

Tras las huellas del cambio climático en Bolivia

Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático
Agua y seguridad alimentaria

Tras las huellas del cambio climático en Bolivia

Estado del arte del conocimiento
sobre adaptación al cambio climático
Agua y seguridad alimentaria



Tras las huellas del cambio climático en Bolivia

Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático
Agua y seguridad alimentaria

Yoriko Yasukawa

Representante Residente del PNUD en Bolivia

Equipo de compilación y redacción

Javier Gonzales Iwanciw

Luis Alberto Salamanca Mazuelo

Bruno Condori Ali

Miguel Ángel Ontiveros Mollinedo

Equipo PNUD-Bolivia

Liliana Gonzales Alé, Oficial de Programa, PNUD

Karen Arleth, Oficial de Programa Junior, PNUD

Cecilia Núñez del Prado, Asociada de Proyectos PNUD

Apoyo especial de Rubén Salas, Coordinador FMAM - PPD/PNUD y María Inés Santos,
Asistente de Programa

Equipo proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia

Ramiro Trujillo Blanco, coordinador del proyecto y especialista en cambio climático

Mónica Pacheco Sanjinés, especialista en gestión del conocimiento y coordinadora de revisión del reporte técnico.

Marcelo Carrión Salazar, especialista en seguridad alimentaria y gestión del riesgo

Masayoshi Futami, especialista en cambio climático y meteorología

Álvaro Moscoso Paravicini, administrador del proyecto

Cristian Cadena López, responsable de sistemas

Con la colaboración inicial de los consultores Mirtha Ramírez Carpio, Heidi Zalles Enríques
y René Núñez Mendizábal

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD
Calle 14 esq. Sánchez Bustamante, Calacoto
Edif. Metrobol, piso 5, Telf. 2-795544
Fax 2-2795820
Página web: <http://www.pnud.bo/>

Proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento,
Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia
Calle 19 Achumani. La Paz, Bolivia
Nº 130 - Telf. 2-971293. Fax 2111631
Correo electrónico: pnudcambioclimatico@60130.pnud.bo
<http://www.cambioclimatico-pnud.org.bo>
La Paz, abril de 2011

Depósito legal:

ISBN:

Edición y diagramación: Wilfredo Apaza Torres

Diseño de la tapa: Alejandro Salazar R.

Elaboración del audiovisual en CD: Claroscuro Producciones

Impresión: ABBASE Ltda.

Impreso en Bolivia

La responsabilidad del presente documento es de quienes participaron en su elaboración y no compromete necesariamente la línea de pensamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), ni de las entidades que conforman el Comité Institucional.

Equipo de sistematizadores de experiencias
Rubén Maldonado, sistematización de experiencias de AGRECOL ANDES
Carlos Olmos, sistematización de experiencias del IRD
Tania Jordán, sistematización de experiencias de la Facultad de Ciencias Agrícolas e Instituto de Investigación de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Miguel Chirveches, sistematización de experiencias de AGRUCO
Wilman García, sistematización de experiencias de PROINPA
Arturo Moscoso, sistematización de experiencias de ICEA y otras relacionadas
Tania Ricaldi, Ella Saavedra, Carlos Crespo y Julián Pérez, sistematización de experiencias CGIAB-CESU-Universidad Mayor de San Simón
Elizabeth Vargas, Alejandra Anzaldo, sistematización de experiencias CIPCA

Equipo Programa Nacional de Cambios Climáticos

Jaime Villanueva
José Luis Gutiérrez
María René Pinto
Julio Mantilla

Investigadores y especialistas que contribuyeron al documento

Lykke Andersen, Marcos Andrade, Gualberto Carrasco, David Cruz, Rocío Chain, Freddy Delgado, Magaly García, Wilman García, Antonio Gonzales, Marcelo Gorrity, Rubén Mamani, Arturo Moscoso, Marcos Nordgren, René Orellana, Roger Quiroga, Oscar Paz, Anne Piepenstock, Iván Ramírez, Marco Antonio Rodríguez, Álvaro Soruco, Einstein Tejada.

Equipo de revisores PNUD-Bolivia

Robert Brockmann
Christian Jetté
Armando Ortuño

Índice de contenido

Agradecimientos	11
Acrónimos y siglas	13
Presentación.....	17
Introducción	19
Avances del entendimiento del cambio climático en Bolivia.....	23
Controladores del clima en Bolivia.....	26
Observaciones del cambio climático en Bolivia.....	27
Temperatura	27
Precipitación.....	28
Testigos de hielo	31
Anomalías climáticas	33
Sistemas ancestrales de observación climática	35
Bioindicadores	36
Validación de modelos climáticos en Bolivia.....	38
Los riesgos climáticos, la vulnerabilidad y la pobreza van de la mano	43
Impactos generados por eventos climáticos extremos.....	45
Impactos socioeconómicos de El Niño/La Niña	48
Precipitaciones.....	49
Inundaciones	52
Sequías	55
Heladas	56
Las condiciones prevalecientes de pobreza profundizan la vulnerabilidad climática	58
Disponibilidad de agua	64
Seguridad alimentaria.....	73
Elementos que hacen a la vulnerabilidad de la agricultura del país.....	75
La adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo son parte fundamental del proceso de desarrollo.....	81

Marco institucional de la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo	88
Recursos financieros para la atención de desastres y la adaptación	93
Experiencias desde lo local en adaptación y gestión del riesgo.....	96
Gestión del agua	102
Riego	105
Experiencias vinculadas a la agricultura	110
Principales hallazgos y conclusiones.....	119
Avances, vacíos y brechas en la construcción del conocimiento de cambio climático.....	121
Recomendaciones de política para la investigación	125
Referencias bibliográficas.....	127
Glosario.....	137
Anexos	145

Índice de figuras

Figura 1: Tendencia en la temperatura superficial mundial en el siglo XX	
Figura 2: Esquema que muestra los principales controladores del clima en Bolivia: ITCZ, SACZ, LLJ, A y zonas H de alta presión.....	27
Figura 3: Tendencia de la temperatura en la cordillera tropical andina. Desviación	28
Figura 4: Distribución del índice de sequía (CDD) en invierno en el futuro (2080-2099).....	29
Figura 5: Reducción de la superficie glaciaria en la cordillera Real de los Andes	32
Figura 6: Balance entre la masa del glaciar Chacaltaya y la temperatura superficial del mar (agosto a febrero) en el sector Niña. 1+2	33
Figura 7: Calendario agrícola-festivo de la cuenca de Jatun Mayu (ciclo agrícola)	37
Figura 8: Calendario de observación de predictores	38
Figura 9: Latitud-tiempo sección de precipitación entre 70°W-55°W de longitud de promedio de 10 años (1982-1993)	40
Figura 10: Valores anuales promedio, para el caso de las temperaturas (a, b y c), y acumulados anualmente (d), para el caso de la precipitación, de las diferencias “modelo menos observaciones”	41
Figura 11: Frecuencia de desastres climáticos en Bolivia (1980-2010).....	46
Figura 12: Registro de la anomalía de la temperatura de la superficie del mar en Niño entre 1930 y 2000.....	48
Figura 13: Anomalías de precipitación durante las fases de El Niño	50
Figura 14: Bolivia: El Niño/La Niña y episodios neutros (NOAA, 2009) y su impacto en el PIB agrícola en miles de bolivianos de 1990	51
Figura 15: Amenazas de inundación	53
Figura 16: Cambios en la escurrentía periodo 2081-2100, escenario A1B	54
Figura 17: Mapa de amenaza de sequía meteorológica	55
Figura 18: Imagen que representa el riesgo de heladas (T min) en 30 años	56
Figura 19: Amenaza de incendio.....	57
Figura 20: Evolución de la cobertura de agua potable, 1992-2008.....	71

Figura 21: Evolución de saneamiento básico, 1992-2008.....	71
Figura 22: Sensibilidad del rendimiento de cereales, maíz y trigo, al cambio climático	75
Figura 23: Superficie cultivada (ha), rendimiento (t/ha) y producción (TM) de quinua,78 papa, soya y maíz en Bolivia.....78	
Figura 24: Gestión del riesgo. El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales	84
Figura 25: Proceso de reducción de vulnerabilidades	86
Figura 26: Acciones desarrolladas como medidas de adaptación al cambio climático.....	102
Figura 27: Zonas aptas para riego deficitario en quinua.....	107
Figura 28: Proyección de la tendencia actual de crecimiento del riego	108
Figura 29: Resumen de los impactos del cambio climático sobre los sistemas de subsistencia en dos municipios de los valles cruceños.....	112
Figura 30: Calendario de aprovechamiento de los recursos naturales en el territorio indígena Tacana.....	118

Índice de tablas

Tabla 1: Proyecciones de temperatura y precipitaciones en América Latina.....	26
Tabla 2: Percepciones sobre la ocurrencia de fenómenos climáticos	30
Tabla 3: Cambio de temperatura (ΔT) y precipitación (ΔP) media, espacial y la variación temporal del coeficiente de ECHAM4 plazo (25 km) en tierras bajas, subandes y altiplano en 2001-2030 y 2071-2100, con escenario A2	31
Tabla 4: Promedio anual de precipitación (mm) (agosto-julio) y promedio de precipitación: (1) años de El Niño, (2) años de El Niño excepto años 72-73, (3) años de La Niña en cada caso. La probabilidad por la prueba de T (T-test) y los números en negrita significan el nivel de confianza de 90%	35
Tabla 5: Clasificación de los indicadores del clima	36
Tabla 6: Ocurrencia de eventos mayores en los últimos 10 años	46
Tabla 7: Principales emergencias climáticas reportadas en Bolivia (2002-2008).....	47
Tabla 8: Eventos climáticos adversos reportados por departamento, 2002-2008.....	47
Tabla 9: Impacto económico y social de episodios El Niño/La Niña en el país.....	49
Tabla 10: Impacto sectorial del ENOS en Bolivia (En millones de \$us corrientes)	50
Tabla 11: Cuencas de Bolivia	52
Tabla 12: Municipios con afectación de inundación recurrente 2006-2010.....	54
Tabla 13: Número de municipios por tramos de pobreza extrema según departamento, 2001	61
Tabla 14: Porcentaje de pobreza moderada-extrema por año, según principales características y sexo en porcentaje, 1996-2009	61
Tabla 15: Organizaciones comunitarias ²⁷ más vulnerables a la inseguridad alimentaria	63
Tabla 16: Bolivia: Familias damnificadas en eventos adversos de origen natural, según tipo de evento. 2003-2008 (En número de familias)	63
Tabla 17: Volumen estimado de las precipitaciones a nivel de cuencas	64
Tabla 18: Vulnerabilidad climática de los asentamientos humanos	72
Tabla 19: Incidencia del cambio climático sobre plagas y enfermedades	76

Tabla 20:	Área en hectáreas con riesgo de heladas de -2, -3 y -5°C	77
Tabla 21:	Estudios de cambio climático en cultivos seleccionados.....	79
Tabla 22:	Resumen de las diferencias entre adaptación y reducción de riesgo de desastre (RRD)	87
Tabla 23:	Bolivia: Presupuestos por departamento de gobiernos municipales para gestión del riesgo de 2005 a 2008 y total nacional de 2011 (Expresado en bolivianos corrientes).....	94
Tabla 24:	Bolivia: Defensa Civil por categoría programática y grupo de gastos (Expresado en bolivianos)	94
Tabla 25:	Comparación de gastos en 2007 destinados a efectos de El Niño (Expresado en millones de bolivianos corrientes)	95
Tabla 26:	Resumen de donaciones de 1992 a 2011	95
Tabla 27:	Contribución potencial del sector hídrico a la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio	106
Tabla 28:	Problemática nacional de la disponibilidad de agua en la agricultura. Extractada del resumen diagnóstico del riego en Bolivia.....	106
Tabla 29:	Avances y vacíos de la información existente sobre la adaptación al cambio climático con énfasis en agua y seguridad alimentaria	122

Agradecimientos

Agradecemos a todas las organizaciones y personas que generosamente aceptaron nuestra invitación a colaborar en el proceso de construcción del presente documento, con el aporte de sus valiosos conocimientos y acciones relacionadas; así como a los socios estratégicos, quienes a partir de su inapreciable participación contribuyen permanentemente a la construcción de conocimiento con el fin de alcanzar mayor bienestar ante los hechos del cambio climático. Asimismo, a los socios estratégicos pertenecientes al sector gubernamental, la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales (ONG), la academia, el sector privado y las agencias de cooperación internacional que, basados en el intercambio de ideas y propuestas, permitieron el enriquecimiento mutuo y complementariedad institucional.

Nuestro especial reconocimiento a aquellas personas de instituciones que participaron en la sistematización de sus conocimientos como el Programa Nacional de Cambios Climáticos, el Instituto para la Conservación de Ecosistemas Acuáticos, la Liga de Defensa del Medio Ambiente, el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, la Fundación PROINPA, la Comisión para la Ges-

tión Integral del Agua en Bolivia, la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (Facultad de Ciencias Agrícolas y Centros de Investigación), Fundación AGRECOL Andes, Universidad Mayor de San Simón, AGRUCO, VIVE, y el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo. De igual forma, al equipo de expertos encargado de la compilación y redacción del presente documento. A los especialistas revisores, quienes desinteresadamente contribuyeron a aclarar y complementar las ideas y mensajes claves, y orientaron con sus valiosas observaciones y recomendaciones.

Nuestro agradecimiento también a quienes con su compromiso y valiosos aportes posibilitaron la construcción de este material. A las oficiales del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Liliana Gonzales, Rocío Chain y Karen Arleth, por sus inapreciables orientaciones y apoyo incansable. Por último, expresamos nuestra especial gratitud a la Embajada Real de Dinamarca por su colaboración con la asistencia técnica brindada a través de las valiosas orientaciones de la señora Carmen Barragán, Oficial de Programa de Recursos Naturales y Medio Ambiente; así como por el apoyo financiero brindado.

Acrónimos y siglas

AASANA	Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea
ACC	Adaptación al Cambio Climático
ACH	Acción Contra el Hambre
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo
AGRECOL Andes	Fundación Agricultura Ecológica
ASDI	Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ATICA	Programa Agua-Tierra
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CAAAM	Comité Andino de Autoridades Ambientales
CAF	Corporación Andina de Fomento
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CAPRADE	Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres
CC	Cambio Climático
CEP	Centro de Estudios de Población
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CERF	Fondo Central para Emergencias de las Naciones Unidas
CGIAB	Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia
CIP	Centro Internacional de la Papa
CIPCA	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNPV	Censo Nacional de Población y Vivienda
COE	Centro Operativo de Emergencias
CONARADE	Consejo Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias
COP	Conferencia de las Partes
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
DIPECHO	Programa de Preparación ante los Desastres de la Comisión Europea
DS	Decreto Supremo
ECMWF	Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

ELECTROPAZ	Electricidad de La Paz SA
ENOS	El Niño Oscilación Sur
EPSAS	Empresa Pública Social del Agua y Saneamiento
FAN	Fundación Amigos de la Naturaleza
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FUNDEPCO	Fundación para el Desarrollo Comunitario
GdR	Gestión del Riesgo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
GMLP	Gobierno Municipal de La Paz
GRANDE	Valoración en el Impacto del Retroceso de Glaciares y Políticas Nacionales de Desarrollo
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana
ICEA	Instituto para la Conservación de Ecosistemas Acuáticos
IHH	Instituto de Hidráulica e Hidrología
IICCA	Instituto de Investigación y Capacitación Campesina
INE	Instituto Nacional de Estadística
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
IRD	Instituto de Investigación Francés para el Desarrollo
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
ITCZ	Zona de Convergencia Intertropical
IUED	Geneve Institut Universitaire Graduate Institute
JACS SAM	Join Areas Of Case South America
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
JMA	Agencia Meteorológica del Japón
LA RED	Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina
Ley 2140	Ley de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias
Ley 2335	Ley Modificatoria de la Ley 2140 para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias
LIDEMA	Liga de Defensa del Medio Ambiente
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios
MDN	Ministerio de Defensa Nacional
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
MDS	Ministerio de Desarrollo Sostenible
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MNACC	Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático
MPD	Ministerio de Planificación del Desarrollo
MVSB	Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
NCCR-NS	National Centre Of Competence in Research North-South
NOAA	Administración Nacional del Océano y la Atmosfera
OCHA	Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud

OPS	Organización Panamericana de la Salud
PDD	Plan de Desarrollo Departamental
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
PELT	Proyecto Especial del Lago Titicaca
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PNCC	Programa Nacional de Cambio Climático
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POA	Plan Operativo Anual
PRAA	Proyecto Regional Andino de Adaptación
PRECIS	Sistema Regional de Modelamiento del Clima
PREDECAN	Prevención de Desastres de la Comunidad Andina
PROINPA	Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos
PROMIC	Programa de Manejo Integral de Cuencas
PROSUKO	Programa de Suka Kollus
SA	Seguridad Alimentaria
SACZ	Zona de Convergencia de Sud América
SALLJ	Corriente del Chorro de Sud América
SAMS	Sistema de Monzón Sud Americano
SEARPI	Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regulación del río Pirai
SENADECI	Servicio Nacional de Defensa Civil
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SINSAAT	Sistema Nacional de Seguimiento de la Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana
SISPLAN	Sistema de Planificación Nacional
SISRADE	Sistema Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias
SNHN	Servicio Nacional de Hidrografía Naval
UAGRM	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
UDAPE	Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UMSS	Universidad Mayor de San Simón
UTOAF	Unidad Técnica y Operativa de Apoyo y Fortalecimiento al Sistema Nacional de Defensa Civil
VIDECI	Viceministerio de Defensa Civil
VIVE	Organización Vida Verde
WWF	Fondo Mundial para la Vida Silvestre

Presentación

Los efectos adversos del cambio climático global impactan y profundizan la frágil condición de vida de la mayor parte de los bolivianos y bolivianas, obligándonos a transitar ámbitos de mayor vulnerabilidad en el futuro cercano. Cada vez con mayor frecuencia, somos testigos de eventos climatológicos extremos como inundaciones, intensas sequías e incendios forestales, y la pérdida de reservorios de agua en los glaciares andino-tropicales que impactan nuestra sobrevivencia y capacidad de respuesta. Los eventos extremos vividos en el país desde el año 2006 han generado pérdidas de bienes y flujos económicos por un valor que fluctúa entre 300 y 400 millones de dólares anuales.

Bolivia ha sufrido en las últimas décadas impactos climáticos que han agravado la situación de vulnerabilidad existente, dada por los asentamientos humanos escasamente planificados, la pobreza, la inequidad y la migración rural; la baja inversión en infraestructura y servicios, degradación de suelos, deforestación de bosques, contaminación y sobreexplotación de recursos naturales.

Ante la situación de adversidad y el aumento de tensiones por la escasez proyectada, asegurar el acceso y la disponibilidad de agua y alimentos se constituye en una obligación moral, por lo se presenta una urgente necesidad de tomar acciones decisivas, considerando las evidencias y nuestras

propias experiencias, que nos permitan como sociedad generar capacidades adaptativas a las nuevas condiciones climáticas.

Estas acciones decisivas para enfrentar el cambio climático requieren de información e investigación que por ahora se encuentran dispersas y sin una suficiente articulación, de tal manera que permitan la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en todos los niveles. Nuestra información y conocimiento aún son insuficientes, por lo que una tarea pendiente será incrementar nuestra conciencia sobre la situación del clima y desarrollar una resiliencia climática, que dependerá a su vez del cúmulo de información y acciones responsables que la sociedad en su conjunto sea capaz de realizar.

Por esta razón, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en Bolivia (PNUD) ha trabajado con instancias sectoriales gubernamentales y con organizaciones de la sociedad civil en el desarrollo de un reporte técnico exploratorio sobre cambio climático a escala nacional y hoy puede poner a disposición de ustedes un conocimiento sistematizado generado en el país en materia de adaptación al cambio climático.

Tras las huellas del cambio climático en Bolivia, sin ser un diagnóstico, es un informe que permite

apreciar el conocimiento acumulado en el entendimiento del clima, los impactos relevantes de la variabilidad climática, la vulnerabilidad observada y proyectada desde una perspectiva climática, así como la adaptación al cambio climático, todo ello emprendido a nivel del gobierno y sus instituciones e iniciativas de la sociedad civil en general que apuntan a generar experiencia y conocimiento.

Es indispensable reconocer que el cambio climático es un tema de hoy, no de mañana. Los eventos extremos climáticos que están ocurriendo actualmente son reales y es fundamental que se incorpore el tema del cambio climático en las agendas políticas y de desarrollo al más corto plazo.

Realizar las medidas de adaptación hoy y de manera sostenida significa ejecutar acciones de adaptación frente al cambio climático del futuro. Medidas actuales como el fortalecimiento de infraestructura, capacitación de recursos humanos, desarrollo de mecanismos financieros y de otras capacidades con relación al conocimiento del clima serán capaces de aumentar la resiliencia climática; es decir, robustecer la capacidad de la res-

puesta y resistencia de la gente ante un creciente riesgo climático.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en Bolivia presenta este reporte como una contribución para el análisis y la orientación de acciones inaplazables que requieren de atención en la situación de cambio climático, esperando que sea de utilidad para enfrentar de mejor manera la perturbación de los efectos del calentamiento global del planeta, escenario que intensifica sus condiciones de vulnerabilidad y tiene un grado de impacto mayor en sus capacidades de respuesta.

Este documento pone a la disposición, tanto de las autoridades como de la sociedad boliviana en su conjunto, los resultados de esta búsqueda de conocimiento con la esperanza de que sea utilizado por todas y todos para enfrentar de la manera más eficaz posible el cambio climático, en particular de forma que se asegure el derecho al agua y alimentación para todas y todos.

Yoriko Yasukawa
Representante Residente
del PNUD en Bolivia

Introducción

Desde hace algún tiempo, Bolivia siente los impactos del aumento en frecuencia e intensidad de los eventos climáticos como sequías, inundaciones, deslizamientos, granizadas, heladas, incendios y temperaturas extremas, situación que ha agravado los factores internos de vulnerabilidad existentes en el país. Sólo el fenómeno El Niño de los años 1982-83 –uno de los más fuertes registrado en las últimas tres décadas– afectó a siete de nueve departamentos, 38% del total del territorio, un total de 1,6 millones de afectados, causó una pérdida de 2.821 millones de dólares, 250.000 unidades productivas se han visto damnificadas y el impacto sobre el Producto Interno Bruto nacional fue del 7%. En la última década, los impactos del fenómeno El Niño/La Niña han generado pérdidas por un valor de entre 400 y 500 millones de dólares anuales.

Expertos nacionales como internacionales coinciden en afirmar que la mayor parte de los países en desarrollo carecen de las capacidades suficientes para enfrentar el creciente riesgo climático, situación que se agrava aún más por la dependencia directa que tienen hacia los recursos naturales, los cuales a su vez son altamente sensibles al clima.

El país ha realizado una serie de esfuerzos institucionales y organizacionales desde las entidades del Estado y desde las comunidades locales

para mejorar sus capacidades de adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático. El gobierno de Bolivia ha expresado la importancia social, económica y ecológica que tienen las acciones sobre el cambio climático y en especial el gran significado de las medidas de adaptación, dada la gran vulnerabilidad de sus ecosistemas y de su población. Las principales medidas están enfocadas en la construcción de un marco institucional, la implementación de estrategias y planes tales como el Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático, la normativa e institucionalidad de gestión del riesgo y los avances en cuanto a introducir la temática en la Constitución Política del Estado y leyes emergentes.

Los esfuerzos realizados ponen en evidencia, sin embargo, la necesidad de profundizar aún más estos instrumentos y de articular mejor la comunidad de investigadores con los tomadores de decisión, con el propósito de generar información de calidad sobre la ciencia del cambio climático, sus repercusiones y las opciones de respuesta existentes para hacer frente al creciente riesgo climático.

En respuesta a la necesidad de cerrar esta “brecha en el conocimiento”, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD),

con el apoyo financiero de la cooperación de la Embajada Real de Dinamarca en Bolivia, implementa el proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, con el objetivo de aumentar la disponibilidad y el acceso a información y conocimiento relevante sobre el cambio climático y sus impactos como un insumo para los procesos de análisis, evaluación y toma de decisiones en el país.

Tras las huellas del cambio climático en Bolivia es uno de sus productos relevantes, busca responder preguntas relacionadas con el clima y sus cambios en el contexto nacional.

¿Qué sabemos sobre el cambio climático en Bolivia?, ¿cuáles son los escenarios de cambio climático más probables?, ¿con qué información contamos y cuán pertinente y oportuna es para conocer la problemática, la toma de decisiones y el diálogo entre los actores?, ¿cuán importante es el tema para los diferentes actores involucrados?, ¿cómo y por qué somos vulnerables con relación al cambio climático?, ¿cuáles serán las repercusiones del cambio climático sobre los sectores de agua y seguridad alimentaria?, ¿cómo y cuán efectiva es nuestra respuesta a los retos climáticos con los que estamos confrontados?

Este documento técnico de carácter exploratorio refleja cuánto se ha llegado a comprender sobre la relación que existe entre el clima, la vulnerabilidad, la adaptación y la gestión del riesgo climático en Bolivia en dos áreas consideradas de alta prioridad: el agua y la seguridad alimentaria. De esa manera, el informe se ha concentrado en la búsqueda, compilación y caracterización del conocimiento relevante que ha sido producido sobre el cambio climático en Bolivia, su influencia en las áreas de agua y seguridad alimentaria, y los esfuerzos de adaptación y respuesta desde lo local y desde los saberes ancestrales.

Tras las huellas del cambio climático en Bolivia es el resultado de un esfuerzo de coordinación con más de 200 instituciones y expertos nacionales y extranjeros que residen en Bolivia, y que han aportado a la temática con conocimientos y experiencia. Ha significado caminar a lo largo de dos años, en el que se han desarrollado varias etapas que permitieron generar las condiciones necesarias para encarar este desafío.

El informe sistematiza las publicaciones claves nacionales e internacionales que sobre el tema de cambio climático en Bolivia a escala nacional e internacional se han escrito y a las que se ha tenido la oportunidad de acceder. En ocasiones esta búsqueda ha significado una labor lenta, laboriosa y en momentos infructuosa, ya que fue necesario volver sobre los pasos dados, recurrir a la fuente original y asegurar la legitimidad del conocimiento encontrado, para luego *ir tras las huellas* de los aportes realizados a esa idea o conocimiento inicial, finalizando el proceso con la revisión y sistematización de la información contenida. Con este procedimiento se llegó a identificar y revisar alrededor de mil documentos, los cuales forman actualmente parte del acervo bibliográfico que se logró compilar y que pone a disposición de organizaciones bolivianas interesadas en estudiar y profundizar el conocimiento en cambio climático a través de la Plataforma Virtual sobre Cambio Climático del PNUD Bolivia: www.cambioclimatico-pnud.org.bo.

Durante la última etapa y antes de la redacción final, los primeros borradores fueron objeto de análisis de expertos revisores seleccionados por su especialidad en el tema, quienes enriquecieron el contenido con información, datos y referencias bibliográficas. Cada capítulo, lejos de ser un catálogo de intervenciones sobre cambio climático, presenta una sinopsis argumentativa de los diferentes aportes desde situaciones dadas.

El documento se ha dividido en cuatro capítulos; el primero describe los aprendizajes que se han

adquirido sobre el clima en Bolivia y sus tendencias en el contexto global, las causas y efectos que tienen lugar ante anomalías climáticas (procesos internos naturales) o variaciones de los forzamientos externos antropogénicos. En el segundo capítulo se describen los avances de investigaciones relacionadas con la vulnerabilidad climática, con especial énfasis en las áreas de agua y seguridad alimentaria. La necesidad de brindar especial atención a la aplicación de estrategias de protección de los medios de vida en un contexto local y ancestral que se vinculan con las medidas de adaptación en las áreas de agua y seguridad alimentaria son reflejadas en el tercer capítulo. En el cuarto capítulo se presenta un resumen de los avances, los vacíos encontrados y se plantea una serie de prioridades de atención que deberían motivar su debate y análisis respectivo.

El valor del presente documento reside en la exploración, la ordenación y la concentración de aprendizaje generado en la temática de cambio climático en Bolivia, la priorización y reflexión de elementos relevantes que puedan permitir enfrentar de mejor manera los efectos del cambio climático, buscando además complementar estudios e información existente. A través del documento, tanto los tomadores de decisión como las instituciones operativas, academia, población vulnerable, cooperación internacional y la sociedad en su conjunto podrán analizar y tratar los

vacíos de información identificados, los conocimientos y capacidades e investigación requeridos, así como las posibles líneas de acción para enfrentar los impactos del cambio climático y profundizar un proceso de *acciones decisivas*.

Una primera limitación del presente trabajo es que si bien se incluyó la mayor parte de los estudios, investigaciones, informes y documentos trabajados por expertos nacionales e internacionales sobre la temática de cambio climático en Bolivia, es posible que no se hayan considerado algunos trabajos que han podido tener muy poca difusión y, por lo tanto, no hayan estado al alcance del equipo de sistematización, ni de los expertos y tampoco de los redactores, una disculpa de antemano a los que no se hayan podido introducir en este trabajo. Una segunda restricción fue el límite de fecha para ser considerado en el proceso de sistematización y es que la publicación se haya realizado antes del 31 de diciembre del 2010.

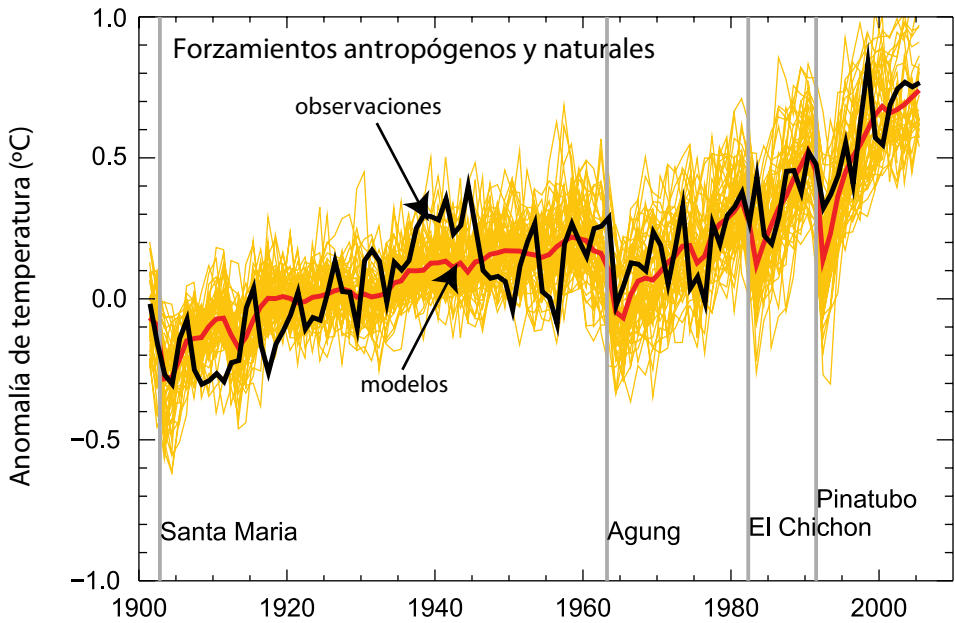
El proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia deberá seguir reuniendo material para actualizar permanentemente su base de datos, ese es un desafío que queda pendiente para el propio proyecto. Con esta publicación este proceso recién empieza y aún queda un largo camino por recorrer.

Avances del entendimiento del cambio climático en Bolivia

En los últimos 150 años se ha evidenciado una elevación de la temperatura superficial promedio del planeta. Desde 1850, los años más cálidos en el registro de temperatura del aire superficial mundial fueron 1998 y 2005. El periodo 1995-2006 se clasifica como uno de los de mayor grado de calor. La temperatura superficial media mundial aumentó a partir de 1950 en $0,76 \pm 0,19^{\circ}\text{C}^1$ y la tendencia lineal del calentamiento global muestra que este fenómeno se ha acelerado en los últimos 50 años² (figura 1).

Por otra parte, el calentamiento medio mundial de la superficie, proyectado para el presente siglo, depende significativamente de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generen en las próximas décadas. Las proyecciones que ha realizado el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) se basan en cuatro escenarios⁴ que describen patrones futuros de crecimiento demográfico, económico y tecnológico, por lo tanto, a las emisiones asociadas de CO_2 . La mejor estimación del escenario bajo (B1) es $1,8^{\circ}\text{C}$

Figura 1: Tendencia en la temperatura superficial mundial en el siglo XX



Anomalías en la temperatura superficial media mundial relativas al periodo 1901-1950, según observaciones (línea negra), y como resultado de simulaciones con forzamientos antropogénicos y naturales. La línea gruesa curva, en rojo, muestra la media del conjunto de varios modelos. Las líneas grises verticales indican importantes fenómenos volcánicos.

Fuente: IPCC³, 2007a.

1 Incremento de la temperatura total del periodo de 1850-1899 a 2001-2005.
2 La tasa de calentamiento promedio durante los últimos 50 años ($0,13 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$ por decenio) es casi el doble de la tasa de los últimos 100 años (IPCC, 2007).
3 IPCC es la sigla de Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.
4 El escenario **A1** supone un crecimiento demográfico y económico rápido en combinación con dependencia de combustibles fósiles. El escenario **A2** supone un menor crecimiento económico menos globalización y crecimiento demográfico alto y sostenido. Los escenarios **B1** y **B2** incluyen un cierto nivel de mitigación de las emisiones a través del uso más eficiente de la energía y mejoras tecnológicas (**B1**), así como soluciones locales (**B2**) (ver Anexo I).

(el margen de variación probable es de 1,1° a 2,9° C) y la mejor estimación para el escenario alto (A1FI) es 4,0° C (el margen de variación probable es de 2,4° a 6,4° C). Es decir, existe la posibilidad de que hasta finales del siglo la temperatura suba de 1,1° a 6,4° C (IPCC, 2007a).

El IPCC (2007) estima que el aumento de la temperatura para América del Sur será de entre 1,8 a 4,5° C y cambios en las precipitaciones entre -12 a +12% para el 2080 (tabla 1).

Controladores del clima en Bolivia

La condición climática de Bolivia depende fundamentalmente del monzón sudamericano, la orografía y la presencia de la Amazonía (Montes de Oca, 1995; Marengo *et al.*, 2004; Zhou & Lau, 1998; Xue *et al.*, 2006; Chou & Neelin, 2001).

El monzón sudamericano –South American Monsoon System (SAMS)– determina el transporte de la humedad desde el océano Atlántico a través de la Amazonía y, por lo tanto, la precipitación en el país; asimismo, fija dos estaciones marcadas en el país: húmeda en verano y seca en invierno (Xue *et al.*, 2006; Zhou & Lau, 1998)⁵. El clima en Bolivia es controlado por cuatro factores importantes:

- La corriente de viento que surge en la faja subandina (1.000-1.500 msnm)⁶ se denomina Low Level Jet (LLJ) y es un componente primordial del agua (precipitación) en la cuenca del Plata (Marengo *et al.*, 2004).
- La existencia de una zona de convergencia en niveles bajos de la tropósfera, denominada South América Convergence Zone (SACZ) (figura 2), que ocasiona precipitaciones de tipo chubascos con intensidades moderadas a fuertes en Bolivia (SENAMHI, 2008).

	Época del año	2020	2050	2080
Cambios en la temperatura (° C)				
Mesoamérica	Estación seca	+0,4 a +1,1	+1,1 a +3.0	+1,0 a +5,0
	Estación húmeda	+0,5 a +1,7	+1,0 a +4,0	+1,3 a +6,6
Amazonía	Estación seca	+0,7 a +1,8	+1,0 a +4,0	+1,8 a +7,5
	Estación húmeda	+0,5 a +1,5	+1,0 a +4,0	+1,6 a +6,0
América del Sur	Invierno (JJA)	+0,6 a +1,1	+1,0 a +2,9	+1,8 a 4,5
	Verano (DEF)	+0,8 a +1,2	+1,0 a +4,5	
Cambios del nivel de precipitaciones				
Mesoamérica	Estación seca	-7 a +7	-12 a +5	-20 a + 8
	Estación húmeda	-10 a +4	- 5 a +3	-30 a + 5
Amazonía	Estación seca	-10 a +4	-20 a +10	-40 a +10
	Estación húmeda	-3 a +6	-5 a +10	-10 a +10
América del Sur	Invierno (JJA)	-5 a +3	-12 a +10	-12 a +12
	Verano (DEF)	-3 a +5	-5 a +10	-10 a +10

Fuente: IPCC, 2007b.

5 En 1686, Halley indicó que en verano, cuando hay más radiación solar, se genera una diferencia de temperatura superficial entre el mar y la tierra debido a la divergencia de la capacidad térmica, por ello se manifiesta el viento del monzón y transporte de humedad desde el océano Atlántico al continente.

6 Msnm: metros sobre el nivel del mar.

- Durante todo el año hay una zona de convergencia a lo largo de la línea del Ecuador, que se denomina la Inter Troppical Convergence Zone (ITCZ) (figura 2). Durante el verano, el ITCZ se desplaza aproximadamente hasta el paralelo 15° sur, lo que provoca fuertes convecciones (precipitaciones) en época de lluvia.
- En verano, en el altiplano se genera el área de alta temperatura ubicada entre 500 hPa (5.000 msnm) -150 hPa (13.000 msnm), denominada la “alta de Bolivia” (A), según (Xue *et al.*, 2006; Chou & Neelin, 2001) (figura 2).

Observaciones del cambio climático en Bolivia

Aunque las manifestaciones del cambio climático en Bolivia aún se encuentran poco estudiadas, los aportes se basan en: i) observaciones científicas puntuales; ii) percepciones locales poco siste-

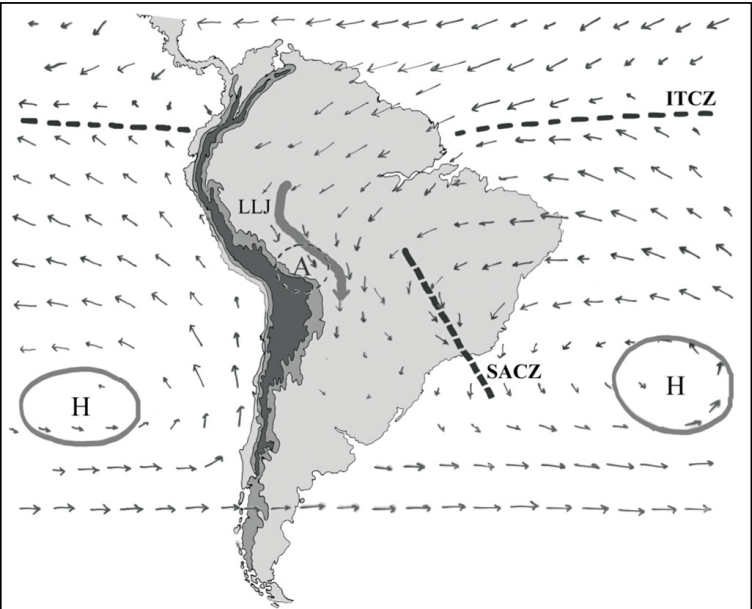
matizadas; y iii) generadas en función a modelos climáticos que todavía presentan altos niveles de incertidumbre. A continuación se presentan los avances sobre la percepción del cambio climático en Bolivia.

Temperatura

Sobre la base de estudios glaciológicos, Vuille & Bradley (2000) han evidenciado que la temperatura en la cordillera tropical andina ha subido entre 0,10° y 0,11°C por década desde 1939 y el ritmo del calentamiento se está incrementando en estos últimos 25 años entre 0,32° y 0,34°C por década (figura 3).

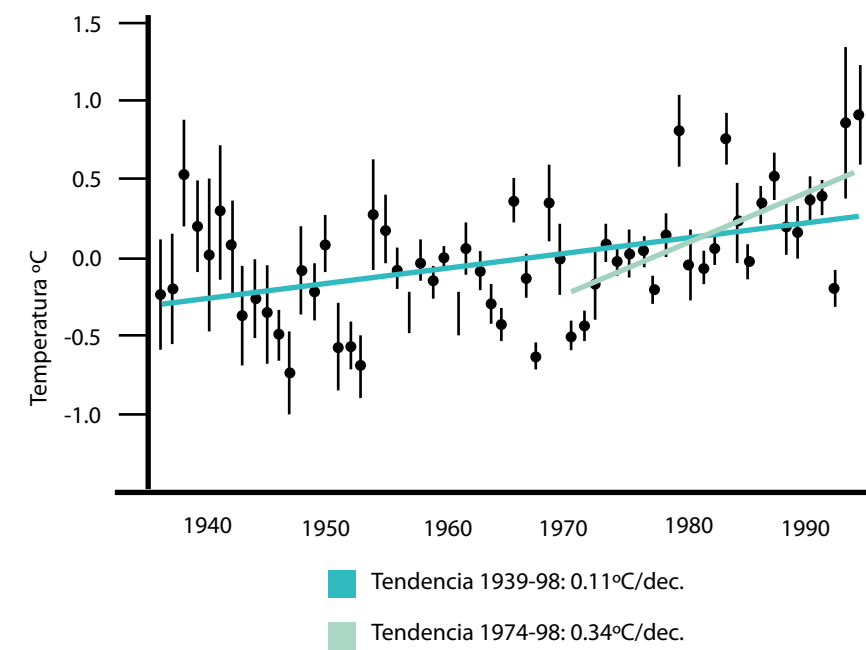
Aparte de evidenciar una aceleración en el incremento de la temperatura, Vuille & Bradley (2000) y Francou *et al.* (2003) observan una clara relación entre el derretimiento de los glaciares y los eventos de El Niño. Asimismo, un estudio del Programa Nacional de Cambios Cli-

Figura 2: Esquema que muestra los principales controladores del clima en Bolivia: ITCZ, SACZ, LLJ, A y zonas H de alta presión



Fuente: Andrade & Blacutt, 2010.

Figura 3: Tendencia de la temperatura en la cordillera tropical andina. Desviación



Desviación promedio en los Andes tropicales entre 1939 y 1998. La barra vertical representa una confiabilidad de 95% (2 σ).
Fuente: Vuille & Bradley, 2000.

máticos (PNCC, 2007) complementa esta tendencia de aumento de temperatura en los Andes a partir de observaciones sobre la incidencia de malaria en comunidades del altiplano. El IPCC (2007a) agrega que el aumento de la temperatura atmosférica ha generado una aceleración del retroceso de los glaciares en la región andina, con consecuentes impactos sobre la disponibilidad de agua y la generación de energía hidroeléctrica. Según Ramírez *et al.* (2001), mayores incrementos de temperatura en los años que vienen afectarán de manera considerable la cordillera de los Andes.

Según Marengo (2003), la temperatura de la zona amazónica ha subido en 0,08°C por década para el periodo 1901 hasta 2001. El IPCC (2007a) pronostica mayores incrementos de temperatura en los próximos años y los sectores más afectados serán los que se encuentran en el hemisferio sur, en altitudes mayores a los 5.000 msnm.

García *et al.* (2006) anota que las temperaturas máximas tienen una variación homogénea en las zonas semiáridas del país (altiplano y chaco), mientras que las temperaturas mínimas presentan mayor heterogeneidad (mayor incremento en Cochabamba y mayores reducciones en Potosí). Estos mismos investigadores analizan otras variables como la evapotranspiración, al respecto concluyen que una mayor amplitud térmica en el altiplano y en los valles centrales de Potosí y Chuquisaca influye sobre el valor de la demanda atmosférica de vapor de agua (clima de desierto), e indican que las tendencias proyectadas al año 2050 muestran claros aumentos de la temperatura máxima y disminución de la temperatura mínima, generando térmica en varias regiones semiáridas del país.

Precipitación

En cuanto a las precipitaciones, los estudios muestran algunas tendencias generales. Seth *et*

al. (2010), con los resultados del multimodelo en el escenario A2⁷, señala que entre las latitudes 10° S y 20° S⁸ se encuentra un descenso en la precipitación durante la primavera (septiembre-noviembre). Una vez que se establecen las lluvias, durante la época alta (diciembre a marzo), éstas son más abundantes y el aumento persiste hasta abril. Esta tendencia es consistente con la observada por el PNCC (2000), con base en el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) de imágenes NOAA⁹, que muestra una reducción entre los meses de septiembre-octubre y aumento en el mes de noviembre, lo que evidencia un acortamiento en la fase de lluvias.

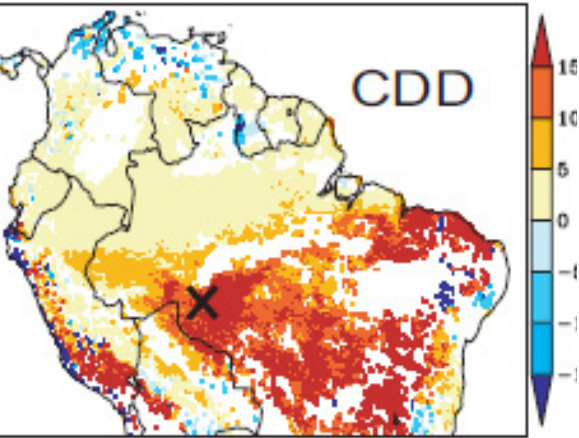
Otros estudios muestran tendencias globales en determinadas regiones del país. La precipitación en la Amazonía boliviana aumentó en 15% desde 1970 y la frecuencia de inundaciones en la cuenca del río Mamoré se acrecentó debido a la precipitación (Ronchail *et al.*, 2006b; IPCC, *op. cit.*, 2007b).

Respecto a la temática de las tendencias de precipitación en la zona de los Andes y el altiplano, Jaffrain (2007) presenta un análisis regional de éstas, observando que muestran una tendencia al aumento durante los últimos años. Al respecto, se hace notar que autores como Vuille *et al.* (2003) o estudios como los del PRAA (2008) manifiestan resultados y tendencias opuestas, y se observa además que paralelamente un compendio de resultados sobre modelos del IPCC presentan ambigüedad sobre esta situación. En verano, época de lluvia, Francou *et al.* (2003) indican que el 50% de la precipitación anual en el altiplano cae en tres meses (diciembre-enero-febrero). En esta época, la precipitación que desciende en forma de nieve se acumula en los glaciares, por lo tanto, el sostenimiento y restablecimiento del volumen

anual de glaciares depende de la cantidad de precipitación de la época húmeda.

Cambios en situaciones extremas de precipitación (lluvias severas y situaciones de sequía) han sido modelados por Kamiguchi *et al.* (2006). En la siguiente figura se exponen los cambios en el índice de sequías (CDD), el cual se modifica fuertemente en las zonas donde los valores de precipitación son altos, como en la zona de la llanura beniana y la faja subandina en Bolivia (figura 4).

Figura 4: Distribución del índice de sequía (CDD) en invierno en el futuro (2080-2099)



CDD (Dry Spell Index) es un índice que muestra temporadas de sequía (hasta 15 días en rojo) en medio de la temporada de lluvias (menos de 1mm/día).
Fuente: Kamiguchi, 2006.

Las comunidades locales también perciben cambios en las condiciones normales del clima. Las sistematizaciones realizadas, entre otros, por PNCC (2008), AGRECOL (2009), CIPCA (2009), AGRUCO (2010) en varios lugares del país reportan estas percepciones locales que en la mayoría de los casos coinciden y/o complementan con información cualitativa los estudios científicos (tabla 2).

7 Proyecto de Intercomparación de Modelos Conjuntos (CMIP3, por su sigla en inglés).
8 Bolivia se encuentra en las latitudes 19 S, 20 S y 21 S.
9 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) del satélite americano NOAA.

Tabla 2: Percepciones sobre la ocurrencia de fenómenos climáticos

Clima en general	Puna	Valles	Amazonía	Chaco
	El clima es más impredecible y severo en situaciones de sequía y calor intenso. Le siguen situaciones de lluvias torrenciales que generan riadas e inundaciones. También otros eventos extremos como granizadas, vendavales y olas de calor se han vuelto más intensos y frecuentes.			
Lluvias	Las estaciones son menos estables. Las lluvias llegan más tarde y se ha acortado la época entre la primera y la última lluvia. Las precipitaciones son más fuertes y más cortas, los espacios entre una precipitación y otra son más largos.	Lluvias más fuertes, precipitaciones discontinuas entre un año y otro. Ciclos de precipitación más cortos y las lluvias comienzan más tarde. Se ha alargado la época de estiaje (ya no hay lluvias en agosto y se retrasa la primera lluvia a diciembre). Lluvias localizadas y más fuertes, “veranillos” frecuentes.	Retraso de las lluvias, que normalmente caían entre los meses de octubre y febrero; pero ahora llegan en enero o febrero hasta abril. Por otro lado, las lluvias caen en exceso y generan “llenuras” (inundaciones) que se han intensificado desde los años 80. Aparte de las inundaciones, la sequía preocupa a los pobladores locales.	Retraso del inicio de las lluvias. Mayores situaciones de sequía, lo que genera condiciones para un mayor desarrollo de plagas. Las lluvias son torrenciales en un corto tiempo y después no se tiene precipitación por un largo periodo. Los “veranillos” se han vuelto más frecuentes y ponen en riesgo los cultivos.
Temperaturas	El clima es más caliente y no permite retener la humedad de los suelos, aunque algunas comunidades se benefician con el incremento del calor.			Por el aumento de la temperatura se secan más rápido los lugares de siembra de arroz y maní, la producción disminuye y ya no se puede trabajar en el campo.
Granizadas	Se han hecho frecuentes en la puna. Son impredecibles, los granizos son más grandes, afectan el desarrollo del cultivo.	Granizadas más frecuentes y de mayor duración, los granizos son más grandes.		De ocurrencia localizada, antes sólo eran hasta diciembre, ahora llegan hasta enero.
Heladas	Mayor frecuencia de heladas con consecuencias más catastróficas. Se presentan fuera de época, lo que afecta el cultivo en el crecimiento y floración.	Mayor incidencia en los valles de Tarija. Más frecuentes al final de la época de lluvias.		En febrero y marzo normalmente hace frío y se presentan heladas, pero algunos años esto ya no ocurre; las heladas son positivas para la agricultura puesto que ayudan a controlar las plagas.
Vientos	Vientos más “locos”.	Los vientos alejan las lluvias.		Los vientos también hacen secar más rápido los suelos.
Nevada	Donde antes nevaba mucho ahora ha disminuido este fenómeno. La nevada ayuda en el control de plagas en el norte de Potosí.			

