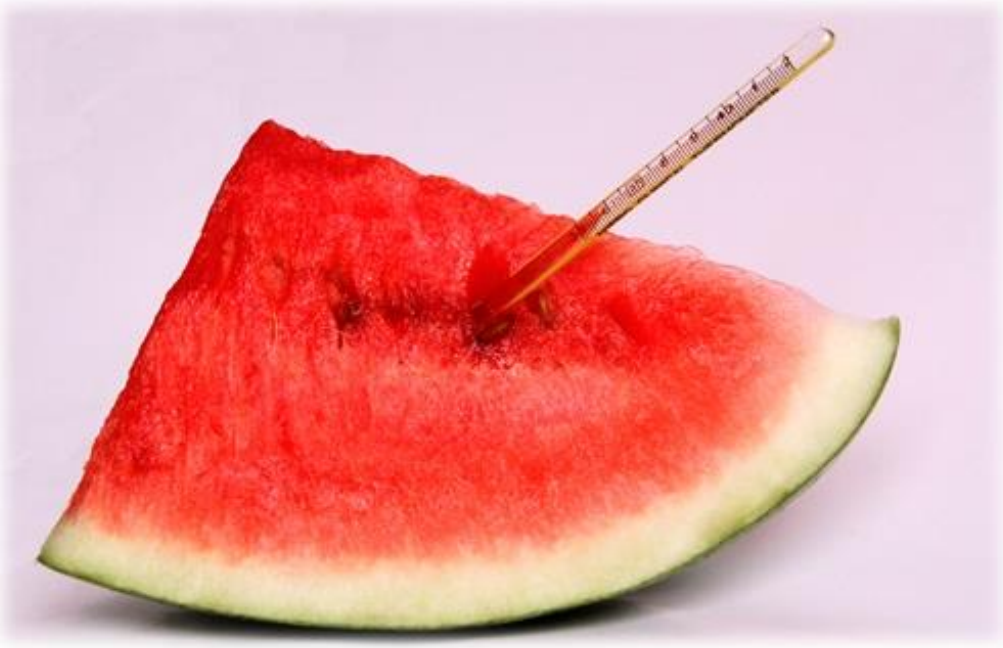
Curso virtual

Bolivia: Riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

Unidad 3

Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria



Docente: Juan Carlos Torrico
Dr. Ing. Agr.
2015

© Torrico Albino, Juan Carlos (2015. Unidad 3: Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria. En Curso virtual. Bolivia: Riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria. La Paz: IPDRS - Interaprendizaje. Campo virtual por la tierra y el desarrollo rural. 39pp

© Instituto para el Desarrollo Rural de Sudamérica
www.sudamericarural.org
www.interaprendizaje.ipdrs.org
interaprendizaje@ipdrs.org

Av. 20 de octubre # 2396, casi esq. Belisario Salinas
Edif. María Haydee. Piso 12
Telf. 591-2-2115952
Casilla Nº 9052

Acciones de interaprendizaje por la tierra y el desarrollo rural desde Bolivia

Con el apoyo financiero de:

Universidades aliadas:

Contenido

1 Introducción 5
1.1 Objetivos 6
1.2 Sobre este documento 6
2 Conceptualización general 6
2.1 Cambio climático 6
2.2 Riesgo 6
2.3 Vulnerabilidad 8
2.4 Resiliencia 10
2.5 Adaptación 10
2.6 Mitigación 10
2.7 Escenarios climáticos 10
2.8 Seguridad alimentaria 12
2.9 Soberanía alimentaria 13
3 Observaciones del cambio climático en Bolivia 13
3.1 Temperatura 13
3.2 Precipitación 14
3.3 Escenarios del cambio climático: año 2030 17
3.3.1 Supuestos básicos 17
3.4 Escenarios posibles para 2030 18
3.4.1 Aumento de temperaturas 18
3.4.2 Régimen de precipitaciones 18
3.4.3 Retroceso de los glaciares 19
3.4.4 Eventos extremos 19
3.4.5 Agropecuaria 19
3.4.6 Seguridad alimentaria y salud 20
3.4.7 Infraestructura regional 20
4 Los impactos del cambio climático en Bolivia 21
4.1 Impactos del cambio climático sobre la producción agropecuaria 22
4.2 Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos 26
5 Seguridad alimentaria y cambio climático 27
5.1 Situación actual en Bolivia 28

