peatlands in the central Andes, Chile. Master Thesis, University of Waterloo. Ontario - Canada.
- Maldonado M, G Navarro, F Acosta, X Aguilera, N de la Barra, M Cadima, J Coronel, E Fernández, W Ferreira & E Goitia. 2012. Humedales y cambio climático en los Altos Andes de la Puna Boliviana. *Modelización Ecogeográfica del Efecto del Cambio Climático en Ecosistemas Acuáticos Altoandinos de Bolivia*. Universidad Mayor de San Simón. Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos. DiCyT – ASDI. Cochabamba - Bolivia.
- MAPZA –SERNAP (Manejo de Áreas Protegidas y Zonas de Amortiguación – Servicio Nacional de Áreas

- Protegidas). 2001. Estudio de sistemas de producción del PNS y ZA.
- Messerli B. 2001. The International Year of Mountains (IYM). The Mountain Research Initiative (MRI) and PAGES Editorial, Pages News 9(3):2.
- MA (Ministerio de Autonomías). 2013. Agenda Patriótica 2025 ¿Quién hace qué? Serie Autonomías para la Gente N°6.
- MDA (Ministerio del Agua). s/f. Plan Nacional de Cuencas. Marco conceptual y estratégico. MDA, La Paz, Bolivia
- MMAYA (Ministerio de Medio Ambiente y Agua). 2013. Estrategia de Gestión Social de Ecosistemas Andinos. La Paz - Bolivia
- Murra J. 2002. El mundo andino. Población, medio ambiente y economía. IEP-Pontificia Universidad Católica del Perú. Historia Andina N° 24.
- Navarro G. 2011. Clasificación de la vegetación de Bolivia. Fundación Simón I. Patiño. Cochabamba - Bolivia
- Navarro G & M Maldonado. 2005. Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos. Fundación Simón I Patiño, Cochabamba-Bolivia.
- Palabral A. 2013. Relación de la composición florística y su biomasa subterránea con las variables hidrológicas en bofedales de Sajama. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia
- Palacios F. 1977. Pastizales de regadío para alpacas. En: Pastores de puna *uywamichiq punarunakuna*. Flores J (Compilador. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, Perú.
- Pauli H, M Gottfried, S Dullinger, O Abdaladze O, M Akhalkatsi, JL Benito Alonso, G Coldea, J Dick, B Erschbamer, R Fernández Calzado, D Ghosn, JI Holten, R Kanka, G Kazakis, J Kollár, P Larsson, P Moiseev, D Moiseev, U Molau, J Molero Mesa, L Nagy, G Pelino, M Puşcaş, G Rossi, A Stanisci, AO Syverhuset, JP Theurillat, M Tomaselli, P Unterluggauer, L Villar, P Vittoz & G Grabherr. 2012. Recent plant diversity changes on europe's mountain summits. Science 336: 353–355.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2008. Informe temático sobre desarrollo humano: La otra frontera, usos alternativos de recursos naturales en Bolivia. PNUD - Koninkrijk der Nederlanden – COSUDE - Conservación Internacional Bolivia, La Paz-Bolivia.
- Prieto G, H Alzérreca, J Laura, D Luna & S Laguna. 2003. Características y distribución de los bofedales en el ámbito del sistema TDPS. En: Rocha O y C Sáez (eds). Uso pastoril en humedales altoandinos - Talleres de capacitación para el manejo integrado de humedales altoandinos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú. Sitio Ramsar Lago Titicaca, Huarina, 28 de octubre al 1 de noviembre de 2002. Convención Ramsar, WCS/Bolivia. La Paz, Bolivia.
- PROSUCO. 2013. Pachagrama. Cuaderno de registro agroclimático. MDRyT/VDRA - COSUDE/PRRD - PROSUCO - COMUNIDAD ANDINA - GIZ, La Paz-Bolivia
- Ramírez E. 2007. Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto. Informe Final. Ministerio de Planificación y Desarrollo. La Paz – Bolivia.
- Ramírez E. 2008a. Impactos del cambio climático y gestión del agua sobre la disponibilidad de recursos hídricos para las ciudades de La Paz y El Alto. Revista virtual REDESMA 2 (3): 49-61.