Fuente: CIPCA, sobre la base de AGRECOL, 2009; Chaplain, 2007; CIPCA, 2009; PNCC, 2008; AGRUCO, 2010.

Sobre la base del modelo climático regional PRE-cris¹⁰ y el escenario A2, Seiler (2009) menciona que se espera que en las próximas décadas la temperatura aumente en toda Bolivia, con mayores cambios en la zona andina (valles y altiplano) y la Amazonía. Es probable que la temperatura aumente en un rango de 1,3 a 1,6° C para el año 2030 y entre 4,8 a 6° C para el año 2100, en comparación con la temperatura media de 1961-1990. Las tierras bajas muestran un ciclo de precipitaciones más intensas durante la época de lluvia (diciembre, enero, febrero) y menos durante la estación seca (junio, julio y agosto). Los cambios de la precipitación en tierras bajas se indican + 53% y a 36% (tabla 3) para el año 2100. Este ciclo es también más intenso en los valles y altiplano, con disminuciones de las precipitaciones mayores en el mes de agosto. Esta tendencia es consistente con otros estudios (ej. Kamiguchi *et al.*, 2006; Seth *et al.*, 2010).

Tabla 3: Cambio de temperatura (ΔT) y precipitación (ΔP) media, espacial y la variación temporal del coeficiente de ECHAM4 plazo (25 km) en tierras bajas, subandes y altiplano en 2001-2030 y 2071-2100, con escenario A2

ECHAM4 (25 km) A2	2001-2030		2071-2100	
Tierras bajas	ΔT: 1,3° C	ΔP: a 39% a 16%	ΔT: 5,5° C	ΔP: a 36% a 53%
Valles	ΔT: 1,3° C	ΔP: a 8% a 11%	ΔT: 4,8° C	ΔP: a 12% a 50%
Altiplano	ΔT: 1,6° C	ΔP: a 26% a 26%	ΔT: 6,0° C	ΔP: a 37% a 59%

Fuente: Seiler, 2009.

Testigos de hielo

El retroceso de los glaciares tropicales ha sido tempranamente reconocido como indicador del cambio climático y presenta evidencias respecto a la relación entre el balance de masa glaciar con diversos parámetros climáticos, como la precipitación, temperatura, albedo (entre otros), y fenómenos atmosféricos y climáticos tales como El Niño (IPCC, 2007a; Francou *et al.*, 2003; Olmos, 2010). Ramírez (2001) analiza el retroceso del glaciar Chacaltaya y predice su desaparición en menos de 15 años.

Wagnon *et al.* (2001) examina la relación entre El Niño y la fusión glaciar en Zongo, Charquini y Chacaltaya, los cuales fueron seleccionados por su valor científico y temáticas tales como la gestión de recursos hídricos y el análisis de los impactos del cambio climático, así como su adaptación¹¹,

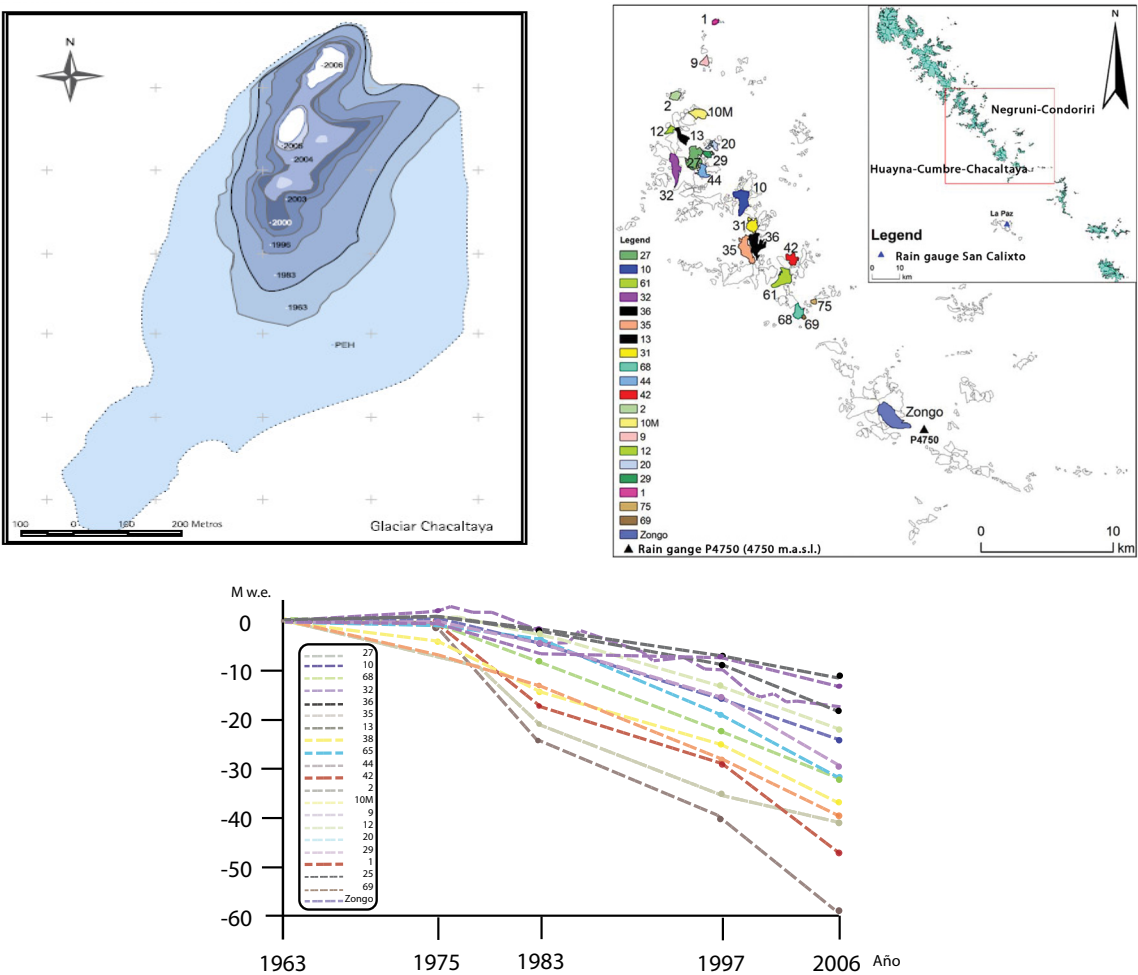
10 (Providing Regional Climates for Impacts Studies) del Hadley Centre, de la Oficina Meteorológica del Reino Unido.

11 Con el fin de aclarar el impacto del calentamiento global en Bolivia, en cuanto al retroceso de glaciares en la cordillera Andina, se encuentra en ejecución un Proyecto Regional Andino de Adaptación (PRAA) entre Bolivia, Ecuador y Perú, con el apoyo financiero del Banco Mundial. En el marco del PRAA ha sido realizado un diagnóstico del clima del futuro, con el objetivo de conocer la vulnerabilidad nacional para fortalecer la estrategia y medidas de adaptación al cambio climático. El proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia, del PNUD, ha realizado una valoración del futuro mediante la utilización del modelo japonés MRI/JMA-TL959, con una resolución espacial de 20 km × 20 km, bajo la condición de la duplicación del CO₂ en la atmósfera hasta fin del siglo XXI (escenario: A1B). Con el fin de contribuir a la implementación de medidas óptimas de adaptación al cambio climático en Bolivia, a partir del año 2010 se ejecuta el proyecto denominado Glacier Retreat impact Assessment and National policy Development (GRANDE), a través de un convenio de cooperación entre la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), el Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), y la Universidad de Tohoku, Japón, a través de la Japan International Cooperation Agency (JICA) y Japan Science and Technology Agency (JST). En el proyecto se utilizará el modelo numérico glaciar para la predicción del movimiento y los cambios de fase de nieve y glaciares. Se analizará y pronosticará el estado de los glaciares de Condoriri y Huayna Potosí oeste, que abastecen de agua al embalse de Tuni, cuyo consumo está relacionado principalmente con las ciudades de La Paz y El Alto.

entre otros. El análisis de monitoreo de esta red es presentado en los reportes anuales del Instituto de Investigación Francés para el Desarrollo (IRD Bolivia, 1995-2008). Igualmente, los datos correspondientes al monitoreo del glaciar de Zongo pueden ser encontrados en los reportes de GLACIOCLIM (GLACIOCLIM, 2010)¹². La

importancia de este trabajo respecto al análisis de cambio climático radica esencialmente en la reconstrucción climática que es obtenida de los testigos de hielo¹³ de los glaciares de nuestra región, que ofrece un “punto de partida climático” para los análisis a futuro (Ramírez, 2003) (figura 5).

Figura 5: Reducción de la superficie glaciar en la cordillera Real de los Andes



En 1998, la extensión del Chacaltaya (arriba izquierda) era de 0,060 km², con un espesor máximo (medido por radar) de 15 m de hielo. En la actualidad el volumen es de menos de 30.000 m³ de hielo, el glaciar ha perdido toda posibilidad de recuperación y se estima su desaparición antes del año 2010 (Ramírez *et al.*, 2001; Berger *et al.*, 2005). Los balances de masa acumulativa de 21 glaciares de la cordillera Real, entre 1963-2006, se muestran en el mapa y las líneas de color (arriba derecha y abajo medio).

Fuente: (Soruco *et al.*, 2009).

12 GLACIOCLIM (Les Glaciers, un Observatoire du Climat) es un observatorio para la investigación del medio ambiente en relación con los glaciares y el clima. Tres componentes están asociados: GLACIOCLIM-ALPES, GLACIOCLIM-ANDES y GLACIOCLIM-ANTARTICA.

13 Las perforaciones de los glaciares del Sajama y del Illimani aportan con datos para la reconstrucción del clima del pasado.

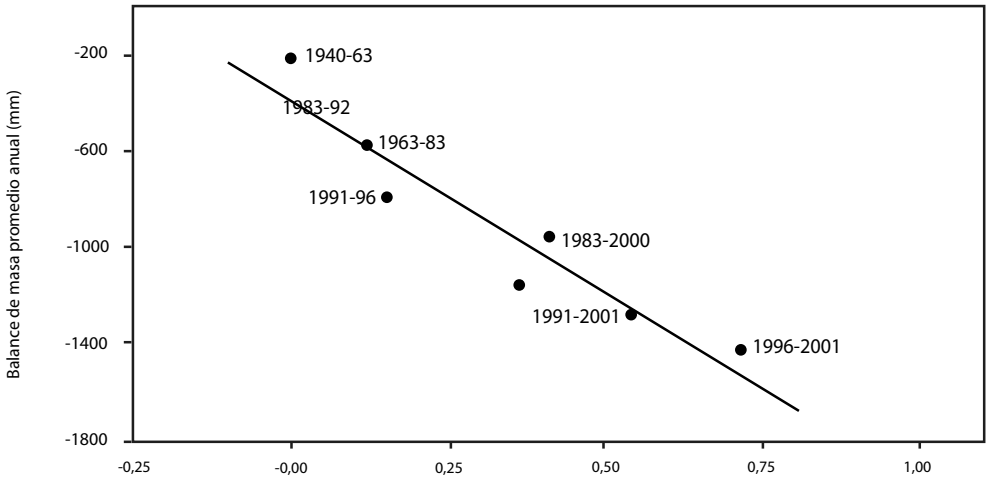
La precipitación, sus tendencias y la relación precipitación-aporte glaciar-escurrimiento, así como el balance de masa se encuentran extensivamente analizados en los estudios realizados por el IRD (Wagnon *et al.*, 1998). Por ejemplo, los resultados obtenidos por Sicart (2002) muestran que en los trópicos externos la ablación es máxima en la estación de lluvias y su intensidad depende estrechamente de las caídas de nieve; durante el mes de septiembre a diciembre, cuando el albedo es todavía débil y la radiación incidente es fuerte, es cuando la superficie del glaciar absorbe la mayor cantidad de energía solar. El balance anual de masa depende fuertemente de la fecha en la cual se inicia la estación de lluvias (diciembre-febrero), que interrumpe el periodo de fuerte fusión por incidencia de los rayos del sol. Esta situación explica entonces que cuando se da una llegada tardía de la tempora-

da de lluvias durante las fases fuertes de El Niño se provoca una fusión acelerada del glaciar (figura 6).

Anomalías climáticas

En el sistema terrestre se encuentran varias anomalías climáticas (variabilidad climática) como El Niño Oscilación Sur (ENOS)¹⁴, Dipole Mode (DM), Atlantic Oscillation (AO), las cuales son el resultado de procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o bien a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (IPCC, 2008). El ENOS¹⁵ se atribuye a la dinámica interna del sistema global (Ohba & Ueda, 2009), por lo tanto, no es fácil pronosticar el estado de El Niño y La Niña. Su influencia sobre los eventos extremos se verá con mayor detalle a lo largo del documento.

Figura 6. Balance entre la masa del glaciar Chacaltaya y la temperatura superficial del mar (agosto a febrero) en el sector Niña. 1+2



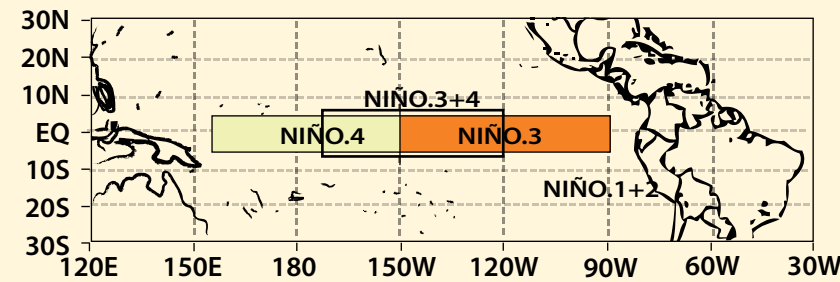
Fuente: Francou *et al.*, 2003.

14 Cuando se hace referencia a ENOS, es necesario llamar la atención sobre la diferencia entre calentamiento global y el evento El Niño y La Niña. El calentamiento global que ocasiona el cambio climático consiste en el incremento constante de la temperatura en plazos largos (30-100 años) por varios factores (ej.: cambio de la actividad solar, urbanización y emisión de gases de efecto invernadero de origen antropogénico). Por otra parte, El Niño y La Niña son producto de la variabilidad natural o una fluctuación acoplada en la atmósfera y el océano Pacífico austral, con escalas de tiempo preferenciales desde dos años hasta aproximadamente siete años (IPCC, 2007a). Nótese que la manifestación de El Niño o La Niña depende de la dinámica interna del océano, además de la interacción entre éste y la atmósfera (Ohba & Ueda, 2009) y no es originalmente el resultado directo del calentamiento global (IPCC, 2007). Para realizar proyecciones del ENOS, muchos institutos meteorológicos del mundo –por ejemplo, la NOAA, la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (ECMWF), la Agencia Meteorológica del Japón (JMA) y otros– realizan importantes esfuerzos y alcanzan precisión en el diagnóstico estacional del océano (McPhaden *et al.*, 2006).

15 ENSO, por sus siglas en inglés, es sinónimo de ENOS, por sus siglas en español.

Recuadro 1: Zonas de monitoreo del ENOS

A través de muchos estudios de investigadores oceanográficos, meteorólogos y climatólogos se han descubierto las regiones claves denominadas Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño.3.4 (figura de abajo) para detectar el fenómeno El Niño/La Niña. Según la definición del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), El Niño (La Niña) es el estado en que la anomalía de la temperatura de superficie del mar en el área Niño.3.4 (entre latitud 5° N y 5° S y longitud 120° W y 170° W) (figura de abajo) del océano Pacífico es positiva (negativa) más de +0,4° (menos de -0,4°) continuamente más de seis meses consecutivos (Trenberth, 1997).



Área de observación de El Niño y La Niña, definida por NOAA. Niño 1+2 (entre latitud 0° S y 10° S y longitud 80° W y 90° W), Niño 3 (entre latitud 5° N y 5° S y longitud 90° W y 150° W), Niño 4 (entre latitud 5° N y 5° S y longitud 150° E y 160° W), Niño.3.4 (entre latitud 5° N y 5° S y longitud 120° W y 170° W). NOAA define El Niño y La Niña con el estado de la temperatura del mar en el área de Niño.3.4 (dibujado por el equipo del proyecto BOL 60130).

Adicionalmente, los eventos El Niño, fase positiva (caliente); y La Niña, fase negativa (fría) modifican drásticamente el comportamiento climático en muchas regiones del territorio boliviano (Grimm *et al.*, 2000).

La influencia de El Niño/La Niña en el clima de toda la región de Bolivia sucede mediante la teleconexión¹⁶. En la fase de El Niño, tiende a retrasarse el inicio del monzón (ej. Francou *et al.*, 2003). Hay varios estudios que mencionan que El Niño está asociado con el déficit de precipitaciones en el altiplano, los valles interandinos y la región del chaco, así como el exceso de precipi-

taciones en las llanuras del noreste (ej.: Ibisch & Mérida, 2003) (tabla 4).

Los efectos de El Niño/La Niña en el territorio boliviano son variados, dependen de la región y también de la intensidad de estos fenómenos. La relación entre El Niño/La Niña y el clima en Bolivia se encuentra poco estudiada, los reportes de evaluación de El Niño/La Niña han anunciado esta necesidad repetidamente. Una posibilidad para entender mejor esta relación sería la aplicación de experimentos numéricos que simulen situaciones El Niño/La Niña con base en modelos tanto globales como regionales.

16 La conexión entre variaciones climáticas en lugares del planeta muy distantes entre sí a través de dinámica climática.

Tabla 4: Promedio anual de precipitación (mm) (agosto-julio) y promedio de precipitación: (1) años de El Niño, (2) años de El Niño excepto años 72-73, (3) años de La Niña en cada caso. La probabilidad por la prueba de T (T-test) y los números en negrita significan el nivel de confianza de 90%

	Años de El Niño				Años de El Niño excepto 72-73			Años La Niña		
	Prec. Prom.	Prec. Prom.	Prob.	%	Prec. Prom.	Prec. Prob.	%	Prec. Prom.	Prec. Prob.	%
Charaña (4.059 m)	311	240	0,23	-0,23	201	0,03	-0,35	402	0,02	0,29
Oruro (3.709 m)	412	352	0,22	-0,15	357	0,31	-0,13	469	0,42	-0,14
La Paz (3.650 m)	583	549	0,36	-0,06	546	0,37	- 0,06	559	0,51	-0,04
Milluni (4.650 m)	556	488	0,25	-0,12	468	0,16	-0,16	585	0,80	0,05
Plataforma (4.750 m)	819	676	0,02	-0,17	670	0,02	-0,18	825	0,95	0,01
Botijlaca (3.450 m)	1.062	897	0,05	-0,16	844	0,00	-0,20	1.149	0,28	0,08
Cuticucho (2.700 m)	1.997	1.767	0,06	-0,12	1.743	0,06	-0,13	2.109	0,21	0,06
Santa Rosa (2.500 m)	1.966	1.757	0,02	-0,11	1.705	0,00	-0,13	2.102	0,27	0,07
Sainani (2.210 m)	2.074	1.917	0,14	-0,08	1.851	0,02	-0,11	2.192	0,29	0,06
Chururaqui (1.830 m)	2.062	1.915	0,22	-0,07	1.835	0,02	-0,11	2.170	0,39	0,05
Harca (1.480 m)	2.167	2.149	0,88	-0,01	2.055	0,29	-0,05	2.284	0,35	0,05
Cahua (1.195 m)	2.789	2.722	0,69	-0,02	2.722	0,69	-0,02	2.698	0,68	-0,03
Rurrenabaque (280 m)	2.407	2.399	0,97	0,00	2.373	0,88	-0,01	2.491	0,72	0,03
San Borja (190 m)	1.968	1.867	0,53	-0,05	1.868	0,54	-0,06	1.888	0,57	-0,04
San I. Moxos (220 m)	2.093	2.160	0,70	0,03	2.183	0,64	0,04	1.932	0,21	-0,08
Trinidad (140 m)	1.907	1.997	0,51	0,05	2.019	0,47	0,06	1.962	0,05	-0,11

Fuente: Ronchail & Gallaire, 2006a.

Kamiguchi *et al.* (2006) ha estudiado el índice de eventos extremos con el modelo MRI/JMA-TL959 con escenario-A1B. De acuerdo al análisis, debido al calentamiento atmosférico del futuro (2080-2099), se generaría el calentamiento oceánico que ocasionaría el estado de El Niño constante, el cual demoraría el inicio del monzón sudamericano y aumentaría el riesgo de sequía en invierno en Pando y Beni. El IPCC refuerza la posibilidad de que con un calentamiento mayor a 3° C situaciones de el Niño podrían ser constantes (IPCC, 2007a).

Sistemas ancestrales de observación climática

“El tiempo está echado a perder, a punto de florecer toditos están; los duraznos están por florecer en mayo, antes de recibir el frío, cuando normalmente lo hacían en septiembre” (Pastora Sanabria, en AGRECOL, 2010).

Las observaciones y conocimientos ancestrales de predicción climática son utilizados para la toma de decisiones en la actividad agrícola en las comunidades rurales. De acuerdo con Ponce (2003), la predicción del clima tiene su origen en la herencia cultural de los pueblos prehispánicos y constituye parte fundamental del sistema de conocimientos de esta cultura en lo que corresponde al desarrollo de las actividades productivas. Es una práctica vigente en las comunidades campesinas, que consiste esencialmente en la observación e interpretación de diferentes estados fenológicos de plantas silvestres, comportamiento de aves e insectos (fauna silvestre), fenómenos astronómicos y físicos que llevan al campesino finalmente a la toma de decisiones orientadas hacia el inicio de las siembras.

La revalorización de este tipo de conocimiento debe empezar por reconocer que es científico y está muy lejos de ser superstición o fetiche,

ya que se basa en la observación sistemática de los eventos, de las señales y alegorías de la realidad, en el manejo de patrones, la fenología y en el entendimiento de que todo está vinculado con todo, base del conocimiento holístico. Este conocimiento holístico ha sido utilizado por civilizaciones durante milenios en esta región para domesticar plantas y animales, y desarrollar la agricultura (PNCC, 2008).

“¡Hay cambio pues!, por ejemplo, lo que regábamos antes se mantenía una semana, aguantaba unos cinco días; ahora ya no, la temperatura, el calor ha aumentado bastante, digamos si riegas hoy para mañana está casi secándose, el calor es fuerte, el frío no tanto, la temperatura ha subido bastante...”. Casiano Romero, comunario del municipio de Sipe Sipe (CIPCA, 2009).

Los agricultores de zona de Puna, cabecera de valle y valles de Cochabamba, La Paz, Potosí, Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija han mostrado preocupación por las consecuencias que podría acarrear el cambio climático (Chaplain, 2007; AGRECOL, 2010; CIPCA La Paz, 2009a, b).

Bioindicadores

Hacer seguimiento de los bioindicadores naturales es determinante para predecir el comportamiento climático y tomar decisiones para

desarrollar los cultivos, esto significa observar la flora, la fauna, los fenómenos físicos, la astrología (articulada con el mundo de las deidades), hasta la interpretación de los sueños (dinámicas espirituales), que se constituyen en indicadores predictivos en el proceso de la vida de los pueblos originarios-indígenas. No sólo por su integralidad como método de conocimiento, sino también por lo útil que es para las comunidades locales, estos bioindicadores han motivado diversas investigaciones (ej.: Yampara *et al.*, 2005; AGRECOL, 2005).

Para motivos de sistematización, estos indicadores del clima han sido clasificados en tres grupos (tabla 5).

Aguilar (1997) señala que los indicadores se caracterizan por sus posibilidades de previsión en el tiempo, es decir, permiten predecir el comportamiento climático a corto, mediano y largo plazo; pero una mayoría son específicos en este sentido, como por ejemplo los zooindicadores, que predicen generalmente a corto plazo. En cambio, los fitoindicadores predicen sobre todo a mediano plazo, aunque algunos también a largo plazo; los indicadores físicos y astronómicos predicen tanto a corto, mediano como a largo plazo. Sin embargo, también existe la percepción de que

Tabla 5: Clasificación de los indicadores del clima

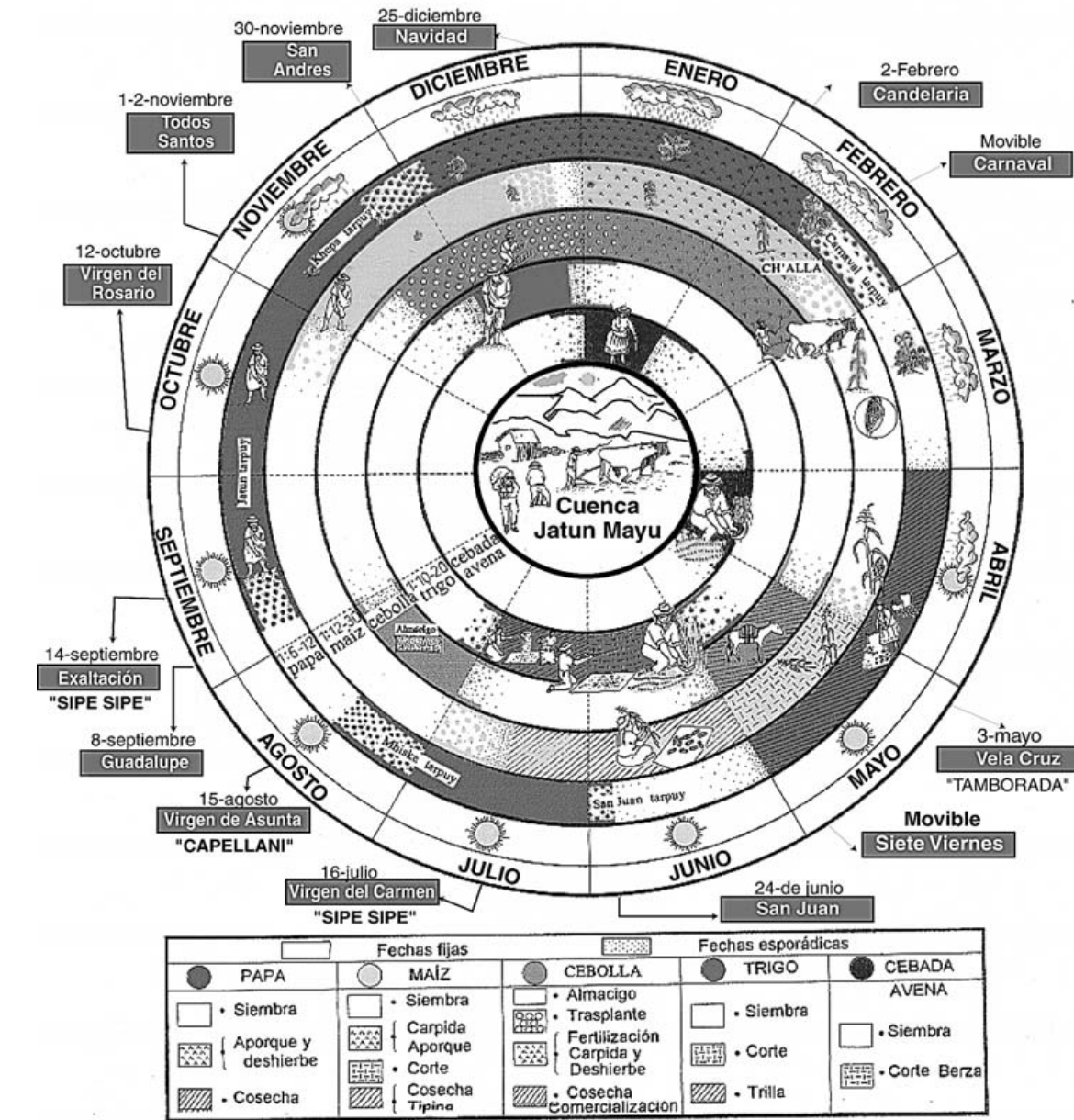
Indicadores biológicos	Zooindicadores	Se basan en la observación del comportamiento de ciertos animales que tienen la característica de ser sensibles a cambios climáticos que ocurren en su hábitat.
	Fitoindicadores	Análisis de plantas no cultivadas propias de la zona, las que son sensibles a la variación del clima, observándose sobre todo dónde crecen, cómo brotan, floración, fructificación y rebrote.
Indicadores atmosféricos o físicos	Basado en la observación de los fenómenos meteorológicos como las lluvias, vientos, nevadas, granizadas, nubes, arco iris, que dan pautas de cómo va a ser el comportamiento del clima a corto o largo plazo.	
Indicadores astronómicos	Analizando los astros, el sol, las fases lunares, las estrellas y su comportamiento, ya que inciden directamente en el clima.	

Fuente: Ponce, 2003 y Chirveches, 2006.

las comunidades requieren complementar estos conocimientos con otros que se basan en el uso de modelos y observaciones meteorológicas modernas.

Las figuras 7 y 8 presentan predictores¹⁷ climáticos observados en el transcurso del año, además de las festividades tradicionales de las comunidades campesinas.

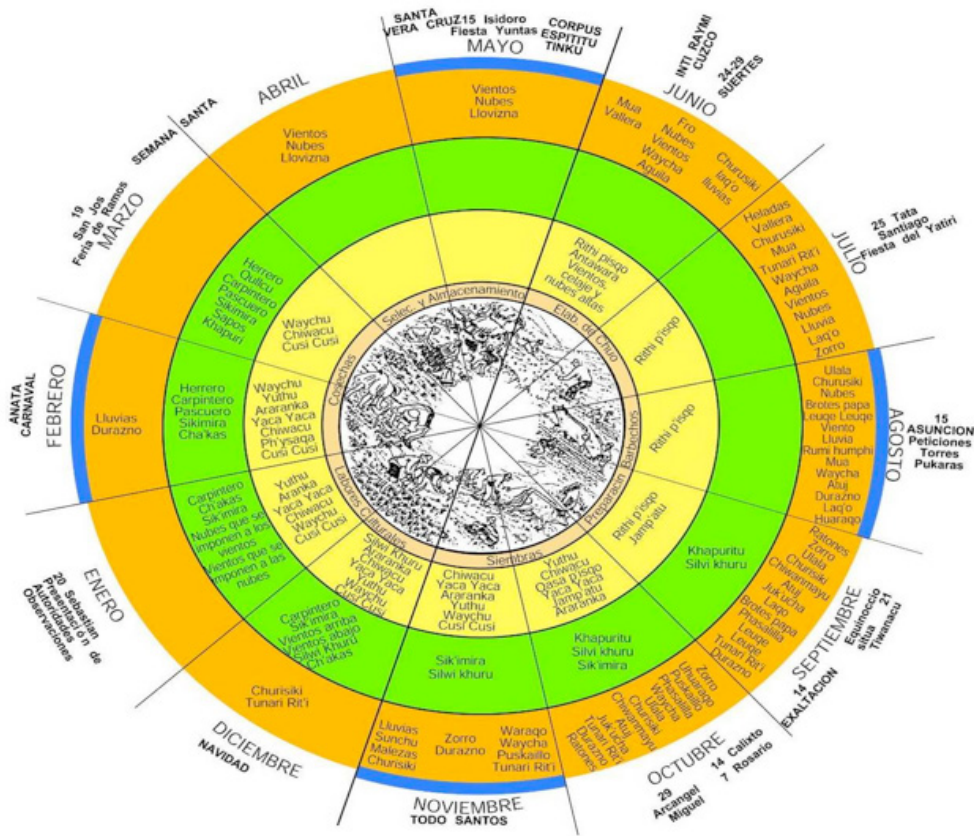
Figura 7: Calendario agrícola-festivo de la cuenca de Jatun Mayu (ciclo agrícola)



Fuente: Dora Ponce en base a Escalera 1997

17 Los predictores observan simultáneamente las plantas, su floración, coloración, humedad; los animales la forma en que se comportan, aparean o entran en celo, la migración o los nidos de las aves, el color del cielo y la forma en que se difumina la luz de las estrellas, así como otros factores que pueden tener relaciones más sutiles como el estado de ánimo de las personas.

Figura 8: Calendario de observación de predictores



Fuente: Ponce, 2003.

Validación de modelos climáticos¹⁸ en Bolivia

Un aspecto asociado con la utilización de modelos climáticos es que la estimación de la incertidumbre en la predicción es esencial para usar los resultados obtenidos con el modelo. En la actualidad, la habilidad de predecir cuáles serán los cambios específicos en determinadas regiones

es muy limitada o requiere, cuando menos, una validación profunda del modelo que se usa para realizar dichas predicciones (Andrade, 2008). Esta validación a escala continental y global requiere datos de observaciones (reanálisis-datos procesados y satelitales) que se distribuyen por los institutos meteorológicos del mundo¹⁹, y a nivel local *in situ* los datos de observaciones meteorológicas como las que produce el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

18 Los nuevos modelos numéricos con miras al quinto reporte del IPCC (ARS) se publicarán en septiembre de 2013. Los modelos que se han utilizado para el cuarto reporte del IPCC de 2007 (AR4) son los modelos acoplados Coupled General Circulation Model: CGCM, que consisten en procesos físicos de los componentes de atmósfera-tierra-océano. Sin embargo, los institutos meteorológicos y climatológicos del mundo están desarrollando nuevos modelos que consideran no sólo los procesos físicos, sino también las circulaciones del carbono, el ecosistema de tierra-océano, la dinámica del ozono y una influencia del aerosol, incluyendo reacciones químicas. Estos modelos de la nueva generación se denominan Earth System Model (ESM). La información en profundidad sobre ESM se encuentra en la página web del Proyecto de Intercomparación de Modelos Conjuntos (CMIP5, por su sigla en inglés. <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>).

19 Ver Anexo II.

Recuadro 2: Incertidumbre de predicción

Se debe destacar la existencia de incertidumbre (errores) en la predicción de los modelos. La razón fundamental para la mayoría de estos errores es que muchos procesos importantes a pequeña escala no pueden representarse de manera explícita en los modelos, pero deben incluirse de forma aproximada cuando interactúan a mayor escala. Ello se debe en parte a las limitaciones de la capacidad de procesamiento, pero también es el resultado de limitaciones en cuanto al conocimiento científico o la disponibilidad de observaciones detalladas de algunos procesos físicos (IPCC, 2007). En particular, existen niveles de incertidumbre considerables, asociados con la representación de las nubes (parametrización de convección) y con las correspondientes respuestas de las nubes (parametrización de perturbación) al cambio climático (ej.: Arakawa & Schubert, 1974).

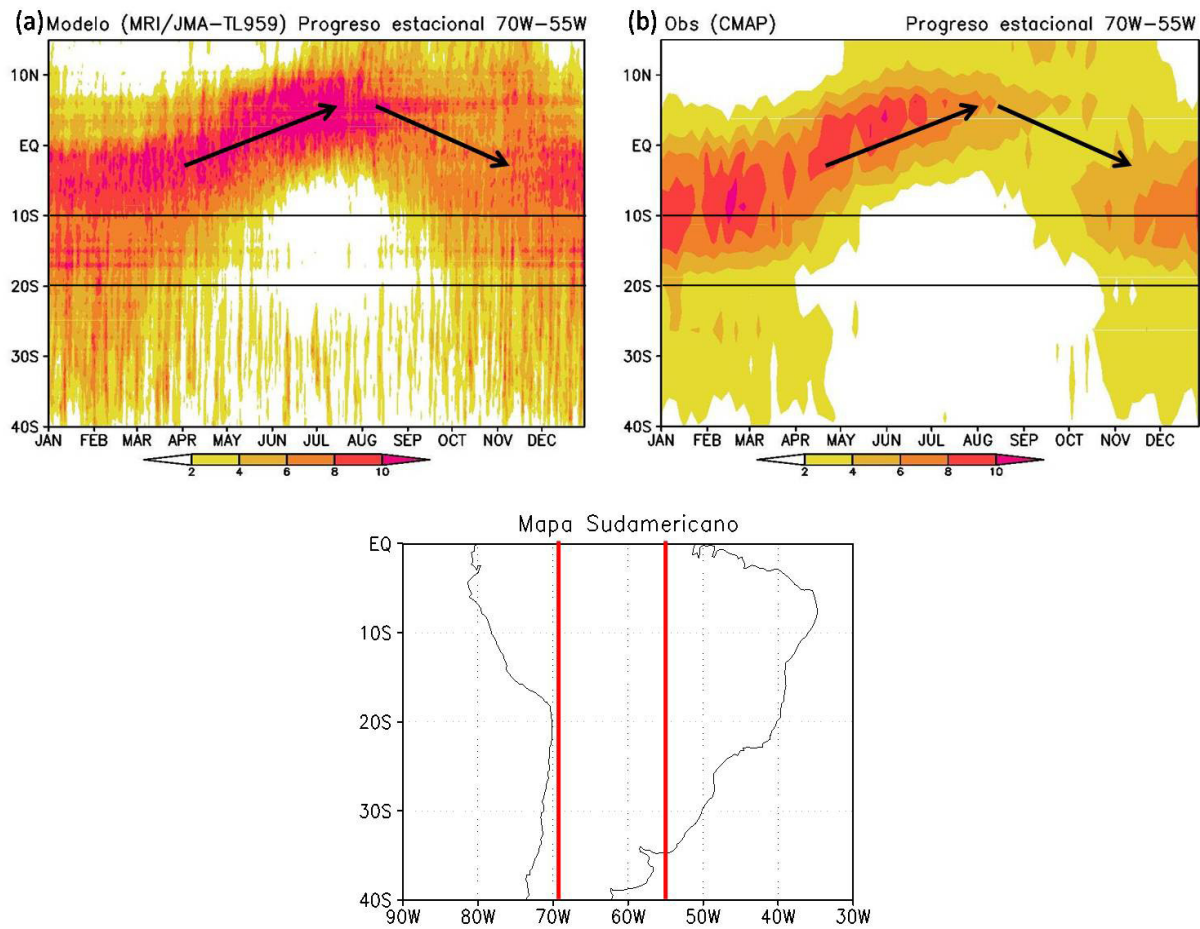
Edward N. Lorenz, un investigador del clima, ha encontrado una teoría revolucionaria de Caos (Lorenz, 1963) que hoy en día se aplica en las áreas de economía, biología y finanzas (sistema complejo). En el modelo numérico se calcula el estado del futuro con insumos de observaciones meteorológicas (temperatura, precipitación, viento, presión) de hoy y usando el sistema de ecuaciones diferenciales. Según Lorenz, si hay pequeñas tolerancias en la observación meteorológica (datos de insumo), en el proceso del cálculo de predicción crece la tolerancia drásticamente. Se dice que la predictibilidad (duración confiable de predicción) es máximo 7 días para discutir cuantitativamente *in situ* (a escala local). Cuánto más aumenta el largo de las integraciones (7 días, 1 año, 30 años, 100 años) entonces el resultado de la predicción tiene mayor incertidumbre.

Sin embargo, la técnica de “ensamble” (cálculo del promedio de varias salidas del modelo con insumos diferentes) disminuye la incertidumbre y según la comunidad científica, a través de esta técnica se puede discutir el estado del promedio mensual cualitativamente. Cuando se discute sobre la cantidad de precipitación, temperatura y otros, hay que tener la idea de la existencia de incertidumbre y la propiedad caótica del clima. Al mismo tiempo, para la toma de decisiones políticas relacionadas con la temática del cambio climático es importante considerar un criterio de multimodelo (promedio de las salidas de varios modelos: un tipo de ensamble).

A pesar de que se ha realizado un trabajo importante, utilizando el método en el Proyecto Regional Andino de Adaptación (PRAA), no se ha comprobado la calidad del modelo, o sea que no se ha hecho la validación sinóptica en comparación con los datos de observación (datos de reanálisis y satelitales). Considerando la ausencia de información para el análisis prospectivo, el proyecto BOL 60130 del PNUD ha realizado un trabajo de validación del modelo MRI/JMA-TL959 en el ámbito continental. Normalmente se denominan microfenómenos meteorológicos y actividades climatológicas locales (clima boliviano) por las condiciones a escala con-

tinental (ej.: monzón sudamericano) y escala global (ej.: El Niño). Por lo tanto, como primera etapa, es muy importante averiguar la reproducción del estado dominante climático (continental y global) del modelo, comparando con las observaciones de reanálisis para considerar la habilidad del modelo. Con este estudio se aclaró que el modelo japonés reproduce adecuadamente la distribución espacial de precipitación y circulación a escala continental, mejor dicho, captura la evolución estacional del sistema de monzón sudamericano (figura 9). Este resultado permite, como siguiente paso, estudiar la validación local.

Figura 9: Latitud-tiempo sección de precipitación entre 70°W-55°W de longitud de promedio de 10 años (1982-1993)

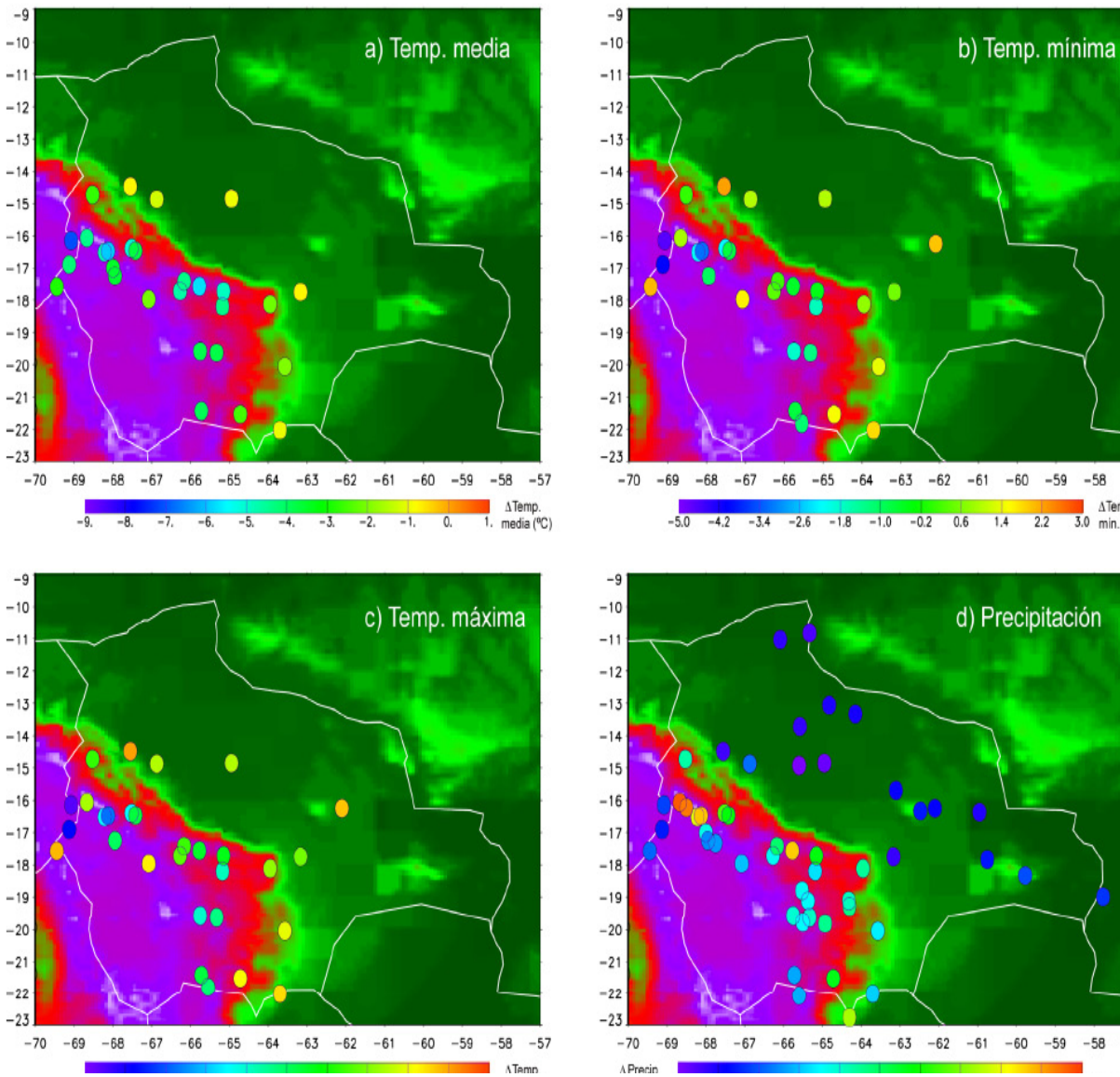


Es el promedio de precipitación entre 70° W-55° W de longitud (entre líneas rojas del mapa de abajo) y se analiza el progreso estacional (movimiento estacional y latitudinal) de precipitación con el transcurso del tiempo. El eje X indica el tiempo, de enero hasta diciembre, el eje Y muestra la latitud. La figura (a) indica el modelo y la figura (b) muestra CMAP (observación). La unidad de medida es mm/día. Estos dibujos indican el comportamiento de la evolución climática (estacionalidad) en términos de precipitación del modelo y la observación. El modelo japonés reproduce oscilaciones meridionales en comparación con la observación (proyecto BOL 60130, 2010).

Se han realizado validaciones más profundas del modelo Sistema Regional de Modelamiento del Clima (PRECIS) por el Laboratorio de Física de la Atmósfera del Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés (Andrade & Blacutt, 2010) y la Fundación Amigos de la Naturaleza (Seiler, 2009). Estos estudios de validación local *in situ*, con datos de observaciones meteorológicas como las del SENAMHI, según Andrade & Blacutt (2010) muestran que

ambos, temperatura y precipitación, tienen un buen desempeño en zonas bajas (regiones con altitud menor a 500 m). Sin embargo, el PRECIS sobreestima la precipitación tanto en zonas de altura intermedia (entre 500 m y 3.500 m) como en la zona pendiente andina (figura 10). También el modelo subestima la temperatura en las regiones con altitudes mayores a 500 m y realiza un trabajo aceptable en las zonas bajas (Andrade & Blacutt, 2010).

Figura 10: Valores anuales promedio, para el caso de las temperaturas (a, b y c), y acumulados anualmente (d), para el caso de la precipitación, de las diferencias “modelo menos observaciones”



Los colores de fondo representan la variación de altura del terreno respecto a nivel del mar. Los círculos de colores muestran las diferencias de las variables meteorológicas analizadas para las diferentes estaciones usadas en el presente estudio.
Fuente: Andrade & Blacutt, 2010.

Los riesgos climáticos,
la vulnerabilidad y la
pobreza van de la mano

De acuerdo al Informe de Desarrollo Humano (PNUD, 2008b), la vulnerabilidad se describe como la imposibilidad de los pobres de gestionar el riesgo, sin verse forzado a tomar decisiones que comprometan su bienestar futuro. Con relación al cambio climático, éste tiende a ahondar su vulnerabilidad al reducir en el tiempo sus capacidades de respuesta. Para la EIRD²⁰ (2009b), los desastres climáticos y la pobreza van de la mano. En general, las personas más vulnerables enfrentan condiciones de riesgo cotidiano en relación a cubrir sus necesidades básicas, algunas de ellas (agua, alimentación, salud) altamente sensibles al cambio climático. De acuerdo al IPCC (2007b), la vulnerabilidad al cambio climático es el grado en el que los sistemas geofísicos, biológicos y socioeconómicos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo variabilidad climática y eventos meteorológicos extremos.

Según el Banco Mundial (2010), la mayor parte de los países en desarrollo carece de la capacidad técnica y financiera suficiente para gestionar el creciente riesgo climático. Asimismo, dependen en forma más directa de recursos naturales sensibles al clima para generar sus ingresos y su bienestar. Finalmente, concluye que el crecimiento económico por sí solo y las tendencias de desarrollo que de esto derivan no alcanzarán a reducir la vulnerabilidad de la gente si la trayectoria de calentamiento del planeta se mantiene, lo que lleva a pensar en formas de desarrollo mejor concebidas.

La Comunidad Andina de Naciones (CAN) también establece que si bien el cambio climático es

un fenómeno mundial, su impacto negativo es padecido más intensamente por las personas y los países pobres. Éstos son más vulnerables debido a su considerable dependencia de los recursos naturales y a su limitada capacidad para enfrentarse a la variabilidad climática y a los fenómenos climáticos extremos (PNCC, 2007b).

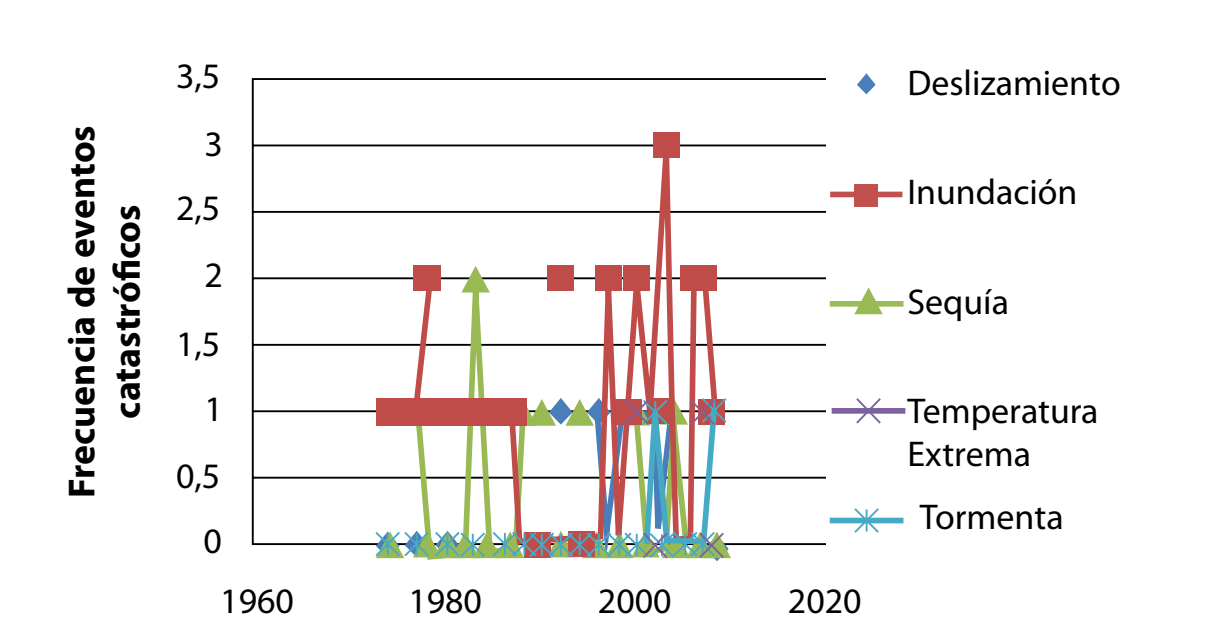
Impactos generados por eventos climáticos extremos

Los eventos extremos han marcado una línea de investigaciones y evaluaciones sobre los impactos pero también sobre las vulnerabilidades regionales y de grupos sociales. Según la base de datos EM-DAT (1900-2010), en Bolivia los diez peores desastres climáticos se han concentrado en las últimas tres décadas. La misma base de datos muestra que las sequías, inundaciones, temperaturas extremas y deslizamientos de carácter catastrófico²¹ han aumentado en frecuencia en los últimos años (Gonzales & Escóbar, 2010) (figura 11).