5.2 Factores que influyen en la inseguridad y soberanía alimentaria boliviana 31
5.2.1 Disponibilidad 31
5.2.2 Acceso a los alimentos 31
5.2.3 Utilización biológica de los alimentos 31
5.2.4 Observaciones y recomendaciones 31
6 Adaptación al cambio climático 33
6.1 ¿Que se puede hacer? 33
7 Bibliografía 38

Lista de tablas

Tabla 1. Dimensiones del concepto de Seguridad Alimentaria. 12
Tabla 2. Percepciones sobre la ocurrencia de fenómenos climáticos. 16
Tabla 3. Indicadores de Salud y nutrición en Bolivia 29
Tabla 4. Medidas de Adaptación Local 34
Tabla 5. Medidas de Adaptación bajo enfoques solapados (IPCC, 2914) 36

Lista de figuras

Figura 1 Ilustración de los conceptos básicos 7
Figura 2 Conceptualización de Vulnerabilidad Biofísica o resultante y social o inherente 9
Figura 3 Distribución del índice de sequía (CDD) en invierno en el futuro (2080-2099) 15
Figura 4 Escenarios alternativos ante el cambo climático. 18
Figura 5 Impactos del cambio climático sobre la producción agropecuaria 23
Figura 6 Mapa de Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria a nivel Municipal de Bolivia 2012. Fuente: IBEPA, 2013; WFP, 2013; MDRyT, 2013. 30

1 Introducción

Los impactos del cambio climático son multidimensionales y afectan a todos los sectores en general. La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. En Bolivia se prevé que el aumento de las temperaturas disminuya el rendimiento de los cultivos de cereales y promueva la proliferación de malezas y plagas. Se prevé la mayor incidencia de heladas que en las regiones altas aumente la producción de alimentos y bajen considerablemente los ingresos familiares. Es probable que, como consecuencia de la modificación de los regímenes de lluvias, se pierdan cosechas y disminuya la producción a largo plazo de los principales cultivos.

La FAO (2013) indica que numerosas cuencas fluviales explotadas intensivamente, de las principales regiones productoras de alimentos, ya trabajan al límite de sus recursos básicos. Estos son indicadores preocupantes de lo que todavía está por venir, dada la dependencia de la población urbana respecto a la producción agrícola, y la proporción de las personas cuyos medios de subsistencia dependen de la agricultura y actividades afines.

En todo el mundo la agricultura representa un 70 por ciento del agua que se extrae; en Bolivia más del 85 por ciento. Pero la demanda de las zonas urbanas en acelerado crecimiento aumenta la presión sobre la calidad y la cantidad de los recursos hídricos locales. El agua cada vez se necesita más para fines ambientales, como la reposición de los humedales.

La gestión del agua es fundamental para la estabilidad de la producción de alimentos. Un acceso fiable al agua incrementa la producción agrícola, ofrece un suministro estable de numerosos productos agrícolas decisivos e ingresos más altos en las zonas rurales, donde viven tres cuartas partes de las personas que sufren hambre. Sin una gestión sostenible del agua en las cuencas hidrográficas, los lagos y los acuíferos subterráneos asociados a ellos, la seguridad alimentaria local, regional y mundial corre riesgos. La sequía es la más frecuente causa natural específica de aguda escasez de alimentos en los países en desarrollo. Las inundaciones son otra causa importante de emergencias alimentarias. En la medida en que el cambio climático haga aumentar la variabilidad de la lluvia y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, será un obstáculo para la seguridad alimentaria.

La agricultura de secano comprende el 91 por ciento del total de la superficie agrícola en Bolivia (VDRA, 2015), el 87 por ciento en América del Sur y el 61 por ciento en Asia, será la más afectada. En las zonas marginales semiáridas donde hay prolongadas estaciones secas, habrá mayor riesgo de que se malogren las cosechas. Donde no se puede asegurar la estabilidad de la producción, la población tendrá que emigrar. Para el decenio de 2080, la superficie no apta para la agricultura de secano en el África subsahariana, debido a las condiciones del clima y a limitaciones del suelo y de las tierras, podría aumentar de 30 a 60 millones de hectáreas.