- Ramírez E. 2008b. Deshielo del Nevado Mururata y su impacto sobre los recursos hídricos de la cuenca de Palca. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Ramírez E & A Machaca. 2011. Determinación de balances de masa de los glaciares del nevado Illimani mediante técnicas geodésicas. UMSA-IHH-IDRC_CRDI-AGUA SUSTENTABLE, La Paz, Bolivia
- Ramírez E, G Hoffmann, JD Taupin, B Francou, P Ribstein, N Caillon, FA Ferron, A Landais, JR Petit, B Pouyau, U Schotterer, JC Simoes & M Stievenard. 2003. A new Andean deep ice core from the Illimani (6350 m), Bolivia. Earth and Planetary Science Letters, 212 (3-4): 337-350.
- RAMSAR 2002. High Andean wetlands as strategic ecosystems. 8th Meeting of the Contracting Parties to the Convention on Wetlands, Valencia – España.
- Rasmussen T. 2003. Quantitative hydrology. Lecture notes. <http://www.hydrology.uga.edu/rasmussen/class/4500/index.html>.
- Resnikowsky H (ed.). 2001. Informe sobre criterios de planificación para el Parque Nacional Sajama. UMSA-IE-CAE, La Paz, Bolivia
- Rivas-Martinez S, D Sánchez-Mata & M Costa. 1999. North American Boreal and Western Temperate Forest Vegetation. Itinera Geobotanica 12: 5-316.

- RUMBOL SRL. 2014. Consultoría para la priorización de humedales de altura. Agua Sustentable – Programa Nacional Biocultura. Cochabamba, Bolivia.
- Ruthsatz B. 2012. Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenologia*, 42 (3-4), 133-179.
- Salazar, C., Rojas, L., Lillo, A., Aguirre, E. 2000. Análisis de requerimientos hídricos de vegas y bofedales en el Norte de Chile. *Revista Vertiente*, Santiago.
- Sklenář P. 2000. Vegetation ecology and phytogeography of Ecuadorian superpáramos. Unpublished PhD Thesis, Charles University.
- Smith A & T Young. 1987. Tropical Alpine Plant Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 137–158.
- Soliz, H., 2011. Hidrogeología del bofedal del Nevado Illimani. Tesis de Posgrado, Universidad Mayor Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre - Bolivia.
- Soria, F., 2013a. Estudio de la oferta de agua en una región del Parque Nacional Sajama, Bolivia. Informe Final de Consultoría. Agua Sustentable. La Paz - Bolivia.
- Soria F. 2014. Tendencias del clima presente y posibles tendencias del clima futuro en la cuenca del río Sajama. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia.
- Sprecher S. 2000. Installing and monitoring wells/piezometers in wetlands. WRAP Technical Notes Collection, ERDC TN-WRAP-00-02, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Squeo, F., Warner, B., Aravena, R., Espinoza, D., 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79, 245-255.
- Thibeault J, A Seth & M García. 2010. Changing climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for temperature and precipitation extremes. *Journal of Geophysical Research* 115: D08103.
- Thompson L, M Davis, E Mosley-Thompson, T Sowers, K Henderson, V Zagorodnov, P Lin, V Mikhalenko, R Campen, J Bolzan, J Cole-Dai & B Francou. 1998. A 25,000-year tropical climate history from Bolivian ice cores. *Science* 282, 1858-1864.
- Tórrez E. 2013. Sistematización de experiencias locales sobre manejo de bofedales, sistemas de riego tradicional implementados para incrementar la extensión de áreas de bofedales. Agua Sustentable, La Paz, Bolivia.
- Vuille M. 1999. Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the southern oscillation. *International Journal of Climatology* 19, 1579-1600.
- Vuille M & R Bradley. 2000. Mean temperature trends and their vertical structure in the Tropical Andes. *Geophysical Research Letters* 27: 3885–3888.
- Vuille M, R Bradley, M Werner & F Keimig. 2003. 20th century climate change in the Tropical Andes: observations and model results. *Climate Change* 59: 75–99.
- Vuille M, B Francou, P Wagnon, I Juen, G Kaser, BG Mark & R Bradley. 2008. Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future. *Earth-Science Reviews* 89 : 79-96.
- WWF (World Wildlife Fund). 2005. High Andean wetlands, regional strategy. Taller de Comunicaciones WWF, Colombia.
- Zeballos G. 2013. Cuantificación de la variabilidad de la extensión de los humedales, lagunas, y glaciares, de la Cordillera Real, entre 1985 y 2009, empleando imágenes Landsat TM Tesis de Geografía EMI, La Paz - Bolivia