Cada año, Bolivia tiene mayor presencia de desastres como consecuencia de fenómenos adversos de origen hidrometeorológico (Niño/Niña, inundaciones, sequías, deslizamientos, granizadas, heladas, etc.) y que ante las poblaciones altamente expuestas están ocasionando la pérdida de personas y de activos. En los últimos diez años el país ha sido afectado por eventos de naturaleza similar, pero fundamentalmente inundaciones, desbordamiento de ríos, deslizamientos de tierra, granizo y heladas (tabla 6).

20 International Strategy for Disaster Reduction.
21 Según EM-DAT (CRED), el criterio para declarar evento catastrófico se rige en función de los impactos que un evento extremo produce, por ejemplo: (1) diez o más personas reportadas como muertas; o (2) cien personas reportadas como afectadas; o (3) la declaración de un estado de emergencias; o (4) llamada de ayuda internacional.

Figura 11: Frecuencia de desastres climáticos en Bolivia (1980-2010)



Fuente: Gonzales & Escobar, 2010 (documento interno).

Tabla 6: Ocurrencia de eventos mayores en los últimos 10 años

Año	Acontecimiento	Efectos
2010	Sequía aguda	19.000 familias afectadas
2009-2010	Fenómeno El Niño 2008/2009	114.806 familias afectadas, impactos socioeconómicos por valor de \$us 236 millones
2009	Emergencias, epidemia del dengue	6.000 casos confirmados, 22 fallecidos
2007-2008	Fenómeno La Niña 2007/2008	123.748 familias afectadas; \$us 495 millones de daños y pérdidas
2006-2007	Fenómeno El Niño 2006/2007	133.110 familias afectadas; \$us 443 millones de daños y pérdidas
2006	Inundaciones	39.000 familias afectadas
2003	Destrucción del puente Gumucio Reyes	Pérdidas superiores a \$us 3 millones.
	Inundación Tipuani y Chima	Destrucción de 242 viviendas
2002	Tormenta de granizo en La Paz	70 muertos, más de \$us 70 millones en pérdidas.
2000	Derrame de petróleo río Desaguadero	Impacto ambiental

Fuente: Ministerio de Defensa (VIDECI).

De igual manera, los reportes del Viceministerio de Defensa Civil muestran una clara tendencia al aumento de la recurrencia de eventos climáticos extremos y situaciones de emergencia en los últimos años. La inundación tiene un mayor número

de casos reportados, en particular a partir del año 2006. Del mismo modo, la sequía, helada y granizo son eventos más recurrentes y coinciden con la ocurrencia de eventos de El Niño registrados en Bolivia (tabla 7).

A escala departamental, los eventos climáticos registrados reportan un incremento en los últimos años, destacando un significativo aumento en los nueve departamentos del país (tabla 8)

Durante las últimas tres décadas, la región se ha visto sometida a impactos climáticos severos derivados, entre otros, de la mayor frecuencia de even-

tos El Niño/La Niña. En ese periodo ocurrieron dos Niños, catalogados como muy fuertes²² (en 1982/83 y 1997/98), y otros eventos severos que resaltaron la vulnerabilidad de los sistemas humanos ante desastres (inundaciones, sequías, tormentas, heladas, deslizamientos de tierra). El fenómeno El Niño/La Niña ha marcado una historia de impactos sociales y económicos en el país.

Tabla 7: Principales emergencias climáticas reportadas en Bolivia (2002-2008)

Tipo de evento	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^(p)
Inundación	353	810	448	278	868	1.191	1.085
Sequía	351	43	451	151	16	651	151
Helada	66	5	153	132	121	1.259	451
Granizada	311	67	261	74	194	695	413
Delizamiento, mazamorra	20	24	23	11	36	31	84
Viento huracanado	46	4	56	30	8	52	13
Incendio	39	15	44	105	33	30	24
Plaga							15
Subtotal por emergencias climáticas	1.186	968	1.436	781	1.276	3.909	2.230
Otras emergencias			8	2	2	4	15
TOTAL	1.186	968	1.444	783	1.278	3.913	2.245

Fuente: VIDECl. INE, 2010. (p) Preliminar.

Tabla 8: Eventos climáticos adversos reportados por departamento, 2002-2008

Departamento	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ^(p)
TOTAL	1.186	968	1.444	783	1.278	3.913	2.245
Chquisaca	53	16	95	66	64	153	264
La Paz	285	569	171	56	404	2.087	838
Cochabamba	131	115	259	174	105	189	189
Oruro	24	31	146	27	110	127	169
Potosí	283	52	371	90	163	500	238
Tarija	131	52	121	101	111	112	194
Santa Cruz	215	32	94	59	108	365	111
Beni	49	97	145	177	182	360	180
Pando	15	4	42	33	31	20	62

Fuente: Viceministerio de Defensa Civil. Dirección General de Emergencias y Auxilio. Instituto Nacional de Estadística. (p) Preliminar.

22 La clasificación de la intensidad de ENSO se establece de acuerdo a la siguiente tabla:

	Tiempo en que se presentan (años)	Época en que ocurren u ocurrieron
El Niño-ENSO	Entre 1 - 3	Siglo XX
Súper-ENSO	Entre 100 y 150	Durante el Holoceno-10.000 años (unos 16 eventos)
Mega-ENSO	Hasta 1.000	

Fuente: Morner, 1993.

Los Niños de 1982/83 y de 1997/98 fueron los más fuertes registrados en el último siglo, con anomalías de temperatura de la superficie del mar entre 2 y 4° C sobre su valor normal (MacPhaden, 1999. Figura 12).

De hecho, Gray (2005) afirma que en los últimos 25 años se han registrado eventos de El Niño más fuertes y con mayor frecuencia que en el periodo anterior (figura 12). El Niño/La Niña puede producir alteraciones ambientales que, combinadas con la vulnerabilidad global del país, son susceptibles de producir consecuencias catastróficas (CEPAL, 2007; CEPAL, 2008; CAF, 2000). Apparently, El Niño desencadena una respuesta más fuerte, pero más variable que La Niña (Wilches-Chaux, 2007; Francou *et al.*, 2003).

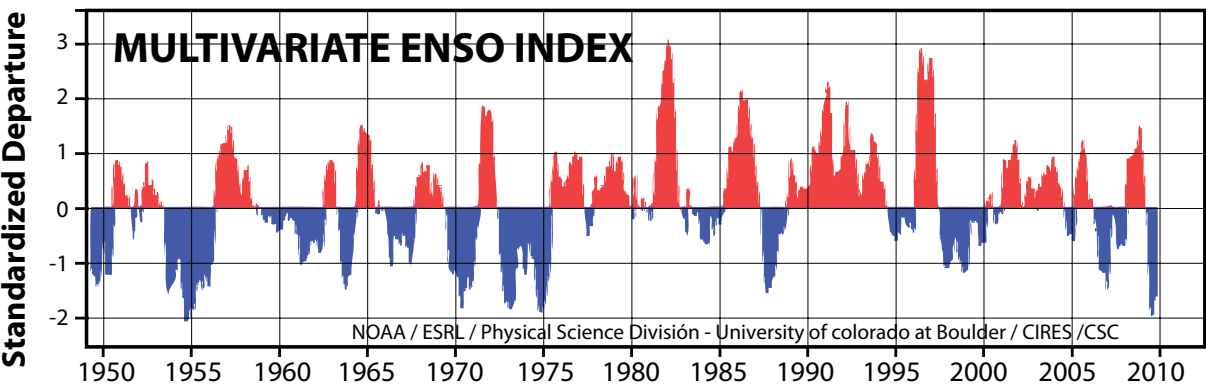
El Niño 1992 y La Niña 2007/08 también han generado picos de impacto económico importantes, que han sido tipificados como moderados (CEPAL, 1983; CAF, 2000; CEPAL, 2007 y CEPAL, 2008).

Impactos socioeconómicos de El Niño/La Niña

El Niño 82/83 fue el evento que más fuertemente ha impactado al país, pues ha dejado 1,6 millones de afectados, 2.821 millones de dólares en pérdidas (7,15% del PIB) (CEPAL, 2007) y alrededor de un 92% de su capacidad de gasto público (Gonzales & Escobar, 2010); comprometió a 7 de 9 departamentos y afectó a 250.000 unidades productivas, lo que trajo como consecuencia el recrudecimiento del subempleo y desempleo, migraciones y desplazados del campo a la ciudad. Las medidas estatales de respuesta fueron insuficientes, como lo muestran los únicos estudios existentes que describen la reubicación de damnificados de las inundaciones en el Plan Tres Mil (Antelo, 1985), así como la afectación del tejido social en el norte de Potosí (Rivera, 1992 y 1997).

El Niño 1997/98 dejó 135.000 damnificados, pérdidas por aproximadamente 649 millones de dólares (6,2% del PIB) (CAF, 2000; OPS, 2000);

Figura 12: Registro de la anomalía de la temperatura de la superficie del mar en Niño entre 1930 y 2000



El rojo indica episodio de El Niño y el azul de La Niña. Estos registros tienen como base los índices multivariables que han sido elaborados por la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera. Fuente: NOAA, 2010.

la sequía afectó a los departamentos de Potosí, Oruro, La Paz-Sur, Chuquisaca, Cochabamba y Tarija, y las inundaciones a Santa Cruz, Beni, Pando, La Paz-Norte. Los impactos en los sectores productivo y social, daños en la infraestructura y en el medio ambiente se muestran en la tabla 9. Las vulnerabilidades se refieren a los sectores: agua potable y alcantarillado, electricidad, transporte y comunicaciones, agricultura, salud, asentamientos humanos, industria y comercio; además realiza un análisis de las instituciones que trabajan tanto sectorialmente, como en asistencia humanitaria y Defensa Civil.

El Niño 2006/2007 dejó 562.000 afectados, pérdidas por 443 millones de dólares, afectó a un 5% de la población del país en los 9 departamentos (CEPAL, 2007). Los impactos mayores nuevamente se agravan en el sector de transportes, luego el agropecuario (tabla 10). La misión de la CEPAL identificó vulnerabilidades físicas asociadas y movimientos de población, asociadas al deterioro ambiental, vulnerabilidades sociales, económicas e institucionales.

El fenómeno La Niña 2008, evaluado por CEPAL (2008), ha generado una pérdida de 276 millones de dólares, aproximadamente el 1% PIB de

la tasa de crecimiento proyectada de 5,70%²³, y afectó a 6,2% del total de la población del país en los 9 departamentos. La evaluación identifica vulnerabilidades no detectadas el año anterior, incluyendo la variable de género, pueblos indígenas e identifica los impactos a nivel de los hogares productivos. De acuerdo a este estudio, las vulnerabilidades se habrían incrementado en el lapso de los tres últimos años. El estudio enfatiza la dificultad de contar con mecanismos de aprobación, asignación y ejecución con relación a los proyectos de reconstrucción (CEPAL, 2008) (tabla 9).

Precipitaciones

El Niño presenta anomalías de precipitación positivas en el oriente, que dan lugar a inundaciones y anomalías negativas en la región del chaco y en el altiplano, lo que provoca sequías y heladas. Durante eventos El Niño fuertes como el 82/83, este contraste meteorológico es más acentuado que durante eventos El Niño moderados. El IPCC (2007) establece que el cambio climático aumentará la frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones.

Durante los eventos El Niño/La Niña de las úl-

Tabla 9: Impacto económico y social de episodios El Niño/La Niña en el país

Episodios El Niño/Niña	Población afectada (damnificados directos)	Daños totales (millones de dólares)				Impacto sobre el PIB (%)	Impacto sobre el gasto de gobierno (%)
		Impacto económico total	Daños directos	Pérdida en flujos	Efectos en el sector externo/a		
1982-1983	1.600.000	836,5	521,6	314,9	101	7,15	33,6/92,01
1997-1998	135.000	514,9	207,9	307,0	32	6,2	45,47
2006-2007	562.594	379,9	207,5	172,4	18	4,5	38,37
2007-2008*	618.740	757,5				1	

Fuentes: CEPAL 1983; CAF, 2000; CEPAL, 2007; CEPAL, 2008.

23 El crecimiento esperado del PIB bajó a 4,26%, a precios de 2008.

timas tres décadas, la concentración del impacto se situó en el sector productivo, con énfasis en las áreas agrícola y ganadera. El Niño 1982-1983 fue del 85,6%, El Niño de 1997-1998 fue del 23,0%, El Niño de 2006-2007 del 35,0% y La Niña de

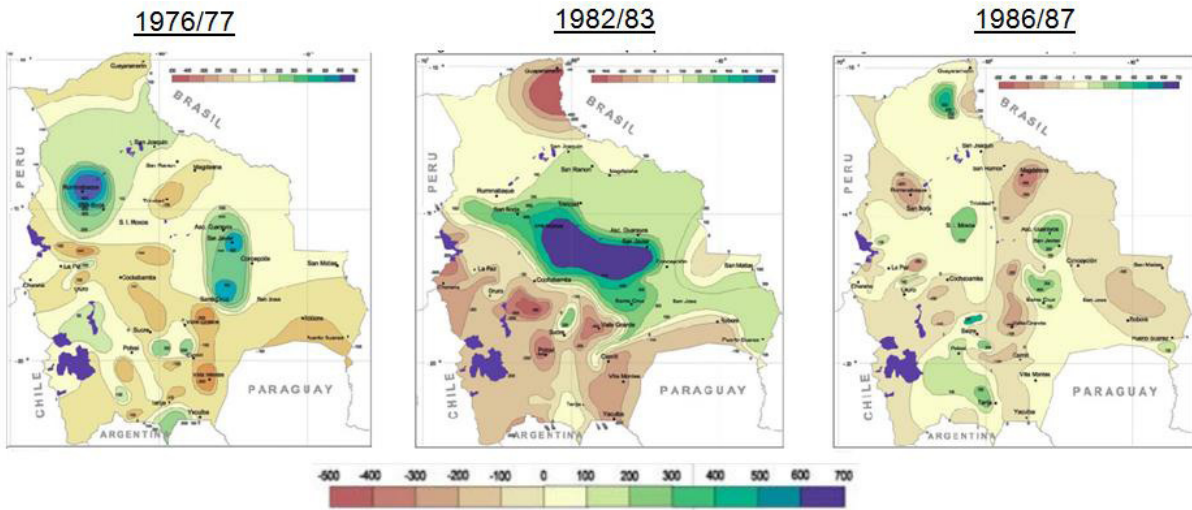
2008-2009 del 34,1%. La cuantificación de pérdidas de las actividades productivas, traducida en términos de la tasa de crecimiento del PIB, implica una caída de 1,7 puntos porcentuales (CEPAL, 1983; CAF, 2000, CEPAL, 2007; CEPAL, 2008) (tabla 10 y figura 13).

Tabla 10: Impacto sectorial del ENOS en Bolivia
(En millones de \$us corrientes)

Años	1982/83	%	1997/98	%	2006/07	%	2007/08	%
Total	836,5	100,0%	514,9	100,0%	379,9	100,0%	757,5	100,0%
Sectores sociales	22,5	2,7%	5,3	1,0%	69,5	18,3%	86,1	11,4%
Vivienda	17,8	2,1%	5,3	1,0%	52,4	13,8%	73,9	9,8%
Educación					10,3	2,7%	9,4	1,2%
Cultura							0,2	0,0%
Salud	4,7	0,6%			6,8	1,8%	2,6	0,3%
Sectores productivos	716,0	85,6%	261,5	50,8%	138,7	36,5%	567,2	74,9%
Agricultura y ganadería	716,0	85,6%	118,6	23,0%	133,1	35,0%	265,9	35,1%
Cultivos							215,0	28,4%
Producción forestal turismo					5,6	1,5%		
Ganadería							50,3	6,6%
Infraestructura de riego							0,6	0,1%
Actividades de mujeres							35,4	4,7%
Industria			58,2	11,3%				
Comercio			84,7	16,4%				
Infraestructura	98,0	11,7%	248,1	48,2%	171,7	45,2%	104,3	13,8%
Transporte	98,0	11,7%	237,7	46,2%	171,4	45,1%	93,6	12,4%
Agua y saneamiento			9,0	1,7%	0,1	0,0%	2,9	0,4%
Energía			1,4	0,3%	0,2	0,1%	7,8	1,0%
Telecomunicaciones					0,1	0,0%		

Fuente: CEPAL, 1983; CAF, 2000; CEPAL, 2007; CEPAL, 2008.

Figura 13: Anomalías de precipitación durante las fases de El Niño

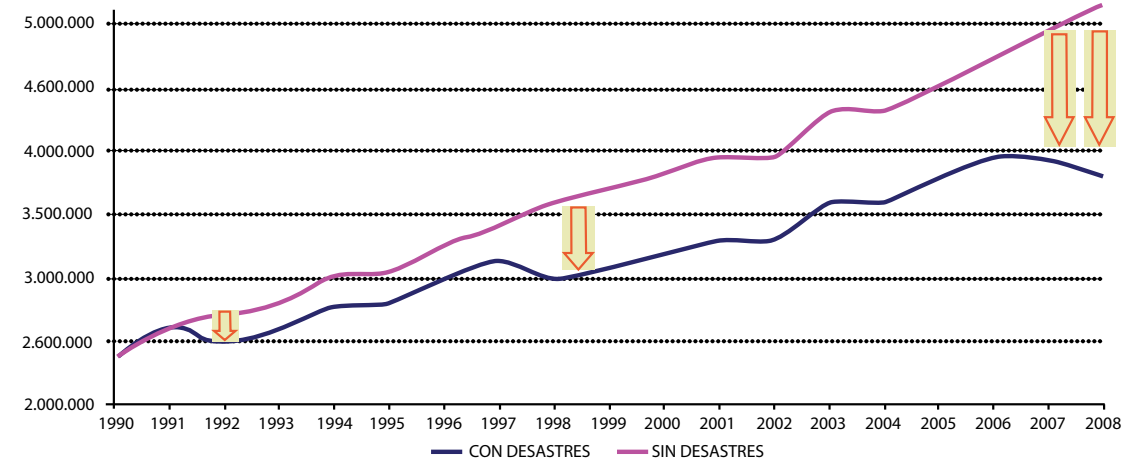


Fuente: SENAMHI, en CAF, 2000.

Asimismo, como se puede observar en la figura 14, el PIB agrícola es un indicador que ilustra los impactos negativos provocados por los efectos de El Niño/La Niña, los cuales presentan condiciones climáticas extremas para este sector. En esta misma figura podemos apreciar el efecto acumulado en el PIB sin desastres. Esta proyección respecto a la línea con desastres refleja pérdidas de inclusive el 100%, que repercute en la economía final del país, ya que estas pérdidas no son recuperables en el corto plazo (NOAA, 2009; CEPAL, 2008).

Un análisis del Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI) acerca de los registros de los municipios afectados muestra que en las tres cuencas más importantes del país, alrededor de 45 municipios (que representan el 14% del total de municipios del país) han sido afectados en estos tres años. De estos, cerca de 58% representan los municipios situados alrededor de la cuenca del Amazonas, el 26% los de la cuenca del Plata y el 17% de la cuenca hidrográfica del lago Titicaca (VIDECI, 2010).

Figura 14: Bolivia: El Niño/La Niña y episodios neutros (NOAA, 2009) y su impacto en el PIB agrícola en miles de bolivianos de 1990



ENSO Cycle: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by Climate Prediction Center / NCEP 29 June 2009. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 2009

Disponible en: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.ppt

Fuente: CEPAL, 2007.

todo a los departamentos de Beni, Cochabamba, La Paz, Pando y Santa Cruz. La intensidad de las inundaciones en los llanos se incrementa de manera marcada durante aquellos años en los que se manifiesta el fenómeno El Niño, que además de inundaciones provoca también sequías en las zonas sur-occidental y sur-oriental, afectando prácticamente a todo el país.

Para poder determinar las zonas de riesgo de Bolivia, se han tomado en cuenta los estudios del fenómeno El Niño: 1982/83 (CEPAL, 1983), 1997/98 (CAF, 2000), 2006/07 (CEPAL, 2007), 2009/10 (CEPAL, 2010); fenómeno de La Niña: 2008/9 (CEPAL, 2008), Niña 2010/11 (VIDECL, 2010).

Inundaciones

Las áreas de inundación se encuentran en mayor proporción en la cuenca del Amazonas (que abarca el 66% del total del territorio), tal como se muestra en la figura 15 y los municipios más afectados en los últimos cinco años son los departamentos

de Santa Cruz, Beni, La Paz y Cochabamba. De la cuenca del Plata los afectados son los municipios de los departamentos de Chuquisaca y Tarija.

Según estos estudios, la amenaza de inundación es de alto grado en la cuenca del Amazonas, que afecta especialmente a los municipios ubicados en los márgenes de la subcuenca del Mamoré, subcuenca del Río Grande y a lo largo de los ríos que tienen el mismo nombre, además del río San Julián, donde el coeficiente de escurrimiento es bajo o medio, entre los que destacan determinados lugares de los municipios de Trinidad, Santa Ana, San Javier y San Ignacio de Moxos. En grado medio se presenta la propensión a inundación en municipios que tienen relación con la subcuenca del río Beni, subcuenca del río Iténez y Madre de Dios. Además, en esas zonas la evapotranspiración real anual es alta o media. También hay lugares puntuales en occidente, amenaza de inundación de grado medio.

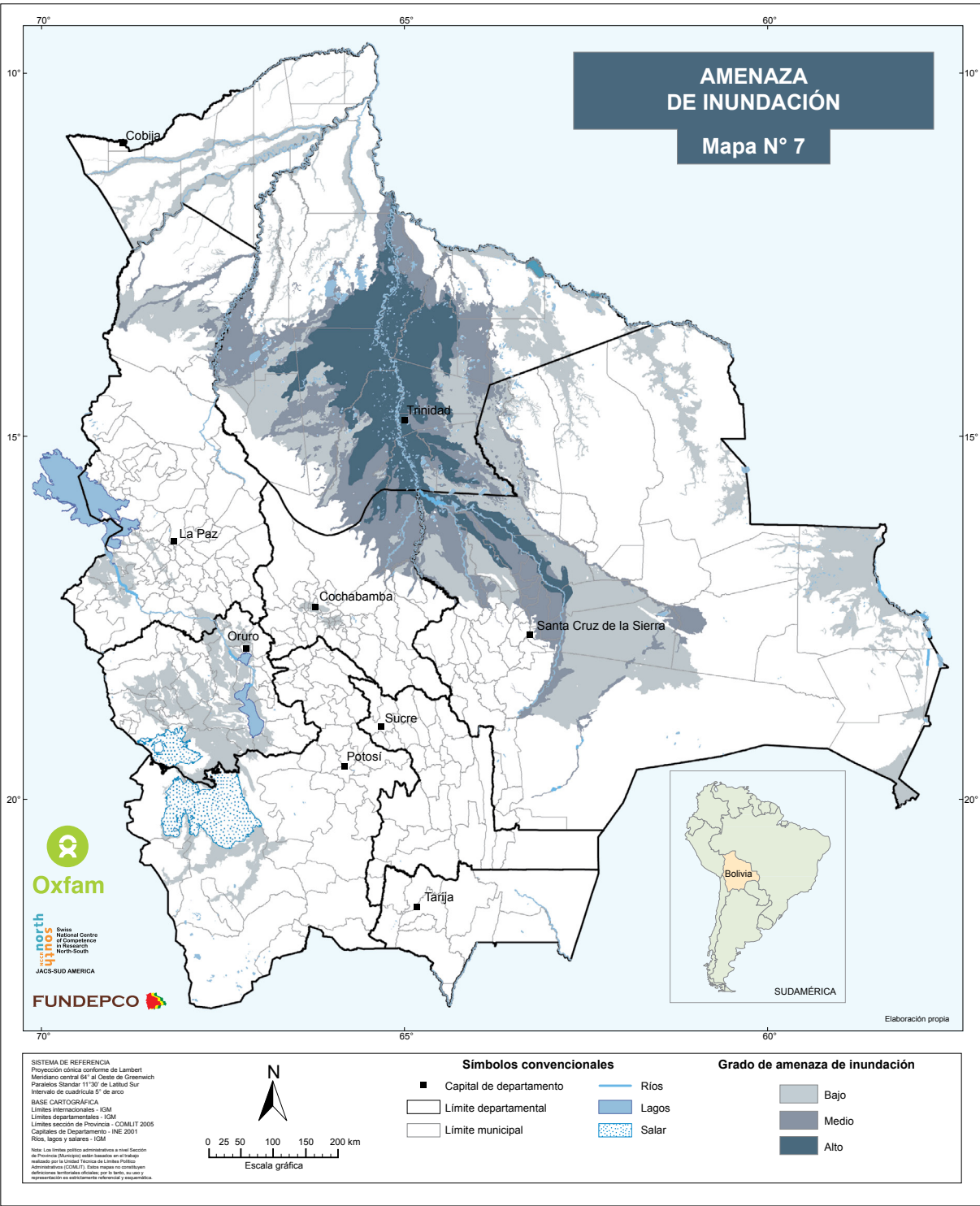
A continuación se presentan las cuencas y subcuencas que más afectación tienen por efectos de inundaciones y riadas:

Tabla 11: Cuencas de Bolivia

Cuenca mayor	Cuenca	Subcuenca	Ríos
Amazonas (riesgo alto)	Río Mamoré	Mamoré	Beni, Ibare, Grande o Guapay (río Piraí, Chané, Yapacaní, etc), Yacuma, Apere, Tljamuchi, Isiboro, Chapare, Ichilo (río Sacta).
	Beni	Orthon	
		Madre de Dios	
		Alto Beni	Borja, Catacajes, Santa Elena, etc.
	Iténez o Guaporé	Itonamas	San Miguel y San Pedro
		Machupo	
Vertiente del Río de la Plata (riesgo medio)	Pilcomayo	Pilcomayo	Playa, Tumusla, Camblaya, Mataco, Tarapaya
		San Juan del Oro	
	Bermejo	Río Grande de Tarija	Tarija
		Bermejo	Salado, Emborosú, Candado, Orozas
Vertiente cuenca central (riesgo bajo)	Titicaca	Desaguadero	
	Poopó	Desaguadero, Márquez, Sevaruyo	

Fuente: CAF, 2000.

Figura 15: Amenazas de inundación



Fuente: Oxfam, 2008.

De acuerdo al Plan de Contingencias para el fenómeno La Niña 2010/2011, en los 9 departamentos del país existen 42 municipios que a partir del año 2006 reportan una alta recurrencia de inundaciones (VIDECI, 2010) (tabla 12).

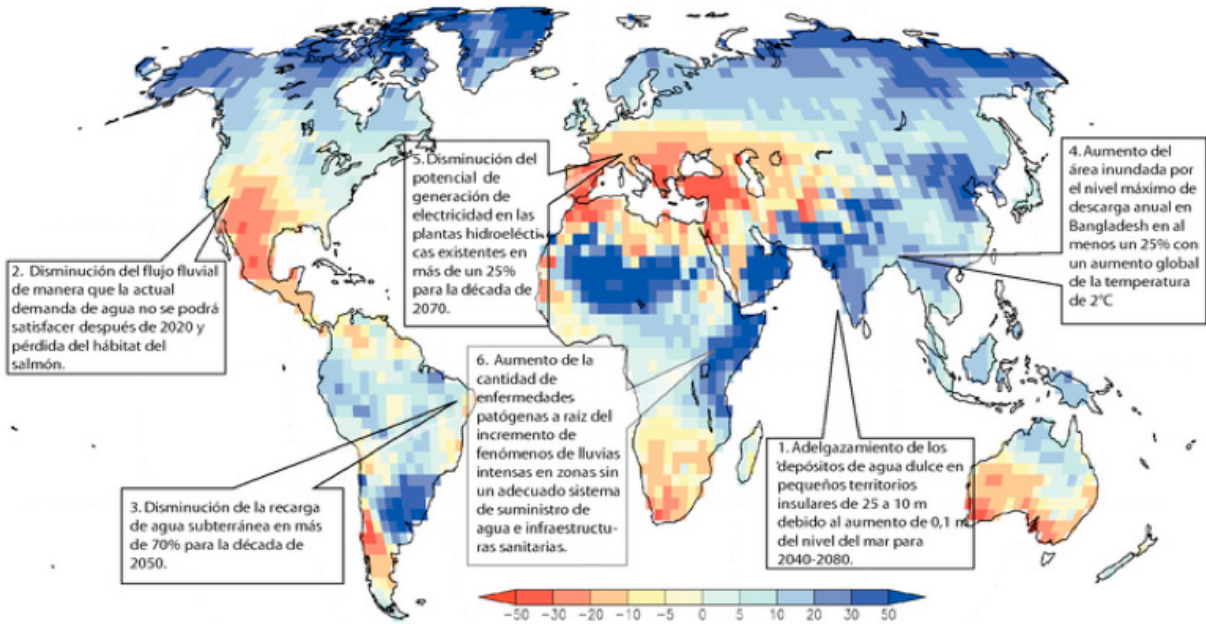
Tabla 12: Municipios con afectación de inundación recurrente 2006-2010

Departamento	Municipio
Beni	Trinidad, Riberalta, Reyes, Rurrenabaque, Santa Ana, San Ignacio
Chuquisaca	Villa Zudáñez (Tacopaya), Las Carreras
Cochabamba	Cliza, Sipe Sipe, Colcapirhua, Vinto, Villa Tunari, Totora, Chimoré, Puerto Villarroel, Tiraque
Santa Cruz	Santa Cruz de la Sierra, El Torno, Warnes, Okinawa, Yapacaní, Santa Rosa
La Paz	La Paz, Mecapaca, El Alto, Chuma, Guanay, Apolo, Viacha, San Buenaventura
Oruro	El Choro, Paria (Soracachi), Challapata
Pando	Cobija
Potosí	Betanzos, Ravelo, Pocoata, Cotagaita, Tupiza, Villazón
Tarija	Tarija

Fuente: VIDECEI.

En cuanto al impacto del cambio climático sobre las inundaciones, el IPCC (2007) refleja que los valores de escorrentía tienden a aumentar para fines del presente siglo. En el caso de la Amazonía boliviana entre un 10% y 20% (figura 16).

Figura 16: Cambios en la escorrentía periodo 2081-2100, escenario A1B



Mapa representativo de los efectos del cambio climático futuro en el agua dulce, que amenazan el desarrollo sostenible de las regiones afectadas. Los antecedentes muestran el cambio en la media de la escorrentía anual, reflejada en porcentaje, entre el presente (1981-2000) y 2081-2100 para el escenario de emisiones A1B; el color azul indica aumento de la escorrentía y el rojo disminución de la escorrentía.

Fuente: IPCC, 2007a.

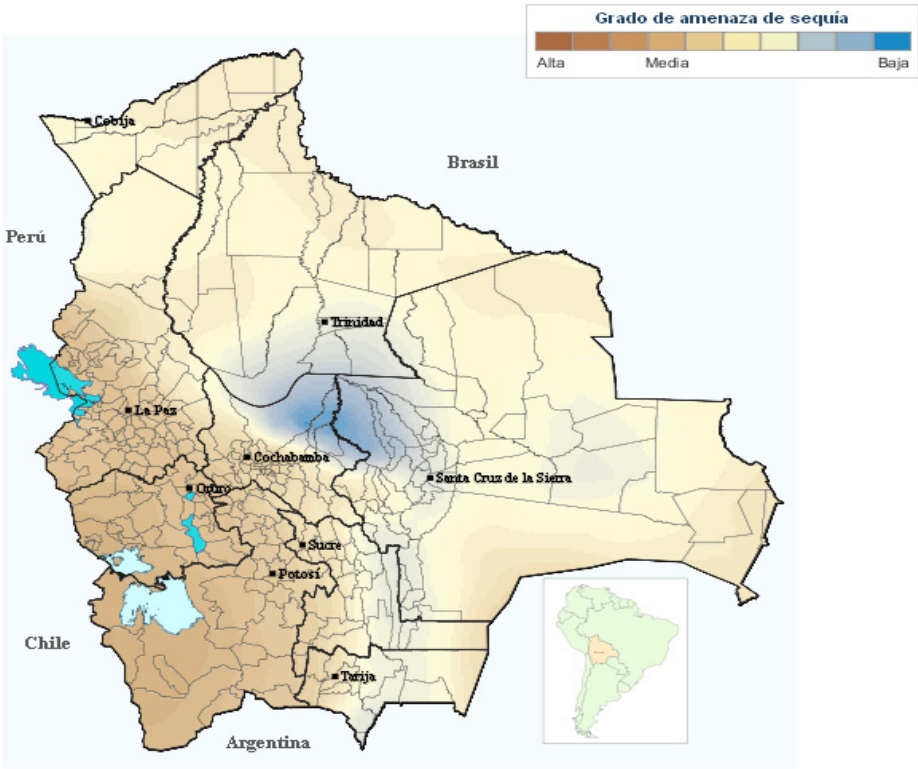
Sequías

La amenaza de sequía²⁴ es de grado alto en la zona suroeste, que comprende parte de los departamentos de Potosí y Oruro (alrededor de la cordillera Occidental); y de grado medio en el altiplano, donde afecta a determinadas zonas del subandino (cordillera Oriental). De igual forma, la sequía meteorológica afecta a la región del chaco de los departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija. La zona más húmeda es el Chapare, ubicado al noreste del departamento de Cochabamba. Los departamentos que registran un mayor número de eventos de sequía en los años 1970-2006 son Santa Cruz, Cochabamba y Tarija, con 33, 25 y 13 casos, respectivamente. Los departamentos donde la sequía es muy poco frecuente son La Paz y Beni (figura 17).

Las áreas expuestas a déficit hídrico y sequía estacional son los valles pertenecientes a la zona central del país (Potosí, Oruro, sur de La Paz, Chuquisaca, Cochabamba y Tarija) y recurrente en la zona del chaco; también se presentan situaciones de déficit en el altiplano.

García *et al.* (2006) muestra tendencias en la variación de los patrones climatológicos con el análisis de 28 estaciones meteorológicas (excluyendo Beni y Pando) en series de 30 años de observación. Las diferentes zonas áridas y semiáridas del país muestran tendencias al aumento de la demanda de vapor de agua de la atmósfera y mayores niveles de amplitud térmica, incidiendo sobre el índice de aridez en las regiones semiáridas.

Figura 17: Mapa de amenaza de sequía meteorológica



Fuente: Oxfam-FUNDEPCO, 2008.

24 Sequía meteorológica: Ocurre cuando hay una ausencia prolongada, deficiencia marcada o pobre distribución de la precipitación pluvial, que afecta adversamente las actividades humanas y agrícolas (OXFAM, 2008).

Con el apoyo de la Comunidad Andina, se ha elaborado un atlas de los ecosistemas de los Andes del norte y centro, que ha permitido evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas andinos a través del desarrollo de modelos de distribución de vegetación en escenarios de cambio climático y dinámicas de cambios en el uso del suelo (Cuesta *et al.*, 2009). De la misma manera, se ha elaborado un índice de vulnerabilidad climática, con base en el agua como foco, y se ha determinado que Bolivia se halla en una situación de riesgo medio (Sullivan y Huntingford, 2009).

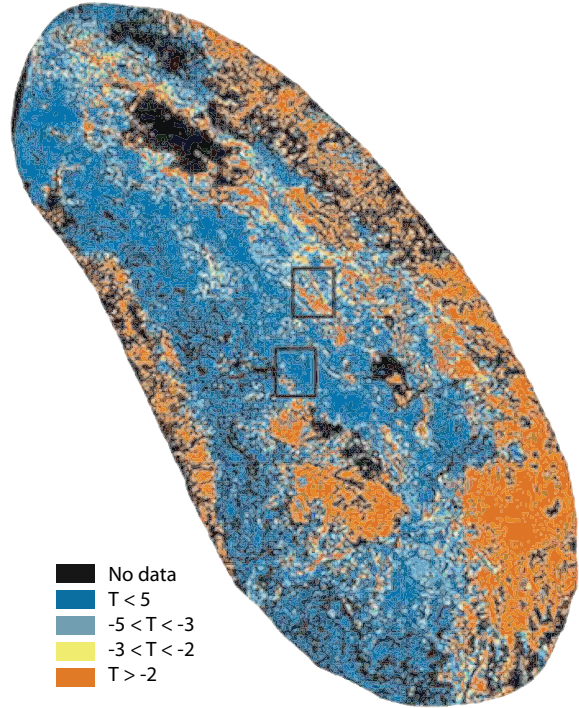
Heladas

Se considera la ocurrencia de heladas cuando la temperatura del aire, registrada en el abrigo meteorológico (es decir, a 1,50 metros sobre el nivel del suelo) es de 0° C²⁵ (Oxfam-FUNDEPCO, 2008).

Las características climáticas del occidente boliviano configuran un contexto propenso a la amenaza de helada u ocurrencia de temperatura igual o menor a cero grados centígrados a un nivel de 1,5 a 2 metros sobre el suelo. Alcanzan un alto grado el suroeste y el occidente del país, disminuyendo el grado de amenaza de alta a baja desde la cordillera Occidental hasta la cordillera Oriental, cubriendo la mayor parte de los departamentos de Oruro y Potosí, y el sur del departamento de La Paz hasta el norte del lago Titicaca, bordeando la zona de los Yungas, con alta incidencia en los meses de mayo, junio y julio (Salamanca, 2008). En el altiplano, las heladas constituyen uno de las mayores limitantes para la agricultura. Las proporciones de heladas severas durante el verano todavía son significativas. Alliról (1992) y François *et al.* (1999) analizaron la ocurrencia de heladas durante el verano sobre la base de datos

del instrumento térmico (infrarrojo) del satélite NOAA. Las zonas de laderas, así como los alrededores del salar de Coipasa y Uyuni (en naranja) (figura 18), presentan menores riesgos de heladas que otras áreas.

Figura 18: Imagen que representa el riesgo de heladas (T min) en 30 años



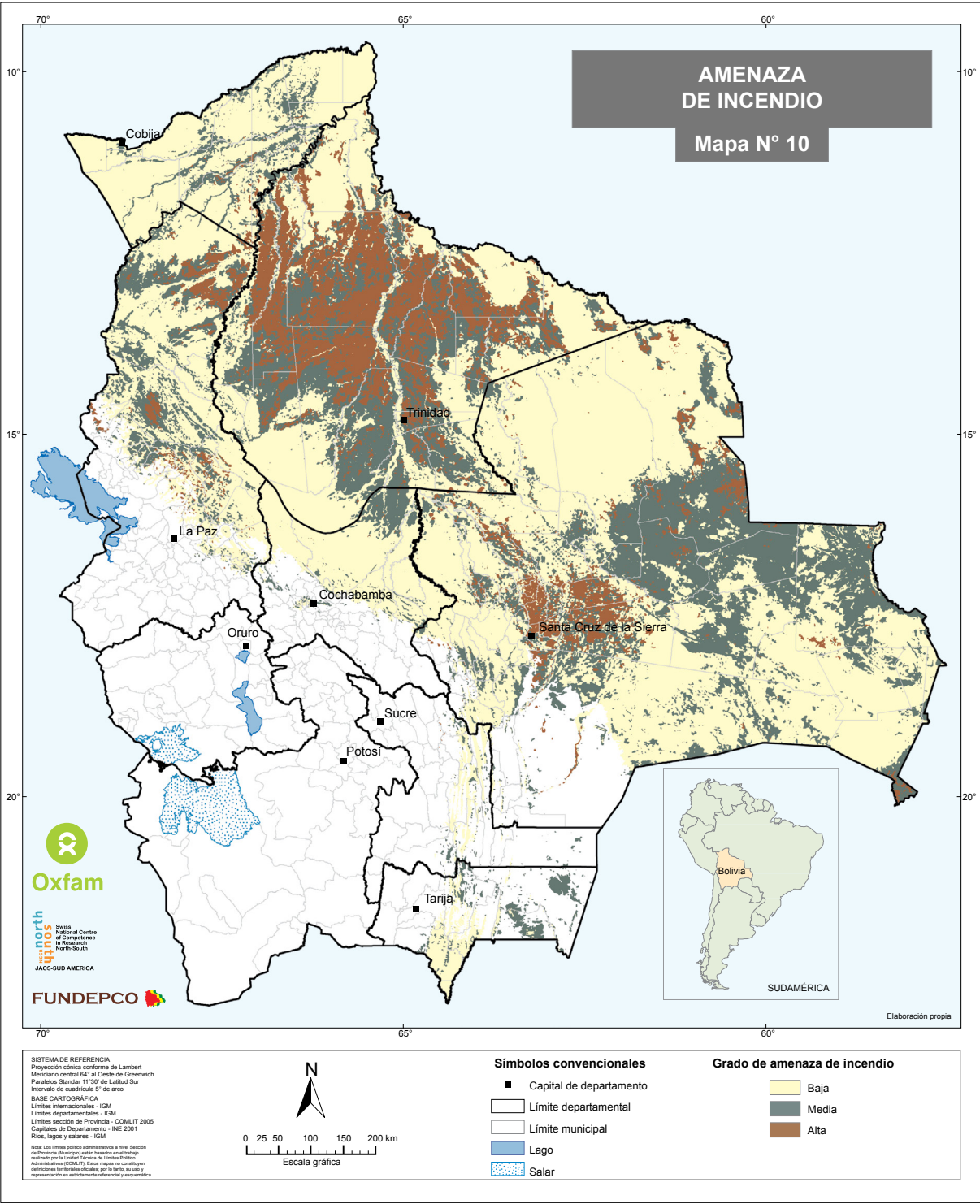
Fuente: François *et al.*, 1999.

Incendios forestales y quemas espontáneas

El mapa de la figura 19 muestra las áreas que están expuestas a sufrir daños por amenaza de incendio. Por su naturaleza boscosa la zona central norte y central este del país es la más susceptible a este tipo de eventos, las áreas de deforestación por incremento de la frontera agrícola son altamente vulnerables. Los departamentos más afectados son el norte de La Paz, Pando, Beni, Santa Cruz, Cochabamba y Tarija.

25 Quiroga B., Roger; Salamanca, Luis Alberto; Espinoza Morales, Jorge C.; Torrico C., Gualberto. 2009. *Atlas de amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia*.

Figura 19: Amenaza de incendio



Fuente: Oxfam; FUNDEPCO; NCCR-NS, 2008.

Las condiciones prevaletientes de pobreza profundizan la vulnerabilidad climática

Si bien el efecto del cambio climático sobre los ecosistemas, la variabilidad climática y los eventos extremos empiezan a ser estudiados, todavía prevalecen elevados niveles de incertidumbre y ninguna aseveración en este sentido puede ser concluyente. Los impactos del cambio y la variabilidad climática fueron y seguirán siendo exacerbados debido a características internas de vulnerabilidad en el país, como los asentamientos humanos escasamente planificados, la pobreza, la inequidad y migración rural, la baja inversión en infraestructura segura y servicios, la degradación de tierras y deforestación, la contaminación, sobreexplotación de recursos naturales, y los problemas de coordinación intersectoriales y la capacidad limitada de las instituciones (CAN, 2008).

El escenario de vulnerabilidades en Bolivia está asociado con:

- a) Las características de su ubicación y localización en los ecosistemas andino, amazónico y del chaco, donde se presenta intensa actividad climática, inundaciones, tormentas, heladas y sequías estacionales que afectan el territorio, los asentamientos humanos y las actividades productivas. Bolivia es perturbada por un conjunto recurrente de eventos extremos, vinculados principalmente a inundaciones, sequías, heladas, deslizamientos, actividad sísmica e incendios que en asociación con las vulnerabilidades afectan a los asentamientos humanos, a las actividades económicas, los bienes y la infraestructura, y generan grandes pérdidas y daños.
- b) Desde el punto de vista socioeconómico, Bolivia es un país altamente vulnerable. Sus niveles de pobreza, calidad de vivienda, acceso a servicios, índices de salud, nivel educativo y vías de comunicación hacen que rápidamente pueda ser afectado por algún evento adverso. La diversidad de pisos ecológicos que presenta zonifican

el país claramente en torno a su exposición y susceptibilidad a diferentes amenazas, es así que la densidad poblacional no es necesariamente un indicador positivo; por el contrario, áreas de ocupación dispersa y accesibilidad limitada son normalmente más vulnerables a los efectos de sucesos hidrometeorológicos negativos (Salamanca, 2008).

A continuación se describen los estudios que se han realizado sobre vulnerabilidades en Bolivia:

De acuerdo con un estudio de la CEPAL (1983) se menciona que existen problemas en la alimentación y nutrición de la población boliviana, en especial la del altiplano, ya que no consume calorías y proteínas en la cantidad que las autoridades en la materia considerarían como mínima, y cerca del 45% de los infantes sufren de desnutrición. La sequía constituye un severo golpe, ya que da lugar a una notable disminución en los ya bajos niveles nutricionales de la población infantil especialmente. El empleo en las áreas donde existen sequías e inundaciones siempre ha tenido características similares, altas tasas de desempleo abierto y niveles muy elevados de subempleo. Estructuralmente, existen problemas de incremento de desocupación abierta y en las zonas rurales, un aumento de la subocupación.

La CAF (2000), al realizar la evaluación del impacto de El Niño 1997/98, profundiza el estudio sobre las vulnerabilidades de sectores tales como: agua potable y alcantarillado, electricidad, transporte y comunicaciones, agricultura, salud, asentamientos humanos, industria y comercio, y además analiza las instituciones que trabajan tanto sectorialmente, como en asistencia humanitaria y Defensa Civil.

El BID (2004) ha construido un índice de vulnerabilidad prevalente, que presenta una evolución positiva a pesar de que en el contexto de la región es el más alto. Dicho trabajo se ha realizado para el periodo 1985-2000 y da cuenta de que son

muy leves sus indicadores, llama la atención que se haga un estudio tomando en cuenta esta periodización, cuando en Bolivia recién a partir del año 2000 se incorpora la gestión del riesgo como política de Estado.

En BCPRR/PNUD/Gobierno de Bolivia (2006) se identifica claramente la generación de vulnerabilidades: migración y las formas inadecuadas de ocupación del territorio, deterioro de las cuencas, la mala calidad, débil mantenimiento de la infraestructura básica y las condiciones de pobreza de la población, así como las debilidades institucionales y en las políticas públicas de desarrollo. También se reconoce la falta de sistemas de alerta temprana, insuficiente capacidad en preparativos ante emergencias, tanto de la población como de las organizaciones.

La CEPAL (2007) establece una acumulación de vulnerabilidades asociada a un proceso continuo de dinámicas poco sostenibles en los planos ambiental, económico, social, político e institucional. Estas vulnerabilidades se deben a los procesos de desarrollo caracterizados por la atracción productiva de población hacia zonas de mayor potencial económico, pero altamente expuestas a inundación y otras amenazas. Esta situación es resultado de las políticas de fomento para realizar actividades agropecuarias, viales, de desarrollo de vivienda y asentamientos humanos, así como por inversiones en estas áreas.

A continuación se detallan en forma resumida algunos de los factores de vulnerabilidad como son: i) las migraciones que se han producido en los últimos 50 años, en áreas no planificadas y que no consideraron los determinantes ambientales y geográficos para la ocupación del territorio; ii) asociada al deterioro ambiental, debido a la deforestación y el deterioro de las cuencas endebles; iii) pobreza, ya que existe una alta correlación entre los municipios más afectados y un precario desarrollo humano, “la mayor parte de la pobla-

ción que se encontraba en situación vulnerable y que fue afectada por las inundaciones, las sequías y las granizadas, eran habitantes en condiciones de pobreza o miseria”; iii) institucional, debido a que los esquemas institucionales vigentes y la capacidad de ejecución de proyectos muestran limitaciones en el uso de recursos disponibles más allá de la atención de la emergencia.

En muchos casos, en los ámbitos municipal y departamental permanecen sin uso recursos presupuestados. Por otra parte, la política y los mecanismos para el ordenamiento territorial no han conducido a procesos eficientes. La inversión pública no ha logrado insertar la información sobre riesgos como una variable relevante en el proceso de formulación, aprobación y visibilización de proyectos de desarrollo financiados mediante el presupuesto público.

En el Ministerio de Planificación del Desarrollo (MPD, 2008) se ratifica que los factores de vulnerabilidad se deben a un proceso continuo durante las últimas décadas, de dinámicas poco sostenibles en el plano ambiental, económico, social, político, organizacional y sobre todo institucional. Adicionalmente, los procesos inconclusos de recuperación en el periodo posterior al desastre causaron también una mayor vulnerabilidad respecto a eventos anteriores.

El Niño 2006/2007, evaluado por la CEPAL (2007), establece vulnerabilidades asociadas a factores físicos y movimientos de población causados por las migraciones que se han producido durante los últimos 50 años, que se dieron mediante procesos de colonización y de desarrollo no planificado que no consideraron los determinantes ambientales y geográficos, como ejemplo ponen la ciudad de Trinidad, donde los migrantes se han ido a instalar fuera de su dique perimetral. Un segundo factor es el asociado al deterioro ambiental, producto de la deforestación y el deterioro de las cuencas endebles, deterioro de la cobertura

vegetal. Un tercer factor es el de las vulnerabilidades sociales y económicas, como el limitado acceso a servicios básicos (salud, educación), carentes de protección social, como seguros de vejez y desempleo. A nivel familiar esta vulnerabilidad se acentúa por la alta dependencia de las actividades agropecuarias o de protección social, sumada a una baja capacidad económica para la recuperación y de mecanismos institucionales de mitigación o transferencia de riesgos. El último factor de vulnerabilidad que analiza es el institucional, donde no hay mecanismos para el ordenamiento territorial que no han conducido a procesos eficientes ni se han incorporado en la planificación. Inversión pública no ha logrado insertar la información sobre riesgos como una variable relevante en el proceso de formulación, aprobación y viabilización de proyectos de desarrollo financiados mediante el presupuesto público, y persisten dificultades para un adecuado desarrollo de las fases de preinversión para proyectos.