1.1 Objetivos

Guiar las lecturas del módulo 3 "Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos, la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria" del curso "Bolivia: Riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria" llevadas a cabo por el IPDRS-CIDES.

Asimismo se pretende ampliar el nivel de entendimiento sobre los escenarios del cambio climático en Bolivia y sus impactos en el recurso agua y los sistemas agro-productivos, y su implicancia en la seguridad y soberanía alimentaria.

1.2 Sobre este documento

Este documento rescata las partes más importantes de las lecturas sugeridas a los estudiantes, e incluye un marco conceptual que ayudará a los estudiantes a organizar las lecturas y comprender mejor los efectos del cambio climático sobre el recurso agua, la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Este documento acompaña a la guía del módulo 3 del curso "Bolivia: Riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria". Está construido en base a literatura, misma que se cita al final del documento.

2 Conceptualización general

A continuación se presentan los conceptos básicos para comprender mejor el Módulo 3 de este curso.

2.1 Cambio climático

Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático (CMCC), en su Artículo 1, define 'cambio climático' como: 'un 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'. La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales.

El cambio climático es una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se debe a procesos naturales internos, a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la Atmósfera o en el uso de las tierras.

2.2 Riesgo

El término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático. Es el potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo

se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosas multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro (ilustración de conceptos básicos) el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático.

Los riesgos se consideran clave por una peligrosidad alta o por una vulnerabilidad alta de las sociedades y los sistemas expuestos, o por ambos. La identificación de los riesgos clave se basa en los siguientes criterios específicos: gran magnitud, alta probabilidad o irreversibilidad de los impactos; momento de los impactos; vulnerabilidad persistente o exposición que contribuyen a los riesgos, o posibilidades limitadas para reducir los riesgos mediante la adaptación o la mitigación. Los riesgos clave se enmarcan en cinco motivos de preocupación (MDP) complementarios y generales (ilustración de conceptos básicos).

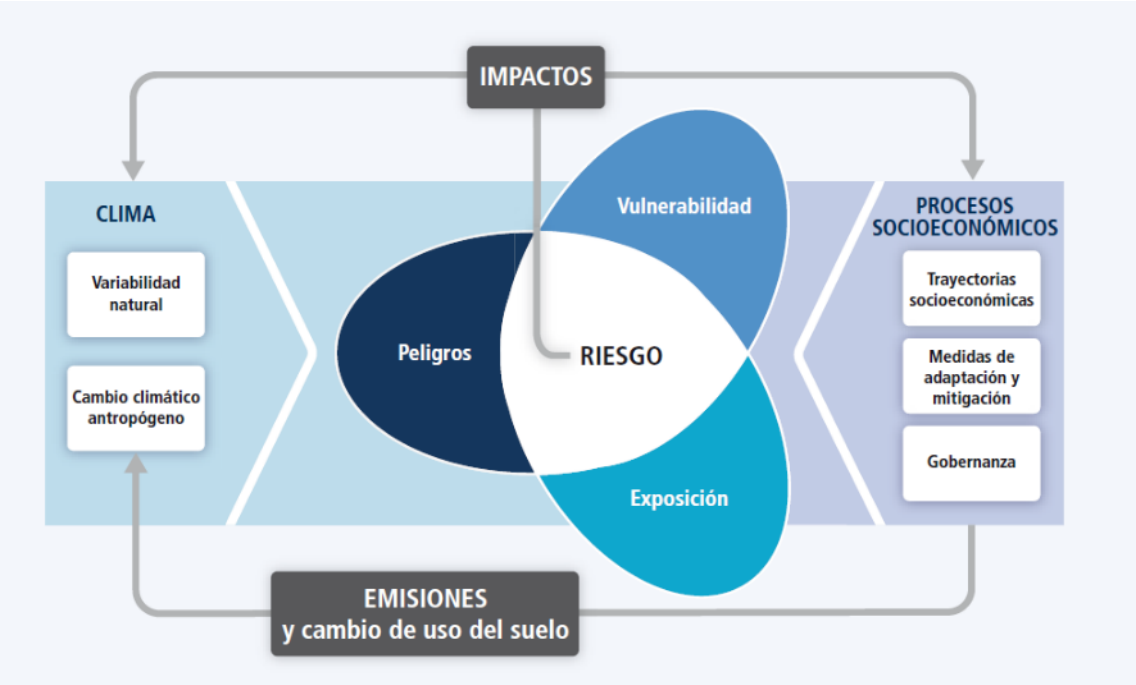


Figura 1 Ilustración de los conceptos básicos

Fuente: IPCC, 2014

El riesgo de los impactos conexos se deriva de la interacción de los peligros conexos al clima (incluidos episodios y tendencias peligrosas) con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos. Los cambios en el sistema climático (izquierda) y los procesos socioeconómicos, incluidas la adaptación y mitigación (derecha), son impulsos de peligros, exposición y vulnerabilidad.