A raíz de La Niña 2007/2008, la CEPAL (2008) identifica vulnerabilidades²⁶ preexistentes a la presencia de un fenómeno natural adverso y que potencian los efectos negativos cuando éste se produce, por ejemplo, problemas en el sector agropecuario, en especial en Beni y Chuquisaca. Por otra parte, también en Chuquisaca se encuentra la mayor proporción de jefes de hogar con bajos estudios; en La Paz y Oruro se destaca la jefatura femenina como aspectos de vulnerabilidad. La Paz y Oruro concentran los mayores porcentajes de viviendas con deficiencias en cuanto a materiales de techo y paredes. Entre las vulnerabilidades previas a un desastre se pone especial énfasis en el sector agropecuario que analiza la unidad familiar y establece que por los tamaños que tienen, cuando por ejemplo ocurre una inundación sus medios de vida se ven totalmente afectados debido a su reducida superficie de cultivos

y la dependencia de la producción propia para el consumo de alimentos de la familia, en especial en los cultivos de quinua, trigo, papa, maíz, frejol y banano. Ahora, cuando se produce el desastre afecta la actividad agropecuaria (por inundaciones), lo que da paso a un mayor peso del trabajo eventual, de la ayuda de las familias, e inviabiliza la generación de ingresos por esta actividad.

El BID (2010) establece indicadores y subindicadores que determinan una disminución del Índice de Déficit por Desastre (IDD). El Índice de Vulnerabilidad Prevalente (IVP) ha bajado muy poco debido a una ligera reducción de fragilidad socioeconómica y la falta de resiliencia; el Índice de Desarrollo Local (IDL) ha aumentado la concentración de efectos de los desastres menores y hay un incremento paulatino a pesar de los esfuerzos e inversiones realizados. El Índice de Gestión del Riesgo (IGR) presenta un avance importante, pero su efectividad es incipiente.

El Informe mundial sobre Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2007b) destaca que “Bolivia es un país especialmente vulnerable al cambio climático”. En el ámbito municipal, en el año 2001 el 49,2% de los municipios del país se encontraba en un rango de pobreza extrema comprendida entre 30% y 69% (1,4 millones de personas); más de la mitad de estos municipios se encontraba en los departamentos de La Paz y Santa Cruz. El 33,9% de los municipios registraba una pobreza extrema de entre 70% y 89% (907.000 personas); en los departamentos de La Paz, Oruro, Chuquisaca y Potosí se encontraba el 79% de municipios en esta categoría. El 10,1% de los municipios del país registraba una pobreza extrema mayor a 90% (406.000 personas); en esta categoría, se ubican 14 de los 38 municipios que conforman el departamento de Potosí (UDAPE, 2010) (tabla 13).

26 Vulnerabilidades no contempladas en el informe del año anterior, realizado por la misma entidad: CEPAL.

Tabla 13: Número de municipios por tramos de pobreza extrema según departamento, 2001

Departamento	Tramos de pobreza extrema				
	Menor 29%	Entre 30%-69%	Entre 70%-89%	Mayor 90%	Total
Chuquisaca	0	5	17	6	28
La Paz	1	50	29	0	80
Cochabamba	6	16	12	11	45
Oruro	1	9	25	0	35
Potosí	1	6	17	14	38
Tarija	3	7	1	0	11
Santa Cruz	7	37	10	2	56
Beni	0	19	0	0	19
Pando	3	12	0	0	15
Municipios	22	161	111	33	327
Población en pobreza extrema (miles)	555	1.456	907	406	3.323

Fuente: UDAPE, 2010.

Los datos muestran que de cada 100 personas que viven en Bolivia, 51 son pobres moderados; el mayor porcentaje de ellos reside en el área rural (68,6%) (UDAPE, 2010). A partir del año 2007 se han observado avances importantes en la reducción de la pobreza extrema en Bolivia; el estudio de UDAPE establece que durante los últimos dos años se habrían registrado mayores avances en la reducción de la pobreza extrema. En términos absolutos significa que existen 2,7 millones de personas pobres extremas en el territorio nacional, de las cuales 1,0 millón reside en el área urbana y 1,7 millones están en el área rural (UDAPE, 2010) (tabla 14).

Debido a su latitud, variable conformación fisiográfica y socioeconómica, Bolivia se sitúa entre los países con los más altos niveles de inseguridad alimentaria, donde gran parte de la población rural tiene como una de sus principales fuentes de ingreso la agricultura, con fuerte vocación de autoconsumo, sus sistemas agropecuarios de producción son altamente dependientes de las lluvias, considerándose además que el cambio climático incrementará aún más el grado de vulnerabilidad de la población a la inseguridad alimentaria (MPD, 2007a).

De acuerdo con el estudio de prevalencia de

Tabla 14: Porcentaje de pobreza moderada-extrema por año, según principales características y sexo en porcentaje, 1996-2009

Principales Características Detalle	1996	1997	1999	2000	2001	2002	2003-2004	2005	2006	2007	2008p	2009p
Nacional	64,8	63,6	63,5	66,4	63,1	63,3	63,1	60,6	59,9	60,1	56,6	50,6
Urbana	51,9	54,5	51,4	54,5	54,3	53,9	54,4	51,1	50,3	50,9	48,0	41,3
Rural	54,4	78,0	84,0	87,0	77,7	78,8	77,7	77,6	76,5	77,3	72,9	68,6

Fuente: UDAPE, 2010.

subnutrición, Bolivia está en la categoría 4 (alta: 20-34% de personas subnutridas) de cinco categorías de subnutrición en el mundo y es la única que afronta situaciones de crisis alimentaria en la región. Dada la complejidad biofísica y socioeconómica de los sistemas productivos del ámbito nacional, las condiciones de inseguridad alimentaria son muy variables de una región a otra. En los estudios del PMA respecto a inseguridad alimentaria para Bolivia (2003 y 2008) existe una clara diferenciación entre municipios

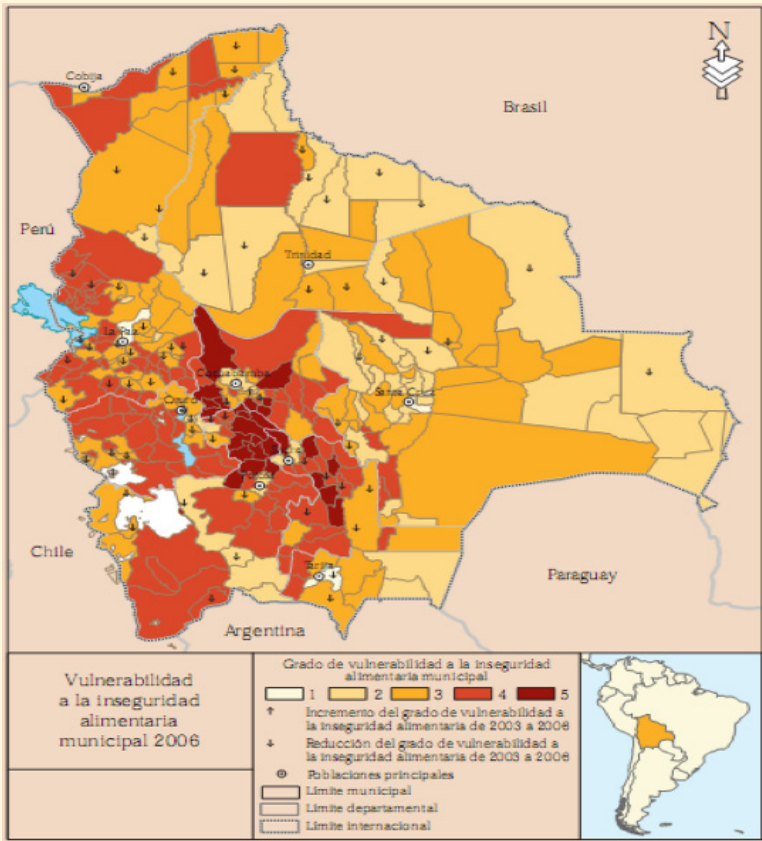
de ciudades capitales e intermedias, donde la inseguridad alimentaria es menos acentuada (nivel 1) que en aquellos municipios ubicados en el área rural.

En cuanto a las organizaciones comunitarias, el 53% de ellas pertenece a los grupos de mayor vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria; según el PMA (2003), en los departamentos de Potosí y Chuquisaca 8 de cada 10 organizaciones comunitarias son altamente vulnerables. Oruro,

Recuadro 1: Vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria

El norte de Potosí, algunos municipios del chaco, el sur y este de Cochabamba presentan los mayores valores de inseguridad alimentaria (nivel 5), los valores 3 y 4 constituyen la mayoría de municipios de Bolivia (figura de abajo).

Vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia a nivel municipios



Fuente: PMA, 2008.

Cochabamba, La Paz y Pando tienen alrededor del 50% de sus organizaciones comunitarias en los grupos de vulnerabilidad más altos. En Santa Cruz, el 18% de las organizaciones comunitarias se encuentran en los grupos de mayor vulnerabilidad (tabla 15).

Según el VIDECI-INE, el total de familias afectadas por desastres climáticos ha aumentado notablemente en la última década, lo cual indica que todavía prevalecen condiciones de elevada vulnerabilidad (tabla 16).

Tabla 15: Organizaciones comunitarias²⁷ más vulnerables a la inseguridad alimentaria

Departamento	Porcentaje de organizaciones comunitarias por grado de vulnerabilidad					Grupos de mayor vulnerabilidad (4+5)
	1 (Más bajo)	2	3	4	5 (Más Alto)	
Potosí	0.38	2.42	18.03	41.78	37.40	79.17
Chuquisaca	0.64	4.54	16.41	40.72	37.69	78.41
Oruro	0.51	5.78	39.46	49.66	4.59	54.25
Cochabamba	0.87	16.64	31.39	33.90	17.20	51.10
La Paz	0.46	8.31	41.06	45.87	4.30	50.17
Pando	0.00	7.04	45.23	39.20	8.54	47.74
Tarija	1.41	12.83	44.29	35.15	6.33	41.48
Beni	0.67	10.59	56.13	26.55	6.05	32.61
Santa Cruz	1.39	27.92	52.76	17.38	0.55	17.93
Bolivia	0.70	11.23	35.08	37.74	15.25	52.99

Fuente: PMA, 2003.

Tabla 16: Bolivia: Familias damnificadas en eventos adversos de origen natural, según tipo de evento. 2003-2008 (En número de familias)

Tipo de evento	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (p)
TOTAL	54.841	101.258	29.497	67.497	67.640	232.263
Inundación	38.631	34.383	8.195	45.928	80.966	87.769
Sequía	7.043	34.625	8.420	1.228	37.638	15.075
Helada	2.402	13.261	6.426	7.851	63.158	28.006
Granizada	6.225	13.059	3.279	11.528	46.236	24.661
Deslizamiento, mazamorra	426	365	398	714	1.324	1.712
Viento huracanado	45	2.382	902	251	2.019	635
Incendio	69	451	1.877	140	922	430
Granizada-inundación		88				
Granizada-sequía		134				
Granizada-vientos huracanados		305				
Helada, granizada, inundación		11				
Inundación-helada		130				
Inundación-sequía		21				
Plaga						782
Sequía-helada		2.043				

(p) Preliminar.

Fuente: Viceministerio de Defensa Civil. Dirección General de Emergencias y Auxilio. Instituto de Estadística.

27 Organización estructurada (en Bolivia aproximadamente 29.000) según sus usos costumbres o disposiciones estatutarias, conocida por un nombre común cuyos límites geográficos son identificables en el terreno, y con autoridades jurisdiccionales reconocidas por sus habitantes y sus vecinos (PMA, 2003).

Disponibilidad de agua

La aguas de Bolivia tributan a tres grandes cuencas: la cuenca amazónica (66% del territorio) que a través del río Madera drena alrededor del 95% de las aguas del país; la cuenca del Plata (21% del territorio); y la denominada cuenca cerrada o lacustre (13% del territorio), que gira alrededor de los lagos Titicaca y Poopó y sus ríos tributarios, tanto en Bolivia como en Perú.

Las zonas predominantes son la altiplánica, la de los valles interandinos y la de los llanos. Las dos primeras representan alrededor de una tercera parte de la superficie total del país y concentran a tres de cuatro de los habitantes, y es la zona en la que el uso del agua cobra mayor prioridad por su acceso restringido (derechos, usos), disponibilidad temporal (tres a cuatro meses de lluvia), escasez (250-400 mm de lluvia) o demanda (riego, agua potable, industria) (COSUDE, 2006).

El balance hídrico superficial de Bolivia (Roche *et al.*, 1992) brinda información sobre la oferta de agua superficial de ocho macrocuencas con

datos de tres parámetros principales del balance: precipitación, evapotranspiración y escorrentía superficial, a nivel medio anual, con base en datos plurianuales del periodo 1968-82²⁸.

Las tres grandes cuencas de Bolivia muestran diferencias importantes en cuanto a su pluviosidad media. Sobre el conjunto de estas cuencas se estima (PHCAB, 1992) una precipitación media de 1.419 mm/año. La cuenca amazónica recibe 1.814 mm/año, la cuenca del Plata unos 854 mm/año, y la del altiplano un promedio de 421 mm/año. El flujo o escurrimiento de las aguas de estas cuencas se constituye en la principal oferta de agua, cuya cuantificación requiere mayores estudios. Por el contrario, la presión demográfica es inversamente proporcional a esta disponibilidad hídrica; así, en el altiplano se asienta mayor cantidad de población y la parte de los llanos está virtualmente deshabitada.

Debido a la irregular distribución de las precipitaciones pluviales, y en función a la magnitud de las cuencas receptoras (tabla 17), se puede indicar que la cuenca del Amazonas tiene la mayor disponibilidad de aguas superficiales y la cuenca del altiplano posee la menor (Montes de Oca, 1997).

Tabla 17: Volumen estimado de las precipitaciones a nivel de cuencas

Cuenca	Superficie (km2)	Precio. Media (mm/año)	Volumen precipitado (millón m3/año)	Flujo estimado (millón m3/año)
Amazonas	724.000	1.814	1.313.336	280.000
Río de la Plata	229.500	854	195.993	136.000
Altiplano	145.081	421	61.079	1.600
Bolivia	1.098.581	1.419	1.558.886	317.600

Fuente: *Balance hídrico superficial de Bolivia*. Edición PHCAB, 1992. La Paz, Bolivia, p. 5 y *Sistemas de riego y agricultura de Bolivia*. Ismael Montes de Oca. Edición Hisbol, 1992. La Paz, Bolivia.

28 El Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de la UMSA, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD-Francia), con el objetivo adicional de mejorar sustancialmente el conocimiento del régimen hidrológico de las cuencas de Bolivia, se propuso iniciar una nueva fase: el Balance Hídrico Microrregional, que abarcará tres aspectos primordiales: el primero es mejorar la determinación de las variables hidrológicas mediante un análisis a nivel mensual; el segundo aspecto es diferenciar las cuencas de aporte en subcuencas de menor extensión; y el tercer aspecto a considerar es ampliar el periodo 1968-82 utilizado en el balance. De las 11 grandes cuencas en que se subdividió el país, actualmente se ha concluido el balance hídrico realizado por el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés de cuatro de ellas: la cuenca del lago Titicaca, la cuenca del río Ichilo-Mamoré, la cuenca andina del río Beni y la cuenca del río Pilcomayo. Se espera poder concluir el balance para las 11 cuencas en los próximos años, con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Existen importantes variaciones anuales en el caudal de los ríos principales, dependiendo de las variaciones en los parámetros climatológicos. Además, el cambio climático puede influir en los niveles de evapotranspiración y escurrimiento.

En realidad, la disponibilidad de agua es restringida en la cuenca del Plata y del altiplano. En menor magnitud, también hay disponibilidad restringida en la cuenca amazónica, porque el 90% de las lluvias se concentra entre octubre y marzo. Adicionalmente, los sistemas de riego presentan ineficiencias de aplicación entre el 30% y 50%, mientras que las fugas en sistemas de distribución de agua urbana alcanzan el 50% (Gestión del riesgo, 2000; MMAyA, 2009b).

En Bolivia se dispone de información parcial y dispersa sobre los recursos hídricos subterráneos. Se cuenta con reconocimientos y/o evaluaciones locales en el altiplano norte, inmediaciones de Oruro, en los valles de Cochabamba y Tarija, y en las ciudades de Santa Cruz y Trinidad (MMAyA, 2009c).

Los recursos de agua subterránea, según estas investigaciones, son de buena calidad, constituyen un alto potencial para el abastecimiento de agua potable para las ciudades y la industria, y para la expansión del riego en algunas regiones. Las aguas subterráneas no siempre son tomadas en cuenta en los planes de manejo de cuencas, a pesar de que un gran porcentaje del abastecimiento de agua potable y agua de riego en las zonas rurales y urbanas proviene de acuíferos subterráneos. Sin embargo, el aprovechamiento de agua subterránea es limitado y sólo para uso de agua potable; las demandas crecientes de perforación de pozos solicitados al Ministerio del Agua para el uso de agua en riego plantean la necesidad de realizar esfuerzos para generar un plan de manejo de aguas subterráneas y un programa de aprovechamiento sostenible del agua subterránea para agua potable y riego.

De acuerdo con un documento técnico del IPCC (2007b), los registros de observaciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar gravemente afectados por el cambio climático, con diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas. El impacto del cambio climático incide en la disponibilidad y acceso al recurso, así como en la toma de decisiones con relación a la gestión, cosecha y forma de aprovechamiento. De igual forma, la Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia (CGIAB, 2010) estima que los agricultores tendrán mayores dificultades de prever el suministro de agua, y la sequía y las inundaciones serán más frecuentes. Una gran parte de las regiones tropicales áridas y semiáridas afrontarán una disminución de las lluvias y los escurrimientos.

Por otra parte, es evidente que no sólo los aspectos cuantitativos del agua serán afectados por un cambio en el clima, sino que también pueden verse acentuados los aspectos relacionados con la disminución de la calidad del agua si se produce un descenso en cantidad del recurso. Las proyecciones indican que los aumentos de temperatura del agua y la variación de los fenómenos extremos, incluidas las crecidas y sequías, afectarían la calidad del agua y agudizarían la polución de esta por múltiples causas, desde la acumulación de sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, patógenos, plaguicidas o sal hasta la polución térmica, con posibles efectos negativos sobre los ecosistemas, la salud humana, la fiabilidad y los costes de operación de los sistemas hídricos (IPCC, 2008).

La WWF (bolivia.panda.org) considera que el cambio climático podría exacerbar la escasez de agua en los valles áridos y semiáridos, así como reducir la disponibilidad de agua en el altiplano. Muchas áreas productivas y urbanas se ubican en la región árida o semiárida, con rudimentarios

sistemas de agua suministrados por pozos o ríos. Estos sistemas de abastecimiento son vulnerables a la disponibilidad de agua, ya que carecen de reservas que permitirían contar con agua aun en época seca.

Los estudios concentrados en el caso del altiplano boliviano indican que éste se caracteriza por su enorme variedad climática y agroecológica. Ante episodios de precipitación intensa es muy probable que se generen procesos de erosión de los suelos (IPCC, 2007b). El altiplano muestra un déficit en su balance hidrológico (pierde más agua de la que recibe). Se prevé un aumento de la temperatura y, por tanto, un aumento en los niveles de evapotranspiración; sumado a ello, el cambio climático puede acarrear mayores niveles de salinización y aridez de los suelos, aumentando también los niveles de erosión eólica. Las condiciones climáticas a futuro podrían cambiar, con un alto riesgo de sequía en los Andes.

Se espera que ocurran grandes variaciones climáticas estacionales de lluvias en el altiplano, con posibles reducciones en los periodos de septiembre-noviembre y un incremento en diciembre-febrero (Seth, Thibeault & García, 2009). Estudios realizados en la cuenca del altiplano establecen que el déficit hídrico es ascendente en gran parte de las estaciones analizadas debido, fundamentalmente, al incremento de la evapotranspiración más que al descenso de la precipitación (García *et al.*, 2006). El sistema hidrológico del altiplano es sensible debido a los cambios que se dieron en el pasado y que se podrían dar en el futuro (Muñoz, 2009), no solamente debido a cambios climáticos, sino también a obras de infraestructura como las que se realizaron en el río Mauri, que tienen el potencial de modificar el régimen hidrológico de la subcuenca y por tanto su aprovechamiento y gestión (Molina & Cruz, 2008).

Recuadro 4: Retroceso de los glaciares tropicales

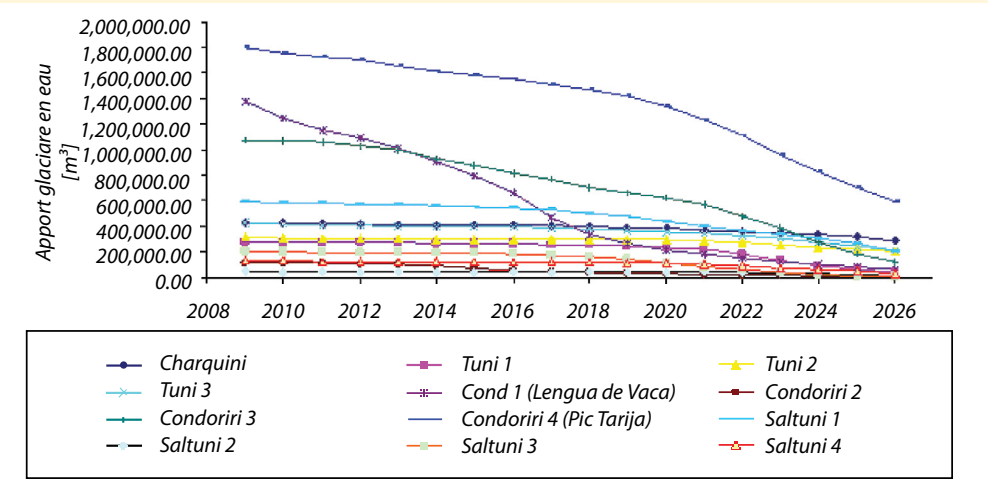
Estimar el impacto de la retracción de los glaciares sobre la disponibilidad de agua, como factor que influencia el desarrollo y las actividades humanas, es uno de los aspectos preponderantes de planificación a largo plazo de los recursos hídricos.

Un efecto de estos cambios en los glaciares se refiere al régimen hidrológico de las cuencas, que varía en función del volumen de masa de hielo en las montañas, la disminución de la extensión de los glaciares tiene una repercusión directa sobre las reservas de agua dulce y modificaciones en la escorrentía²⁹. En regiones de alta montaña, los glaciares representan una importante fuente de agua superficial. A medida que los glaciares reducen su aporte al suministro de agua, la agricultura de riego enfrenta importantes restricciones y por lo tanto los rendimientos se ven reducidos. La provisión de agua potable, el riego, la energía hidroeléctrica y la minería constituyen múltiples usos que compiten entre sí y pueden enfrentar conflictos en caso de modificarse la cantidad y estacionalidad de los caudales³⁰.

29 PRAA, 2008.
30 Serrano, 2005.

La precipitación, sus tendencias y la relación precipitación-aporte glaciar-escurrimiento, así como el balance de masa se encuentran extensivamente analizados en los estudios realizados por el IRD³¹. Cuando se da una llegada tardía de la temporada de lluvias durante las fases fuertes de El Niño se provoca una fusión acelerada del glaciar. Igualmente, Sicart (2002) indica que la temperatura del aire no es un buen índice de la fusión de los glaciares, por lo cual cuestiona el uso de modelos “grado-día”. Es entonces cuando la marcada diferencia de las estaciones en Bolivia juega un rol fundamental y particular en la fusión y el balance de masa de sus glaciares. Dentro del trabajo del IRD también se observa otro tipo de enfoque de la modelización del escurrimiento. En este marco se puede mencionar el trabajo de Caballero (2001), quien presenta la aplicación de un modelo ISBA (Interacción Suelo, Biósfera y Atmósfera) en la cuenca de Llaullini para analizar el escurrimiento de una cuenca con aporte pluvio-nivo-glaciar, encontrando que el aporte glaciar de la misma es equivalente a casi un 15% del aporte total de la cuenca. También Olmos (2010), para fines de gestión del agua en las ciudades de La Paz y El Alto, estima que el aporte de los glaciares en las cuencas que alimentan la represa de Tuni Condoriri es entre 8% a 11% (periodo 2000-2009).

Con el empleo de un modelo (ver figura de abajo) que observa y aplica la física glaciar (dinámica y balance de masa), Olmos presenta la modelización del aporte neto glaciar hasta el año 2026, permitiendo observar que en un escenario positivo existe una disminución del aporte de entre 30% y 40%, y en un escenario desfavorable, una disminución de hasta 70% de este aporte.



Simulación del retroceso de 12 glaciares del complejo Tuni-Condoriri. En abscisas: año. En ordenadas: aporte en agua del glaciar para su cuenca. Fuente: Olmos, 2010.

Sobre la temática de la reconstrucción del retroceso glaciar es posible mencionar la tesis de Rabatel (2005), donde se presenta la reconstrucción del retroceso que hizo sobre 15 glaciares de la cordillera Real a partir de referencias de las morrenas dejadas por los glaciares en este proceso, datación por liquenometría, fotogrametría y mediciones directas en campo. Ramírez y Olmos (2007) realizaron la reconstrucción de este proceso empleando también técnicas fotogramétricas.

31 Wagnon *et al.*, 1988.

Estos estudios resaltan el hecho de que los recursos hídricos provenientes de los glaciares en Bolivia se usan principalmente en el abastecimiento de agua potable y la generación de electricidad (ej. la central hidroeléctrica de COBEE en Zongo). Dos de las principales ciudades de Bolivia (La Paz y El Alto), así como los que viven en las llanuras del altiplano, dependen de los glaciares andinos como reservas de agua potable.

Según estas mismas investigaciones, tomando como caso de estudio el glaciar de Chacaltaya en La Paz, se ha constatado que éste ha acelerado su proceso de derretimiento tres veces en los últimos 20 años. Actualmente, Chacaltaya prácticamente ha desaparecido y su pérdida es irremediable e irreversible, lo que hace temer que en los próximos años muchos de los nevados podrían correr la misma suerte.

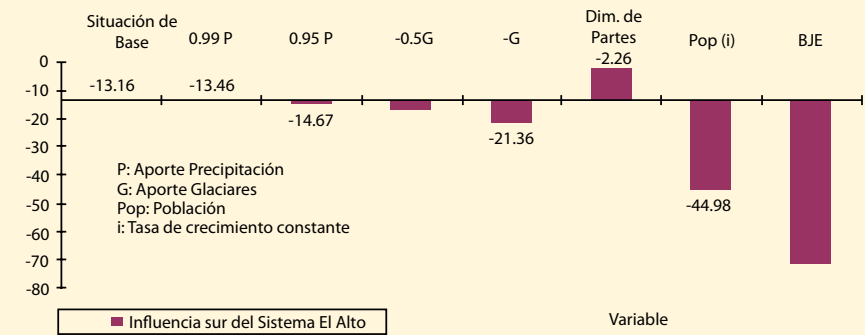
El Alto y parte de la ciudad de La Paz se abastecen de agua potable proveniente de tres sistemas principales: Tuni-Condoriri, Milluni y Tilata (Malter, 2010). Este último constituido por una batería de 30 pozos que utilizan recursos hídricos subterráneos. Según el IHH, estas ciudades dependen de la escorrentía de los glaciares para su abastecimiento hídrico, que representa entre el 15% al 30% del agua de la cuenca hidrográfica (PNCC, 2009). Soruco *et al.* (2009) mencionan que el retroceso de los glaciares Tuni-Condoriri fue de 48% de su superficie entre 1975 y 2006, con un error del 5%. De seguir este proceso, de acuerdo con Ramírez y Olmos (2007), se considera que estos glaciares se agotarían: Condoriri en el año 2045 y Tuni en el año 2025. Asimismo, estudios recientes del PRAA evidencian en una primera aproximación que el 80% de los glaciares en Bolivia estaría en proceso de retracción. De acuerdo con todo lo expuesto, estas tendencias tienen consecuencias dramáticas para el uso de los recursos hídricos. Efectivamente, las ciudades de La Paz y El Alto han aumentado su consumo (en 5,1% para El Alto), por lo que los recursos son limitados (PNCC, 2009). La utilización de modelos numéricos, si bien es importante para el análisis prospectivo, sus resultados son sujetos a discusión por cuanto se enmarcan en un determinado grado de incertidumbre.

La vulnerabilidad de la provisión de agua en las ciudades de La Paz y El Alto (figura de abajo) depende de varios factores. Ramírez y Olmos (2007) analizan la vulnerabilidad del sistema de El Alto, en el cual se consignaba al año 2009 como un momento en el que potencialmente la demanda de agua del sistema El Alto sobrepasaría la oferta en agua de la cuenca. Esta estimación –que tomaba en cuenta, además de las variables de retroceso glaciar, la modelación de la cuenca y sus aportes, y la previsión de la demanda– fue una alerta para iniciar las gestiones y previsiones sobre el sistema El Alto. Posteriormente, Olmos (2010) trabaja específicamente sobre el tema de la gestión del agua en las ciudades de La Paz y El Alto, y tomando en cuenta variables en juego en esta temática observa y propone los siguientes aspectos:

- a) Si bien las tendencias climáticas y los posibles impactos del cambio climático son importantes para fines del análisis y la planificación de la gestión del agua, el diagnóstico inicial presenta que la vulnerabilidad actual se debe a variables tales como la demografía, el consumo y las pérdidas en el proceso de potabilización.
- b) En el análisis particular de cada variable se proponen modelos para determinar la influencia de la concentración de la precipitación, describir el balance hidrológico, modelar el retroceso glaciar (previa cuantificación del *stock* glaciar que se tiene a través de la reconstrucción de la geometría del glaciar por modelización).

- c) Los valores que podrían tomar las variables analizadas son estimados a través del planteamiento de escenarios posibles de la gestión.
- d) Los balances de oferta y demanda presentan a las variables demográficas y de eficacia de los sistemas como las principales a ser tomadas en cuenta a corto plazo para la planificación. La variable de retroceso glaciar se considera como una condicionante de planificación a corto y mediano plazo, y las variables de cambio climático para fines de una adaptación paulatina en el tiempo.

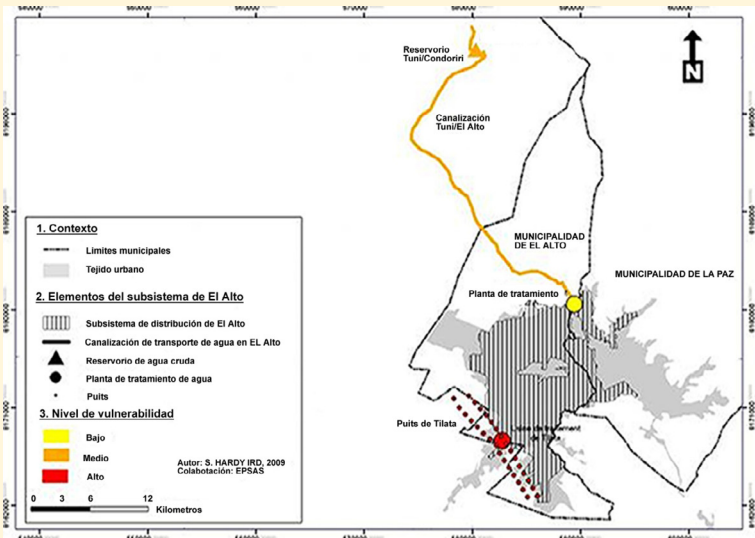
En la siguiente figura se presenta uno de los escenarios de gestión determinados por la investigación (tesis) de Olmos (2010), presentando la importancia relativa de las variables consideradas en la gestión del sistema El Alto.



Presentación de la influencia de las variables en la gestión del agua hasta el año 2026. De izquierda a derecha: Situación de base (tendencias actuales), reducción de la precipitación en 1%, reducción de la precipitación en 5%, reducción del aporte glaciar en 50% y en 100%, reducción de pérdidas, incremento de la población con tasa de crecimiento constante, aumento del consumo per cápita de la población.

Fuente: Olmos, 2010.

Vulnerabilidad del sistema de distribución de agua de El Alto



Presentación del análisis de la vulnerabilidad de los componentes del sistema El Alto: represa, aducción, planta de tratamiento, planta de Tilata y sus pozos.

Fuente: Hardy, 2009.

El artículo de Hardy (2009) evalúa el riesgo físico que corre el sistema El Alto, haciendo a su vez un análisis del riesgo de cada uno de sus componentes respecto a diferentes niveles de exposición. Asimismo, Hoffmann (2006) enfatiza la necesidad de evaluar los impactos socioeconómicos que conlleva el retroceso de los glaciares.

Se debe tomar en cuenta que el agua no contabilizada producto de fugas físicas y conexiones ilegales afecta directamente en la oferta hídrica, por ejemplo, EPSAS de la ciudad de El Alto y La Paz pierde por fugas físicas y conexiones ilegales aproximadamente un 40% del agua disponible (Malter, 2010).

Según Vuille y Bradley (2000), se ha producido un incremento en la temperatura de algo más de 0,34° C en la zona del altiplano y se ha agudizado la aparición de los eventos El Niño, lo que explica la rápida desaparición de los nevados en los Andes (Francou *et al.*, 2003). De acuerdo con Ramírez *et al.* (2007), mayores incrementos de temperatura en los años que vienen afectarán de manera considerable a la cordillera de los Andes. El IPCC (2007b) pronostica mayores incrementos de temperatura en los años que vienen, donde los sectores más afectados serán los que se encuentran en el hemisferio sur, en altitudes mayores a los 5.000 msnm.

Los diversos estudios resaltan el hecho de que los recursos hídricos provenientes de los glaciares en Bolivia se usan principalmente en el abastecimiento de agua potable y la generación de electricidad (ej.: la central hidroeléctrica de COBEE en Zongo). Dos de las principales ciudades de Bolivia (La Paz y El Alto), así como los que viven en las llanuras del altiplano, y dependen de los glaciares andinos como reservas de agua potable.

Por otra parte los sistemas de suministro son, por naturaleza, vulnerables, ya que carecen de reservas alternativas en caso de necesidad. Además, dada la escasez de recursos técnicos, financieros y de gestión en los países en desarrollo, acomodarse a las situaciones de escasez y/o implementar medidas de adaptación representará una pesada carga para sus economías. Hay indicaciones de que el problema de las inundaciones va a aumentar en muchas regiones templadas y húmedas, lo que obligará a adaptarse no sólo a las sequías y a la escasez crónicas de agua, sino también a las inundaciones y a los daños causados por éstas, creando preocupación por el posible fallo de los embalses y de los diques (Iglesias *et al.*, 2005).

El Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento

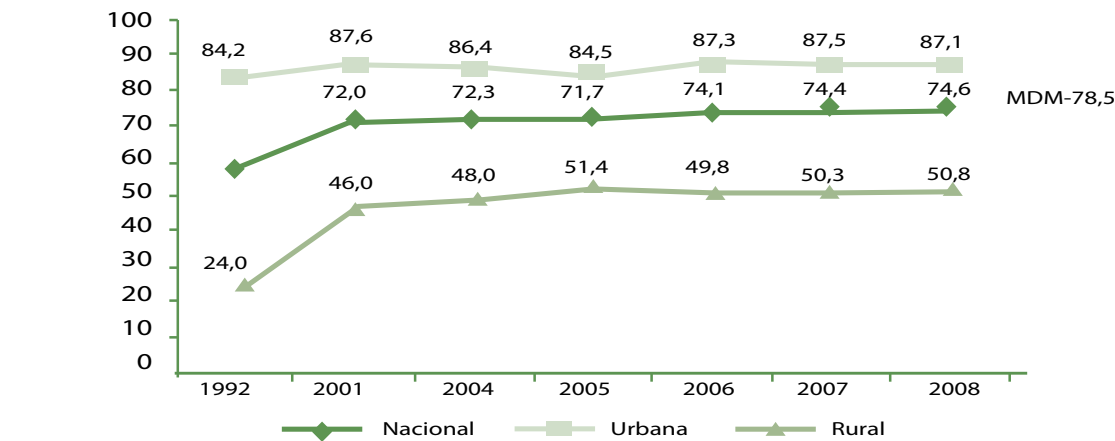
to Básico (PNAPSB) identifica como problemas principales las bajas coberturas de agua y saneamiento en las áreas rurales y de saneamiento en las ciudades, la insuficiencia e ineficacia de las inversiones, la escasa visibilidad de los operadores comunitarios y autogestionarios, además no se respetan los usos y costumbres de las comunidades indígenas y originarias. El agua en Bolivia se considera un derecho humano, legítimo, fundamental y de todos los seres vivos (CPE, 2009; MMAyA, 2009c).

La cobertura de agua potable en el país para el año 2008 llegó a 74,6% (figura 20). El área urbana es la que cuenta con mayor cobertura registrada, alrededor de 87,1%; mientras que en el área rural sólo abastece a la mitad de la población (50,8%). La brecha aún es considerable entre las áreas urbana y rural: 36,3 puntos porcentuales (UDAPE, 2010).

Según el informe de proceso de las Metas del Milenio elaborado por (UDAPE 2010) se establece que para el año 2008, el 48,4% de la población boliviana contaba con acceso a saneamiento básico, siendo el área urbana (54,3%) la que tuvo mayor cobertura. Aún existe una brecha considerable entre las áreas urbana y rural de 17,2 puntos porcentuales (2008). Esta brecha ha disminuido muy poco desde el año 1992 (1,5 puntos porcentuales), a pesar de haber registrado un importante avance el año 2001 (14,4 puntos porcentuales) (figura 21).

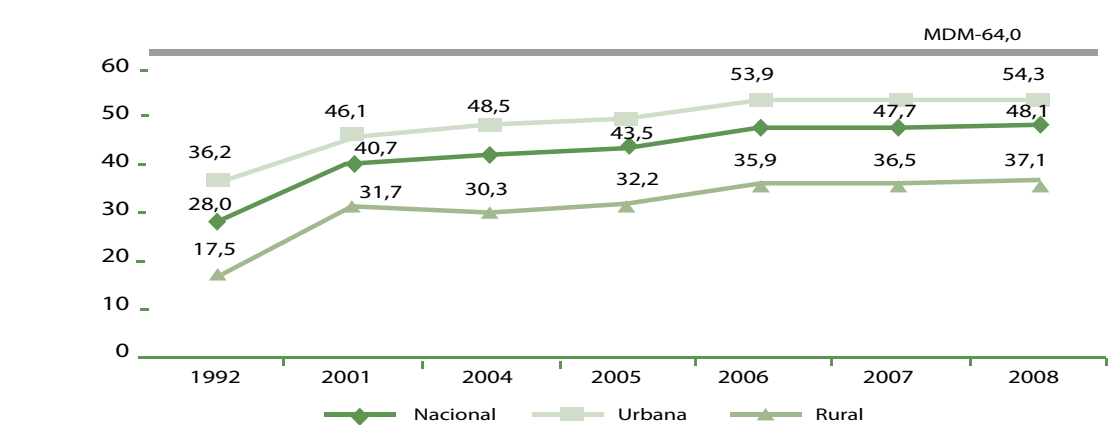
Por otra parte, el informe expresa que el crecimiento poblacional se ha acentuado, principalmente en las áreas periurbanas de las ciudades metropolitanas, debido a la migración de personas desde las áreas rurales y de otros departamentos a las zonas ubicadas alrededor de las ciudades metropolitanas. La población de estas zonas realiza asentamientos y construye sus viviendas sin priorizar los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, para luego gestionar o pedir a las instancias correspondientes la dotación de estos servicios (UDAPE, 2010).

Figura 20: Evolución de la cobertura de agua potable, 1992-2008



Fuente: Objetivos de Desarrollo del Milenio. Sexto Informe de Progreso 2010. UDAPE, 2010.

Figura 21: Evolución de saneamiento básico, 1992-2008



Fuente: Objetivos de Desarrollo del Milenio. Sexto Informe de Progreso 2010. UDAPE, 2010.

Los impactos del cambio climático dependerán de varios factores: i) el estado del sistema de abastecimiento de agua, y ii) la capacidad de los gestores de recursos hídricos para responder no sólo a factores climáticos, iii) el crecimiento de la población, iv) los cambios en la demanda, v) en las tecnologías, y vi) en las condiciones económicas, sociales y legislativas. El PNCC (2008) define inicialmente los niveles de exposición de los habitantes urbanos en ciudades grandes e intermedias (tabla 18).

En las ciudades grandes (con más de 0,5 millones de habitantes), las condiciones precarias de habitabilidad en áreas no planificadas y escasa o ninguna infraestructura básica (agua y saneamiento) generan elevados niveles de vulnerabilidad y riesgo a eventos climáticos adversos. Solo en la ciudad de La Paz habrían unas 50.000 familias en riesgo de deslizamiento por estar asentadas en

lugares de alta pendiente e geológicamente inestables. El estrés hídrico en Cochabamba es permanente y puede acrecentarse bajo condiciones meteorológicas adversas; mientras que en Santa Cruz los bajos niveles de cobertura en saneamiento básico han venido acrecentado el riesgo de enfermedades infecciosas incluyendo el dengue (CEPAL, 2009).

Otras ciudades intermedias tienen una alta recurrencia y enfrentan situaciones de emergencia por sequías, inundaciones y otros eventos climáticos. Trinidad no sólo tiene que enfrentar continuas situaciones de inundación, sino que los problemas de disponibilidad de agua se hacen cada vez más notorios. También las ciudades del chaco afrontan cada vez con mayor recurrencia problemas de sequía. Las lluvias severas concentradas en menor tiempo generan problemas de distribución del agua, inundaciones donde unos meses atrás el problema era la sequía casi en la totalidad del territorio boliviano, en algunas ciudades el contraste es más notorio.

Tabla 18: Vulnerabilidad climática de los asentamientos humanos

Ciudad	Recurrencia e intensidad de eventos extremos entre 1980-2008	Impactos esperados del cambio climático	Habitantes urbanos altamente expuestos a eventos extremos
Área metropolitana de La Paz y El Alto	●●●	Lluvias torrenciales, deslizamientos, pérdida de glaciares puede poner en riesgo la provisión de agua	Alrededor de 50.000 familias están expuestas a deslizamientos. El Alto tiene un alto riesgo de estrés hídrico.
Área metropolitana de Cochabamba	●●●	Estrés hídrico, disponibilidad de agua en riesgo por sequías	Unas 120.000 personas con alto riesgo de estrés hídrico.
Área metropolitana de Santa Cruz	●●●	Lluvias torrenciales, inundaciones, olas de calor, enfermedades infecciosas	Menos del 20% de 1,8 millones de personas tiene acceso a saneamiento básico. La población más vulnerable son los niños, madres y personas mayores.
Cobija	●	Inundaciones, incendios forestales	≤ 100 personas viven en zonas inundables.

Ciudad	Recurrencia e intensidad de eventos extremos entre 1980-2008	Impactos esperados del cambio climático	Habitantes urbanos altamente expuestos a eventos extremos
Riberalta y Guayaramerín	●●	Inundaciones, incendios forestales	1.000 personas viven en zonas inundables.
Rurrenabaque-Reyes-San Borja	●	Inundaciones, crecidas, sequía	≤ 100 personas viven en zonas inundables.
Trinidad-Santa Ana de Yacuma-Baures-Marbán	●●●	Inundaciones, sequías y enfermedades transmitidas por vectores	Menos del 5% de la población tiene acceso a saneamiento básico. Unas 15.000 familias viven en áreas inundables.
Asentamientos en los Yungas	●	Lluvias severas y deslizamientos	Alrededor de 10.000 personas viven en áreas de riesgo de deslizamiento.
Asentamientos en las sabanas de Velasco	●●●	Lluvias severas, inundaciones e incendios forestales	Unas 4.000 personas viven en áreas inundables, la población más vulnerable son los niños, madres y ancianos.
Chapare	●	Lluvias severas y riadas	Unas 1.000 familias viven en zonas inundables.
Potosí y otros asentamientos mineros	●	Sequías	≤ 10.000 personas viven con estrés hídrico.
Valles centrales	●●●	Granizada, inundaciones	No estimado.
Roboré	●	Olas de calor, lluvias severas, inundaciones	Unas 4.000 personas viven en áreas inundables, la población más vulnerable son los niños, madres y ancianos.
Pantanal (Puerto Suárez)	●	Olas de calor, lluvias severas, inundaciones	Unas 4.000 personas viven en áreas inundables, la población más vulnerable son los niños, madres y ancianos.
Sucre-Padilla-Monteagudo	●●	Granizadas y riadas	Unas 1.000 familias viven de la agricultura.
Tupiza-Villazón	●	Sequías	Unas 40.000 personas viven bajo estrés hídrico.
Tarija-Bermejo	●●	Granizadas, lluvias severas, sequías	15.000 familias de agricultores periurbanos.
Camiri-Yacuiba	●●	Riadas y sequías	Unas 100.000 personas bajo estrés hídrico, 3.000 familias viven en áreas inundables.
Intensidad Baja ● Mediana ● Alta ●		Recurrencia Baja ● Mediana ●● Alta ●●●	

Fuente: Gonzales & Zalles, 2008.

Seguridad alimentaria

La crisis económica, la política productiva, la variabilidad y el cambio climático influyen considerablemente y afectan el normal desempeño de los

sistemas de producción en cada país. En el caso de los países pobres y en vías de desarrollo, los sistemas de producción son tan frágiles que las pérdidas que se generan durante eventos climáticos adversos repercuten en la disponibilidad y acceso a los alimentos, lo que da lugar a la inseguridad alimentaria o hambre crónica (FAO, 2003).

Según el IPCC (2007b), la seguridad alimentaria será probablemente afectada por el cambio climático en sus cuatro vertientes: disponibilidad de alimentos (producción y comercio), acceso a alimentos, estabilidad del suministro alimentario, y óptima utilización de alimentos. De los pilares de la seguridad alimentaria, la disponibilidad es la más vulnerable ante los cambios del clima debido a que la producción agrícola básica (cultivos vegetales) se caracteriza por su alta dependencia del clima y de la distribución estacional de las precipitaciones en sistemas agrícolas industriales extensivos, intensivos de producción intermedia y agricultura de subsistencia (MMAyA, 2009). Se estima que la seguridad alimentaria y la pérdida de medios de subsistencia se agravarían aún más con la pérdida de tierras de cultivo por deforestación y erosión. Los cambios de la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones afectarán la estabilidad del abastecimiento de alimentos esenciales y el acceso a ellos. En los trópicos semiáridos como el altiplano y los valles altos, el déficit de lluvia puede reducir drásticamente el rendimiento de los cultivos y de forrajes, además de propiciar el ataque de plagas y enfermedades.

El cambio climático no se expresará solamente en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, sino que también generará cambios paulatinos e irreversibles en los ecosistemas, afectando a la vez las actividades humanas. Según el MMAyA (2009), el impacto de la variabilidad y del cambio climático en Bolivia influirá no sólo en la capacidad de producción de alimentos, sino también en la reducción de la población económicamente activa en regiones rurales o productoras de alimentos por la carencia de oportunidades y pérdida de la capacidad productiva en sus medios de vida. A esto se debe sumar que la población total del país crecerá, así como la demanda alimentaria, en contraposición con la disminución de la capacidad productiva

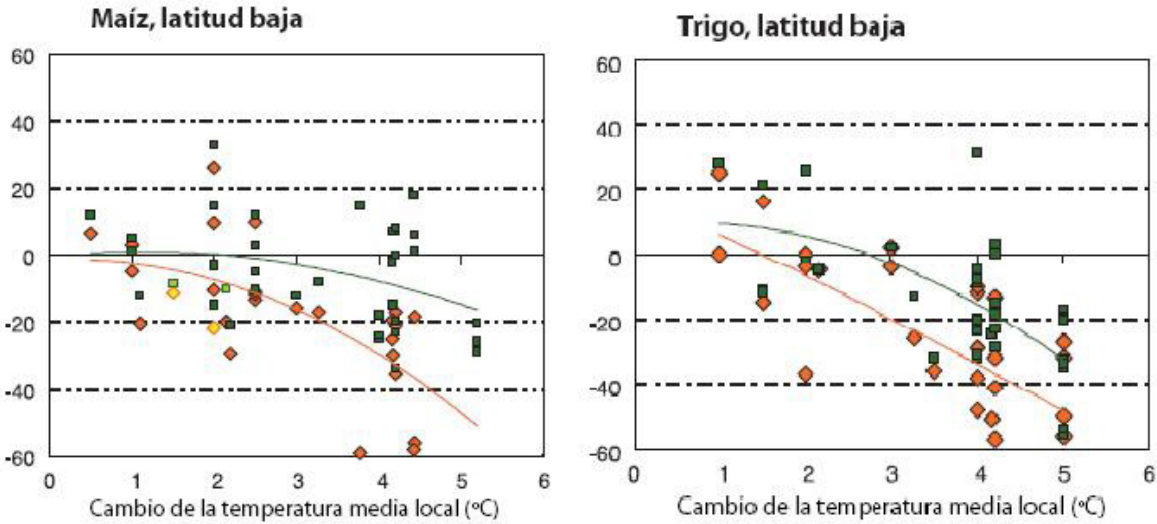
alimentaria, lo que provocaría un desbalance riesgoso en términos de inseguridad alimentaria (Cruz, 2008).

El informe de la FAO (2003) indica que en zonas con escasez de agua, especialmente en los trópicos, el incremento de las temperaturas aumentará las pérdidas de agua por evapotranspiración y reducirá los niveles de humedad del suelo; así, las zonas cultivadas se harán inadecuadas para los cultivos y algunas de las áreas de praderas naturales pueden hacerse cada vez más áridas en detrimento de la ganadería, y por ende se avizoraría la reducción en los índices de producción de alimentos.

El efecto de las variaciones climáticas en la productividad de los cultivos es difícil de predecir debido a la complejidad de las relaciones que se establecen entre las plantas, su medio ambiente y las capacidades humanas para manejar esta relación. El IPCC (2007) ha generado diferentes escenarios de productividad de los cultivos que son la base de la alimentación; así, en regiones de latitud media a alta, el calentamiento moderado beneficiará los cultivos de cereales y mejorará los rendimientos de los pastizales; sin embargo, en regiones tropicales estacionalmente secas disminuirán los rendimientos.

Los resultados de los modelos de varias zonas (figura 22) revelan que en regiones templadas los aumentos moderados o medios en la temperatura media local (de 1 a 3° C), junto con el aumento asociado de CO2 y los cambios en la precipitación, pueden tener pequeños efectos beneficiosos en el rendimiento de los cultivos. Es probable que en latitudes más bajas, sobre todo en los trópicos estacionalmente secos, incluso los aumentos moderados de temperatura (de 1 a 2° C) tengan efectos negativos en el rendimiento de los principales cereales, lo cual podría aumentar el riesgo de hambruna. Si el calentamiento es mayor, generará efectos negativos en toda la región (IPCC, 2007b).

Figura 22: Sensibilidad del rendimiento de cereales, maíz y trigo, al cambio climático



Las respuestas incluyen casos sin adaptación (puntos anaranjados) y con adaptación (puntos verdes). Los estudios en los que se basa este gráfico abarcan una gama de cambios en la precipitación y concentraciones de CO2, y varían en la forma de representar los cambios futuros de la variabilidad climática.

Fuente: IPCC, 2007b.

Elementos que hacen a la vulnerabilidad de la agricultura del país

Agrobiodiversidad

Al ser Bolivia un país megadiverso (Ibisch *et al.*, 2008), con variedad de ecorregiones, dada su posición geográfica latitudinal y de trópico con alturas, es posible encontrar muchas especies cultivadas y silvestres presentes en un área reducida. Estas zonas son denominadas de agrobiodiversidad con sistemas complejos de manejo ancestral, con equilibrio propio, basados en

manejo comunal donde la parte cultural y social va en armonía con la naturaleza (Iriarte *et al.*, 2008).

Existe una eminente pérdida de la agrobiodiversidad en cultivos de ciclo largo, reduciendo su superficie sembrada o convirtiéndose en cultivos marginales, lo que reduce la posibilidad de su conservación *in situ*³². Esto derivará en la disminución del uso de algunas variedades y especies locales adaptadas a determinados lugares. En algunas regiones se están haciendo recurrentes los cambios de vegetación. Por lo tanto, afectan la producción por la emergencia de nuevas plagas y enfermedades que inciden en los cultivos (MMAyA, 2009a) (tabla 19).

32 Esta situación se debe a la reducción de los ciclos de precipitación que permiten el inicio de la temporada de siembras más tarde de lo habitual. La reducción de la temporada de lluvias incide en la posibilidad de regeneración de la fertilidad de suelos y la pérdida en la cobertura vegetal dará lugar al incremento de la erosión de los mismos por agentes eólicos e hídricos, hecho que agravará la condición actual. Se presenta el riesgo de reducción de superficies cultivadas debido a la pérdida de manantiales en épocas de estiaje, esto debido a que sólo el 10% de la superficie dispone de riego permanente.

Tabla 19: Incidencia del cambio climático sobre plagas y enfermedades

Plagas comunes en los cultivos	Tendencia observadas en los cultivos
El gorgojo de los Andes	El acortamiento de la fase de lluvias y el aumento de la temperatura ha generado un reemplazo de especímenes del gorgojo de los Andes de <i>Premnotrypes spp</i> por <i>Rhigopsidius piercei</i> (PROINPA, 2008; CIPCA, 2010).
Plagas insectiles y ácaros	Algunas plagas afectan a mayor espectro de cultivos como es el caso <i>Spodoptera spp</i> , mosca blanca, trips y arañuelas, roya asiática.
<i>Phytophthora infestans</i> (tizón tardío)	Mayor incidencia en variedades de papa como Waych´a y Desirée por cambios en el sistema de producción debido al acortamiento de la fase de lluvias. La aplicación de fungicidas durante la fase de lluvias no es efectiva y los agricultores se sienten presionados a cambiar el cultivo.
<i>Streptomyces scabies</i>	La aparición de nuevos patógenos en la papa como <i>Streptomyces scabies</i> y <i>Streptomyces reticulisacabies</i> , atribuidos inicialmente al uso excesivo de gallinaza, pero también a factores climáticos actualmente poco estudiados.
Virus y micoplasma	Las situaciones de sequía han aumentado la incidencia de algunos vectores como moscas blancas, chicharitas y trips, sobre todo en monocultivos como la soya y otros.

Fuente: PROINPA, 2009; CIPCA, 2009a.

Suelos

El altiplano sufre regímenes climáticos extremos que inciden en la potencialidad de los suelos agrícolas, los cuales podrían agudizarse debido al cambio climático y provocar mayor erosión y salinización de los suelos, lo que incrementaría la vulnerabilidad del sistema. Estudios de salinización (Heidinger, 2008) y contenidos de materia orgánica (Van der Schaal, 2008) fueron llevados a cabo por el Centro Internacional de la Papa (CIP) para determinar la vulnerabilidad de los suelos y tomar mejores decisiones técnicas respecto a estos problemas. Van der Schaal estudió las propiedades del suelo mediante datos de elevación, uso de la tierra, biomasa y NDVI³³. Dichas propiedades son: contenido de materia orgánica en el suelo superficial (0-30 cm) y

subsuelo (30-60 cm), porcentaje de carbonato de calcio (CaCO3) en la capa de suelo entre 0 y 60 cm y el pH del suelo. Heidinger estimó la salinidad de los suelos del sistema TDPS (Titicaca-Desaguadero-Poopó System) mediante un índice de salinidad calculado a través de imágenes satelitales MODIS, donde se determinaron cinco niveles de salinidad: bajo, moderado, alto, muy alto y extremadamente alto, cubriendo el 39,03%, 1%, 3,55%, 12,62% y 35,79% del área total, respectivamente. La zona con más problemas de salinización se ubica al sur del sistema TDPS, siendo ésta una de las regiones más vulnerables al cambio climático.

En la siguiente tabla se pueden ver los riesgos de heladas en las áreas para los meses de enero y febrero, y su relación con la tolerancia de ciertos cultivos. Papas (umbral -2° C), papas resistentes (-3° C), papas amargas y quinua (-5°C).

33 Normalized Diference Vegetation Index.

Tabla 20: Área en hectáreas con riesgo de heladas de -2, -3 y -5 °C

Riesgo de helada en enero-febrero	Área en hectáreas - 2° C	Área en hectáreas -3° C	Área en hectáreas -5° C
0-10	8.240	15.390	39.360
10-20	2.827	5.176	9.590
20-30	4.271	6.131	7.801
30-40	6.580	8.691	9.798
40-50	4.040	5.216	6.223
50-77	15.385	16.009	13.097
77-100	73.439	58.169	28.913

Fuente: François *et al.*, 1999.

Con el aumento de la temperatura se podría esperar una tendencia al aumento de las temperaturas mínimas, lo cual reduciría el riesgo de heladas y, por lo tanto, incrementaría el área disponible para la agricultura en el altiplano. Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, esto no puede ser asegurado ya que también se ha observado una clara tendencia a reducir la cantidad de vapor de agua en el aire.

En la actualidad, el 60% de la superficie boliviana es susceptible a los procesos de erosión, (CIPCA, 2009), que se incrementaron en 86% entre 1954 y 1996, a un ritmo de aproximadamente 114 t de suelo/ha al año que dejan de ser útiles específicamente para fines agrícolas. Todos los departamentos sufren procesos de degradación, pero los más afectados son Oruro, Potosí, Chuquisaca y Tarija, que suman cerca de 45 millones de hectáreas que corren el peligro de ser inutilizables para la agricultura. Los procesos de erosión, deforestación y el crecimiento de la frontera agrícola también inciden en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), como ha sido mencionado en la Segunda Comunicación Nacional de Bolivia ante la CMNUCC.

Rendimientos

La reducción de los rendimientos en siembras de invierno por falta de agua y las pérdidas asociadas al incremento de la temperatura serán mayores

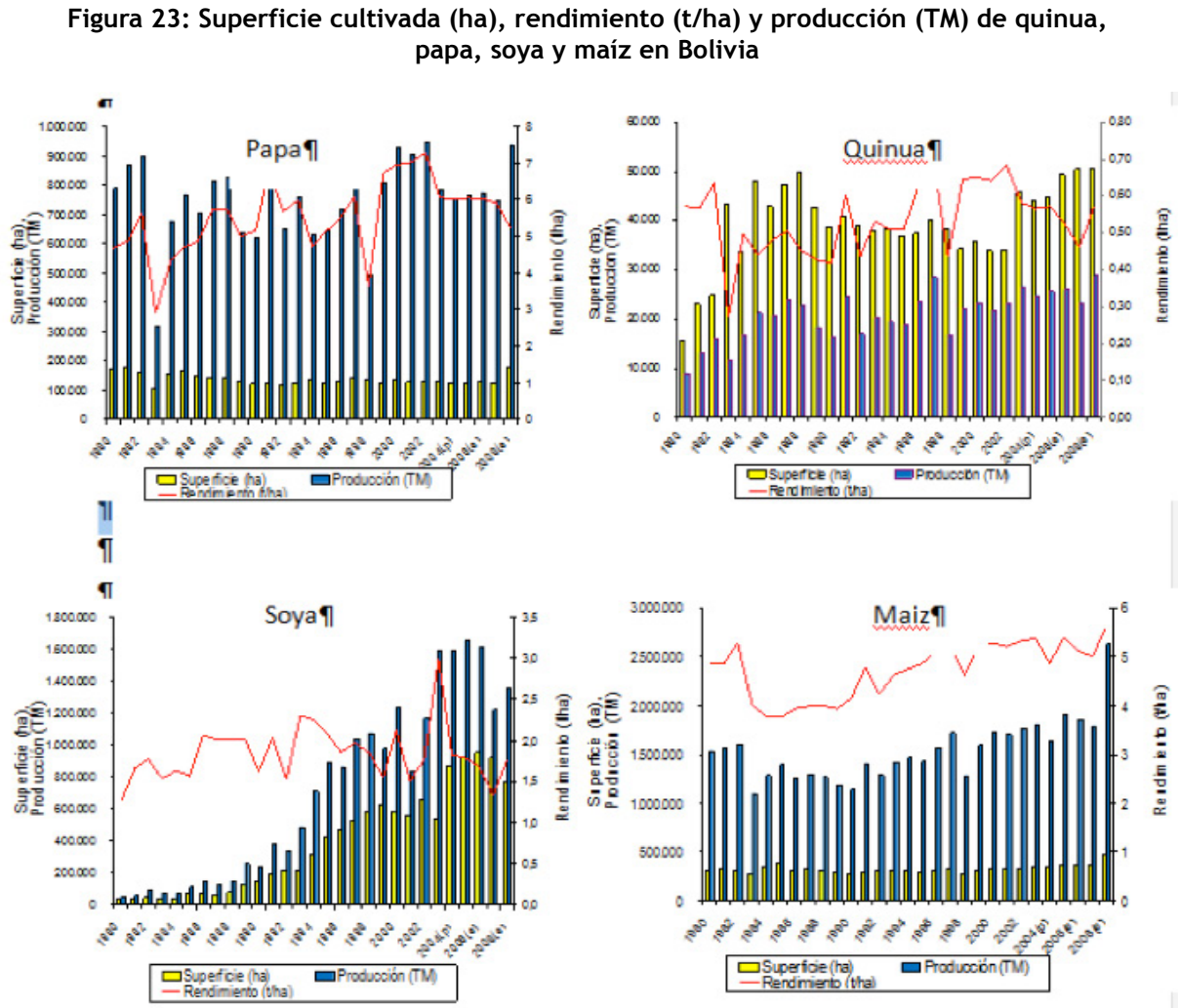
debido al aumento en la demanda de agua en los cultivos. Según algunos escenarios climáticos, las tendencias de temporalidad de las heladas cambiarán, por tanto, aumentará la probabilidad de heladas tardías cuando hayan retrasos en la época de lluvia, afectando a los cultivos de siembra o ciclo tardío. Los eventos convectivos que dan lugar a fenómenos como tormentas se harán mucho más frecuentes, amenazarán los cultivos por el incremento de granizadas. Los modelos de circulación general pronostican una disminución en la probabilidad de ocurrencia y una reducción en el periodo de lluvias, exponiendo a los cultivos a un déficit hídrico en la parte final de su ciclo, reduciendo los rendimientos y la calidad de producción (ej.: el trigo). Estos fenómenos adversos para la producción afectarán negativamente tanto la producción como la emergencia de enfermedades y plagas de cultivos, con lo que se incrementará el uso de agroquímicos (MMAyA, 2009a).

La reducción de las heladas dará lugar a dificultades en la transformación de los tubérculos de papa (*S. curtilobum* y *S. juzepcsukii*) en alimentos perecederos como la tunta y el chuño, que depende de heladas al final del periodo de cosecha. Una de las estrategias usadas por los agricultores productores de papa para reducir los riesgos climáticos en zonas de agrobiodiversidad es la siembra en mixturas de variedades utilizando diferentes pisos altitudinales, incluyendo papas dulces y amargas (AGRUCO, 2001; Iriarte *et al.*, 2008).

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (IIAREN, 2010) hizo la evaluación del impacto del cambio climático sobre cuatro cultivos de importancia económica para Bolivia como son la papa, quinua, maíz y soya. Para ello se proyectaron las tendencias climáticas actuales, relacionándolas con los resultados de los escenarios climáticos proyectados por los modelos de circulación general. También se calibró el comportamiento de los cultivos seleccionados con relación a su comportamiento presente para luego mode-

larlos en condiciones climáticas del 2050. Para el altiplano, el incremento de la temperatura será beneficioso si va acompañado de suficiente precipitación y riego. En el oriente se prevén reducciones de los rendimientos por las inundaciones y por los largos periodos cálidos sin precipitación. Se ha definido al riego como medida de adaptación muy importante, pero también se requiere de un sistema de investigación y extensión agropecuaria muy desarrollado, según esta investigación.

A continuación se muestra la superficie, rendimiento y producción de algunos cultivos de importancia socioeconómica (figura 23)³⁴.



Fuente: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

34 Información adicional y detallada sobre otros cultivos puede hallarse en el sitio web del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

Tabla 21: Estudios de cambio climático en cultivos seleccionados

Cultivo	Relevancia para la seguridad alimentaria nacional	Efectos estudiados del cambio climático
Papa	200.000 unidades campesinas participan en la producción de 652.000 t/año y 20% del valor de la producción agrícola nacional.	- Se pueden aumentar los rendimientos (30% a 60%) con riego adicional (50 a 180 mm) (Muñoz, 2009). - El modelo DSSAT muestra que el aumento de la temperatura hasta 3° C puede ser beneficioso, si no hay estrés hídrico los rendimientos disminuyen drásticamente con incrementos mayores a 3° C (PNCC, 2000). - Incrementos de temperatura pueden beneficiar la producción de papa dulce.
Quinua	Es un cultivo apreciado por sus características nutricionales, se consume tradicionalmente en el occidente del país. Su contenido proteico y carencia de gluten lo convierten en un producto de exportación, donde Bolivia se encuentra entre los principales productores del mundo.	- Existe una preocupación sobre la sostenibilidad del cultivo por expansión de la frontera agrícola y mal manejo de suelos (IRD, 2010). - El IRD y la IIAREN (QUINAGUA) están iniciando estudios para determinar los efectos del cambio climático sobre los rendimientos y la productividad de diferentes variedades en el altiplano boliviano.
Maíz	El maíz está ampliamente difundido (unas 100.000 unidades campesinas) con un rango latitudinal de 200 a 3.500 msnm y una diversa gama de variedades. En la zona andina constituye cerca del 46% del área cultivada.	- Según el PNCC (2007), el cultivo mejora con aumentos de temperatura y precipitación o riego, pero los rendimientos disminuyen en el caso de que el aumento de temperatura no se acompañe con los nuevos requerimientos hídricos del cultivo.
Soya	El área del cultivo es de aproximadamente 680.000 ha, 380.000 cultivadas en la zona de expansión por grandes y medianos productores, y otras 300.000 cultivadas por pequeños productores.	- Modelo DSSAT (PNCC, 2000) muestra que mínimos incrementos de temperatura pueden reducir los rendimientos, lo cual puede acrecentarse por reducciones en el aporte de las precipitaciones. - Los niveles de expansión de la frontera agrícola vienen conexos a problemas de manejo de suelos, mayor incidencia de plagas y enfermedades, y uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas.
Arroz	Un cultivo de seguridad alimentaria para la población boliviana, se ha expandido en el norte de Santa Cruz y Beni.	- El retraso de las lluvias puede incidir negativamente sobre los rendimientos, las inundaciones dificultan la cosecha y el secado del grano (CIPCA, 2009).

Fuente: Elaboración propia, 2011.

La adaptación al cambio
climático y la gestión
del riesgo son parte
fundamental del proceso
de desarrollo

Los conceptos de adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres están muy relacionados. Como afirma el PNUD (2008a), estos dos enfoques pueden funcionar en conjunto como parte de un repertorio de técnicas de reducción de riesgos. La gestión del riesgo de desastres ofrece la capacidad de apoyar la adaptación con la forma de manejar los eventos extremos. De esta forma, la gestión del riesgo y las acciones de adaptación al cambio climático buscan primordialmente el aumento de la resiliencia y la reducción de la vulnerabilidad, priorizando acciones de prevención y preparación, antes que las acciones de rehabilitación y reconstrucción en todos los niveles territoriales y sectoriales.

Para una adecuada adaptación al cambio climático, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) promueve la formulación e implementación de programas nacionales y regionales en sus diferentes ámbitos y sectores (MMAyA, 2010).

En Bolivia, en los últimos años, motivados al menos en parte por la frecuencia y gravedad de grandes desastres ocurridos, las poblaciones afectadas –las autoridades locales, una amplia gama de agrupaciones profesionales y comerciales, organismos públicos, establecimientos educativos y dirigentes comunitarios– empiezan a reconocer el valor público de realizar esfuerzos sostenidos para reducir el costo social, económico y ambiental de los desastres.

La adaptación al cambio climático es parte de los procesos de desarrollo. Las poblaciones vulnerables demandan la satisfacción de necesidades de agua limpia, alimentación, salud y vivienda, situación que puede dificultarse por los impactos

directos e indirectos del cambio climático. Por otra parte, una respuesta integral de gestión del riesgo climático y adaptación debería estar orientada a asegurar que los procesos de desarrollo sostenible se fortalezcan. El IPCC (2007) concluye que el desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad al cambio climático. La necesidad de reflexionar sobre el proceso de desarrollo y la calidad de vida de las personas empieza a encontrar mayor asidero en la noción boliviana del “vivir bien” y a proyectarse en la discusión internacional de cambio climático (Declaración de la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático-CMPCC, 2009).

La Conferencia de los Pueblos expresa la demanda de la población boliviana a la comunidad internacional en torno a temas centrales de la adaptación, como son la transferencia de tecnología, el financiamiento derivado del principio de responsabilidades compartidas, pero diferenciadas, la deuda climática de los países desarrollados, así como los mecanismos necesarios para asegurar una fiscalización internacional a través de un instrumento de justicia climática³⁵.

Por último, la CMPCC genera el mandato a las autoridades nacionales de afianzar una agenda nacional para responder efectivamente a los impactos y efectos adversos del cambio climático. En este contexto, las entidades operativas tienen la necesidad de contar con esquemas claros de planificación y de definición de prioridades para promover e implementar medidas de adaptación, incidiendo en la necesidad de integrar la gestión del riesgo climático y la adaptación en los procesos de desarrollo local, regional y nacional.

Los tomadores de decisión, la academia, y la población vulnerable han desarrollado acciones en

35 La justicia climática –el principio de “quien contamina paga”– exige que los países industrializados asuman su responsabilidad por los daños ocasionados por contaminación de GEI. Los países del norte tienen la responsabilidad de asegurar mecanismos de financiamiento efectivos y adecuados para cubrir los costos de adaptación de los países en desarrollo al cambio climático (NNUU, 2008).

su afán por reducir la vulnerabilidad y gestionar el riesgo climático. De esta manera, el país ha hecho importantes avances para estructurar un marco institucional. Ello se traduce en la necesidad de brindar especial atención a la aplicación de estrategias de protección que puedan contribuir a salvar vidas y proteger bienes y recursos antes de que se pierdan. La adaptación al cambio climático, al igual que la gestión del riesgo de desastres, pone énfasis en la atención a los factores estructurales de vulnerabilidad y riesgo.

La siguiente figura muestra la complementariedad existente entre la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo de desastres.

El IPCC brinda un punto de partida a través de una definición amplia de la adaptación: el ajuste en los sistemas naturales o humanos a los estímulo

los climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que modera el daño o aprovecha las oportunidades beneficiosas. La adaptación es entendida como una respuesta adecuada asociada al respaldo de los procesos de desarrollo y que puede facilitar la continuación y mejora de los medios de vida existentes (PNUD, 2008a).

En este entendido, los países desarrollados y en vías de desarrollo, representados en la Conferencia de las Partes (COP), se comprometen a desarrollar estrategias nacionales para adaptarse a los impactos del cambio climático y toman decisiones relacionadas con el financiamiento por parte de los países desarrollados en temas como: la evaluación del impacto, la vulnerabilidad y la adaptación, la creación de capacidades, la educación y conciencia pública, la instrumentación de actividades de adaptación concretas, el fomento a la transfe

Figura 24: Gestión del riesgo. El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales



Fuente: Basado en Allan Lavell, 2008.

cia de tecnología y el intercambio de experiencia a través de talleres regionales y especialmente los países en desarrollo se ven en la necesidad de realizar acciones adicionales para enfrentar el cambio climático (PNUD, 2008a; BM, 2010).

En este contexto, gran parte de las negociaciones internacionales sobre adaptación se han centrado, por lo tanto, en las finanzas y falta un acuer

do sobre la forma de abordarla. Si bien todos los Estados reconocen que los países desarrollados deben respetar sus compromisos en virtud de la Convención y brindar respaldo financiero, tecnológico y de creación de capacidades a los países en desarrollo, el progreso en estos temas ha sido lento e insatisfactorio para muchos países en desarrollo. Varios de ellos han expresado su frustración debido al progreso lento de los mecanismos de financiación (PNUD, 2008a).

Recuadro 5: Posiciones de países en temas de adaptación

A continuación se presenta una lista que refleja la perspectiva general de las posiciones de los países sobre el problema de la adaptación. Existen variaciones y diferencias entre los países y los grupos de países.

Inquietudes comunes (PNUD, 2008a):

- La necesidad de un cambio metodológico de los estudios de los impactos del cambio climático hacia una mayor comprensión de cómo lograr la adaptación.
- La forma de examinar las necesidades de adaptación e identificar las prioridades.
- Las funciones relativas de la adaptación y la mitigación.
- La falta de claridad sobre la relación existente entre las medidas de adaptación al cambio climático y su integración en el proceso de desarrollo, en particular en relación con la ayuda financiera.
- Qué instituciones y mecanismos de financiación se utilizan para la distribución de recursos en los ámbitos internacional y nacional.

Países desarrollados

- Generalmente se acepta la necesidad de cumplir obligaciones y brindar asistencia financiera para cubrir los gastos de los impactos ocasionados por la existencia de GEI acumulados históricamente.
- Se han planteado cuestiones relativas a los impactos potenciales del CC durante los debates sobre el respaldo de los estudios nacionales y sobre la participación más directa de los países en desarrollo en la mitigación.
- El mecanismo financiero debe ser eficaz para sus contribuyentes.
- La ayuda oficial al desarrollo (ODA) debe integrar el CC en sus actividades.
- No debe haber proliferación de nuevos fondos en virtud de la convención.
- Deben haber condiciones mínimas para acceder a la financiación.

Países en desarrollo

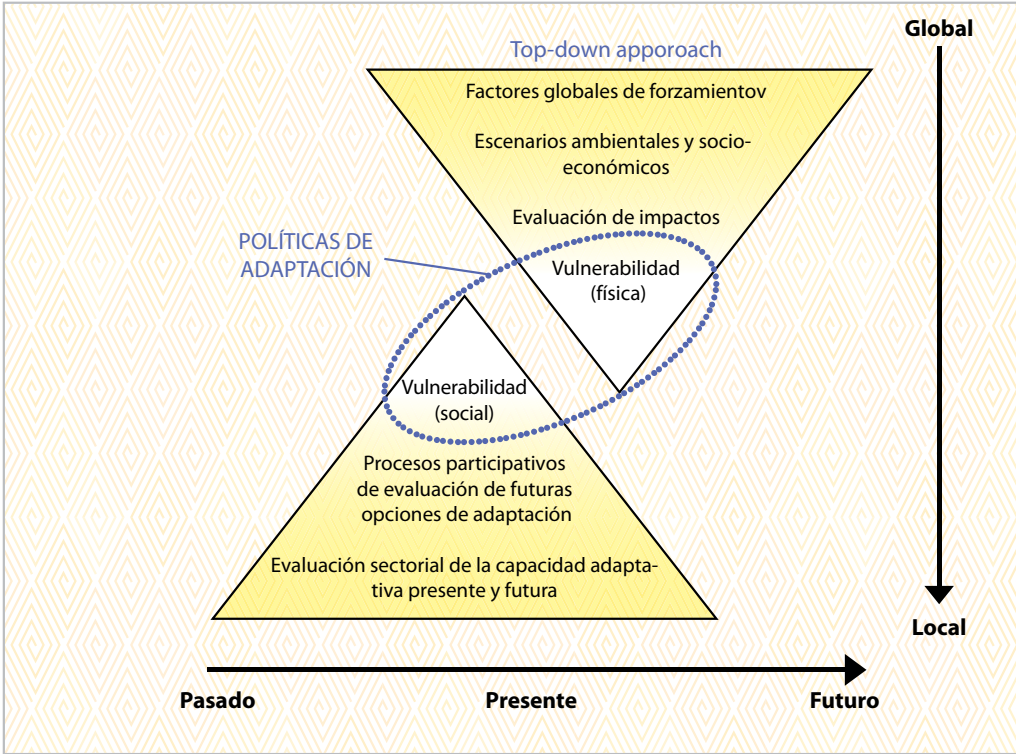
- Las cuestiones de equidad y justicia acerca del CC para los países vulnerables, debido a las emisiones de los países desarrollados “ricos”, constituyen una de las principales inquietudes.
- Los países desarrollados deben cumplir sus obligaciones en virtud de la convención sobre finanzas, tecnología y creación de capacidad.

- El financiamiento determinado a la adaptación debe cubrir los costos adicionales del CC y no debe apartarse de los compromisos de la ODA existentes (asimismo, no deben sumarse nuevas condicionantes a la ODA).
- La gobernanza de los mecanismos financieros debe ser transparente, incluir una representación equitativa y equilibrada de todas las partes, y operar bajo la autoridad de la CO/RP. Debe brindar “acceso directo” al financiamiento y garantizar la participación de los países beneficiarios en todas las etapas. Se necesitan fuentes “predecibles” de financiamiento y no simplemente más financiamiento.
- Debe brindarse respaldo mediante los instrumentos de la CMNUCC, en lugar de los esfuerzos fragmentados externos a estos instrumentos.
- Deben crearse nuevos acuerdos institucionales, como un comité de adaptación o un organismo de expertos como el que cubre la transferencia de tecnología (EGTT) dentro de la convención.

Tanto la gestión del riesgo como la adaptación al cambio climático reconocen la necesidad de encaminar procesos de política pública que empiecen desde arriba, identificando las vulnerabilidades y generando prioridades de inversión, así como los procesos de abajo-arriba que apunten a generar mayor participación de la gente en la definición de prioridades y en los procesos de información y control social.

La figura 25, extraída del Plan de Adaptación de Finlandia, esquematiza cómo este proceso encuentra una interfase intermedia donde se focaliza la reducción de vulnerabilidades.

Figura 25: Proceso de reducción de vulnerabilidades



Fuente: FINADAPT, 2004.

Tabla 22: Resumen de las diferencias entre adaptación y reducción de riesgo de desastre (RRD)

Diferencias		Signos de convergencia
Rrd	Acc	
Relevante para todos los tipos de amenazas	Pertinentes a las amenazas relacionadas con el clima	n/a
Origen en la cultura de la asistencia humanitaria después de un desastre	Origen y cultura en la teoría científica	La adaptación al cambio climático, especialistas de ingeniería, agua y saneamiento, agricultura, salud y sectores de la RRD
La mayoría de interesados en el presente, es decir, frente a los riesgos existentes	Más preocupados por el futuro, es decir, hacer frente a la incertidumbre y riesgos nuevos	RRD cada vez más hacia el futuro Variabilidad actual del clima es un punto de partida para la adaptación al cambio climático
Perspectiva histórica	Perspectiva de futuro	Igual que el anterior
Los conocimientos tradicionales / indígenas a nivel comunitario constituyen una base para la resiliencia	Los conocimientos tradicionales / indígenas a nivel comunitario pueden ser insuficientes para la resiliencia contra los tipos y escalas de riesgo que no se han experimentado aún	Ejemplos donde la integración de los conocimientos científicos y tradicionales para la RRD proporciona oportunidades de aprendizaje
Medidas estructurales diseñadas para los niveles de seguridad inspirado en la evidencia actual e histórica	Medidas estructurales diseñadas para los niveles de seguridad inspirado en la evidencia actual e histórico y los cambios previstos	RRD cada vez más hacia el futuro
Enfoque tradicional sobre la reducción de la vulnerabilidad	Enfoque tradicional de exposición física	n/a
Proceso basado en la comunidad, derivado de la experiencia	Proceso basado en la comunidad, derivado de la agenda política	n/a
Aplicación práctica a nivel local	Aplicación teórica a nivel local	Adaptación al cambio climático, adquirir experiencia práctica a través de la aplicación local
Gama completa de herramientas establecidas y en desarrollo	Limitada gama de herramientas en fase de desarrollo	Ninguna, salvo el reconocimiento creciente de que más herramientas de adaptación son necesarias
Desarrollo incremental	Nuevas y emergentes agendas	n/a
Políticos y el reconocimiento generalizado a menudo muy débil	Política y un amplio reconocimiento cada vez más fuerte	Ninguna, salvo que los desastres relacionados con el clima son más propensos a ser analizados y debatidos con referencia al cambio climático
La financiación <i>ad hoc</i> y insuficiente	Fuentes de financiación importante y creciente	RRD la comunidad participa en la financiación de mecanismos de adaptación al cambio climático

Fuente: Tearfund, *Linking climate change adaptation and disaster risk reduction*, 2008.

Siguiendo un esquema similar en Bolivia, los procesos de arriba-abajo se complementan con los de abajo-arriba. En los próximos dos puntos se describirá la situación en el país en cuanto al desarrollo de estos dos procesos simultáneos.

Marco institucional de la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo

Los estudios de adaptación al cambio climático en el ámbito nacional han girado en torno a las comunicaciones nacionales (PNCC, 2000; PNCC, 2009). La adaptación es uno de los elementos de la agenda de cambio climático y ha estado guiada por el principio definido por la CMNUCC, de “aprender haciendo”.

Bolivia cumplirá tres décadas de haber institucionalizado la atención de desastres. En este periodo se identifican dos enfoques de intervención: el primero se sustenta en el enfoque de la seguridad nacional, actuando desde un modelo de gestión centralizado; el segundo (desde los años 2000) plantea la gestión del riesgo desde la visión del desarrollo integral y busca diseñar un modelo integral, holístico, sistémico, descentralizado y participativo. Se busca integrar las áreas, los actores (públicos y privados), y los diferentes ámbitos territoriales.

Requiere de un marco institucional más complejo, y una articulación y coordinación interinstitucional en las esferas del gobierno central, con los departamentos, regiones y municipios de forma vertical y de forma horizontal con la sociedad civil, incluyendo a los sectores indígena, originario y campesino, respetando la nueva estructura territorial y de autonomías definida en la Constitución Política del Estado.

Este segundo enfoque ha sido también enfatizado en la agenda de respuesta al cambio climático en el país, que busca vincular los retos del cambio climático a los retos del desarrollo a través del Mecanismo Nacional de Adaptación (MPD, 2007a). El Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC) genera el mandato de transversalizar la temática de cambio

climático en los sectores. De la misma manera, la Ley 2140 de Reducción de Riesgo y Atención de Desastres y/o Emergencias asigna nuevas responsabilidades a las entidades sectoriales y territoriales, proporcionando un marco constitucional consistente.

En el año 2004 se iniciaron dos procesos: uno marcado por el Plan Quinquenal del Programa Nacional de Cambios Climáticos y otro por el Programa de Asistencia en Cambio Climático de la Cooperación Holandesa (NCAP, por su sigla en inglés). La gran mayoría de aportes y experiencias con el sello de adaptación al cambio climático hasta el momento se ha generado en el marco de estos dos programas.

El Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC) responde a la necesidad de establecer estrategias de respuestas orientadas a: reducir la vulnerabilidad al cambio climático en sectores identificados como vulnerables y promover la adaptación planificada.

A nivel regional, en agosto de 2006, durante la Tercera Reunión del Consejo de Ministros de Medio ambiente y Desarrollo Sostenible, los países de la subregión andina aprobaron la Agenda Ambiental para el periodo 2006-2010, cuyos ejes temáticos fueron el cambio climático, la biodiversidad y los recursos hídricos, y los ejes transversales fueron el fortalecimiento de capacidades en comercio, medio ambiente y desarrollo sostenible, educación ambiental y producción y consumo sostenible. Esta estrategia ambiental tiene como objetivo fortalecer las capacidades de los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) en este tema. Dentro de esta Agenda Ambiental se ha estructurado la Estrategia Andina sobre Cambio Climático y su correspondiente plan de acción, a fin de que sirvan de fundamento para la coordinación subregional en los temas prioritarios de los países, de la CMNUCC y del Protocolo de Kyoto. Asimismo, la Comunidad

Andina cuenta con el Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres (CAPRADE), encargado de contribuir a la reducción del riesgo y del impacto de los desastres.

A escala nacional, el Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático (MNACC), elaborado por el PNCC, es un documento de política nacional ajustado a las estrategias planteadas por el Plan Nacional de Desarrollo y elaborado el año 2007. Nace de la necesidad de responder a la naturaleza de la variabilidad y el cambio climático; es considerado una estrategia de largo plazo (10 años) orientada a estabilizar las acciones y resultados esperados del cambio climático, y de

formulación de una respuesta estructural al calentamiento global a través de la adaptación. Está orientada a reducir la vulnerabilidad climática en sectores identificados como vulnerables, promover la adaptación planificada en el marco de los distintos programas sectoriales y reducir los riesgos de los impactos del cambio climático.

En este marco, las acciones de adaptación son ejecutadas por las entidades responsables de cada sector, articulando su accionar nacional a los planos territoriales, departamentales y municipales para que existan procesos de retroalimentación y respondan a las necesidades de adaptación al cambio climático y la variabilidad climática, integrando a las organizaciones sociales de base (MPD, 2007a).

Recuadro 6: Mecanismo Nacional de Adaptación

El Mecanismo Nacional de Adaptación fue construido a partir de la realización de consultas participativas con actores sociales e institucionales de las distintas regiones del país, y la revisión de estudios de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria. Este proceso ha permitido que los actores sociales e institucionales identifiquen sus necesidades de adaptación a impactos futuros del cambio climático, y sistematizar las necesidades de adaptación al cambio climático en programas sectoriales y programas transversales. En el marco del proceso de formulación, se establece llevar adelante las siguientes acciones:

- Los actores sociales identificaron cinco programas en sectores vulnerables (recursos hídricos, seguridad alimentaria, salud, asentamientos humanos y gestión de riesgos y ecosistemas)
- Tres programas transversales que incluyen las acciones que favorecen la inclusión y el conocimiento de la temática de adaptación al cambio climático dentro de las estrategias de desarrollo del país: a) investigación científica, b) capacitación, educación y difusión, y c) aspectos antropológicos y conocimientos ancestrales.
- Un programa movilizador orientado a llevar adelante la gestión del MNACC, así como a lograr que ésta sea incluida en la planificación del gobierno boliviano y la gestión de recursos para lograr la ejecución de las acciones de adaptación priorizadas por los actores sociales.

Recuadro 7: Objetivos del Mecanismo Nacional de Adaptación

Los objetivos de gestión del Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático son:

- Responder a las políticas del Plan Nacional de Desarrollo con acciones de adaptación al cambio climático de manera integral y multisectorial que permitan un alto grado de sustentabilidad.
- Consolidar mecanismos de participación de los diferentes actores institucionales en el marco de la reestructuración del Consejo Interinstitucional del Cambio Climático.
- Coordinar de manera intersectorial las acciones de adaptación al cambio climático.
- Apoyar las gestiones del PNCC dentro de la estructura estatal para fomentar las acciones de adaptación al cambio climático.
- Apoyar el logro de mecanismos financieros orientados al desarrollo nacional para integrar en ellos las acciones de adaptación (ej.: Fondos de inversión, apoyos programáticos, sectoriales, etc.).
- Articular las acciones de adaptación con otras acciones operativas que se plasman, ya sea en programas de desarrollo (programas de manejo de cuencas, programas y proyectos de riego, programas de salud, etc.) o en proyectos específicos de manera que estos integren y conciban la necesidad de incluir acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad nacional al cambio climático.
- Promover la integración de acciones de adaptación dentro del ámbito municipal y departamental.

Las estrategias de respuesta planteadas en el Mecanismo Nacional de Adaptación son:

- a) Adaptación de los recursos hídricos al cambio climático.
- b) Adaptación de la seguridad y soberanía alimentaria al cambio climático.
- c) Adaptación sanitaria al cambio climático.
- d) Adaptación de los asentamientos humanos y gestión del riesgo.
- e) Adaptación de los ecosistemas al cambio climático.

Las mismas que serán implantadas a través de la ejecución de programas tales como:

- Programa Sectorial de Adaptación de la Seguridad y Soberanía Alimentaria al Cambio Climático, garantizando la disponibilidad y acceso en la cantidad suficiente de alimentos para la población, generando medidas de adaptación efectivas articuladas a las políticas

del Plan Nacional de Desarrollo de la producción agropecuaria, conservación y manejo de la agrobiodiversidad.

- Programa Sectorial de Adaptación de los Ecosistemas al Cambio Climático.
- Programa de Asentamientos Humanos y Gestión de Riesgos.
- Programa de Investigación Científica.
- Programa de Capacitación, Difusión y Educación.

Los diferentes modelos de desarrollo que se han implementado en Bolivia no han logrado reducir o disminuir significativamente la pobreza, exclusión, marginación y desigualdad, incidiendo de manera importante en la alta vulnerabilidad, considerada estructural.

En este contexto se explica el marco normativo e institucional de la gestión del riesgo, considerado muy incipiente aún (BID, 2010). El conjunto de normas y estructura institucional se encuentra desarticulado, sin niveles permanentes de coordinación. Hasta la fecha se han diseñado compar-

timentos estancos, tanto a nivel sectorial como territorial, se desarrollan acciones puntuales y vinculadas a sectores concretos (emergencias, agricultura, cuencas, educación, vivienda).

Esto a pesar de que se cuenta con una norma sistémica, enfocada a la reducción de riesgos y atención de desastres y/o emergencias, el impedimento está en la implementación de la misma.

En un estudio del caso de Bolivia sobre gestión del riesgo se afirma que este modelo determina un desigual trato ex ante o ex post, ofreciendo, de un lado, una incipiente capacidad de respuesta, además de ser bajo en tareas de prevención y reconstrucción (BID, 2010). Como se indicó en lo que se refiere a la gestión del riesgo de desastres, la sectorialización de las tareas y su “tercerización” configuran un modelo normativo y organizacional segmentado.

El marco institucional se construyó en Bolivia a la par de la sucesión de desastres ocurridos, ante los cuales el Estado generó respuestas que se manifestaron a través de normativas y un cuerpo administrativo burocrático. Esto ha generado la construcción de una cultura reactiva, es decir, de respuesta ante el desastre y no se trabaja en una política preventiva y de articulación con los objetivos del desarrollo (Salamanca, 2010a, b).

Según Salamanca (2010a), la atención a emergencias siempre se ha dado, desde la constitución misma de Bolivia (y también desde antes), a partir de acciones de la comunidad afectada, organizarse y atender a los damnificados dotándolos de alimentos y agua, luego el Estado respondía a través del nombramiento de autoridades como prefectos y/o alcaldes, quienes eran los encargados de conformar las comisiones de atención de los damnificados, nombrar autoridades como ministros (Salud, Gobierno) y desde 1964 se acude a los militares para recurrir al Ministro de Defensa. En 1968 se crea Defensa Civil como un Comité Permanente de Emergencia Nacional (DS N° 08274 de 23/02/68).

El Niño 1982/83 generó por primera vez la institucionalización de una entidad con carácter permanente para atender los desastres. De esta manera nace el Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) mediante Decreto Supremo N° 19386 de 17/01/83. Posteriormente, en 1997, mediante Ley 1788 de 16/09/97, se reorienta dicha instancia y se crea el Servicio Nacional de Defensa Civil también para atender las emergencias del fenómeno El Niño 1997/98. Es este fenómeno y el sismo del Cono Sur, de mayo de 1998, los que permiten dar un salto cuali y cuantitativo, ya que se incorpora a la agenda pública la gestión del riesgo, a través de la creación del Sistema Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias (SISRADE), entidad encargada de atender la gestión del riesgo de manera integral, y se incluye la prevención y mitigación como elementos básicos en la planificación del desarrollo a través del SISRADE y el ordenamiento territorial.

Este sistema es descentralizado, quiere decir que las acciones ya no se concretan en una sola entidad, como era hasta ese entonces Defensa Civil, sino que las autoridades territoriales son responsables en cada uno de sus ámbitos (departamental y municipal), además que se implementa el Fondo de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias (FORADE) para financiar no sólo actividades de emergencia, sino de prevención, mitigación, atención, rehabilitación y reconstrucción (esta última nunca se pudo incorporar), y la creación de un Sistema de Información (SINAGER) a fin de generar y consolidar información del riesgo (Salamanca, 2010a).

El SISRADE está compuesto en el ámbito nacional –como instancia superior de decisión y coordinación– por el Consejo Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias (CONARADE), conformado por una Secretaría Técnica (a cargo del Viceministe-

rio de Defensa Civil) e integrado por los ministerios de la Presidencia, Gobierno, Economía y Finanzas Públicas, Defensa Nacional, Planificación del Desarrollo, Desarrollo Rural, Salud, entre los principales. A su vez, a nivel descentralizado se asigna responsabilidades a las máximas autoridades departamentales (gobernadores) y municipales (alcaldes) como responsables en su territorio de la reducción de riesgos y atención de desastres y/o emergencias, ratificada por la Ley Marco de Autonomías N° 031 de 19/07/10, que establece en su artículo 100 las acciones específicas que deben realizar cada uno de los espacios territoriales a nivel nacional, departamental, municipal, y municipio originario campesino³⁶.

Como se puede advertir, se han diseñado y promulgado pocas leyes y normas vinculadas con la gestión del riesgo de desastres, pero las leyes que se promulgaron antes del 2000 tienen un enfoque de atención de las emergencias antes que incluir la gestión del riesgo en la planificación del desarrollo. Por ejemplo, en las normas del Sistema Nacional de Planificación se toma al riesgo como amenaza y vulnerabilidades en el diagnóstico, pero no se toma en cuenta la gestión del riesgo. La misma situación se presenta en las normas de ordenamiento territorial. Inversión pública y toda su normativa no incorpora la gestión del riesgo, continúa dividiendo proyectos de desarrollo por un lado y de emergencias por otro,

en el que no se incluye el análisis de escenarios de riesgo; esto significa que se pueden implementar obras de desarrollo sin tomar en cuenta el riesgo y se utilizan los proyectos de emergencias para atender emergencias.

Desde la óptica institucional y más allá de la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, que en el artículo noveno numeral dos indica: “Garantizar el bienestar, el desarrollo, la seguridad y protección e igual dignidad de las personas, las naciones, los pueblos y las comunidades...” (CPE, 2009), se contempla el Sistema Nacional de Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias, regido por la Ley 2140, de 25/10/2000³⁷.

El Viceministerio de Defensa Civil³⁸, de acuerdo a la Norma de Organización del Órgano Ejecutivo DS 29894, depende del Ministerio de Defensa Nacional. Es la entidad encargada de planificar, coordinar y ejecutar las actividades destinadas a prevenir o dar respuesta a las situaciones derivadas de desastres³⁹. En la práctica y al día de hoy, el Viceministerio de Defensa Civil tiene un claro carácter *emergencista*; sin embargo, es necesario reconocer que actualmente está en un camino que permitirá liderar la gestión del riesgo de desastres en Bolivia sobre la base de la normativa que le respalda.

Defensa Civil tiene ocho oficinas departamen-

36 Esta norma, si bien es un avance que otros campos del desarrollo no tienen, en su artículo 100 se encuentran contradicciones como que se tienen dos sistemas, uno el SISRADE y otro para los gobiernos municipales indígena, originario, campesinos. Respecto al financiamiento, se le transfiere toda la responsabilidad a los gobiernos municipales y de manera concurrente a las gobernaciones, y el nivel central se encarga de conseguir recursos.

37 Sus principales principios son: a) Obligatoriedad e interés colectivo, b) Derecho a la protección, c) Responsabilidad, d) Gestión descentralizada, e) Subsidiariedad, f) Planificación e inversión, g) Integralidad.

38 El Viceministerio de Defensa Civil (VIDECI) fue creado por Ley 2446 (Ley de Organización del Poder Ejecutivo), es regulado mediante Decreto Supremo N° 27230, del 31 de octubre del año 2003, y ratificado mediante DS 28631 (Reglamento de la Ley 3351).

39 Sus funciones son: a) Proponer políticas y reglamentos de gestión del riesgo; b) Planificar y ejecutar acciones destinadas a la reducción de riesgos, en coordinación con las instancias sectoriales, departamentales, municipales, privadas y organizaciones nacionales e internacionales; c) Planificar y ejecutar acciones para la preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción en caso de emergencias y desastres naturales, tecnológicos y antrópicos; d) Elaboración y coordinación de la información del Sistema Nacional para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias (SISRADE); e) Ejercer la Secretaría Técnica del CONARADE; y i) Coordinar con los órganos competentes del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas la planificación de la canalización de cooperación técnica y financiera para programas y proyectos.

tales y cuatro regionales, hecho que no garantiza una mayor capacidad de coordinación, ya que sus recursos son muy limitados. Por otro lado, falta concretar el proceso de descentralización en las instancias departamentales, regionales, municipales, lo que dificulta una labor más eficaz y eficiente. En torno a Defensa Civil se aglutinan un conjunto de instituciones que forman parte del Comité Operativo de Emergencias, tales como las Fuerzas Armadas, Policía, Bomberos, grupos de rescate, SENAHMI, INE, UDAPE, ONG de asistencia humanitaria.

A nivel territorial existen avances en cuanto a la concreción de unidades de gestión del riesgo, tanto en las gobernaciones como en algunos municipios. Éstos coordinan acciones de respuesta con los representantes departamentales de Defensa Civil para atender las emergencias. También se tienen institucionalizados los centros operativos de emergencia departamentales (Santa Cruz, Beni, La Paz, Tarija, Cochabamba), implementados como resultado de emergencias pasadas, unos tienen avances fundamentales como la generación de sistemas de alerta temprana (Beni y Santa Cruz) y otros han disminuido sus acciones como consecuencia de cambios de autoridades (Marco de Acción de Hyogo, 2010).

En ámbitos de la gestión del riesgo, la comunidad internacional apoya en proyectos de preparación, como es el caso de la Comunidad Económica y sus contrapartes: Oxfam, SAVE THE CHILDREN, CARE, COOPI, VISIÓN MUNDIAL, o las agencias de Naciones Unidas que trabajan en la atención de las emergencias, o como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, CAF, JICA, COSUDE, que tienen programas y proyectos de rehabilitación y/o reconstrucción. Existen otras ONG que trabajan en gestión del riesgo como CARITAS, Plan de Padrinos, CIPCA, Cruz Roja, Médicos Mundi y otros (SALAMANCA, 2010b).

40 Existen estrategias de adaptación y/o gestión de riesgo climático en las prefecturas de Oruro y Santa Cruz, y en los municipios de La Paz y Trinidad.

Se cuenta con la agenda estratégica para el fortalecimiento de la gestión del riesgo en Bolivia, que se estableció en cumplimiento al Marco de Acción de Hyogo y en colaboración con el PREDECAN (EAPAD, 2007). Se realizan evaluaciones periódicas para ver el estado de avance de la gestión del riesgo en Bolivia a través del Marco de Acción de Riesgos. La primera evaluación se la hizo el año 2004, luego el 29 de agosto de 2008 (Marco de Acción de Hyogo, 2008) y la última el 29 de septiembre de 2010 (Marco de Acción de Hyogo, 2010), dichos informes establecen que existen avances, pero muy pequeños.

Los ministerios de Medio Ambiente y Agua, de Desarrollo Rural y Tierras, de Defensa Nacional, de Planificación del Desarrollo, de Desarrollo Sostenible, de Obras Públicas y Educación han iniciado un proceso de incorporación de unidades de cambio climático y/o gestión del riesgo, encargados de llevar adelante aspectos relacionados; de la misma manera, el tema ha sido afianzado institucionalmente en algunas prefecturas y municipios⁴⁰ a escala regional.

Recursos financieros para la atención de desastres y la adaptación

Como consecuencia del fenómeno de La Niña en Bolivia, el Ministerio de Planificación del Desarrollo (MPD) elaboró el Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción 2008-2010, que establece una precartera de proyectos por un valor aproximado de 500 millones de dólares. Establecida la cartera inicial de proyectos, el plan tiene la finalidad de restablecer las condiciones para normalizar las actividades cotidianas en las zonas afectadas, así como encarar un proceso de recuperación posdesastre que evite reproducir o crear vulnerabilidades y una mayor

exposición al riesgo, incidiendo en la necesaria e importante prevención y mitigación (MPD, 2008). Este plan también reconoce que existen deficientes capacidades institucionales: “Los esquemas institucionales vigentes y la capacidad de ejecución de proyectos limitan el uso de recursos disponibles más allá de la atención de la emergencia. Durante las emergencias de 2006 y 2007 el Gobierno planificó y decidió orientar recursos para la recuperación. Dos años después, el procedimiento no ha permitido la ejecución de los recursos ni el inicio de la mayoría de los proyectos” (MPD, 2008).

El presupuesto de gobiernos municipales es del

1% (con excepción de 2007, que fue del 3%) de su presupuesto global de inversión, lo cual asciende a unos 130 millones en el 2011 (tabla 23)

El presupuesto de Defensa Civil no supera los 2 millones de bolivianos, los cuales se destinan a gastos de funcionamiento del sistema de Defensa Civil (tabla 24).

En el caso del El Niño 2007, el presupuesto total incluyendo el artículo 48 de la CPE, el presupuesto de emergencia contemplado en el DS 29035, el presupuesto de inversión de los municipios asciende a unos 842 millones de bolivianos o un 25% del total de los daños generados por el evento El Niño (tabla 25).

Tabla 23. Bolivia: Presupuestos por departamento de gobiernos municipales para gestión del riesgo de 2005 a 2008 y total nacional de 2011 (Expresado en bolivianos corrientes)

Departamentos	2005	2006	2007	2008	2011
Chuquisaca	164.753	1.149.999	3.019.913	6.343.295	
Cochabamba	3.657.098	14.158.708	16.735.191	19.964.154	
La Paz	24.802.592	17.811.286	15.679.321	20.102.039	
Santa Cruz	2.633.964	14.680.560	25.109.756	31.787.369	
Beni	336.326	1.519.652	5.594.895	15.638.114	
Tarija	115.492	3.725.496	30.223.002	6.936.607	
Pando	200.207	1.893.036	878.029	243.134	
Oruro	3.571	184.901	12.517.286	344.338	
Potosí	985.278	2.035.405	3.411.873	3.942.443	
Total	32.899.281	57.159.043	113.169.266	105.301.493	130.513.170
% Total de la inversión	1%	1%	3%	1%	1%

Fuente: Salamanca, 2011, con base en *Poder local 2010*. En La Red y La Razón. 27/02/011 p. A 14.

Tabla 24: Bolivia: Defensa Civil por categoría programática y grupo de gastos (Expresado en bolivianos)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gastos de funcionamiento	2.622.322	2.622.322	2.563.622	2.568.622	2.568.622	1.834.981
Emergencias				168.000	168.000	188.331
Proyectos		4.666.660				
Total	2.622.322	7.288.982	2.563.622	2.736.622	2.736.622	2.023.312

Fuente: Salamanca, 2011, con base en *Presupuesto institucional por categoría programática y grupo de gasto-total de gastos de las gestiones de 2005, 2006, 2007, 2009, 2010*.

Tabla 25: Comparación de gastos en 2007 destinados a efectos de El Niño (Expresado en millones de bolivianos corrientes)

	2005	2006	2007	2008	2009
Costo por Niño			3.032	3.922	
Presupuesto municipal	33	57	113	105	
Presupuesto Defensa Civil	2	7	2	3	3
Para el 2007					
En aplicación del Art. 48 de la CPE 1% del PGN				589,0	
DS 29035, 1% de recaudaciones por IDH y coparticipación tributaria				50,2	
Ley 2335; 0,15% PGN				88,3	
Subtotal				727	
Presupuesto municipal				113	
Defensa Civil				2	
Subtotal				115	
Total en gestión del riesgo 2007				842	
Costo de El Niño				3.032	
Diferencia				-2.190	

Fuente: Salamanca, 2011.

Las contribuciones humanitarias de gobiernos y organismos internacionales para la atención de la emergencia y/o el desastre suman 96 millones de dólares americanos, en un periodo de 19 años y 20 eventos de declaratoria de emergencia diferentes. En los últimos cuatro años el país ha recibido más de 50 millones de dólares, el detalle se puede resumir de la siguiente manera: 19 millones de dólares el año 2007; 30 millones de dólares el 2008; 6,2 millones de dólares el 2009; y más de 9 millones de dólares el 2010, es decir, en total más de 50 millones de dólares. Entre los contribuyentes más importantes están la Unión Europea, Alemania y el Sistema de Naciones Unidas, a través del Cash Emergency Response Fund-CERF (tabla 26).

Tabla 26: Resumen de donaciones de 1992 a 2011

Año	Tipo de evento	\$us
1992	Inundación-marzo	609.815
1992	Deslizamientos-diciembre	158.400
1994	Derrumbes/inundaciones-marzo	60.000
1997	Inundaciones-marzo	2.828.543
1998	Inundaciones/sequía-marzo	17.123
1998	Sismo-mayo	3.510.292
1999	Incendios forestales-agosto	1.303.521
2001	Inundaciones-enero	5.789.672
2001	Bolivia	238.304
2002	Inundaciones-febrero	4.171.156
2002	Nevada-agosto	754.608
2002	Bolivia	282.305
2003	Derrumbes-abril	142.617
2003	Bolivia	783.864
2004	Sequía-noviembre	930.358
2004	Inundación-enero	109.268
2005	Bolivia	2.695.767
2006	Inundaciones-enero	2.931.964
2006	Bolivia	2.124.871
2007	Inundaciones-enero	13.824.775
2007	Bolivia	6.056.492
2008	Inundaciones-enero	26.053.213
2008	Tormenta-noviembre	123.651
2008	Bolivia	4.969.127
2009	Epidemia-enero	419.182
2009	Bolivia	5.837.021
2010	Inundación-enero	2.559.000
2010	Bolivia	6.991.856
2011	Inundaciones/deslizamiento-enero	226.792
Total		96.503.557

Fuente: Salamanca, 2011; con datos de OCHA financial track al 7/04/2011.

La asignación de recursos financieros para preparación y prevención es prioritaria desde un enfoque de planificación en todos los ámbitos territoriales. Es importante mencionar que debido a la vulnerabilidad del país, el impacto del cambio climático va a requerir mayores recursos para el desarrollo de acciones de adaptación. Según el artículo 2 de la Ley 2335⁴¹, el Estado dispone de un 0,15% del gasto público para la reducción del riesgo y atención de desastres y/o emergencias.

41 Ley Modificatoria de la Ley 2140, que norma la reducción de riesgos y la atención de emergencias.

Experiencias desde lo local en adaptación y gestión del riesgo⁴²

Los principales aportes de las experiencias ejecutadas en adaptación al cambio climático y gestión del riesgo son: i) incorporación del tema y de instrumentos de gestión del riesgo y estudios de vulnerabilidad al cambio climático en los planes de desarrollo territorial; ii) construcción de herramientas técnicas y metodológicas de planificación y gestión del riesgo; iii) fortalecimiento de capacidades para la preparación y respuestas ante situaciones de emergencia; v) esfuerzos de educación y capacitación en gestión del riesgo y cambio climático; v) sistemas de alerta temprana; vi) intercambio de experiencias y compatibilización de instrumentos de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático; vii) elaboración de mapas, manuales y guías para la reducción de la vulnerabilidad y la gestión del riesgo; y viii) sistematizaciones prácticas y estrategias sobre prevención, mitigación y manejo del desastre, con énfasis en la producción agropecuaria.

Varias experiencias de gestión del riesgo y fortalecimiento municipal consideran explícitamente la gestión del riesgo climático (FAO, OPS/OMS, MEDICUS MUNDI, COOPI, SAVE DE CHILDREN, Plan Internacional, Acción Contra el Hambre, GTZ, CARE, ATICA, FUNDEPCO, PADEM, Cruz Roja Boliviana, HMLP y otras). El Proyecto Estudios de Cambio Climático, llevado a cabo por el PNCC entre 2004 y 2008 con el apoyo del programa de asistencia climática de la Cooperación Holandesa (NCAP, por sus siglas en inglés), ha generado procesos adaptativos en unas 20 comunidades locales en dos regiones del país (región del lago Titicaca y valles cruceños) e involucrado a seis gobiernos municipales que

han iniciado estrategias locales de adaptación. Estas estrategias locales han servido para continuar con un proyecto de adaptación basado en comunidades, financiado por el PNUD.

Sistematizaciones y estudios descriptivos sobre el impacto de eventos extremos han sido llevados a cabo por diferentes organizaciones no gubernamentales financiadas por el Departamento de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (DIPECHO). Acción Contra el Hambre (ACH) ha publicado la sistematización del Proyecto de Ayuda Humanitaria a la Población Vulnerable Afectada por el Desborde del Río Grande (ACH, 2008). CARE ha implementado el proyecto Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Preparación y Respuesta ante Situaciones de Emergencia en el Chaco Boliviano, orientado a la preparación de la población ante situaciones de emergencia. FUNDEPCO ha sistematizado sus experiencias en Trinidad y la construcción del Sistema de Alerta Temprana, que trabajó de manera coordinada con Save The Children y otras agencias.

La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (PRRD, 2010) ha publicado la sistematización de metodologías, capacitaciones y elaboración de diagnósticos, describiendo las experiencias y el desarrollo que han realizado sus socios como el Programa Agua-Tierra (ATICA), Programa Manejo Integral de Cuencas (PROMIC), Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), Programa de Suka Kollus (PROSUKO), Agroecológica Universidad Cochabamba (AGRUCO) (COSUDE, 2006). Un área que ha trabajado es el riesgo agrícola, construyendo instrumentos y herramientas para elaborar el Plan Comunal de Gestión del Riesgo Agrícola y en la generación de propuestas en gestión del riesgo en la agricultura (PRRD, 2010).

Por otro lado, existen estudios orientados a recuperar y revalorizar las capacidades adaptativas de la población. CIPCA ha recuperado y sistematizado las acciones en la comunidad El Espino, de la etnia Ava-Guaraní (CIPCA, 1986). De la misma manera, el PNCC ha sistematizado algunas de las más de 20 experiencias locales de adaptación que ha financiado en el marco del Plan Quinquenal 2004-2009 (MPD, 2008). Los esfuerzos de educación y capacitación en gestión del riesgo y cambio climático a escala local son variados (Medicus Mundi, ACH, CARE, Save the Children, FUNDEPCO, ITDG, entre otros).

Varias instituciones han apuntado a desarrollar sistemas de alerta para inundaciones (FAO, Medicus Mundi, GTZ, ALISEI, FUNDEPCO, Save the Children, y el Gobierno Municipal de La Paz). Todos estos trabajos son coordinados por instituciones públicas como el SENAMHI.

El Ministerio de Planificación del Desarrollo ha dado los lineamientos para la incorporación de la gestión del riesgo en procesos de planificación territorial⁴³. El Plan de Desarrollo en el Chaco incluye estas consideraciones. También se han llevado a cabo seminarios y talleres con el fin de compatibilizar instrumentos y herramientas gestadas desde los proyectos a escala departamental y local (MPD, 2007b).

Otra experiencia es la desarrollada por la Prefectura del departamento de La Paz, con recursos del PNUD, después del desastre de Chima. Esta

labor permitió generar acciones de reducción de riesgos y atención de desastres y/o emergencias en el año 2003, tanto en la Prefectura como en el municipio de Tipuani (PNUD, 2005).

En el espacio local, una experiencia que surge de sus propias autoridades es la que ha derivado del Gobierno Municipal de La Paz, a partir de la presencia de un evento adverso como fue la granizada del 19 de febrero del 2002⁴⁴. Estudios realizados desde esa entidad establecen que La Paz es una metrópoli vulnerable y se abre la oportunidad para el desarrollo de un Centro Permanente de Atención y Manejo de Desastres y Emergencias⁴⁵.

En esa misma línea, en junio de 2002 se crea el programa Inundación en la Ciudad de La Paz-Atención de la Emergencia y Apoyo a la Reconstrucción-Asistencia Técnica Gestión del Riesgo (fase inicial), con financiamiento del PNUD, que posteriormente fue ampliado con el proyecto Gestión de Riesgo Local en el Municipio de La Paz, que ha permitido: i) elaborar el primer mapa de riesgos de la ciudad de La Paz (GMLP-PNUD, 2003); incorporar como línea temática la gestión del riesgo en el Plan de Desarrollo Municipal del 2007 al 2011, denominado JAYMA. A pesar de ello, estas acciones aún son realizadas desde una óptica estructurante⁴⁶, cuyas labores están encaminadas a trabajar más en la parte de construcción de obras (canalizaciones, muros de contención, sistemas de alerta temprana) y no así en las no estructurantes, como el plan de ordenamiento territorial, currículo escolar, en medidas de protección social, etc.; tampoco considera las diferentes dimensiones de las vulnerabilidades.

⁴³ Incorporación de gestión del riesgo en las guías de ordenamiento territorial.

⁴⁴ “Martes negro”, denominado así por la principal autoridad del Gobierno Municipal de La Paz porque un evento extremo (granizada de menos de una hora) tuvo resultados funestos en vidas humanas y recursos económicos significativos (60 personas fallecidas y la ciudad perdió más de 10 millones de dólares).

⁴⁵ Se puede indicar que en el ámbito municipal es la primera experiencia de tener un COE de manera permanente.

⁴⁶ Se denominan medidas estructurales de mitigación las que reducen los impactos de peligros sobre las personas y las construcciones mediante labores de ingeniería.

⁴² Cabe mencionar que los ejemplos a continuación son representativos por sus características, sin que esto represente la inexistencia de otros.



Inundaciones en el departamento de Cochabamba.
Fuente: Cepas-CARITAS.



Deslizamientos en la ciudad de La Paz.
Fuente: Norah Romero.



Granizada de febrero del 2002 en La Paz, “martes negro”. Fuente: Gobierno Municipal de La Paz.



Sistemas de alerta temprana

Se cuenta con dos iniciativas que no hacen a la totalidad del país, sino más bien son exclusivas para su territorio:

- 1) El Gobierno Municipal de La Paz ha implementado su Sistema de Alerta Temprana el año 2009, que por ahora sólo hace las funciones de monitoreo y seguimiento.
- 2) Durante los últimos tres años se han puesto en marcha sistemas de Alerta Temprana en el oriente, ya que en estos últimos años han tenido inundaciones y luego sequías que han afectado muchísimo a dichas regiones. Se tienen sistemas de alerta en la cuenca alta y baja del Mamoré, también en la cuenca del Iténez y en la cuenca del Beni, trabajos realizados en coordinación con actores del nivel central (SENAMHI y SEMENA), municipios y actores

sociales (Federación de Ganaderos del Beni) y las poblaciones de las comunidades. (Salamanca, 2010).

Una primera publicación al respecto se denomina *Sistema de Alerta Temprana contra las crecidas del Río Grande (SALTEM)*, editada por la GTZ el año 2004.

Adicionalmente existen publicaciones sobre Sistema Departamental de Alerta Temprana del Beni (Mendoza, 2009a) y Sistema Departamental de Alerta Temprana de Potosí (Mendoza, 2009b), que son propuestas de cómo incorporar un sistema de seguimiento y monitoreo de SAT con una estructura que debiera ser dirigida por el SENAMHI. Si consideramos la normativa vigente, estas estructuras se definen más bien a partir de las instancias políticas-técnicas territoriales, en las cuales el SENAMHI es una institución que brinda asistencia técnica. Aun cuando se convier-

ta en una propuesta para discusión y análisis, es necesario puntualizar que los organismos encargados de proveer información científica, certera y oportuna no deben tomar decisiones, pues las mismas son atribución de las entidades políticas, ya que tienen como competencia la gestión política y responsabilidad del manejo político del orden territorial.

Con apoyo de la cooperación internacional, se cuenta con la experiencia en construcción e instrumentos en gestión del riesgo a partir de la implementación del proyecto Gestión Interinstitucional de Riesgos, financiado por la Cooperación Técnica Alemana (GTZ 2003a, 2003b y 2003g). El aporte obtenido por parte de esta acción fue la elaboración de estudios específicos sobre el cauce e inundación de la cuenca baja del Río Grande, que demuestra cómo la deforestación, la ocupación de sitios por parte de los sojeros y la poca determinación de los gobiernos central, departamental y local no han hecho nada para proteger los defensivos naturales del río (GTZ, 2003c). Este trabajo es complementado con un estudio que plantea la generación de un Sistema de Alerta Temprana, los instrumentos de planificación y de organización como la primera mancomunidad de municipios en gestión del riesgo (GTZ, 2003d, 2003e, 2003f, 2003g, 2003h). La misma GTZ, en la cuenca alta del Río Grande (cuenca de San Pedro), construyó herramientas metodológicas e instrumentos para incorporar la gestión del riesgo a escala local.

Otras experiencias de transversalización de la temática a nivel municipal han sido llevadas a cabo por Oxfam-NCCR-FUNDEPCO en San Xavier, San Borja y Trinidad. Son los primeros trabajos que se realizan incorporando como eje transversal la gestión del riesgo en los planes de desarrollo municipal. Este importante proceso sirvió para construir dos instrumentos: el primero vinculado con la incorporación de la gestión del riesgo en los procesos de desarrollo, como es el Plan de

Desarrollo Municipal (Torrico *et al.*, 2008) y el segundo vinculado con los instrumentos en la planificación del desarrollo municipal con enfoque de gestión del riesgo (Torrico *et al.*, 2008). CARITAS Bolivia ha avanzado en la construcción de instrumentos como la gestión del riesgo en la planificación, su cartilla, y en un manual para unidades de gestión del riesgo.

Actualmente se implementa un proyecto de Gestión Territorial Adaptativa en el municipio de Trinidad, donde se están realizando estudios completos sobre uso de suelos, además del Plan de Ordenamiento Urbano. Ambos instrumentos se incorporan en el Plan Local de Ordenamiento Territorial del Plan de Desarrollo Municipal. Esta experiencia permitirá recobrar metodologías, guías, manuales y herramientas de tal manera que puedan ser replicados. Se puede mencionar que es la única experiencia completa de incorporación de la planificación en el Plan de Desarrollo Municipal transversalizada por gestión del riesgo.

Estudios realizados por el geólogo Keneth Lee y enriquecidos por Oscar Saavedra, acerca de las antiguas culturas amazónicas del Beni, muestran el sistema de camellones, que son elevaciones de terreno y canales, una tecnología hidroagrícola ancestral, como una alternativa de adaptación a los cambios climáticos, y una respuesta eficaz para la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable.

Otra agencia internacional como COSUDE ha realizado importantes aportes a la gestión del riesgo a partir del diseño de herramientas e instrumentos en gestión del riesgo a ser aplicados en el ámbito local. Actualmente se encuentra en la implementación de una tercera fase, donde se desarrolla como eje transversal la gestión del riesgo y cambio climático. Otras experiencias de transversalización de la temática en el ámbito municipal han sido llevadas a cabo por Oxfam-NCCR-FUNDEPCO en San Xavier, San Borja y Trinidad.



Camellones. Fuente: Oscar Saavedra, 2010.



Fuente: PROINPA, 2007.

AGRUCO ejecutó un proyecto relacionado con la gestión del riesgo, dentro del Programa de Integración de Mecanismos y Reducción de Desastres y Gestión del riesgo con la Cooperación Suiza (COSUDE), con el nombre de Gestión del Riesgo en los Municipios de Cercado y Sipe Sipe Afectados por el Parque Nacional Tunari (PNT). El objetivo central fue apoyar la gestión del riesgo a través de un proceso de capacitación, análisis, reflexión, discusión e intercambio de experiencias con los actores sociales de los municipios involucrados, sistematizando y complementado la información en torno a las prácticas y estrategias

sobre prevención, mitigación y manejo del desastre, con énfasis en la producción agropecuaria (AGRUCO-COSUDE, 2006).

Como parte de la prevención de riesgos se puede mencionar trabajos en la educación e información sobre la gestión del riesgo, como la experiencia que desarrolla CIPCA La Paz en Viacha, en el marco de un proyecto financiado por Ayuda en Acción. Realizan la capacitación en gestión del riesgo a profesores, con una metodología que incluye: empleo de medios audiovisuales, elaboración de mapa de riesgos, profundización de actividades de prevención de riesgos con un juego lúdico para niños llamado “riesgolandia”⁴⁷.

Recuadro 8: Proyectos PICAD

Los Proyectos Integrales Campesinos para la Autogestión y Desarrollo Sustentable (PICAD) se caracterizan por trabajar específicamente en el apoyo a las bases productivas de las diferentes zonas bioculturales, basados en la autogestión local y el desarrollo endógeno sustentable, a través de actividades de conservación de suelos, aguas y vegetación, en cuyos procesos se prioriza la revalorización e implementación de sabidurías, tecnologías locales y lógicas económicas que permitan el mejoramiento de la calidad de vida de la población y la sostenibilidad de la naturaleza (sobre la base de AGRUCO, 2004).



47 Este juego consiste en la identificación grupal de amenazas, vulnerabilidades, capacidades y riesgos con la ayuda de imágenes preelaboradas, lo cual se complementa con una reflexión sobre la identificación realizada.



Deforestación y ganadería extensiva. Fuente: CIPCA, 2009.

La Fundación AGRECOL Andes –en sus proyectos de Gestión del Riesgo Agrícola Comunal, Incidencia Política para una Agricultura Sostenible y el Programa Desarrollo Agropecuario Sostenible en Municipios del Chaco y la Chiquitanía– ha desarrollado experiencias locales, estudios y sistematizaciones que han permitido recabar información valiosa sobre el tema a través de diferentes instituciones.

Sobre la base del estudio y la experiencia institucional, la gestión del riesgo agrícola en ámbitos comunales e incluso regionales es la base para desarrollar procesos de adaptación al cambio climático; sin embargo, esta tarea tiene que estar secundada por la elaboración de mapas de riesgo, la adecuación del manejo de la siembra a los factores climáticos cambiantes, el manejo y conservación de suelos, el uso de abonos naturales, el manejo de parcelas agroforestales y diversificadas, la recuperación y protección de vertientes, la construcción de sistemas de riego, un mejor aprovechamiento de los

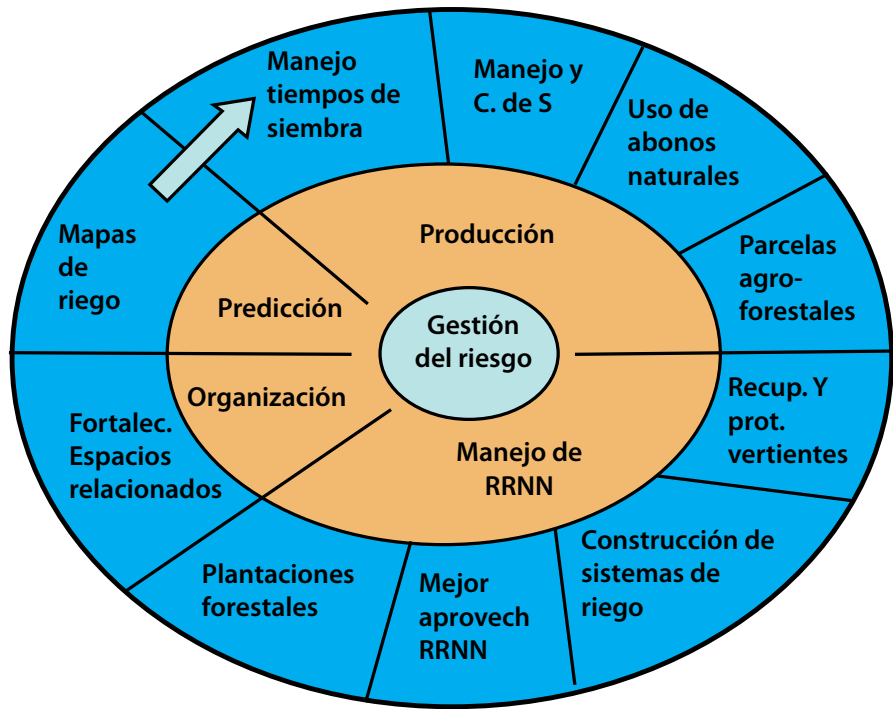
recursos naturales, las plantaciones forestales y el fortalecimiento de espacios organizativos relacionados.

“Antes la lluvia era linda, el agua llegaba permanentemente por este río que es grande. Aquí producía mucho, uvas, durazno, granadas, producía todo tipo de frutas, entonces llevábamos a vender una parte a la estación de ferrocarriles y otra parte se llevaba a los centros mineros” (Pastora Sanabria en AGRECOL, 2009a).

Sin embargo, muchas intervenciones que se precian de exitosas no han trascendido niveles familiares y es precisamente en niveles comunales y regionales donde los efectos de la adaptación son visibles.

Acciones aisladas y con pocas familias inciden lógicamente en los incrementos productivos y en una mayor seguridad alimentaria familiar, sin embargo, no benefician a comunidades íntegras ni favorecen procesos de mitigación de los factores climáticos. En sus intervenciones, la Fundación AGRECOL Andes abarca una buena parte de estas acciones (figura 26).

Figura 26: Acciones desarrolladas como medidas de adaptación al cambio climático



Fuente: Piepenstock y Maldonado, 2009.

Gestión del agua

Por una parte, el aumento de la oferta hídrica se basa en acciones tradicionales (aumento de los volúmenes de embalses, trasvases), en alternativas en proceso de desarrollo (recursos subterráneos) y; por otra parte, en el desarrollo de recursos no convencionales (MMAyA, 2009c). A escala nacional se han realizado esfuerzos en las diferentes eco-regiones del país a través de proyectos estatales, instituciones académicas, ONG e intervenciones con participación internacional.

Los principales aportes desde las experiencias de proyectos y programas se han dirigido a: i) construcción de infraestructura de cosecha de agua; ii) construcción de infraestructura para el almacenamiento de agua que proviene de las lluvias, vertientes, quebradas y ríos, en atajados o estanques, para luego utilizarla para riego de los

cultivos; iii) utilización de agua almacenada en minirepresas edificadas y producir bajo riego; iv) construcción de obras de riego; v) minisistemas de riego han favorecido a las familias campesinas; vi) implementación del sistema de reuso de aguas residuales; vii) construcción y mejoramiento de infraestructura de riego y drenaje; viii) socialización de experiencias y fortalecimiento de capacidades en la gestión del agua; ix) socialización y difusión de experiencias a través de radios comunitarias; x) información a los ciudadanos acerca del uso eficiente de este recurso.

A continuación se ilustra algunas de las intervenciones de mayor relevancia en el tema de la gestión eficiente del agua.

Uno de estos esfuerzos importantes es el Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático (PRAA), que tiene el objetivo de asistir en la preparación del Proyecto Diseño e Im-

plementación de Medidas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina de las Cuencas Tuni-Condoriri⁴⁸, incorporando el impacto del retroceso acelerado de glaciares. Uno de los componentes más importantes del plan está referido a la implementación de tres proyectos piloto: (i) Manejo Integrado de la Cuenca Tuni-Condoriri, con énfasis en la adaptación de los sistemas de dotación de agua potable para consumo humano a la retracción de los glaciares; (ii) Manejo Piloto Integrado de las Microcuencas Khullu Cachi, Tacapaya y Amachuma Grande, afectadas por la retracción de glaciares, con un enfoque de adaptación de las actividades agropecuarias no sólo a la retracción de los glaciares, sino también al cambio climático; (iii) Adaptación Participativa para la Construcción de Defensivos en el Río La Paz, en el sector Huayhuasi y El Palomar, con un enfoque de gestión de riegos y construcción de defensivos.

En el proyecto GRANDE se analizará y pronosticará el estado de los glaciares de Tuni y Zongo, que abastecen a represas de agua potable. Los resultados de la predicción permitirán establecer estrategias para el incremento de la capacidad de los embalses o el trasvase de recursos entre cuencas de La Paz y El Alto.

A partir de 1997, el Instituto de Investigación y Capacitación Campesina (IICCA) ha trabajado aplicando la propuesta cosecha de agua con las familias y organizaciones campesinas de los municipios de Uriondo, San Lorenzo Yunchará y El Puente, que agrupan a 10.381 familias distribuidas en 219 comunidades. Esta propuesta apoyó la construcción de infraestructura para el alma-

cenamiento de agua que proviene de las lluvias, vertientes, quebradas y ríos, en atajados o estanques para luego utilizarla para riego de los cultivos. Asimismo, se inició la aplicación de sistemas de riego presurizado por aspersión en comunidades del valle central, buscando optimizar el uso del agua.

El programa PROAGRO, de la GTZ, desarrolla proyectos de mejora de la producción en el municipio de Mojocoya. Para ello ha implementado sistemas de riego en varias comunidades del municipio (cosecha de agua para el mejoramiento de la seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático), que han tenido efectos multiplicadores y favorecieron en muchos aspectos a las familias campesinas, mejorando su calidad de vida. Se han construido obras de riego con grupos de regantes, hecho que posibilita una efectiva utilización del agua almacenada en las miniempresas edificadas con la activa participación de familias beneficiarias y llegar a producir bajo riego 113 ha. El principal aliado estratégico es el gobierno municipal, que además de la contraparte financiera, facilitó un efectivo apoyo en el seguimiento a la ejecución de obras (VIVE, 2010).

La Fundación ACLO, en Tarija, ha desarrollado acciones en las comunidades campesinas de la provincia O'Connor⁴⁹, relacionadas con el aprovechamiento de pequeñas fuentes de agua para dotar de riego a pequeñas superficies agrícolas mediante el almacenamiento y optimización del caudal disponible (VIVE, 2010). La implementación de minisistemas de riego ha favorecido a las familias campesinas que están ubicadas en tierras alejadas, con topografía accidentada y con escasa

48 Estudios realizados por el programa GRANT, del Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA, con el financiamiento parcial del PNCC, han establecido que los glaciares de Tuni y Condoriri podrían desaparecer los años 2025 y 2045, respectivamente, reduciendo la capacidad de regulación (almacenamiento) de la cuenca y con ello bajando la disponibilidad de recursos hídricos para la dotación de agua al Sistema de Dotación de Agua Potable de El Alto, que provee el servicio a la ciudad de El Alto y a las laderas de la ciudad de La Paz (PRAA, 2008). Con el fin de construir una medida óptima de adaptación al cambio climático en Bolivia, a partir del año 2010 se ejecuta el proyecto denominado Glacier Retreat Impact Assessment and National Policy Development (GRANDE).

49 Aprovechamiento de pequeñas fuentes de agua para la implementación de huertos familiares.

posibilidad de acceso a sistemas de riego con mayor caudal. Entre los resultados más importantes están cinco minisistemas de riego construidos que habilitan una superficie de 5,5 hectáreas bajo riego para 10 familias campesinas. En este caso, el suministro de agua es propicio para la incorporación de otros medios o tecnologías que incrementan los niveles productivos. La experiencia puede ser replicada en ambientes con similares condiciones socioambientales y económicas.

La cuenca del río Guadalquivir se encuentra afectada por un fuerte proceso de erosión, cuya magnitud alcanza proporciones alarmantes: de las 342.246 ha de este valle, 232.727 ha presentan problemas de erosión, lo que corresponde al 70% de la superficie total.

El PERTT ha implementado un programa de repoblación forestal con especies nativas e introducidas, apropiadas para la preservación y restauración del régimen hidrológico de la cuenca, con un enfoque de gestión integral de los recursos hídricos, tomando a la cuenca como su principal unidad de planificación (acciones de control hidrológico forestal en cuencas del valle central de Tarija. VIVE, 2010). El propósito fundamental de la intervención está orientado a mejorar las oportunidades de disponibilidad de agua. A partir de este componente, la visión de desarrollo cambia completamente en la comunidad. Con el agua, la gente entiende que puede obtener mejores rentas y redefine el uso de sus terrenos convirtiendo, por ejemplo, áreas de pastoreo que no ofrecen mucha rentabilidad en áreas de cultivo, lo que favorece en primera instancia la oferta de alimentos en cantidad y calidad, sirve como abastecimiento familiar y a su vez brinda oportunidades de destinar algunos excedentes para la venta.

El uso de parcelas demostrativas ha servido para traspolar y extender los modelos hacia los terrenos de la población que ha participado de la experiencia. Se han introducido los sistemas de

plantaciones de uso múltiple y se han incorporado especies frutales que complementan la demanda de materiales de construcción, forraje, energía y alimentación humana. Los módulos de prueba con hortalizas han despertado el interés de la población de la comunidad por seguir experimentando nuevas alternativas, tal es el caso del cultivo de alcachofa, que ha generado un interesante impacto.

El Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades (PROAPAC/GTZ) ha creado una comisión mixta para la implementación del sistema de reuso de aguas residuales tratadas en la agricultura, en la gestión integral de residuos sólidos y asesoramiento para la definición de normas y políticas de reuso de aguas residuales.

Desde los años 2000-2001 se han construido en Bolivia 10.000 baños ecológicos, la mayoría con la ayuda de UNICEF, pero también de las diferentes organizaciones activas en el sector, como ser: Sumaj Huasi, Agua Tuya, Bibosi/Water for People, para nombrar solamente las más activas (GTZ, 2009).

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua, en el Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua, presenta opciones de gestión de agua, entre ellas la información a los ciudadanos acerca del uso eficiente de este recurso, la difusión de sencillas técnicas de ahorro, la universalización del uso de artefactos ahorradores de agua, particularmente inodoros de bajo consumo; educación y capacitación para el uso eficiente de agua; reducción de pérdidas del líquido en los sistemas de captación, almacenamiento y distribución de agua potable; elaboración de nuevas normas reduciendo los caudales de dotación; e implementación de nuevas políticas tarifarias que promuevan el uso eficiente y desalienten enfáticamente el desperdicio de agua.

El Plan Nacional de Desarrollo del Riego para

Vivir Bien plantea, desarrollar el riego para contribuir a lograr soberanía alimentaria, generación de excedentes y creación de empleos, implementar el ordenamiento de recursos hídricos en el subsector riego como el ejercicio de los derechos del uso del agua de las organizaciones indígenas, originarias, campesinas, colonizadores, económicas campesinas, organizaciones de regantes y otras de pequeños productores. Incrementar la disponibilidad de agua para riego mediante la construcción y mejoramiento de infraestructura de riego y drenaje, el uso y aprovechamiento más sostenible de las fuentes de agua, suelo y recursos productivos a través de la innovación tecnológica en riego para lograr una mayor cobertura de superficie regada (MMAyA, 2009c).

Riego

El agua utilizada como riego es uno de los recursos tecnológicos que permite mitigar el efecto de déficit hídrico, teniendo en cuenta las condiciones del clima, suelos y recursos hídricos en la producción de cultivos, se estima una superficie de 2 millones de hectáreas aptas para ser regadas en Bolivia. En la actualidad existen aproximadamente sólo 226.000 hectáreas bajo riego, distribuidas en Cochabamba (81.925 ha), Tarija (36.351 ha), La Paz (35.994 ha) y Chuquisaca (21.168 ha) como los departamentos de mayor cobertura; seguidas de Potosí (16.240 ha), Santa Cruz (15.239 ha) y Oruro (14.039 ha). Estos sistemas de riego están formados por una red básica de canales abastecida con agua de lluvia y cuentan con pocos elementos de regulación, como presas y revestimiento, lo que los hace sistemas muy frágiles a las pérdidas y altamente dependientes de la estacionalidad de las lluvias (Gestión del Riesgo, 2000; MMAyA, 2009c). Asociado a la mayoría de los sistemas de riego en el altiplano y valles andinos que dependen del caudal de recarga que proveen los glaciares, éstas se verían influenciadas negativamente en un mediano y largo plazo por la retracción de los glaciares debido al calen-

tamiento global (PNCC, 2009). La expansión del riego en el país ha sido lenta durante los últimos 20 años, con una inversión pública del orden de 6 millones de dólares anuales durante la última década, que representa la puesta en servicio de algo más de 2.000 ha bajo riego por año, vale decir, un crecimiento del área regada del alrededor del 1% anual.

En cuanto a la agricultura bajo riego en Bolivia, es aún incipiente. En el año 2003 alrededor del 85% de la superficie cultivable era a secano, condición sumamente desventajosa para los agricultores que enfrentan cíclicas sequías y pérdidas en la producción agrícola. Para contrarrestar esta amenaza, los campesinos de la zona andina especialmente han desarrollado sistemas de gestión de riego comunitario que aprovechan parte del potencial hídrico y proporcionan experiencia operativa y organizativa. Las ecorregiones del altiplano, los valles, chaco y tierras bajas del oeste acusan déficit hídrico y son consideradas prioritarias para el riego (PNCC, 2009).

De manera general, la problemática del agua relacionada con la agricultura incide en varios aspectos: productivos, sociales, institucionales, financieros y ambientales, los cuales se interrelacionan unos a otros. Este es el diagnóstico del (CAT-PRONAPAR, 2003), que se presenta resumido en la tabla 26.

La valoración del déficit hídrico que considere el ciclo hidrológico (aportes de lluvias, aguas superficiales, aguas subterráneas y otros) es importante en la medida de determinar las opciones de adaptación a la variabilidad y cambio climático.

De acuerdo a la GTZ/PROAGRO (2008) y el Viceministerio de Riego, se hacen presentes algunas diferencias de la disponibilidad del agua para riego según las regiones de Bolivia, como se cita a continuación:

Tabla 27: Contribución potencial del sector hídrico a la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio

Metas	Relación directa con agua	Relación indirecta con agua
Meta 1: Erradicación de la pobreza extrema y el hambre	El agua es un factor presente en gran número de actividades de producción (por ejemplo, agricultura, zootecnia, industrias familiares). Producción sostenible de peces, silvicultura y otros alimentos en recursos compartidos.	Una menor degradación de los ecosistemas mejora el desarrollo sostenible a nivel local. Reducción del hambre en las ciudades mediante un abaratamiento de los alimentos, gracias a un suministro de agua más fiable.
Meta 2: Consecución de la educación universal		Mejora de la asistencia a las escuelas gracias a la mejora de la salud y a una menor carga vinculada al acarreo de agua, especialmente para las niñas.
Meta 3: Promoción de la igualdad de género y de una mayor autosuficiencia de las mujeres	Desarrollo de programas de gestión hídrica sensibles al género	Menor pérdida de tiempo y menor carga sanitaria gracias a una mejora del servicio hídrico, que proporcionaría más tiempo para la obtención de ingresos y para un mayor equilibrio en los roles de género.
Meta 6: Lucha contra el VIH/sida, el paludismo y otras enfermedades	Una mayor accesibilidad al agua y saneamiento ayuda a los hogares afectados por el VIH/sida y podría mejorar el impacto de los programas de atención en salud. Una mejor gestión del agua reduce el hábitat de los mosquitos y el riesgo de transmisión del paludismo	
Meta 7: Sostenibilidad medioambiental	La mejora de la gestión hídrica reduce el consumo de agua y recicla nutrientes y sustancias orgánicas. Iniciativas que aseguren el acceso a unos ecoasentamientos mejores y, posiblemente, productivos en los hogares pobres. Iniciativas que mejoren los sistemas de abastecimiento de agua y saneamientos en las comunidades pobres. Iniciativas que reduzcan el caudal de aguas de desecho y mejoren la salud medioambiental en las áreas de chabolismo.	Desarrollo de un sistema de explotación, mantenimiento y recuperación de costos que asegure la sostenibilidad en la prestación de servicios.

Fuente: IPCC, 2008b.

Tabla 28: Problemática nacional de la disponibilidad de agua en la agricultura. Extractada del resumen diagnóstico del riego en Bolivia

Aspecto	Problemática
Productivos	Baja producción debido a la ausencia de recursos hídricos disponibles en época seca. Pérdida de producción por eventos extremos como sequías. Importación de productos agrícolas. Prácticas insostenibles de manejo del suelo, erosión y pérdida de suelo.
Sociales	Pobreza e inseguridad alimentaria. Conflictos y disputas relacionadas a los derechos de las fuentes de agua. Conflictos técnicos entre grupos humanos beneficiados, acerca del manejo y uso de los recursos naturales.
Institucionales	Ausencia de información completa para elaboración de estudios especializados. Ausencia de capacitación efectiva a recursos humanos.
Financieros	Baja inversión en infraestructura de proyectos de optimización y disponibilidad de agua para riego, entre otros. Demora de gestión de los proyectos con altos costos administrativos y técnicos.
Ambientales	Erosión del suelo. Contaminación de las fuentes de agua. Disminución de la disponibilidad de recursos hídricos por los cambios en el clima.

Fuente: CAT-PRONAR, 2003.

Valles secos

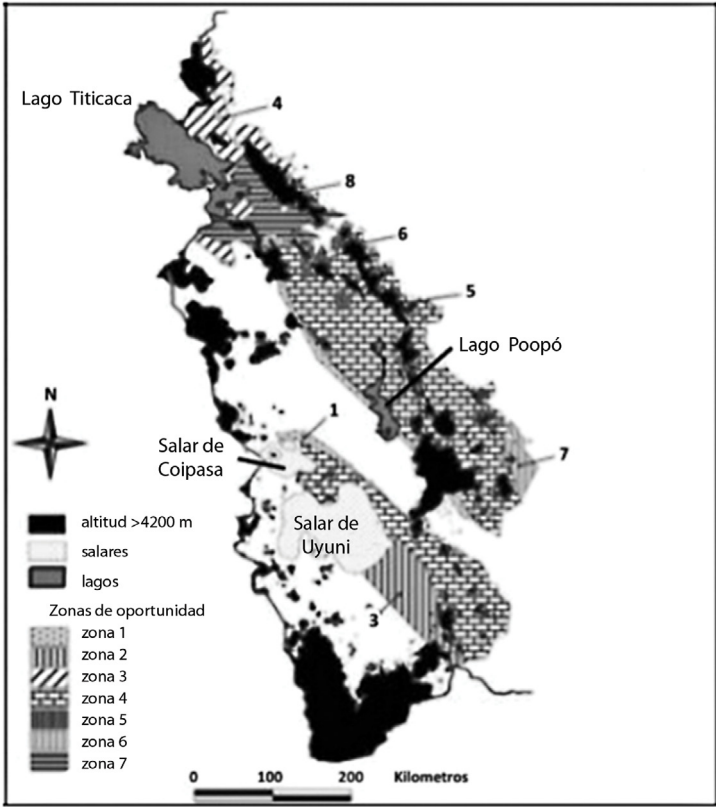
Esta región presenta un potencial importante de desarrollo para una agricultura bajo riego debido a la disponibilidad de suelos aptos, fuentes de agua, mercados, infraestructura caminera y alto grado de organización. Sin embargo, existen diferencias socioeconómicas, culturales y organizativas entre la subregión de los valles cerrados interandinos y de los valles mesotérmicos. Los agricultores de los valles mesotérmicos presentan mayores niveles de ingreso y disponibilidad de inversión, a lo cual se añade que la producción tiene buen rendimiento y el área regable muestra suelos aptos susceptibles a expansión. En los valles interandinos existe mayor experiencia técnica y administrativa en la gestión de proyectos de riego y agricultura, lo cual permite a los campesinos industrializar muchos productos.

Altiplano

La región del altiplano presenta menores potencialidades para una agricultura bajo riego orientada al mercado, debido a las restricciones climáticas y eventos extremos que no permiten cultivos a campo abierto en invierno. Pero el acceso al agua de riego en el altiplano permite alcanzar seguridad alimentaria de las comunidades campesinas y riego en bofedales, además del abastecimiento de ciudades y poblados de la región. En el altiplano el riesgo deficitario podría ser una de las soluciones que se deben explorar (Geerts *et al.*, 2006) (figura 27).

La región del chaco presenta una baja tradición de riego, cuya expansión estuvo restringida a la zona subandina y al monte seco, es decir, alrededor

Figura 27: Zonas aptas para riego deficitario en quinua



Fuente: Geerts *et al.*, 2006.

de fuentes de agua y suelos con aptitud agrícola. En los últimos años esta situación ha cambiado y esta zona ha expandido la frontera agrícola, diversificando los cultivos e implementándolos en competencias del mercado.

Con esas consideraciones, el MMAyA pretende poner en marcha un proceso acelerado de inversiones en riego, ligado con acciones paralelas de apoyo, asesoramiento y prestación de servicios complementarios que permitan coadyuvar al logro de la soberanía alimentaria y la lucha contra la pobreza mediante el incremento de la capacidad productiva no sólo de las regiones áridas y semiáridas del país, sino de otras áreas donde ahora se demanda riego en el plazo más corto posible (MMAyA, 2009c).

Se estima que para cubrir la demanda actual se debe incrementar 40.000 ha bajo riego, con sistemas autogestionarios y sostenibles (MMAyA, 2009c).

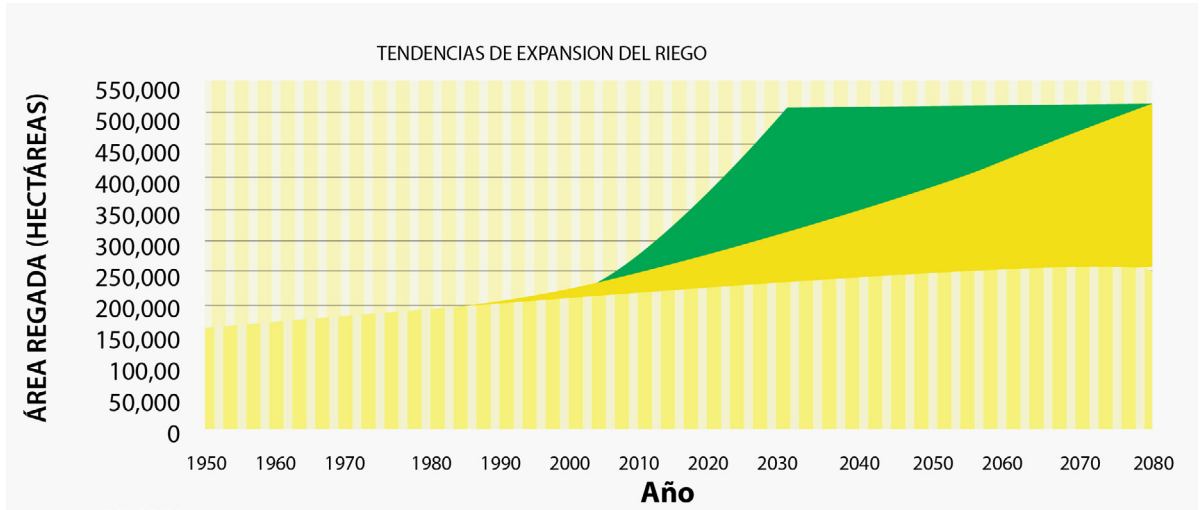
Una proyección de tales acciones se presenta en la figura 28, donde se compara la tendencia actual de crecimiento del riego, con la alternativa del MMAyA que produciría una respuesta más oportuna a las necesidades de riego identificadas (MMAyA, 2009c).

En general, los resultados de proyectos de riego son infraestructuras mejoradas o nuevas en funcionamiento, y en condiciones de ser operadas y mantenidas en forma autogestionable y permanente. Los efectos son positivos en términos de disponibilidad de agua, mayor superficie de riego, mayor producción, mayor disponibilidad de alimentos, mayor seguridad alimentaria y mayor acceso al mercado (MMAyA, 2009c).

De la evaluación ex post del Programa Nacional del Riego (PRONAR), realizada el 2003 (GTZ, 2003a-2003h), sobre la base de una muestra de 20 proyectos y siete de otros programas, se concluye que los efectos del riego se traducen en incremento de 138% del ingreso familiar por aumento en el volumen de producción, una subida del 130% de la mano de obra y un incremento en la seguridad alimentaria del 10-30%, hasta 60-80%. Se ha establecido que la tasa interna de retorno varía en un promedio de entre 5% al 14%.

En la evaluación ex post reciente, realizada por un consorcio de consultoras por encargo del BID a solicitud del Ministerio del Agua (BID y Ministerio del Agua, 2007), sobre la base de una

Figura 28: Proyección de la tendencia actual de crecimiento del riego



Fuente: MMAyA, 2009c.

muestra de 40 proyectos efectuados, de los 158 construidos en el marco del PRONAR se concluye –corroboradas las evaluaciones anteriores y en términos generales– que el mejoramiento de sistemas de riego y microrriego es una inversión rentable, con resultados productivos satisfactorios para las familias participantes. Los sistemas mejorados demuestran además un alto grado de sostenibilidad, por lo que la inversión efectuada tiene un impacto económico sostenido.

Una descripción detallada del manejo de agua para riego y uso eficiente con enfoque agroecológico mediante prácticas locales validadas por agricultores fue abordada en diferentes ecorregiones y cultivos del país por CIPCA. Estas evaluaciones enriquecen el conocimiento de la gestión local de agua, ya que fueron realizadas de manera participativa, rescatando los conocimientos ancestrales y dando relevancia a las percepciones de los productores regantes de Bolivia (CIPCA, 2010).

Las plantas de quinua requieren para su producción alta intensidad lumínica que prevalece en el altiplano. La altitud de la zona limita fuertemente las posibilidades de cultivo debido a que el periodo de producción se restringe de octubre a abril por poca lluvia de la época seca (marzo-septiembre). Las sequías y las bajas temperaturas se consideran como las principales razones para la obtención de bajos rendimientos. A pesar de que la aplicación de riego podría constituirse en una opción, esto queda invalidado por la fuerte escasez de recursos hídricos en la región. De esta manera, la opción denominada *riego deficitario* se convierte en una alternativa muy interesante. El objetivo del uso de riego deficitario en quinua es maximizar la productividad de agua y estabilizar los rendimientos en alrededor del 60%. Se evaluó con los productores del altiplano sur la factibilidad del riego deficitario y fertilización orgánica en quinua.

Se logró sistematizar información secundaria de

los siguientes ejes temáticos: situación actual de los sistemas productivos en las cuencas seleccionadas (Achacachi y Luribay), reconocimiento *in situ* de la cuenca del río Keka y de la cuenca de Luribay, implementación de parcelas de experimentación del cultivo de papa en la cuenca del río Keka para medir la disponibilidad de agua frente a cambios climáticos, implementación del cultivo de la vid en la comunidad del Porvenir de la cuenca de Luribay, sistematización de información secundaria de las características biofísicas y socioeconómicas de las cuencas del río Keka y Luribay, y elaboración de la cartografía base.

UNESCO está trabajando en el municipio de Callapa, apoyando a comunidades pobres en la producción de quinua bajo riego deficitario con el fin promover su comercialización y como opción de desarrollo sostenible para estas zonas (IIAREN, 2010). Se pretende evaluar estrategias de habilitación de áreas marginales productivas como opciones de apoyo al desarrollo de comunidades deprimidas del planeta, lo que permitiría definir estrategias adaptadas localmente para la producción agrícola en zonas áridas marginales.

Sistemas de riego y normas de uso de agua

Se promueve la cosecha de agua de lluvia para riego y aprovechamiento de agua de ríos y vertientes realizando obras de toma de agua, canales de distribución, estanques (*qotañas*), también represas pequeñas. La elaboración y ejecución de proyectos para incrementar superficies de cultivo bajo riego, que al mismo tiempo aminoren efectos negativos del cambio climático, es una de las prioridades de los gobiernos municipales (CIPCA, 2007b; CIPCA, 2008b). Se ha probado también el riego por aspersión y goteo para promover el uso eficiente del agua donde, para el caso del riego por aspersión, una de las limitantes es el costo de las tuberías y aspersores; también se observa que las familias productoras están

acostumbradas al riego por turnos que requieren tiempos específicos; en cambio, para el riego por aspersión necesitan más tiempo para aprovechar el agua que les toca, aspecto que limita la adopción de esta técnica (comunicación personal con Gonzalo Reynaga, técnico de CIPCA La Paz). La distribución de agua para consumo humano se basa en reglamentos para servicios de agua potable. A fin de aprovechar fuentes de agua (especialmente ríos y vertientes) para el riego, las comunidades normalmente se basan en formas de organización y normas tradicionales, como lo muestra el estudio de LARUTA *et al.* (2007).

Experiencias vinculadas a la agricultura

Las experiencias de proyectos y programas aportaron importantes conocimientos y lecciones al tema de la agricultura y la adaptación al cambio climático. Entre las más sobresalientes se pueden mencionar: i) Fortalecimiento de procesos de gestión comunitaria de conservación de la biodiversidad y la mitigación de cambios climáticos;

ii) desarrollo de capacidades locales; iii) instrumento financiero para la reducción de riesgo de desastres en la producción agrícola; iv) mejoramiento de variedades agrícolas; v) evaluaciones del grado de amenazas de especies de la biodiversidad florística; vi) métodos de evaluación de impactos potenciales de nuevas tecnologías agrícolas.

En cuanto a experiencias de ordenamiento agrícola, existe una que se desarrolló en el municipio de Pocona, Cochabamba, donde se construyeron participativamente mapas de riesgos de sequía, heladas, granizadas, deslizamientos e inundaciones. La construcción y validación conjunta de mapas de percepción y mapas generados desde un sistema de información geográfica con los actores locales es una evidencia de la complementariedad del conocimiento local y el conocimiento científico. Esta información podría complementar los planes de ordenamiento territorial y la planificación de la producción agrícola, en el marco estratégico de mitigación y adaptación al cambio climático.



Fuente: Memoria-Informe de la gestión 2009. CIPCA, 2010.

El municipio de Sipe Sipe, del departamento de Cochabamba, que se caracteriza por la producción agrícola y en los últimos años ha sido afectada por desastres con mayor frecuencia e intensidad, ha realizado un estudio de análisis y zonificación de riesgos naturales (sequías, erosión, deslizamientos, granizadas y heladas), identificando las variaciones climáticas y la intervención humana como generadoras de riesgo de ocurrencia natural y antrópica, que se traducen en emergencias y desastres. Este tipo de estudios ayuda a tomar acciones antes de que ocurra el desastre. Da pautas acerca de las medidas de prevención y mitigación de eventos naturales, considerando sitios de intervención prioritaria a aquellos que presentan relaciones de amenaza y vulnerabilidad de alto riesgo (Ala & García, 2009).

En la subcuenca del río Jatun Mayu, en el departamento de Cochabamba, el constante creci-

miento poblacional y la necesidad de producir más obliga a que los agricultores busquen otras zonas donde habilitar nuevas tierras de cultivo, especialmente en áreas más altas de la cuenca. El incremento de la temperatura media en la zona es un factor que ha acelerado este proceso, con los efectos consiguientes de degradación de suelos, sedimentación de lagunas y pérdida de reservorios de agua. Para cuantificar y evaluar el impacto de actividades alternativas en las condiciones ambientales y socioeconómicas se han realizado diferentes estudios de los recursos suelo y agua, elaborándose una base de datos propia de clima y de caudales, los cuales fueron introducidos en modelos de simulación para la generación de escenarios. Se han evaluado las relaciones entre la disponibilidad de distintos nutrientes en el suelo y los efectos de las rotaciones de cultivos, así como las relaciones de precipitación, escurrimiento y pérdida del suelo. Así, la ampliación de la frontera agrícola resulta un proceso irreversible



Foto: Fundación PROINPA.

ble, no obstante, es posible generar y promover la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente, a fin de reducir las emisiones GEI y la pérdida de suelo y agua mediante la generación de estrategias de adaptación al cambio climático (PROINPA, 2009).

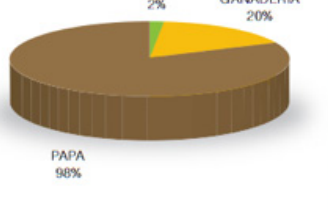
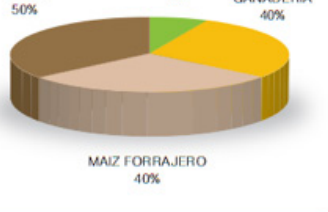
El proyecto Estudios de Cambio Climático del PNCC ha evaluado, sobre la base de diagnósticos participativos, la vulnerabilidad de los sistemas de subsistencia en dos ecorregiones del país: la del lago Titicaca y la de los valles cruceños. Un resumen de los riesgos climáticos de los medios de vida se muestra en la siguiente figura.

Este mismo proyecto, en colaboración con la Fundación AUTAPO y la Embajada de Holanda, ha evaluado los impactos del cambio climático

sobre la cadena productiva de la quinua y sugerido medidas de adaptación (Gonzales & Payem, 2008a).

El Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, en inglés) funciona en Bolivia desde hace seis años, bajo la coadministración del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA). El FMAM/PPD ha logrado desencadenar procesos de gestión comunitaria en proyectos de conservación de la biodiversidad y la mitigación de cambios climáticos, en los cuales se han desarrollado experiencias y capacidades locales que aportan lecciones valiosas en aspectos tecnológicos, metodológicos y operativos (para ver detalles, refiérase a <http://www.pnud.bo/ppd/>).

Figura 29: Resumen de los impactos del cambio climático sobre los sistemas de subsistencia en dos municipios de los valles cruceños

Municipio	Medios de Subsistencia	Medidas de Adaptación	Percepción de los riesgos
Moro Moro	1500 Has de cultivos 1-2 Has/familia  CEREALES Y FRUTAS 2% GANADERÍA 20% PAPA 98%	Seguridad Hídrica 10% Riego	Alto riesgo: el municipio sólo cuenta con un 10% de riego, aunque se encuentra en cabecera de cuenca, los procesos de uso del suelo, ocupación de bofedales van a agudizar el problema en los próximos años
		Eficiencia en el uso del agua Atajados 15%, riego tecnificado 10%	Riesgo intermedio: no existe una conciencia de las personas sobre la importancia de la vegetación para la gestión del agua de lluvia, los atajados no van a suplir el rol de la vegetación en proporcionar agua verde.
		Relaciones Tecnológicas Papa/pesticidas/salud humana	Alto Riesgo: El uso indiscriminado de pesticidas está contaminando los cuerpos de agua, el suelo y afectando la salud humana.
		Relaciones tecnológicas Ganado/Bosque	Riesgo intermedio: Hay poco ganado en el municipio, sin embargo todavía existe un manejo común del bosque lo que lleva a su degradación.
		Mecanismos Financieros y adaptación a los mercados Centros de Acopio	Bajo riesgo: no se han identificado riesgos para los centros de acopio de papa.
Vallegrande	4000 Has de cultivos 5-10 Has/familia  PAPA 50% FRUTAS 10% GANADERÍA 40% MAIZ FORRAJERO 40%	Seguridad Hídrica 14% Riego	Riesgo intermedio: no existe una conciencia de las personas sobre la importancia de la vegetación para la gestión del agua de lluvia, los atajados no van a suplir el rol de la vegetación en proporcionar agua verde.
		Eficiencia en el uso del agua Atajados 10%, riego tecnificado 5%	Riesgo intermedio: no existe una conciencia de las personas sobre la importancia de la vegetación para la gestión del agua de lluvia, los atajados no van a suplir el rol de la vegetación en proporcionar agua verde.
		Relaciones Tecnológicas Pesticidas/salud humana	Alto Riesgo: El uso indiscriminado de pesticidas está contaminando los cuerpos de agua, el suelo y afectando la salud humana.
		Mecanismos Financieros y adaptación a los mercados Centros de acopio	Riesgo intermedio: Se ha reportado una epidemia de peste bubónica por el uso deficiente de los silos de maíz.

Recuadro 8: Ejemplo de medida de adaptación, recuperación de semilla del tarwi PNUD-PPD

El impacto del cambio climático es global, pero las respuestas y soluciones deben ser locales. En la región del altiplano norte, en el ecosistema del lago Titicaca, la alta influencia de los glaciares, la configuración fisiográfica de montañas y los efectos microclimáticos determinan el régimen pluviométrico. Esto origina que los sistemas productivos sean predominantemente de subsistencia, los suelos sean frágiles, de baja fertilidad y con poca disponibilidad de agua para riego, lo que en definitiva la hace vulnerable al cambio climático. A partir de aquello emerge la propuesta de “recuperación de semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) en cuatro comunidades del municipio de Carabuco, circundantes al lago Titicaca”, que a través de un proceso participativo busca desarrollar una serie de actividades y acciones que van desde el levantamiento de una línea de base del proyecto en función a indicadores de adaptación, la implementación de campos semilleros del cultivo, la caracterización y registro de ecotipos locales de tarwi, la organización de productores semilleros, que en conjunto contribuyen a la generación y fortalecimiento de capacidades locales que han logrado constituirse en medidas de adaptación al cambio climático.

El esfuerzo conjunto y coordinado entre comunidades involucradas, equipo técnico y autoridades locales es sin duda una de las mayores fortalezas de la iniciativa. Esta tarea que busca integrar en todo el proceso a todos los actores está generando muchas lecciones y grandes campos de aprendizaje desde el punto de vista metodológico, como operativo y procedimental, que trasuntan más allá de los grandes logros y resultados preliminares alentadores y las buenas perspectivas que tenga la iniciativa. La adaptación al cambio climático, basada en el conocimiento, vivencia y experiencia local, secundada por el apoyo técnico, se constituyen en un mecanismo que contribuirá de manera efectiva a reducir sus vulnerabilidades, aumentar su resiliencia y estar en definitiva mejor preparado al cambio climático.



Verificación de parcelas semilleras de tarwi Tilacoca

El seguro como instrumento financiero para la reducción de riesgo de desastres en la producción agrícola

Este proyecto ejecutado entre UNAPA, PRO-SUKO y PROFIN trata de contribuir a mejorar los procesos de prevención y mitigación de riesgos agrícolas provocados por fenómenos meteorológicos en el altiplano norte. Busca promover la recuperación e incorporación de conocimiento tradicional para la prevención del riesgo agrícola en la instrumentalización de un seguro agrícola, y generar un instrumento financiero de mitigación de daños a la producción agrícola, fortaleciendo la cultura de prevención de los productores. Con ello se pretende la masificación del instrumento financiero o fondo de mitigación del riesgo agrícola (PRRD, 2010).

Mejoramiento de variedades agrícolas en el marco del Instituto Nacional de Innovación en Agropecuaria y Forestales (INIAF)

El INIAF ha difundido un registro de 21 variedades de diferentes especies cultivadas, donde se describen sus potencialidades de producción, su fenología, su zona potencial de cultivo y estarían aptas para su difusión hacia los productores. En el documento las variedades son consideradas como una estrategia de adaptación al cambio climático; sin embargo, no presenta información o alguna referencia sobre los resultados de evaluaciones de estos materiales frente a los escenarios de variabilidad y cambio climático (INIAF, 2009). Por otra parte, se han desarrollado y se vienen desarrollando variedades más precoces y con elevado rendimiento en papa, quinua y cañahua; papa con resistencia a sequía y tizón; quinua de grano grande y sin saponina, con lo que se puede contrarrestar los efectos adversos y asegurar la producción de alimentos (PROINPA, 2009).

Libro rojo de parientes silvestres de cultivos de Bolivia

Contiene información sobre 152 especies analizadas por investigadores bolivianos, quienes tras haber analizado toda la información disponible, evaluaron el grado de amenaza de las especies, aplicando la metodología de criterios y categorías recomendada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para cada caso. Asimismo, contiene información que permite emprender acciones de conservación y uso que pueden contribuir a la supervivencia de las especies incluidas en ese documento. Esta es la primera publicación que analiza las plantas amenazadas en Bolivia y representa un paso importante para entender esta situación que sufre la biodiversidad florística de Bolivia; el estudio incluye 11 géneros de nueve familias, realizados con una alta calidad científica de análisis y presentación (MMAyA, 2009b).

Distribución potencial actual y futura de especies silvestres de papa endémicas de Bolivia

La futura distribución potencial de las especies silvestres de papa endémicas de Bolivia presenta variaciones importantes con respecto a la actual, debido a las variaciones en los regímenes de precipitación y temperatura ocasionadas por el cambio climático y la variabilidad climática. Bajo condiciones climáticas futuras, las especies *S. alandiae*, *S. arnezii*, *S. berthaultii*, *S. circaeifolium* (var. *capsibaccatum*) y *S. gandarillasii* presentan incrementos en su superficie de distribución potencial futura en un rango de 2% a 61%, con relación a la superficie actual. Contrariamente, las especies *S. boliviense* (subsp. *astleyi*), *S. x doddsii*, *S. hoopesii*, *S. microdontum* (var. *montepuncoense*), *S. x sucrense*, *S. violaceimarmoratum* presentan reducciones de 9% a 18% de su superficie potencial de distribución geográfica (Patiño *et al.*, 2008).

Mejoramiento: soya

La Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno avanza en el mejoramiento del cultivo de soya, enmarcado en las recomendaciones de la FAO, que sugiere que como respuesta al cambio climático se oriente el fitomejoramiento para poder producir en zonas marginales o que no son aptas para la agricultura, es decir, que se pueden cultivar variedades tolerantes a la sequía, las inundaciones, el calor, el frío o la toxicidad del aluminio.

Las investigaciones realizadas por la FCA –de manera conjunta con entidades privadas y/o estatales como ser cooperativas agrícolas, semilleros, agricultores y asociaciones de productores y centros experimentales donde destaca SEMEXA, FUNDA-CRUZ, SEREBOL, CAICO, ANAPO, CIAT– han alcanzado importantes avances en el mejoramiento genético de soya, destacando la existencia de materiales de diferentes ciclos de producción, ya que ello permite mayor flexibilidad en las labores que serán realizadas desde la siembra hasta la cosecha. Permite jugar de cierta forma con aspectos relacionados al clima, pudiendo en algunas zonas sembrarse materiales tardíos, luego intermedios y finalmente precoces, asegurando la distribución del agua de forma equilibrada a todos ellos (FUNDACRUZ, 2007). Las variedades con ciclos menores a 105 días son precoces, entre 106 a 124 intermedios, y mayores a 124 días son variedades tardías.

Cuantificando la expresión de la diversidad genética de papa en los Andes: Análisis de crecimiento y modelación

El presente trabajo analiza el crecimiento y desarrollo del cultivo para validar el modelo de simulación LINTUL para papas nativas en condiciones agroecológicas andinas. Para ello se

generaron ocho escenarios de producción en la zona agroecológica del altiplano, con variedades estudiadas bajo condiciones de variabilidad climática con pérdida parcial y total de follaje. Las variedades de ciclo corto pueden escapar a ciertos factores climáticos restrictivos, generando una recuperación del 80% de una pérdida total causada por el cultivo de referencia o tradicionalmente cultivado. Las variedades de ciclo largo, si bien tienen cierta resistencia a heladas y sequía, aseguran prioritariamente la conservación de follaje en desmedro de los tubérculos. La combinación de la variabilidad genética de las diferentes especies de papa frente a un factor ambiental restrictivo presenta un mecanismo natural que minimiza pérdidas y maximiza la producción. Frente a la variabilidad y los cambios climáticos es posible integrar los sistemas de suelos-aguas-cultivos y generar escenarios de manejo de cultivos que contribuyan en los mecanismos de adaptación al cambio climático (Condori *et al.*, 2010).

Un método cuantitativo y restrictivo específico para evaluar impactos potenciales de nuevas tecnologías agrícolas: el caso de la resistencia de la papa a las heladas en el altiplano (Perú y Bolivia)

El cultivo de la papa en el altiplano es primordial y juega diferentes roles, pero se destaca por su aporte en la seguridad alimentaria. Dentro de la gama de éstas se pueden encontrar variedades específicamente tolerantes a las sequías y heladas, que se presentan con diferentes periodicidades e intensidades asociadas a la variabilidad y al cambio climático. Se calibró y validó el modelo LINTUL de heladas de papa para condiciones del altiplano, integrándolo a sistemas de información geográfica. Se generaron cinco escenarios de producción de la variedad Gendarme, bajo presencia de heladas en la zona agroecológica del altiplano. Cuando la resistencia a las heladas se incrementa en una variedad de -1 a -2 ó -3° C, el promedio de

los rendimientos de papa se incrementa de 26% a 40%, respectivamente. Los otros incrementos de resistencia podrían ser asumidos a otras variedades como Ajawiri y Luki, propias de estos sistemas productivos. Es posible mejorar la respuesta de las variedades en sistemas complejos que puedan ser afectados por otros factores climáticos adversos como la sequía, en su implicancia temporal y espacial. El presente estudio puede coadyuvar en la orientación hacia la mejora del sistema tradicional, como rotaciones más óptimas que aseguren la productividad de las zonas implicadas. El enfoque de estudio y la metodología aplicada puede permitir cuantificar otros factores colaterales de interés frente a la variabilidad y cambio climático, como cuantificación del uso de agroquímicos que afectan al calentamiento global (Hijmans *et al.*, 2003).

Control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa en Colomi-Bolivia

El tizón tardío (*Phytophthora infestans*) ocasiona pérdidas de hasta 70% en el rendimiento del cultivo. Para controlar la enfermedad, el agricultor, por falta de conocimiento y recursos económicos, hace un uso inadecuado de pesticidas. El objetivo de este análisis fue determinar la eficiencia de subsidios energéticos respecto al uso de pesticidas. Se establecieron dos estudios en campo con la siguiente estrategia: T1 estrategia química de contacto; T2 estrategia del agricultor o aplicación de un solo producto de contacto; T3 estrategia agroecológica, o combinación de productos naturales y químicos. Los resultados de incidencia de la enfermedad muestran T2 con 859,37, luego el T3 con 250,55 y finalmente el T1 con 200,18. El rendimiento muestra que T3 tuvo un rendimiento similar a T1; en cambio T1 fue inferior. El análisis de impacto ambiental muestra al tratamiento T3 como el menos contaminante del medio ambiente. Se puede concluir que al hacer un uso eficiente de los subsidios energéticos en

la producción agrícola, se estaría contribuyendo indirectamente a una menor emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera (Donaire & García, 2006).

Mejoramiento: arroz

El mejoramiento del cultivo de arroz en la zona oriental del país ha sido desarrollado fundamentalmente por CIAT, FENCA, CAISY y ASPAR, en coordinación con la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAGRM. Se destacan las variedades de arroz con resistencia a sequía, que son de ciclo corto por una mayor eficiencia de agua. Las variedades adaptadas a sequía deben conseguir la adaptación a ciertas condiciones de estrés hídrico, como ser: menos disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno; incremento en la presencia de enfermedades, modificación de los insectos que inciden en el cultivo.

Las principales investigaciones realizadas por la FCA se han dirigido al mejoramiento genético en arroz bajo riego, bajo condiciones de secano y secano favorecido. Lo cual es concordante con las estimaciones que se tienen de la campaña 2008/2009, donde el 80% de la superficie sembrada en Santa Cruz es bajo secano (80.000 ha) y el 20% estuvo bajo riego (20.000 ha).

Existen también importantes avances en la generación de material biofortificado, por ejemplo, el CIAT (Agrosalud, 2009) ha lanzado la variedad Azucena y la línea Saavedra 27, que son dos materiales biofortificados liberados comercialmente. Azucena tiene 3,40 partes por millón (ppm) de hierro y 18,57 ppm de zinc, con una diferencia de 0,42 ppm de hierro y 8,97 de zinc que poseen las variedades normales. Por su parte, la variedad Saavedra 27, también de CIAT, presenta un incremento de 0,54 ppm de hierro y 2,0 ppm de zinc, lo que la hace promisoría para zonas con sistema de cultivo mecanizado (secano favorecido y riego) (Terceros, 2002; Rocha, 2002; Pérez, 2005; Agrosalud, 2009).

Mejoramiento: trigo

El mejoramiento de variedades de trigo, emprendido por CIAT, ANAPO y la FCA, se ha concentrado fundamentalmente en el aspecto genético, con énfasis en la búsqueda de resistencia a las enfermedades que presenta este cultivo en zonas tropicales, debido a que el trigo originalmente es de clima más templado que el cruceño. Prado (1999) seleccionó material resistente a *Helmitosporiosis*, Serrano (1999) escogió material resistente a roya de trigo (*Puccinia recóndita*) y Saavedra (2003) material resistente a *Piricularia*. La FCA realizó investigaciones orientadas al mejoramiento de este cultivo de invierno, tres de ellas son para la zona de los valles (Saavedra, 2003). También hay un trabajo en el que se seleccionó material genético para condiciones de riego. El resto de los estudios son de fitomejoramiento del trigo en la zona norte y la zona de expansión del departamento de Santa Cruz (Vargas, 2002; Banegas A., 2001; Blacutt, 2007).

Mejoramiento: maíz

La Facultad de Ciencias Agrícolas, con el apoyo de instituciones como el CIAT, en diferentes zonas productoras del oriente y chaco del país, ha realizado investigaciones relacionadas con el mejoramiento de maíz, evaluando el comportamiento de variedades híbridas introducidas, las que deben ser probadas para conocer el potencial que presentan bajo condiciones locales. Actualmente, el Vallecito, centro de investigación de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, trabaja con un programa de maíz QPM (Quality Protein Maize). Se han evaluado 11 variedades promisorias de maíz blanco provenientes del CYMMIT, comparándolo con el Tuxpeño 2. El maíz de alta calidad proteínica QPM es un material que tiene el doble de aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, que el maíz común. La proteína del maíz normal contiene 1,6% de lisina y 1,47%

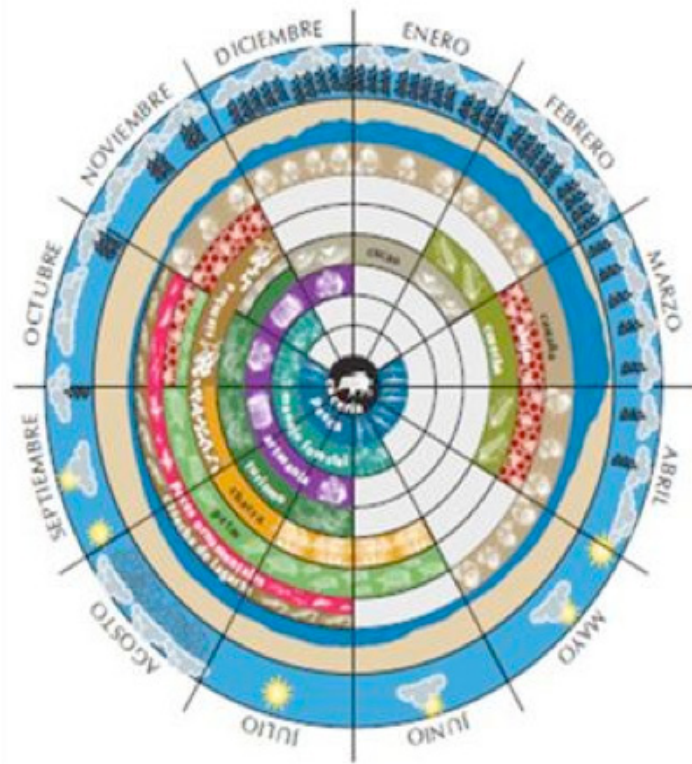
de triptófano; mientras que los maíces de calidad proteica (QPM) contienen un promedio 3,1% de lisina y 1,0 % de triptófano (www.cimmyt.com). El mismo programa ha evaluado 20 familias de medio hermanos del Tuxpeño Opaco 2, el cual ha mostrado una amplia adaptabilidad y ha proporcionado germoplasma que se encuentra en casi todos los ambientes tropicales. Ha sido usado como fuente de resistencia a las enfermedades foliares, tiene resistencia a sequía y toxicidad de aluminio. También como fuente para un tipo de planta más bajo con un mejor índice de cosecha, para variedades que pueden tolerar un cierto grado de inundación y también para trasplante (Ralde, 2009; Molina *et al.*, 2010).

Planes de gestión territorial y comunal

Entre las organizaciones indígenas en la región del chaco existen experiencias en la elaboración e implementación de instrumentos técnicos compatibles con las normas consuetudinarias propias de la población guaraní, como son los Planes de Gestión Territorial Indígenas (PGTI) de las Tierras Comunitarias de Origen (TCO) Charagua Norte, Parapitiguasu y Kaaguasu. Los PGTI se constituyen en un instrumento de planificación y negociación para la implementación de una estrategia de desarrollo de la población indígena, en torno a la gestión y administración de los recursos naturales mediante un uso y aprovechamiento sostenible, en la perspectiva de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de las TCO (CIPCA Cordillera y APG Charagua Norte, 2004; CIPCA Cordillera y APG Parapitiguasu, 2004).

Los pueblos indígenas como los de tierras bajas han trabajado en la gestión territorial, considerando la sostenibilidad de sus recursos y de su territorio, además para el manejo de sus Tierras Comunitarias de Origen. Existen trabajos como el que ha hecho el pueblo Tacana (TCO TACANA, 2005) o la estrategia que ha desarrollado el pueblo indígena Leco-Larecaja (Leco, 2006) (figura 30).

Figura 30: Calendario de aprovechamiento de los recursos naturales en el territorio indígena Tacana



Fuente: Consejo Indígena del Pueblo Tacana, 2010.

Los Sistemas Agroforestales (SAF)

Los Sistemas Agroforestales buscan imitar la dinámica del bosque natural estando acordes con la vocación forestal de la Amazonía. Combinan cultivos tradicionales (arroz, maíz) con árboles

frutales, forestales, medicinales, que son aprovechados por las familias dentro de una misma parcela (CIPCA Pando, 2007). En este marco se promueven cultivos y árboles nativos, así como especies introducidas adaptadas a la zona, considerando beneficios para el sistema productivo así como para las familias productoras en el corto, mediano y largo plazo.

Principales hallazgos
y conclusiones

Avances, vacíos y brechas en la construcción del conocimiento de cambio climático

La sociedad boliviana tiene diversas necesidades de contar con información en torno al cambio climático. Por una parte, la población vulnerable tiene la necesidad de conocer más de qué se trata el cambio climático, entender cuáles son sus niveles de exposición y las medidas de adaptación que deberían adoptar. Los tomadores de decisión tienen la necesidad de contar con información clara, oportuna y confiable para tomar decisiones con diligencia en el corto, mediano y largo plazo. Otros actores como los investigadores contribuyen fuertemente a la generación del conocimiento y apoyan la toma de decisiones. En los ámbitos locales, la generación de conocimiento y la práctica se encuentran fuertemente vinculados y son parte de la experiencia de agricultores, pueblos indígenas, originario campesinos y debe ser parte integral de una gestión de la información y del conocimiento.

Desde la firma y ratificación de la Convención de Cambio Climático y del Marco de Acción de Hyogo, el país ha realizado una serie de esfuerzos institucionales y organizacionales desde las entidades del Estado, desde las comunidades locales y desde las organizaciones de la sociedad boliviana para mejorar sus capacidades de gestión del riesgo climático y la adaptación. Por otra parte, lidiar con situaciones de emergencia y desastre nacional genera una mayor conciencia de la necesidad de una gestión del riesgo que incorpore la planificación, el ordenamiento territorial y los asentamientos humanos como medios para reducir la vulnerabilidad de la gente y los sectores.

El entendimiento del cambio climático en Bolivia es todavía incompleto. Existen investigaciones abarcadoras sobre la descripción del clima en

Bolivia y otras que apuntan a su reconstrucción a través de la investigación paleoclimática y el monitoreo de testigos de hielo. El uso de modelos climáticos para explorar posibles tendencias de cambio climático, efectos de El Niño/La Niña o la deforestación en la región amazónica es todavía incipiente. Aún existen elevados niveles de incertidumbre y escasa vinculación con estudios más amplios que describan la vulnerabilidad de un determinado sector, segmento o grupo poblacional, así como el desarrollo de posibles medidas de adaptación. En cuanto a las capacidades de generación de información básica, todavía prevalecen grandes vacíos de información, tanto meteorológica e hidrológica como a nivel de los sectores.

Las percepciones de vulnerabilidad todavía son sesgadas e incompletas, pese a los importantes esfuerzos realizados por el gobierno, agencias de cooperación internacional, la academia, el sistema de Naciones Unidas y agencias regionales para evaluar las consecuencias de eventos vinculados al fenómeno El Niño/La Niña. Deberán hacerse mayores esfuerzos por parte del gobierno central, las gobernaciones y los municipios, así como por las organizaciones de la sociedad civil y la cooperación internacional para entender e identificar claramente a los más vulnerables, y actuar proactivamente a fin de reducir las causas estructurantes de la vulnerabilidad.

En cuanto a la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo de desastres, la sociedad boliviana ha hecho importantes avances para definir un marco institucional en torno al Mecanismo Nacional de Adaptación y la Ley 2140, lo que ha evolucionado en el contexto de la Ley de Autonomías y de la Constitución Política del Estado, proporcionando un marco para la coordinación interministerial en los diferentes niveles de gobierno.

Las debilidades institucionales del Estado boli-

viano se perciben fuertemente en los ámbitos de extensión tecnológica para el sector agropecuario y en el manejo de microcuencas, donde se requiere una intervención más sistemática para atender y lograr resultados de largo aliento en cuanto a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y grupos poblacionales.

Al mismo tiempo, actualmente existe un bagaje importante de experiencias locales dirigidas a generar mayores niveles de sostenibilidad en los ámbitos locales, sin embargo, se encuentran aisladas y sin el apoyo de procesos de política pública que lleven a ampliar el alcance de experiencias exitosas.

El acervo cultural y la experiencia de los pue-

blos indígenas, originario y campesino incluye conocimientos y prácticas ancestrales valiosas para asegurar los medios de vida, la producción agrícola y la alimentación de la población boliviana, sin embargo, por falta de reconocimiento, procesos socioeconómicos adversos y migraciones estos saberes están perdiéndose, por lo que existe una urgente necesidad de realizar acciones para que formen parte del diálogo de saberes entre las universidades, institutos, centros de investigación y el campo, y entre las generaciones de niños, jóvenes y ancianos en los procesos educativos rurales.

En la siguiente tabla se han resumido los principales avances y vacíos encontrados en el entendimiento del cambio climático en Bolivia.

Tabla 29: Avances y vacíos de la información existente sobre la adaptación al cambio climático con énfasis en agua y seguridad alimentaria

Temas	Fases	Necesidades de información	Principales avances generados	Vacíos encontrados
INFORMACIÓN		- Entendimiento del cambio climático en Bolivia; cambios en variables principales, por ej.: Temperatura, precipitación, vientos, humedad, etc. - Generar escenarios de cambio climático. - Sistemas de pronóstico y alerta temprana. - Generar información adecuada a los diferentes usuarios. - Traducir y generar diálogo de saberes.	- Descripción del clima en Bolivia; investigaciones en torno al Monzón Sudamericano y otros controladores del clima. - Importantes avances en la recuperación de testigos de hielo (glaciares). - Aplicación de modelos climáticos. - Esfuerzos aislados en la sistematización de los saberes ancestrales de observación climática.	- No se conoce la interrelación entre el clima en Bolivia y la anomalía ENSO. - Prevalen fuertes vacíos de información básica (meteorológica, hidrológica, sectores). - Prevalen debilidades para la observación en tiempo real y el pronóstico de corto, mediano y largo plazo. - Prevalce una alta incertidumbre en el uso de modelos climáticos; validación, escala, uso de multimodelo. - No existe una línea de investigación para la recuperación de los conocimientos ancestrales de observación climática.

Temas	Fases	Necesidades de información	Principales avances generados	Vacíos encontrados
EVALUACIONES DE VULNERABILIDAD		- Metodologías para el monitoreo y evaluación de vulnerabilidad, amenaza y riesgo.	- La evaluación de El Niño/La Niña ha servido para entender algunos factores de vulnerabilidad. - Existen estudios de sensibilidad climática en agricultura y agua.	- No existen estudios completos de vulnerabilidad en sectores priorizados o a nivel territorial y étnico. - No existe una línea para investigación, identificación de vulnerabilidades y formación de equipos multi e interdisciplinarios.
		- Mayor coherencia y articulación a nivel horizontal y entre los diferentes ámbitos territoriales. - Capacidades y procedimientos para el reporte y rendición de cuentas.	- Existen marcos institucionales emergentes y consolidados para la gestión del riesgo y la adaptación en los diferentes niveles nacional, departamental y municipal. - Se empieza a plantear un nuevo marco de desarrollo que se basa en el respeto a la Madre Tierra - Existe un marco normativo en evolución en el marco de la CPE y la Ley de Autonomías. - Existen experiencias locales de manejo sostenible que empiezan a incluir la variable de adaptación y gestión del riesgo. - Las experiencias locales aportan herramientas e instrumentos para la adaptación y gestión del riesgo. - Existe un bagaje importante en las culturas indígenas, originario, campesinas que no es plenamente reconocido e incorporado en la toma de decisiones.	- No existe una reglamentación de la Ley de Autonomías que defina los mecanismos de coordinación, los roles y competencias para la gestión del riesgo y la adaptación. - Los sistemas de información para la planificación, que incluye, instrumentos de planificación (PDM, POT), el marco normativo, y los recursos técnicos y financieros se encuentran incompletos. - No existe una estrategia financiera que incluya diferentes instrumentos financieros (fondos de inversión, contingencia, seguros, bonos de catástrofe). - Existe un vacío en cuanto a mecanismos de coordinación, información, difusión y control social que promuevan la participación de la sociedad civil en la toma de decisiones. - No se han sistematizado las experiencias locales ni se han extraído lecciones aprendidas, tampoco se ha ampliado la escala de estas experiencias a nivel municipal y las cuencas.

En términos generales, se puede decir que el tema referido a la adaptación al cambio climático y a la gestión del riesgo de desastres se encuentra insuficientemente *agendado* en las instituciones del gobierno, en las entidades académicas y en las organizaciones de la sociedad civil, aunque coyunturalmente pueda adquirir cierta relevancia durante situaciones de emergencia o desastre climático. No existen programas de mediano y largo aliento que aborden esta temática de manera sistemática e incidan sobre la investigación y la formación de recursos humanos.

En el ámbito urbano, las ciudades han concentrado a la población a través de la migración de habitantes rurales y su asentamiento en áreas no planificadas, que no cuentan con los servicios básicos necesarios, lo que acrecentó la vulnerabilidad a eventos climáticos. Las consecuencias humanitarias para los habitantes de asentamientos informales y para la capacidad de respuesta y gobernabilidad de los municipios y del gobierno central no se encuentran suficientemente evaluadas.

En cuanto a la gestión del agua, existen experiencias locales, sin embargo, éstas no han considerado suficientemente la variable de cambio climático. Una concentración de esfuerzos en cuanto a valorar los impactos del cambio climático, los regímenes de precipitación y el retroceso de glaciares sobre la disponibilidad de agua en los sistemas de La Paz y El Alto puede traer importantes lecciones aprendidas.

En función de la seguridad alimentaria en Bolivia, el cambio climático puede golpear significativamente si no se cuenta con opciones tecnológicas, financieras y de hábitos de consumo que permitan sustituir cultivos por otros más resistentes, implementar riego deficitario y soportar estos cambios con programas de investigación. Las investigaciones existentes acerca de cambio

climático son embrionarias y requieren mayor apoyo a través de políticas públicas, así como mayor coordinación entre los actores involucrados para avanzar en una agenda de cambio climático y seguridad alimentaria.

Si bien se han realizado importantes esfuerzos por robustecer las diferentes capacidades institucionales, organizacionales y humanas para enfrentar los impactos del cambio climático y fortalecer las acciones de adaptación; también se reconoce la presencia de una serie de obstáculos, carencias y necesidades que limitan la comprensión y conocimiento en temas de cambio climático. Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran las necesidades de desarrollo de capacidades humanas e investigación en materia de adaptación y educación para afrontar el cambio climático, necesidades de transferencia de tecnología para la mitigación y adaptación a este hecho; así como algunas barreras que están obstaculizando procesos de sistematización, difusión, y gestión de información y conocimientos de intervenciones en materia de cambio climático (Segunda Comunicación Nacional, 2009).

Por otra parte, están presentes factores relacionados principalmente con: 1) la falta de experiencia en la temática; 2) el poco o ningún recurso institucional destinado a desarrollar procesos de investigación; 3) la poca difusión e intercambio de la información generada; 4) la limitada aplicación de instrumentos de sistematización, aprendizaje colaborativo (PNUD, proyecto Fortalecimiento de las Capacidades Nacionales de Sistematización del Conocimiento, Información y Difusión sobre el Cambio Climático en Bolivia. Memorias de Talleres Formación de Grupos de Interés y Alianzas para la Red de Conocimientos. Junio-diciembre de 2010).

Si bien las organizaciones de los diferentes sectores que están involucrados en los estudios de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

han generado información y conocimiento, éstos se encuentran dispersos y responden a objetivos y políticas institucionales, pero no a una demanda claramente establecida por parte de los actores y usuarios de la sociedad en general. De esta manera, existiría una importante brecha entre demanda y oferta en términos de información y conocimiento sobre cambio climático.

Se reconoce la presencia de una capacidad básica instalada para la producción y difusión de información y conocimiento en materia de cambio climático; sin embargo, esta información no llega a todos los destinatarios, lo que impulsa a desarrollar y utilizar mejor los canales de difusión, socialización y sensibilización.

El planteamiento principal de la política pública en materia de generación y difusión de información y conocimiento sobre cambio climático está establecido en la Estrategia Nacional de Información y Comunicación de Cambio Climático, aunque será necesario fortalecer los mecanismos de gestión a fin de otorgarle el carácter de utilidad para fortalecer las capacidades de adaptación de la población en general. Por ello es necesario establecer una agenda común de información e investigación que logre pasar de un conocimiento “fragmentado, individual, disciplinario y lineal” a un conocimiento “participativo, que incluya el diálogo de saberes, multidisciplinario, que vincule la teoría con la práctica, y genere experiencia y aprendizaje”.

Recomendaciones de política para la investigación

El estudio del cambio climático en Bolivia es relativamente nuevo y existen muchos vacíos de

investigación. Si bien el país cuenta con recursos humanos y capacidades institucionales en ciencias relacionadas al clima, el tema se encuentra todavía escasamente *agendado* también en las organizaciones de la sociedad boliviana y los recursos para la investigación son insuficientes.

Por lo anteriormente descrito, se plantea los siguientes puntos como prioridades de investigación en la temática.

1) Investigación climática

La predicción climática y su aplicación sectorial y territorial requieren fortalecer destrezas y habilidades en el manejo de datos de observación climática, incluyendo el tratamiento de datos satelitales y de reanálisis, así como las capacidades de predicción climática que permitan modificar el código del modelo numérico. De la misma manera, es prioritaria la validación a escala local de los modelos numéricos. Asimismo, existe una clara necesidad de ganar experiencia en el uso de modelos climáticos para la toma de decisiones, incorporando aspectos de incertidumbre.

Según Ronchail (1995: 377), “existe una variabilidad ligada a la fase negativa del ENSO⁵⁰. Pero, bajo este esquema que debe ser verificado, quedan muchas preguntas sobre la variabilidad de las respuestas pluviométricas a los diversos eventos ENSO y sobre particularidades locales”. En este contexto, se sugieren estudios como el entendimiento del mecanismo dinámico entre El Niño/La Niña y el clima en Bolivia.

Según Čedo *et al.* (2006), a través del análisis con el Modelo de Circulación Global (GCM), la deforestación de la Amazonía fortalece el calentamiento en el espacio local y disminuye la precipitación

50 Durante la estación húmeda ENSO, el llano y los Andes tienen comportamientos distintos, con sequía en la parte alta y lluvias casi normales en la llanura. Se supone que en esta área el efecto positivo sobre las lluvias de los frentes fríos de latitudes altas podría compensar el efecto negativo de la anomalía de la subsidencia tropical. El refuerzo de esos frentes podría explicar los excesos de lluvia en ambas partes de Bolivia en el mes de mayo.

en la zona norte de Bolivia. Es prioritario realizar estudios de modelación y simulación que profundicen en las causas y efectos de los procesos.

2) **Diálogo de saberes entre el conocimiento ancestral y la ciencia moderna**

El PNCC (2007) indica que se mantienen observaciones climáticas sistemáticas en las comunidades, las cuales están sufriendo procesos de deterioro y pérdida vinculados a procesos de urbanización, migración y educación formal. Varias organizaciones e investigadores están en proceso de sistematización de estos conocimientos en diversas regiones del país.

Las ciencias meteorológicas y físicas utilizadas para la predicción climática pueden complementarse con los conocimientos y observaciones locales. Por otra parte, formas más completas de observación basadas en satélites o sistemas de radar pueden complementar las observaciones locales, por lo que es necesario articular estas dos vertientes de conocimiento y experiencia a nivel de la toma de decisiones en los diferentes niveles.

3) **Estudios estratégicos de riesgo climático**

Los riesgos climáticos de sectores prioritarios no han sido suficientemente evaluados. El Mecanismo Nacional de Adaptación prioriza cinco áreas: agua, seguridad alimentaria, salud, ecosistemas y asentamientos humanos); por otra parte, el Plan de Contingencias 2011 (VIDECI) contempla cinco sectores en gestión del riesgo: agua, salud, educación, seguridad alimentaria, asistencia hu-

manitaria). Sin embargo, no existen aproximaciones a nivel territorial, por lo que todavía se deberá hacer un mayor esfuerzo para priorizar estudios de riesgo climático con mayor detalle y focalizando grupos vulnerables como el que se ha realizado en el caso del estudio y proyecto que contempla el riesgo por retroceso de glaciares en las ciudades de La Paz y El Alto.

La participación de autoridades nacionales, departamentales, municipales, e indígena originario campesinas es importante para generar este esfuerzo.

4) **Construcción de instrumentos y herramientas de gestión pública**

Se debe continuar el trabajo iniciado en torno a la gestión del riesgo para definir la metodología, instrumentos y herramientas para la gestión del riesgo climático y la adaptación en el marco del SISPLAN, ordenamiento territorial, asentamientos humanos, inversión pública, agua segura, vivienda segura, seguro agrícola, educación formal e informal.

5) **Instrumentos financieros para la gestión del riesgo climático**

Los instrumentos financieros, mecanismos de seguros y reaseguros, así como otros mecanismos financieros en los diferentes ámbitos de gobierno pueden ayudar a gestionar el riesgo y las inversiones en prevención. Si bien existen planes nacionales para la expansión del seguro agrícola, todavía se requieren mayores esfuerzos para entender la aplicación de mecanismos financieros a diferentes niveles.

Referencias bibliográficas

ACH, 2008: *Informe de sistematización proyecto Ayuda Humanitaria a la Población Vulnerable Afectada por el Desborde del Río Grande*. ACH, AECID, Comisión Europea, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

AGRECOL, 2005: *Observemos nuestros indicadores para obtener mejores cosechas. Yapuchiris de la provincia Los Andes*. La Paz, Bolivia.

AGRECOL, 2009: *Cambio climático y justicia social: Una mirada hacia adentro* (video).

AGRECOL, 2010: Documento de trabajo. *Sistematización de experiencia en cambio climático*. AGRECOL-PNUD. La Paz, Bolivia.

AGROSALUD, 2009: *Bolivia lanzó comercialmente semillas de arroz con mayores nutrientes* [en línea] en fecha 6 de febrero 2009 Disponible en: http://www.agrosalud.org/index.php?option=com_content&task=view&id=123&Itemid=40 [Consulta: 12/08/2010].

AGRUCO, 2001: *Proyecto de Difusión de Tecnologías en Conservación de Suelos y Agroforestería Sub Central Waca Playa*. Proyecto a diseño final. Documento inédito. 177 p.

AGRUCO, 2004: *PICAD, Programas Integrales Comunitarios para la Autogestión y el Desarrollo Sustentable*. Cochabamba, Bolivia. Documento inédito. 2 p.

AGRUCO, 2010: Documento de trabajo. *Sistematización de experiencia en cambio climático*. AGRUCO-PNUD. La Paz, Bolivia.

AGRUCO-COSUDE, 2006: *Proyecto Gestión del Riesgo en los municipios de Cercado y Sipe Sipe “Afectados” por el Parque Nacional Tunari*. Informe final. Cochabamba, Bolivia, documento inédito.

AGUILAR, L., 1997: *Predicción del tiempo y su influencia en la organización de la producción en la comunidad de Tres Cruces, provincia Tapacarí*. Universidad Mayor de San Simón; Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Martín Cárdenas; AGRUCO. Tesis de Grado. Cochabamba-Bolivia. 188 pp.

ALA, N. y W. García, 2009: *Análisis y zonificación de riesgos naturales en el municipio de Sipe Sipe, Bolivia*. Tesis de licenciatura de la Universidad Católica Boliviana (UCB).

ALLIROL, G. et al., 1992. *Primeros ensayos de zonificación de las heladas en el altiplano boliviano con el uso de infrarrojo térmico del satélite NOAA-AVIIRR*. Reunión regional sobre el uso y procesamiento digital de imágenes de satélites. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.

ANDRADE, M., 2008: “Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia”, en *Revista Boliviana de Física*, N° 14, pp. 42-49.

ANDRADE, M., y L. Blacutt, 2010: “Evaluación del modelo climático regional PRECIS para el área de Bolivia: Comparación con estaciones de superficie”, en *Revista Boliviana de Física*, N° 16, pp. 1-12.

ANTELO, G., 1985: “El caso del Plan 3.000 de Santa

Cruz de la Sierra, Bolivia. Un proyecto de reasentamiento humano en condiciones de emergencia”, en: Desastres y Sociedad en América Latina, Grupo Editores Latinoamérica, Buenos Aires.

ARAKAWA, A., and W. H. Schubert, 1974: *Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large scale environment*, Part I. J. Atmos. Sci., N° 31, pp. 674-701.

FINADAPT, *Assesing the Adaptive Capacity of the Finish Environment and Society under Climate Change*, 2004.

BANEGAS, A., 2001: *Comparación de líneas promisorias y nuevas variedades de trigo (Triticum aestivum, l.) Bajo condiciones de los valles (Samaipata, verano 1999/2000)*. Tesis UAGRM.

BID, 2006: *Aplicación del sistema de indicadores 1980-2000-Indicadores para la gestión del Riesgo*, Edit. BID-Diálogo regional de política. Bogotá, Colombia.

BID, 2010: *Indicadores de riesgo de desastres y de gestión de riesgos*. Programa para América Latina y el Caribe. Informe resumido.

BID y MINISTERIO DE AGUA, VICEMINISTERIO DE RIEGO, 2007: *Evaluación de sistemas de riego PRONAR e identificación de lecciones aprendidas*. La Paz, Bolivia.

BLACUTT, R., 2007: *Evaluación del comportamiento de ocho genotipos de trigo a la piricularia (Pyricularia grisea sacc.) y su respuesta al control químico foliar de la enfermedad*. Invierno 2002. Tesis UAGRM.

BM. Banco Mundial, 2010: *Desarrollo y cambio climático. Informe sobre el desarrollo mundial 2010*. Washington, DC. 40 p.

BCPR/PNUD/Gobierno de Bolivia (Buró de Prevención de Crisis y Reconstrucción/Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo), 2006: *Marco estratégico para la planificación de la recuperación y la transición al desarrollo-inundaciones y granizadas en Bolivia 2006, Programas generales de intervención y presupuesto*. La Paz, Bolivia.

CABALLERO, Y., 2001: *Modélisation des Écoulements*

d’origine Pluvio – Nivo – Glacière en Contexte de Haute Montagne Tropicale – Application à la haute vallée du Zongo (Bolivie) Maison des Sciences de l’eau, Montpellier. Montpellier, Thèse, Université Montpellier II, Thesis.

CAF, 2000: *Las lecciones de El Niño. Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la región andina*. Volumen II Bolivia, Edit. Corporación Andina de Fomento, Caracas.

CAN (Comunidad Andina Naciones), 2008: *El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina Naciones*. Lima: Comunidad Andina, Ministerio de Medio Ambiente de España y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

CAT-PRONAR, 2003: *Asistencia técnica al riego en Bolivia. Programa Nacional de Riego Componente Asistencia Técnica (1996-2003)*. Edición GTZ PRONAR. Cochabamba, Bolivia. Centro Internacional de la Papa-CIP.

CEPAL, 1983: *Los desastres naturales de 1982, 1983 en Bolivia, Ecuador y Perú*.

CEPAL, 2007: *Alteraciones climáticas en Bolivia: Impactos observados en el primer trimestre de 2007*, Edit. CEPAL. México.

CEPAL, 2008: *Evaluación del impacto acumulado y adicional ocasionado por La Niña, Bolivia 2008*, Edit. CEPAL, México.

CEPAL, 2009: *Evaluación de la epidemia de dengue en el Estado Plurinacional de Bolivia*. OPS/OMS. Santiago, Chile.

CGIAB, 2009: *Documento de trabajo. Sistematización de experiencia en cambio climático*. AGRECOL-PNUD. La Paz, Bolivia.

CHAPLAIN, A., 2007: *Perceptions of climate change. Bolivian Altiplano: Ancoraimes and Norte Potosí*. Summary of main findings for CHRISTIAN AID. 20 pp.

CHIRVECHES, M., 2006: *Percepción campesina del*

clima y gestión del riesgo en la actividad agropecuaria en el PNT. Caso de las comunidades de Tirani (municipio Cercado) y Chorojo (Sipe Sipe). Tesis para optar al grado de M.sc. en Ciencias de la Agroecología, Cultura y Desarrollo sostenible en Latinoamérica; AGRUCO-FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 245 pp.

CHOU, C., and J. D. Neelin, 2001: *Mechanisms limiting the southward extent of the South American Summer Monsoon*. Geophys. Res. Lett., 28 (12), pp. 2.433-2.436.

CIPCA, 1986: *El espinu una semilla en el turbión: vida, muerte y resurrección de una comunidad ava-guaraní*, Cuaderno de Investigación N° 28, Edit. CIPCA, Charagua.

CIPCA, 2006: *El arroz en Bolivia*. Serie de presentaciones. Santa Cruz, Bolivia.

CIPCA NOTAS. *Importar arroz con arancel cero, una mirada desde los productores*. 2007.

CIPCA Cordillera y APG Charagua Norte, 2004: *Plan de gestión territorial indígena de la TCO Charagua Norte. Diagnóstico socioeconómico y estrategia de gestión territorial sobre la base del desarrollo local sostenible*. Camiri, Santa Cruz. 194 pp.

CIPCA Cordillera y APG Parapitiguazú, 2004: *Plan de gestión territorial indígena de la TCO Parapitiguasu. Diagnóstico socioeconómico y estrategia de gestión territorial sobre la base del desarrollo local sostenible*. Camiri, Santa Cruz. 194 pp.

CIPCA La Paz, 2009a: *Agricultura sostenible, en las comunidades de los municipios de Ancoraimes y Guaqui. Provincia Omasuyos e Ingavi del departamento de La Paz*. Video elaborado por Palabra RURAL. La Paz.

CIPCA La Paz, 2009b: Informe narrativo N° 5, enero a junio 2009. Proyecto BOL076 Desarrollo Sostenible de las comunidades campesinas de Guaqui 2007-2009. Documento interno. La Paz. 33 pp.

CIPCA, 2009: *Documento de trabajo. Sistematización de experiencia en cambio climático*. CIPCA-PNUD. La Paz, Bolivia.

CONDORI B., Hijmans R.J., Quiroz R., Ledent J.F., 2010: *Quantifying the expression of potato genetic diversity in the high Andes: Growth analysis and modeling*. Field Crops Research 119 (2010) 135-144.

Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra. CMPCC. cmpcc.org/acuerdo-de-los-pueblos.

COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación), 2006: *Carpeta de materiales e instrumentos para la gestión de riesgos*, Edit. COSUDE, La Paz.

CPE (Constitución Política del Estado), 2009: *Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

Consejo Indígena del Pueblo Tacana, 2010.

Cruz, D., 2008: *Impactos del cambio climático en los sectores no-energéticos en Bolivia*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

CUESTA, Josse C.; Navarro G.; Barrena V.; Cabrera E.; Chacón-Moreno E.; Ferreira W.; Peralvo M.; Saito J. y Tovar A., 2009: *Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL, Lima, Perú.

DONAIRE R. García W., 2006: *Alternativa agroecológica para el control del tizón tardío, Phytophthora infestans, de la papa en Colomi-Bolivia*. ACTA NOVA, Vol. 3, N° 3.

EIRD, 2009: *Riesgo y pobreza en un clima cambiante. Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres*. Naciones Unidas. Ginebra, Suiza.

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA. Informes Nacionales MAH. Informe nacional preliminar 2009-2011: Bolivia (a través del HFA Monitor en PreventionWeb). 2010.

Informe Nacional 2007-2009: Informe Nacional 2008 (a través del HFA Monitor en PreventionWeb). 2008.

FAO, 2003: *Agricultura mundial, hacia los años 2015/2030*. Informe resumido.

FRANCOU, B.; M. Vuille; P. Wagon; J. Mendoza and J.E. Sicart, 2003: Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S. *J. Geophys. Res.*, 108, doi: 10.1029/2002JD002959.

FREEMAN Paul *et al.*, 2003: *Disaster Risk Management. National Systems for the Comprehensive Management of Disaster Risk and Financial Strategies for Natural Disaster Reconstruction*, Edit. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington.

FUNDACRUZ, 2007: *Manual de difusión técnica de soya*. 220 p.

FUTAMI, M.M. Ohba and H. Ueda 2009: *Role of Soil Moisture on Seasonal Progress in the Asian monsoon*. Tsukuba Geoenvironmental Sciences, Vol. 5, 3-9.

GARCÍA M. Taboada, C. Yucra E., 2006: *Evaluación de las tendencias del balance hídrico como indicador del cambio climático*. Ministerio de Planificación del Desarrollo, PNCC. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Paz, Bolivia.

GEERTS, S. *et al.*, 2008: *Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)* Europ. J. Agronomy.

GLACIOCLIM, 2010: “Les Glaciers, un Observatoire du Climat (Alpes, Andes, Antarctique)”. Retrieved. Access in, from <http://www-lgge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs//>, Web Page.

GMLP-PNUD, 2003: *Memoria explicativa mapa de riesgo siconatural ciudad de La Paz-2003*, Edit. Programa de Prevención de Riesgos, Atención de Emergencias y Reconstrucción del Municipio de La Paz. La Paz, Bolivia.

GONZALES, J., and Suárez, P., 2007: *Poverty reduction at risk in Bolivia. An assessment of the impact of climate change on poverty alleviation activities*. NCAP, The Netherlands climate assistance programme.

GONZALES, J., Payen, J. (2008a). *DGIS Climate Risk Project: Climate Change Vulnerability Of The Quinoa Productive Cluster In Bolivia*. The Netherlands Climate Assistance Program, La Paz.

GONZALES, J., and Zalles, H. (2008b). *Climate Change Vulnerability Reduction in Bolivia MDG 7, Target: Achieve significant improvement in lives of at least half million slum dwellers in Bolivia by 2020*, The Netherlands Climate Assistance Programme.

GONZALES I, J., Escóbar, J., (2010): *Estimaciones de los impactos de los eventos extremos, tendencia histórica, cambios en la frecuencia e intensidad y estimación de posible evolución futura en Sudamérica*, Documento Interno CEPAL, Santiago de Chile.

GRAY, W., 2005: *The Use of ENSO Information in Hurricane Forecasting*. Fort Collins, Colorado: Colorado State University, Department of Atmospheric Sciences. (http://www.isse.ucar.edu/el_nino/gray.html)

GRIMM, A., Vivente. R. and Moira. E., 2000: *Climate variability in South America associated with El Niño and La Niña*. *J. Climate*, N° 13, pp. 35-58.

GTZ, 2003a: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Guía metodológica para la planificación participativa de la gestión municipal del riesgo*, Volumen 1, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003b: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Guía de trabajo para el facilitador comunal-¿Cómo se elabora un plan comunal de gestión del riesgo?*, Volumen 2, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003c: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Amenaza y vulnerabilidad por cambio de cauce e inundación en la cuenca baja del Río Grande*. Volumen 3, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003d: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Sistema de Alerta Temprana contra las crecidas del Río Grande (SALTEM_RG)*. dafVolumen 4, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003e: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Guía para la atención de emergencias, ¿Cómo puede el municipio enfrentar una inundación?* Volumen 5, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo, La Paz.

GTZ, 2003f: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Cartilla para la atención de emergencias ¿Cómo puede la comunidad enfrentar una inundación?* Volumen 6, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003g: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Guía metodológica para la planificación estratégica de la gestión intermunicipal de riesgos*. Volumen 7, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2003h: Proyecto Gestión Integral de Riesgos. *Lecciones aprendidas en la Planificación para la Gestión del Riesgo de Inundaciones*. Volumen 8, Edit. GTZ-FAM-AMDECRUZ-Gestión Interinstitucional del Riesgo. La Paz, Bolivia.

GTZ, 2009: *Introducción de Saneamiento Básico (ECOSAN) en el Programa PROAPAC de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

GTZ/PROAGRO, 2008: *Conflictos en la gestión del agua en seis cuencas de Cochabamba y Tarija*.

HARDY S., 2009: “La vulnérabilité de l’approvisionnement en eau dans l’agglomération acénienne: le cas du sous-système El Alto”, en *European Journal of Geography*: 23, Journal Article.

HEIDINGER, Haline, 2008: *Detección de salinidad de los suelos en el altiplano peruano-boliviano mediante percepción remota, inducción electromagnética y sistemas de información geográfica*. Tesis de grado de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

HIJMANS R.J., Condori B., Carrillo R. and Kropff M.J., 2003. *A quantitative and constraint-specific method to assess the potential impact of new agricultural technology: the case of frost resistant potato for the Altiplano (Peru and Bolivia)*. *Agricultural Systems* 76 (2003) 895–911.

HOFFMANN, D., 2006: *Impactos socioeconómicos del retroceso de los glaciares en los Andes bolivianos*. BMI - Instituto Boliviano de la Montaña, Quito.

IBISCH, P.L. y G. Mérida, 2003: “Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible”. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra-Bolivia.

IBISCH, P.L., Beck, S.G., Gerkmann, B., y Carretero, A., 2008: “Ecorregiones y ecosistemas”. Pp. 47-88, en: *Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación*.

IIAREN, 2010: *Resumen de trabajos relacionados a agricultura y cambio climático*. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

INE, 2010: *Bolivia: Principales emergencias reportadas en Bolivia*. La Paz, www.ine.gov.bo.

INIAF, 2009: *Mejoramiento de variedades agrícolas*. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Dirección de Producción y Soberanía Alimentaria para Vivir Bien-INIAF. La Paz, Bolivia.

IPCC, 2007a *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

IPCC, 2007b: *Climate Change 2007: Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

IPCC, 2008: *The Technical Paper on Climate Change and Water. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

IRD, 2010: *El IRD en Bolivia*. IRD. Retrieved. Access in, 2010.

IRIARTE V., Condori B., Parapo D. y Acuña D. 2008. *Catálogo etnobotánico de variedades nativas del altiplano norte*. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

JAFFRAIN J., 2007: *Les extrêmes de migration de la Zone de la Zone de Convergence Intertropicale en Amerique du Sud, Étude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations en Amerique du Sud tropicale sur les dernières decennies*. Ecole Nationale de la Météorologie Météo France - Meteo France - Universite de Montpellier 2. 102, Report.

KAMIGUCHI, K., A. Kitoh, T. Uchiyama, R. Mizuta and A. Noda, 2006: *Changes in precipitation-based extremes indices due to global warming projected by a global 20-km-mesh atmospheric model*. SOLA, N° 2, pp. 64-67.

LEY 2140, 2000: Ley Para las Reducciones de Riesgos y Atención de Desastres. Gaceta Oficial de Bolivia. La Paz, Bolivia.

LEY 2335, 2002: Ley Modificatoria de la Ley N° 2140 para la Reducción de Riesgos y Atención de Desastres y/o Emergencias. La Paz, Bolivia.

LEY 031, 2010: Ley Marco de Autonomías y Descentralización Andrés Ibáñez. Gaceta Oficial de Bolivia. La Paz, Bolivia.

LORENZ, E., 1963: *Deterministic Nonperiodic Flow*. J. Atmos. Sci., N° 20, pp. 130-141.

MAGDR (MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL), 2000: *Diagnóstico nacional agropecuario*. La Paz, Bolivia.

MALTER, S., 2010: *Modelación hidráulica para las ciudades de La Paz y El Alto*. PROAPAC/GTZ y Empresa Pública Social del Agua y Saneamiento EPSAS. pp. 200.

MARENGO, J., 2003: *Condições climaticas e recursos hidricos no Norte do Brasil*. Clima e Recursos Hídricos 9, Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA, PortoAlegre, pp. 117-156.

MARENGO, J., Wagner R. Soares, Celeste Saulo, Ma-

tilde Nicolini, 2004: *Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability*. J. Climate, N° 17, pp. 2261-2280.

MARENGO, J. and T. Ambrizzi 2006: *Use of regional climate models in impacts and adaptation studies from continental to regional and local scales*. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguacu, Brasil, april 24-8, INPE, pp. 291-296.

MCPHADEN, M. J., 1999: *Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño*. Science, N° 283, pp. 950-954.

MCPHADEN, M.J., 2006: *ENSO as an Integrating concept in earth science*. Science, N° 314, pp. 1.740-1.745.

Mendoza, Oscar, 2009a: *Sistema Departamental de Alerta Temprana del Beni (SDAT)*, Edit. FAO, MDRyT, VIDECI, Prefectura del Beni, COOPY.

Mendoza, Oscar, 2009b: *Sistema Departamental de Alerta Temprana de Potosí (SDAT)*, Edit. FAO, MDRyT, VIDECI, Prefectura del Beni, COOPY.

MMAyA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2009a: *Libro rojo de parientes silvestres de cultivos de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

MMAyA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2009b: *Plan Nacional de Desarrollo de Riego para Vivir Bien 2007-2011*. La Paz, Bolivia.

MMAyA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2009c: *Plan Nacional de Saneamiento Básico*. La Paz, Bolivia.

MMAyA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2010: *Compilación de conclusiones y resultados, Conferencia Mundial de los Pueblos sobre el Cambio Climático y los Derechos de la Madre Tierra*.

MOLINA, J. y Cruz, R., 2008: *Escenarios de uso y asignación del agua en la cuenca de los ríos Mauri y Desaguadero*. Informe final. La Paz: Intercoperation/IDRC/CGIAB/Agua Sustentable/IHH; 145 pp.

MOLINA, V., Maturano, H. y Méndez S., 2010: Culti-

vo de maíz. Diplomado de protección vegetal trabajo presentado al docente Ing. José Luis Llanos. Escuela de Posgrado UAGRM.

MONTES de OCA, 1995: *Geografía y clima de Bolivia*. Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos, N° 3, 24, pp. 357-368.

MPD (Ministerio de Planificación del Desarrollo), 2004: *Plan de acción quinquenal del Programa Nacional de Cambios Climáticos*. La Paz, Bolivia.

MPD, MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO, 2007: *Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático*. La Paz, Bolivia. 77 p.

MPD, MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO, 2008: *Plan Nacional de Rehabilitación y Reconstrucción 2008-2010*, Edit. Ministerio de Planificación del Desarrollo-PNUD-AECID, La Paz, Bolivia.

MUÑOZ, Alain, 2009: El cambio climático en Bolivia; Santa Cruz: Becas AVINA - Investigación Periódica para el Desarrollo Sostenible -EcoCom; 19 pp. www.scribd.com/.../Reportaje-Cambio-Climatico-Alain-Muñoz.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2010: *ENSO Cycle: Recent Evolution, Current Status and Predictions*. Update prepared by Climate Prediction Center.

OCHA (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs), 2007: *Evaluación de la capacidad nacional para la respuesta a desastres*, Misión del Equipo de Naciones Unidas para Evaluación y Coordinación en casos de Desastre (UNDAC), 16 al 30 de marzo, La Paz, Bolivia, inédito.

OHBA, M., and H. Ueda, 2009: *Role of Nonlinear Atmospheric Response to SST on the Asymmetric Transition Process of ENSO*. J. Climate, 22, pp. 177-192.

OLMOS, C., 2010: *Gestion des Ressources Hydriques des villes de La Paz et El Alto (Bolivie): Modélisation des apports glaciaires et analyse des enjeux (In revision)*. Département des Sciences de la Terre et de

l'Environnement (Glaciologie). Bruxelles, Thèse de doctorat - Tesis doctoral, Université Libre de Bruxelles, Thesis.

OPS, 2000: *Crónicas de desastres, fenómeno El Niño 1997-1998*, Edit. Organización Panamericana de la Salud. Washington.

OXFAM GB, FUNDEPCO, NCCR NORTH SOUTH, 2008: *Atlas: Amenazas, vulnerabilidades y riesgos de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

PATÍÑO F.; Condori B.; Segales L.; Mamani A.; Cadima X., 2008: *Atlas de especies silvestres y cultivadas de papa de Bolivia*. Viceministerio de Biodiversidad, Recursos Forestales y Medio Ambiente, Bioversity Internacional. La Paz, Bolivia.

PÉREZ, D., 2005: *Evaluación y comparación de 80 genotipos de arroz (Oryza sativa L.) Bajo condiciones de riego en la colonia San Juan, verano 2004-05*.

PIEPENSTOCK, A., Maldonado, 2009: *Mapeo de actores, percepción y adaptación al cambio climático en áreas rurales de la región andina-Bolivia*.

PHICAB, 1992: *Balance hídrico superficial de Bolivia*. La Paz, Bolivia.

PMA, 2003: *Análisis y cartografía de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia*, Edit. WFP-PMA-FAO-SINSAAT-MDSP. Participación popular. La Paz, Bolivia.

PMA, 2008: *Diagnóstico modelo y atlas municipal de seguridad alimentaria en Bolivia*. La Paz, Bolivia.

PNCC, 2000: *Primera Comunicación Nacional ante la Convención de Cambio Climático*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. La Paz, Bolivia.

PNCC, 2007: *El cambio climático en Bolivia: Análisis, síntesis de impactos y adaptación*. La Paz, Bolivia.

PNCC, 2008: *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Bolivia: Resultados de un proceso de investigación participativa en las regiones del lago Titicaca y los valles cruceños*. La Paz, Bolivia. p. 119.

PNCC, 2009: *Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas frente al cambio climático*. La Paz, Bolivia.

PNUD, 2007: *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*.

PNUD, 2008a: *Adaptación al cambio climático: el nuevo desafío para el desarrollo en el mundo en desarrollo*. 41 pp.

PNUD, 2008b: *Informe temático sobre desarrollo humano, La otra frontera, usos alternativos de recursos naturales en Bolivia*.

PONCE, D., 2003: *Previsión del clima y recreación del conocimiento indígena como estrategia para la conservación de la diversidad cultivada en los Andes bolivianos, el caso de la comunidad de Chorojo provincia de Quillacollo, departamento de Cochabamba*. UMSS. FCAyP, AGRUCO. Tesis de Maestría. Cochabamba-Bolivia. 242 pp.

PRAA, 2008: *Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático-Bolivia*. Ministerio de Planificación Territorial y Ambiental - Programa Nacional de Cambios Climáticos.

PREDECAN, 2007: *Agenda estratégica para el fortalecimiento de la gestión del riesgo en Bolivia*. Lima, Perú.

PROINPA, 2009: *Documento de trabajo. Sistematización de experiencias sobre cambio climático*. PROINPA-PNUD. Cochabamba, Bolivia.

PROYECTO BOL 60130, Futami, M., R. Trujillo, M. Pacheco, 2010: *Validación escala continental de MRI/JMA-TL9S9*. Reporte de PNUD.

PRRD, 2010: *El seguro como instrumento financiero para la reducción del riesgo de desastres en la producción agrícola*. PROFIN-UNAPA-PROSUCO a iniciativa Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE). La Paz, Bolivia.

RABATEL, A., 2005: *Chronologie et interpretation paleoclimatique des fluctuations des glaciers dans les Andes de Bolivie (16°S) depuis le maximum du petit age glaciaire (17eme siecle)*. Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'environnement UMR5183. Grenoble, Doctorat, l'Université Joseph Fourier-Grenoble I. 196, Thesis.

RALDE, D., 2009: *Evaluación de 20 familias de medios hermanos de maíz (Zea mays l.) Tuxpeño opaco-2 verano 2008/00*, p. 61.

RAMÍREZ, E.; B. Francou; P. Ribstein; M. Descloîtres; R. Guérin; J. Mendoza; R. Gallaire; B. Pouyaud and E. Jordan, 2001: *Small glaciers disappearing in the tropical Andes: a case study in Bolivia: the Chacaltaya glacier*, 16°S. J. Glaciol., 47, 187-194.

RAMÍREZ, E., 2003: *Interprétation de la variabilité climatique enregistrée dans les carottes de glace à partir des isotopes stables de l'eau: cas des Andes tropicales*. Paris, Doctorado, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). 163+62, Thesis.

RAMÍREZ, E. and C. Olmos, 2007. *Deshielo de la cuenca de Tuni-Condoriri y su impacto sobre los recursos hídricos de las ciudades de La Paz y El Alto*. La Paz. Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH-UMSA), Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD).

RIVERA, S., 1992: *Ayllus y proyectos de desarrollo en el norte de Potosí*, Edit. THOA, La Paz.

ROCHA, S.T., 2002: *Evaluación de seis variedades comerciales de arroz (Oryza sativa l.) en siembras de verano e invierno, bajo riego por inundación*. 76 pp.

RONCHAIL, J. and G. Robert, 2006a: *ENSO and rainfall along the Zongo valley (Bolivia) from the Altiplano to the Amazon basin*. Int. J. Climatol. N° 26, pp. 1.223-1.236.

RONCHAIL, J., L. Bourrel, G. Cochonneau, P. Vauchel, L. Phillips, A. Castro, J.L. Guyot and E. Oliveira, 2006b: *Inundations in the Mamoré Basin (south-western Amazon-Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans*. J. Hydrol, 302, pp. 223-238.

SAAVEDRA, R., 2003: *Determinación del potencial de*

rendimiento de líneas y variedades resistentes a Piricularia en trigo (Triticum aestivum, l.) bajo condiciones de los valles (Samaipata, verano 2001, 2002). Tesis UAGRM.

SALAMANCA, L. 2008. *Propuesta para el VI plan de acción del programa DIPECHO*.

SALAMANCA, L., 2010a: Tesis de PhD. *La construcción de la política pública en gestión del riesgo*.

Salamanca y Quiroga, 2010: “La gestión del riesgo en Bolivia”, en: *Estado ambiental de Bolivia*, LIDEMA, 2010.

SEILER, C, 2009: *Implementation and validation of a Regional Climate Model for Bolivia*. Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN-Bolivia). [http://precis.metoffice.com/docs/PRECIS Christian Seiler FAN Bolivia v1 2.pdf](http://precis.metoffice.com/docs/PRECIS%20Christian%20Seiler%20FAN%20Bolivia%20v1%20.pdf).

SENAMHI, 2008: *Condiciones atmosféricas actuales para la determinación de la habilidad “skill” de la simulación del modelo mri-jma cgc_m 2.3.2*.

PHI CAB., 1985: *Características y calibración de la red hidrométrica PHI CAB de la Cuenca Amazónica de Bolivia*. 1983-1984. Informe Provisional. Bolivia.

SETH, A.; M. García; J. Thibeault, 2010: *Cambios proyectados en el ciclo anual de la precipitación en el altiplano norte de Bolivia de acuerdo a los modelos CMIP3*.

SICART, J.E.; P. Ribstein; J.P. Chazarin, and E. Berthier, 2002: Solid precipitation on a tropical glacier in Bolivia measured with an ultrasonic depth gauge, Water Resour. Res., 38(10), 1189, doi: 10.1029/2002WR001402.

SORUCO, A.; C. Vincent; B. Francou y J. Francisco González, 2009: *Glacier decline between 1963 and 2006 in the Cordillera Real, Bolivia*. Geophysical Research Letters, N° 36, L 3502.

TEARFUND, 2008: *Linking climate change adaptation and disaster risk reduction*.

TERCEROS, S., 2007: *Comportamiento y reacción de la roya asiática (Phakopsora pachyrhizi sidow & sidow) de 10 genotipos de soya (transgénica y convencionales). Zona de expansión del departamento de Santa Cruz verano 2007-08*. Tesis UAGRM.

TORRICO, G., et al., 2008: *Planificando el desarrollo municipal con enfoque de gestión del riesgo*. Edit. NC-CR-NS-OXFAM-FUNDEPCO. La Paz, Bolivia.

TRENBERTH, K.E., 1997: *The definition of El Niño*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, pp. 2.771-2.777.

UDAPE, 2010. *Sexto informe de progreso de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Bolivia*. La Paz, Bolivia.

VAN DER SCHAAL, Janneke, 2008: *Digital soil mapping in the Altiplano of Peru and Bolivia*. Thesis for the Master Soil Science of the department of Land Dynamics at Wageningen University, The Netherlands 84.

VARGAS, R., 2002: *Determinación del potencial de rendimiento de líneas y variedades de trigo (Triticum aestivum, l.) bajo condiciones de riego y siembra directa (San Francisco-invierno 2001)*.Tesis UAGRM.

VIDECL, 2010: *Viceministerio de Defensa Civil. Principales emergencias reportadas en Bolivia*. Ministerio de Defensa. La Paz, Bolivia.

VIVE, 2010: *Medidas de lucha contra la desertificación y adaptación al cambio climático. Sistematización de experiencias en la ecorregión valles de Bolivia*.

VUILLE, M and R. Bradley, 2000: *Mean annual temperature trends and their vertical structure in the tropical andes*. Geophysical Research Letters, N° 23, 27, 3885-3888.

VUILLE, M., R.S. Bradley, M. Werner and F. Keimig, 2003: *20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results*. Climatic Change, 59, 75-99.

WAGNON P.; Ribstein P.; Schuler T.; Francou B., 1998: “Flow separation in Zongo Glacier, Cordillera Real, Bolivia”, en Hydrological Processes 12: 16 pg (1911-1926), Journal Article.

WAGNON, P.; P. Ribstein; B. Francou and J.E. Sicart,

2001: *Anomalous heat and mass budget of Glaciar Zongo, Bolivia, during the 1997- 98 El Niño year*, J. Glaciol., 47, pp. 21-28.

WILCHES-CHAUX, Gustavo, 2007: *¿QU-ENOS PASA? guía de la red para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS*. Basado en los resultados del proyecto IAI. LA RED sobre el tema. Bogotá, Colombia.

YAMPARA, S. *et al.*, 2005: *Uraq-Pacha Utan Utjawi/ Qamawi (Cosmovisión territorial ecología y medio ambiente)*. La Paz, Bolivia. 176 pp.

ZHOU, J. and K.M. Lau, 1998: *Does a Monsoon Climate Exist over South America?* J. Climate, N° 11, pp. 1.020-1.040.

Glosario

Acceso a los alimentos

Acceso de las personas a los recursos adecuados (recursos a los que se tiene derecho) para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva. Estos derechos se definen como el conjunto de todos los grupos de productos sobre los cuales una persona puede tener dominio en virtud de acuerdos jurídicos, políticos, económicos y sociales de la comunidad en que vive (comprendidos los derechos tradicionales, como el acceso a los recursos colectivos).

Adaptación al cambio climático

Un ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados o sus efectos los cuales moderan el daño o explotan las oportunidades beneficiosas (EIRD, 2009).

Según el IPCC, ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación,

entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada (IPCC, 2001).

Existen diferentes tipos de adaptación, en particular la anticipatoria, la autónoma y la planificada.

Adaptación anticipadora o proactiva: adaptación que tiene lugar antes de que se observen efectos del cambio climático.

Adaptación autónoma o espontánea: adaptación que no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es desencadenada por cambios ecológicos de los sistemas naturales o por alteraciones del mercado o del bienestar de los sistemas humanos.

Adaptación planificada: adaptación resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basada en el reconocimiento de que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o para alcanzarlo (IPCC, 2007: 869).

Amenaza (en inglés *hazard*)

Es el factor externo de riesgo presentado por la potencial acaecencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas (Ley 2140, 2000).

“Son eventos físicos latentes, o sea probabilidad de ocurrencia de eventos físicos dañinos en el futuro”. Se clasifican, de acuerdo a su origen, como: naturales, sicionaturales y antrópicos (Lavell, 1996. Ciudades en riesgo).

Amenaza natural

Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (EIRD, 2009).

Amenaza sicionatural

El fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados (EIRD, 2009).

Amenaza tecnológica

Una amenaza que se origina a raíz de las condiciones tecnológicas o industriales, lo que incluye accidentes, procedimientos peligrosos, fallas en la infraestructura o actividades humanas específicas que pueden ocasionar la muerte, lesiones, enfermedades u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales o económicos, o daños ambientales (EIRD, 2009).

Antrópico

De origen humano o de las actividades del hombre (DS 26739).

Cambio climático

Variación del estado del clima identificable (por

ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su artículo 1, define como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, IPCC, 2007).

Capacidad adaptativa al cambio climático

Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los episodios extremos) con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias. Tener capacidad adaptativa no significa que esta sea utilizada, o que entre en acción efectivamente. Modificado del IPCC, 2007a.

Desastre

Es una situación de daño grave o alteración de las condiciones normales de vida en un territorio determinado ocasionado por fenómenos naturales, tecnológicos o por la acción del hombre y que puede causar pérdidas de vidas humanas, materiales, económicos, o daño ambiental; y que requiere de atención especial por parte de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social, sean estas públicas o privadas (Ley 2140).

Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales

que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos (EIRD, 2009).

Desnutrición

Estado patológico resultante de una dieta deficiente en uno o varios nutrientes esenciales o de una mala asimilación de los alimentos. Hay tres tipos:

- 1. **Desnutrición aguda:** deficiencia de peso por altura (P/A). Delgadez extrema. Resulta de una pérdida de peso asociada con periodos recientes de hambruna o enfermedad que se desarrolla muy rápidamente y es limitada en el tiempo.
- 2. **Desnutrición crónica:** retardo de altura para la edad (A/E). Asociada normalmente a situaciones de pobreza, y relacionada con dificultades de aprendizaje y menos desempeño económico.
- 3. **Desnutrición global:** deficiencia de peso para la edad. Insuficiencia ponderal. Índice compuesto de los anteriores ($P/A \times A/E = P/E$) que se usa para dar seguimiento a los Objetivos del Milenio.

Disponibilidad de alimentos

La existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de importaciones (comprendida la ayuda alimentaria).

Efecto invernadero

Proceso en virtud del cual la absorción de radiación infrarroja por la atmósfera eleva la temperatura de la Tierra. En términos coloquiales, puede hacer referencia tanto al efecto invernadero natural, causado por los gases de efecto invernadero presentes en la naturaleza, como al efecto inver-

nadero intensificado (antropógeno), producido por gases emitidos como consecuencia de las actividades humanas.

Los gases de efecto invernadero son componente gaseoso de la atmósfera (natural o antropógeno), que absorbe y emite radiación por la superficie de la Tierra, por la atmósfera y por las nubes. Esta propiedad mantiene la temperatura adecuada para garantizar la vida en la Tierra. Los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrena son: el vapor de agua (H2O), el dióxido de carbono (CO2), el óxido nitroso (N2O), el metano (CH4) y el ozono (O3). Las emisiones de GEI han incrementado más rápidamente a partir de la época industrial lo que exacerba el proceso de calentamiento global.

Modificado del IPCC, 2007.

Escenario climático

Representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Las proyecciones climáticas sirven a menudo como materia prima para la construcción de escenarios climáticos, pero los escenarios climáticos requieren información adicional, por ejemplo, acerca del clima observado en un momento determinado. Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual (IPCC, 2001).

Escenario de emisiones

Representación plausible de la evolución futura de las emisiones de sustancias que son, en potencia, radiactivamente activas (por ejemplo, gases de efecto invernadero o aerosoles), basada en un

conjunto de hipótesis coherentes e internamente consistentes sobre las fuerzas impulsoras de este fenómeno (tales como el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecnológico) y sus relaciones clave. Los escenarios de concentraciones, derivados a partir de los escenarios de emisiones, se utilizan como insumos en una simulación climática para calcular proyecciones climáticas (IPCC, 2001).

Escenario de riesgo

Representación de las amenazas, vulnerabilidades, su interacción, posibles daños, procesos sociales en un espacio social y geográfico determinado (DS 26739).

Estabilidad

Para tener seguridad alimentaria, una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento.

No deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas (por ejemplo, una crisis económica o climática) ni de acontecimientos cíclicos (como la inseguridad alimentaria estacional). De esta manera, el concepto de estabilidad se refiere tanto a la dimensión de la disponibilidad como a la del acceso de la seguridad alimentaria.

Evento extremo

Se llama evento extremo a aquel que es raro en un determinado lugar y estación (un evento extremo puede salir del percentil 10 ó 90 de probabilidad). Los extremos varían de un lugar a otro. Un extremo en un área específica puede ser común en otra. Los eventos extremos no pueden ser atribuidos sólo al cambio climático, ya que se pueden dar de manera natural, sin embargo, se espera que el cambio climático pueda incrementar la ocurrencia e intensidad de even-

tos extremos. Ejemplos incluyen inundaciones, sequías, tormentas tropicales y olas de calor (IPCC, 2007b).

Exposición

La naturaleza y el grado al cual está expuesto un sistema a variaciones climáticas considerables (IPCC, 2001).

Gestión correctiva

Su práctica tiene como punto de referencia el riesgo ya existente, producto de acciones sociales diversas desplegadas en el tiempo pasado. La gestión correctiva puede ser conservadora o transformadora.

Gestión prospectiva

Se desarrolla en función al riesgo aún no existente, pero que se puede crear a través de nuevas iniciativas de inversión y desarrollo. El arte de la prospección es la previsión del riesgo y la adecuación de la inversión o la acción para que no genere riesgo o que éste tenga conscientemente un nivel aceptable. La gestión prospectiva es componente integral de la gestión del desarrollo, la gestión de proyectos de inversión, la gestión ambiental. Significa una práctica que evita cometer los mismos errores del pasado que han tenido como consecuencia los niveles ya existentes de riesgo en la sociedad y que finalmente presagian los desastres del futuro.

Gestión del riesgo

El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales (EIRD, 2009).

Es un eje transversal que integra los diferentes procesos de desarrollo impulsados en la sociedad para garantizar que estos procesos se den en las condiciones óptimas de seguridad posible para la

infraestructura y la población, y que la atención y acciones desplegadas ante un desastre promuevan el mismo desarrollo. Involucra etapas como la prevención, mitigación de desastres, la respuesta a la emergencia, la rehabilitación y la reconstrucción (IPCC, 2007).

Gestión local del riesgo de desastres

Conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes (ONU, 2004. *Vivir con el riesgo*).

Hambre

Es un concepto más claro y entendible por todo el mundo, y más mediático, pero se trata de un término con muchas y diferentes acepciones, algunas de ellas basadas en percepciones subjetivas. Se puede definir como “escasez de alimentos básicos que causa carestía y miseria generalizada”.

Hambruna

Concepto asociado con imágenes de inanición masiva y que se suele entender como un hecho aislado, y no como la culminación de un proceso. Se puede definir como “el resultado de una secuencia de procesos y sucesos que reduce la disponibilidad de alimentos o el derecho al alimento, causando un aumento notable y propagado de la morbilidad y mortalidad”.

Impacto del cambio climático

Efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales. Impac-

tos potenciales: todo impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación.

Inseguridad alimentaria

Es un concepto mucho más amplio que engloba a todos los anteriores, íntimamente relacionado con la vulnerabilidad, y que se puede definir como “la probabilidad de una disminución drástica del acceso a los alimentos o de los niveles de consumo, debido a riesgos ambientales o sociales, o a una reducida capacidad de respuesta” (Fuente: <http://www.pesacentroamerica.org/>).

Inseguridad alimentaria crónica

Se trata de personas o grupos que consumen regularmente (o han consumido) una cantidad de alimentos inferior a la necesaria durante un período de tiempo considerable.

La inseguridad alimentaria durante la temporada de carestía (inseguridad cíclica). Afecta a los pequeños agricultores que disponen de alimentos suficientes en un periodo inmediatamente posterior a la cosecha pero que, por ejemplo, pasan dificultades para llegar hasta la cosecha siguiente.

Inseguridad alimentaria transitoria

Afecta a los habitantes de las zonas urbanas que dependen de mercados muy inestables y los productores agrícolas muy expuestos a las catástrofes naturales (*Manual para el diseño e implementación de un sistema de información para la seguridad alimentaria y la alerta temprana*, SISAAT, FAO, 2000.)

Mala adaptación

Prácticas existentes de desarrollo (*business-as-usual*) que, al no tener en cuenta los efectos producidos por el *cambio climático*, aumenta sin que-

rer la *exposición* y/o la *vulnerabilidad* al cambio climático (arrojando beneficios a corto plazo, a la vez que incrementan la exposición y/o la vulnerabilidad a largo plazo) (OECD, 2009: 53).

Malnutrición

Estado patológico debido a la deficiencia, el exceso o la mala asimilación de los alimentos.

Medidas de adaptación al cambio climático

Tecnologías, procesos y prácticas que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero o sus efectos por debajo de los niveles futuros previstos. Se conceptúan como medidas las tecnologías de energía renovable, los procesos de minimización de desechos, los desplazamientos al lugar de trabajo mediante transporte público, etc.

Mitigación

Son medidas o acciones que tienen por objetivo reducir los riesgos frente a los desastres y/o emergencias (Ley 2140).

La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines (EIRD, 2009).

Son medidas o acciones que tienen por finalidad reducir los riesgos frente a los desastres y/o emergencias (IPCC, 2001).

Pobreza

Pobreza general o pobreza relativa. El PNUD la define como “falta del ingreso necesario para satisfacer las necesidades esenciales no alimentarias como el vestuario, la energía y la vivienda, así como las necesidades alimentarias. Para el Banco Mundial, la pobreza es “vivir con menos de \$us 2 al día”.

Pobreza extrema

Pobreza absoluta o indigencia. El PNUD la define como “falta del ingreso necesario para satisfacer las necesidades básicas de alimentos, que se suele definir sobre la base de las necesidades mínimas de calorías”. Según el Banco Mundial “pobres extremos son los que viven con menos de \$us 1 al día”.

Pobreza humana

Privación en cuanto a la capacidad más esencial de la vida, incluso vivir una larga vida y saludable, tener conocimientos, tener aprovisionamiento económico suficiente, y participar plenamente en la vida de la comunidad.

Reducción del riesgo de desastres

El concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos (EIRD, 2009).

Resiliencia

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (EIRD, 2009).

Riesgo

Es la magnitud estimada de pérdida (de vidas, persona heridas, propiedades afectadas, medio

ambiente destruido y actividad económica detenida) en un lugar dado y durante un periodo de exposición determinado para una amenaza en particular. Riesgos es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad (Ley 2140, 2000).

Riesgo de desastre

Probabilidad de daños y pérdidas futuras asociadas con el impacto de un evento físico externo sobre una sociedad vulnerable, donde la magnitud y la extensión de estos son tales que exceden la capacidad de la sociedad afectada para recibir el impacto y sus efectos y recuperarse autónomamente de ellos (Lavell, 2003).

Riesgo primario o estructural

Son condiciones del riesgo existente en la sociedad en situaciones de normalidad, producto de los mismos procesos normales o contradictorios de desarrollo sectorial, territorial y social, y alimentados o recomfortados en algún grado por la incidencia de los impactos sucesivos de fenómenos físicos peligrosos y crisis coyunturales en la economía y sociedad. Es objeto de intervención por medio de la mitigación de riesgos o desastres.

Riesgo secundario, derivado o coyuntural

Comprende las condiciones específicas de riesgo que surgen de manera más o menos repentina con el impacto de un fenómeno físico peligrosos en la sociedad. Estos riesgos se construyen sobre condiciones de riesgo primario y vulnerabilidades existentes previas al impacto, permitiéndonos hablar de un proceso continuo de riesgo de desastre. Los riesgos secundarios o derivados mientras no se resuelven con la respuesta a los desastres, pasan a alimentar los riesgos primarios futuros en forma sincrética. Consiste en la realización de actividades de preparativos para desastres.

Riesgo anticipado o futuro

Condiciones de desastre una vez controlados los contextos más apremiantes que amenazan la supervivencia y bienestar mínimo de la población afectada, exigen la implementación de procesos de reconstrucción y recuperación. Los procesos de reconstrucción son el equivalente eventual de los procesos permanentes de desarrollo y de implementación de nuevos proyectos y, de igual forma, pueden contribuir a la construcción de nuevos entornos estructurales de riesgo; o en sentido óptimo, al proceso de control y disminución de nuevos factores de riesgo en las áreas afectadas.

Seguridad alimentaria

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana (Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 1996).

Sensibilidad al cambio climático

Grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la *variabilidad* o el *cambio climáticos*. Los efectos pueden ser directos (por ejemplo, una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ejemplo, los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia de un aumento del nivel del mar). La sensibilidad afecta a la magnitud o a la tasa de cambio de una perturbación o presión climática (IPCC, 2007a).

Sistema de alerta temprana

El conjunto de capacidades necesarias para gene-

rar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por una amenaza se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños (EIRD, 2009).

Soberanía alimentaria

Derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos en forma sostenible y ecológica y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo en el marco de políticas y estrategias que garanticen la alimentación de toda la población (Sélingué, Mali, 2007).

Subnutrición

(Inseguridad alimentaria crónica) La ingestión de alimentos no cubre las necesidades de energía básicas de manera continua.

Transferencia del riesgo

El proceso de trasladar formal o informalmente las consecuencias financieras de un riesgo en particular de una parte a otra mediante el cual una familia, comunidad, empresa o autoridad estatal obtendrá recursos de la otra parte después que se produzca un desastre, a cambio de beneficios sociales o financieros continuos o compensatorios que se brindan a la otra parte (EIRD, 2009).

Utilización

Utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica, para lograr un estado de bienestar nutricional en el que se satisfagan todas las necesidades fisiológicas. Este concepto pone de relieve la importancia de los insumos no alimentarios en la seguridad alimentaria.

Variabilidad climática

El concepto de variabilidad climática denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos.

La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa).

Vulnerabilidad

Es el factor interno de riesgo, de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser afectado (Ley 2140, 2000).

Representa las características internas de los elementos expuestos a las amenazas, que los hacen propensos a sufrir daño al ser impactados por diversos eventos físicos (Lavell, 2003. *La gestión local del riesgo*).

Las vulnerabilidades significan una falta de resiliencia y resistencia y además condiciones que dificultan la recuperación y reconstrucción autónoma de los elementos afectados.

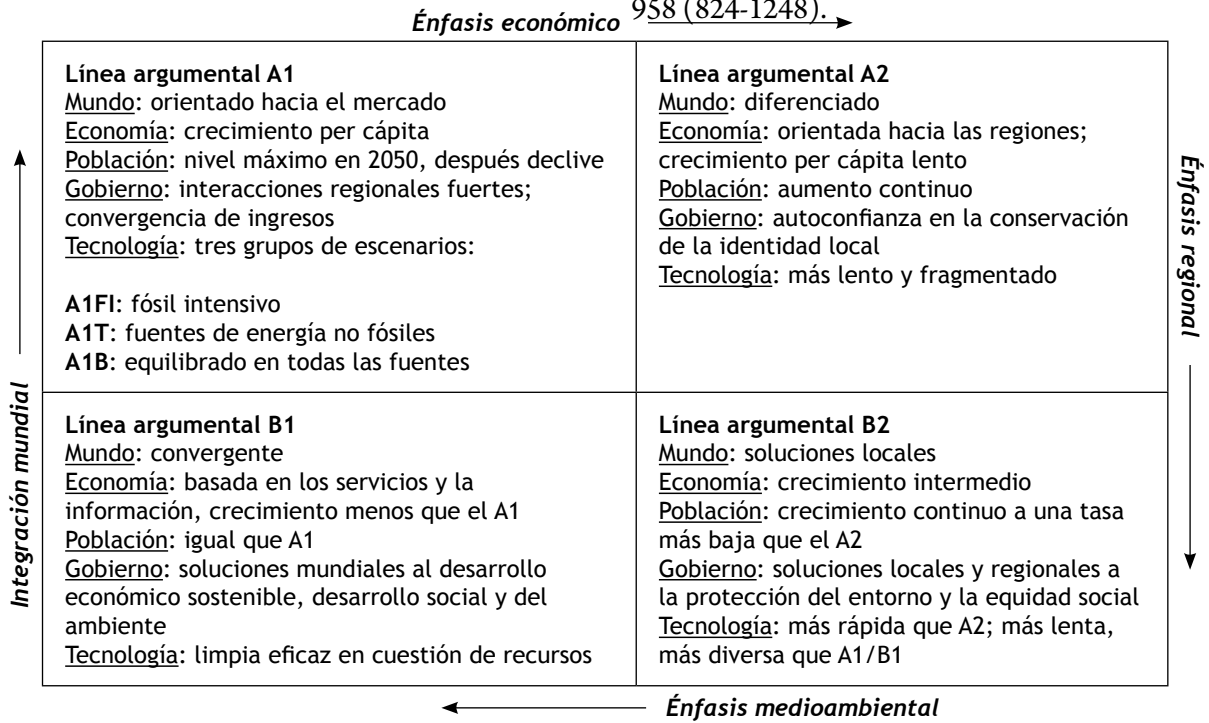
Los tipos o niveles de vulnerabilidad se clasifican en económicos, sociales organizacionales e institucionales, educacionales y culturales, que en un sistema de compleja interacción, crean condiciones de lo que se ha dado en llamar la “vulnerabilidad global” de un elemento, unidad o estructura social particular (Wilches Chaux, 1993. *Los desastres no son naturales*).

Anexo I

Escenarios socioeconómicos para la generación de escenarios climáticos A1, A2, B1, B2

Para realizar la predicción del futuro con los modelos se necesita la representación de los escenarios de la evolución futura de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aerosoles de sustancias que son, en potencia, radiactivamente activas, basada en un conjunto de hipótesis coherentes e internamente consistentes sobre las fuerzas impulsoras de este fenómeno (tales como el desarrollo demográfico y socioeconómico, el cambio tecno-

lógico) y sus relaciones clave (IPCC, 2001). Es importante mencionar que los escenarios se refieren a las proyecciones de los GEI y no así a las proyecciones o predicción del clima. Tomando en cuenta la concentración de CO₂ del año 2005, que fue de aproximadamente 380 ppm, se consideran básicamente 7 escenarios de emisiones de GEI del futuro (figura 8) – B1: 540 ppm (intervalo 486-681 ppm); A1T: 575 (506-735); B2: 611 (544-769); A1B: 703 (617-918); A2: 836 (735-1080); A1FI: 958 (824-1248).



IPCC, 2007. Los escenarios de emisiones de GEI. B1: 540 ppm (intervalo 486-681 ppm); A1T: 575 (506-735); B2: 611 (544-769); A1B: 703 (617-918); A2: 836 (735-1080); A1FI: 958 (824-1248).

Organizaciones que participaron en el proceso de sistematización del conocimiento sobre cambio climático, agua y seguridad alimentaria

Alianza Boliviana de la Sociedad Civil para el Desarrollo Sostenible (ABDES)
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)
Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (ASDI)
Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE)
Programa Agroecología Universidad Cochabamba (AGRUCO)
Armada Boliviana-Dirección General de Hidrografía Naval
Asociación Boliviana para el Desarrollo Rural (PRORURAL)
Asociación Social (ASOCIO)
Banco Mundial (BM)
CARE Internacional
CARITAS Bolivia
Centro de Ecología y Pueblos Andinos (CEPA)
Centro de Estudios Hidráulicos (UATF)
Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT)
Centro de Investigación y Desarrollo Regional (CIDRE)
Centro de Investigación y Manejo de Recursos Naturales Renovables-UAGRM (CIMAR)
Centro de Investigación y Preservación de la Amazonía (CIPA)
Centro de Investigación y Promoción Educativa (CIPE)
Centro Universitario de Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo-UMSA
Centro de Estudios Superiores Universitarios (CESU)
Conservación Internacional (CI)
Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA)
Consejo Indígena del Pueblo Tacana (CIPTA)
Confederación de Pueblos Indígenas de Bolivia (CIDOB)
Corporación Andina de Fomento (CAF)
Cruz Roja Boliviana
Empresa Pública Social del Agua y Saneamiento (EPSAS)
Escuela Militar de Ingeniería (EMI)
Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales-UAJMS
Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales-UMSS
Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Veterinarias-UTO
Universidad Mayor de San Francisco Xavier de Chuquisaca-Facultad de Tecnología
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
Federación de Asociaciones de Municipios (FAM)
Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE)
Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
Fundación ACLO
Fundación AGRECOL ANDES
Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN)
Fundación Amigos del Museo Noel Kempff Mercado
Fundación Andes
Fundación AUTAPO La Paz
Fundación AVINA Bolivia

Anexo II
Datos de reanálisis

- CMAP http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/global_precip/html/wpage.cmap.html (EEUU) 1979 - (Datos observados: precipitación)
- ERA-40 <http://www.ecmwf.int/research/era/do/get/era-40> (U.E) ECMWF 40 años Reanálisis 09/1957 - 08/2002 (Datos de reanálisis: e.g., temperatura, viento, humedad precipitación)
- GPCC <http://gpcc.dwd.de/> (EEUU) 1986 - (Datos observados: precipitación)
- GPCC_Full <http://gpcc.dwd.de/> (EEUU) 1901 - (Datos observados: precipitación)
- GPCP <http://precip.gsfc.nasa.gov/> (EEUU) 1979 - (Datos observados: precipitación)
- NCEP_DOE <http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html> (EEUU) 1979 - (Datos de reanálisis: e.g., temperatura, viento, humedad, precipitación)
- NCEP_NCAR <http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html> (EEUU) 1948 (Datos de reanálisis: e.g., temperatura, viento, humedad, precipitación)
- QSCAT http://www.ssmi.com/qscat/qscat_browse.html (EEUU)
- TRMM <http://trmm.gsfc.nasa.gov/> (EEUU/Japón) 1998 (Datos satelitales: precipitación, temperatura oceanográfica)

Fundación GAIA PACHA
Fundación NATURA
Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal Trópico-Húmedo (FDTA-TRÓPICO)
Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano
Fundación para la Producción (FUNDAPRO)
Fundación PROINPA
Fundación Reciprocidad
Cooperación Alemana (GTZ)
HERENCIA
Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF)
Instituto de Capacitación del Oriente (ICO)
Instituto de Ecología-UMSA
Instituto de Hidráulica e Hidrología-UMSA (IHH)
Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Recursos Naturales (IIAREN)
Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas e Ingenierías (UABJB)
Instituto de Investigaciones El Vallecito- UAGRM
Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD)
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)
Instituto para la Conservación de Ecosistemas Acuáticos (ICEA Bolivia)
Laboratorio de Física de la Atmósfera-UMSA
Liga de Defensa del Medio Ambiente (LIDEMA)
Ministerio Planificación del Desarrollo, Viceministro de Planificación
Oxfam Bolivia
Plataforma Boliviana Frente al Cambio Climático
PROAGRO
Productividad Biósfera y Medio Ambiente (PROBIOMA)
Programa de Alianzas Rurales (PAR)
Programa de Apoyo a la Seguridad Alimentaria (PASA)
Programa Mundial de Alimentos (PMA)
Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC)
Programa Nacional de Semillas (PNS)
Project Concern Internacional (PCI Bolivia)
Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales en el Chaco y los Valles Altos (PROMARENA)
Proyecto GRANDE
RED HÁBITAT La Paz
Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología (SENHAMI)
Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria-Ministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (SIBTA)
UNICEF Programa Apoyo a la Seguridad Alimentaria y Medios de Vida
Universidad Andina Simón Bolívar
Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía
Universidad Simón I. Patiño
Visión Mundial
Organización Vida Verde (VIVE)
Wildlife Conservation Society (WCS)
World Wide Fund for Nature (WWF) (Fondo Mundial para la Naturaleza)