Se está produciendo una interferencia humana en el sistema climático, y el cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales. El cambio climático conlleva interacciones complejas y cambios en las probabilidades de impactos diversos.

La adaptación es específica al lugar y el contexto, y no existe ningún método único para reducir los riesgos que resulte adecuado para todas las situaciones**.** Las estrategias eficaces de reducción del riesgo y adaptación consideran la dinámica de la vulnerabilidad y la exposición y sus relaciones con los procesos socioeconómicos, el desarrollo sostenible y el cambio climático.

La planificación y realización de la adaptación se puede mejorar mediante medidas complementarias a todos los niveles, desde el personal al gubernamental (nivel de confianza alto). Los gobiernos nacionales pueden coordinar los esfuerzos de adaptación de los gobiernos locales y subnacionales, por ejemplo protegiendo los grupos vulnerables, apoyando la diversificación económica y proporcionando información, políticas y marcos jurídicos, y coordinar el apoyo financiero (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). Cada vez es mayor el reconocimiento de que gozan los gobiernos locales y el sector privado como actores fundamentales para progresar en la adaptación, habida cuenta de los papeles que desempeñan en la adaptación a mayor escala de las comunidades, los hogares y la sociedad civil, y para gestionar la información y la financiación conexas al riesgo (evidencia media, nivel de acuerdo alto).

Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y exposición a la variabilidad climática actual. Las estrategias comprenden medidas junto a cobeneficios para otros objetivos. Las estrategias y medidas existentes pueden hacer que aumente la resiliencia en una gama de posibles climas futuros y contribuir al mismo tiempo a que mejoren la salud humana, los medios de subsistencia, el bienestar social y económico y la calidad del medio ambiente. La incorporación de la adaptación en la planificación y la toma de decisiones pueden promover sinergias con el desarrollo y la reducción de riesgos de desastre.

2.3 Vulnerabilidad

Nivel al que un sistema [natural o humano] es susceptible, o no es capaz de soportar, los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (IPPC, 2001).

Las definiciones de la vulnerabilidad Brooks (2003) como Adger (2006) —tienden a identificar dos aspectos diferentes y complementarios en la línea de lo planteado en este artículo:

a. Vulnerabilidad definida como la cantidad (o potencial) de daño a un sistema por una amenaza climática.

b. Vulnerabilidad como un proceso (o valor) en relación con las condiciones internas o el estado de un sistema, antes de enfrentar un evento relacionado con una determinada amenaza.

Estas dos concepciones de vulnerabilidad reflejan dos puntos de vista divergentes, que influyen tanto en la forma de medir la vulnerabilidad de un sistema, así como en el tipo de intervención diseñado para mediar la vulnerabilidad misma.

En el primer caso, se habla de vulnerabilidad biofísica (o vulnerabilidad relacionada con los resultados de un proceso): por ejemplo, cuando se quiere analizar de manera cuantitativa los resultados de un fenómeno/evento en términos de vidas, daños y pérdidas económicas.

En este caso la conceptualización de la vulnerabilidad, en gran parte, se superpone con la del riesgo, siendo esto un enfoque bien representado al interior de la tradición de reducción del riesgo de desastres (RRD). La pregunta de fondo es: ¿qué tan vulnerable es el sistema frente a las amenazas X o Y?

En el segundo caso, se habla de vulnerabilidad social (o inherente): cuando el objetivo es la comprensión de los factores internos de un sistema que lo hacen vulnerable a los eventos críticos o choques. En este caso, se da respuesta a la pregunta ¿por qué este sistema es vulnerable?, si bien pueden usarse datos cuantitativos, el enfoque permanece cualitativo debido a que el interés está centrado en comprender los procesos.

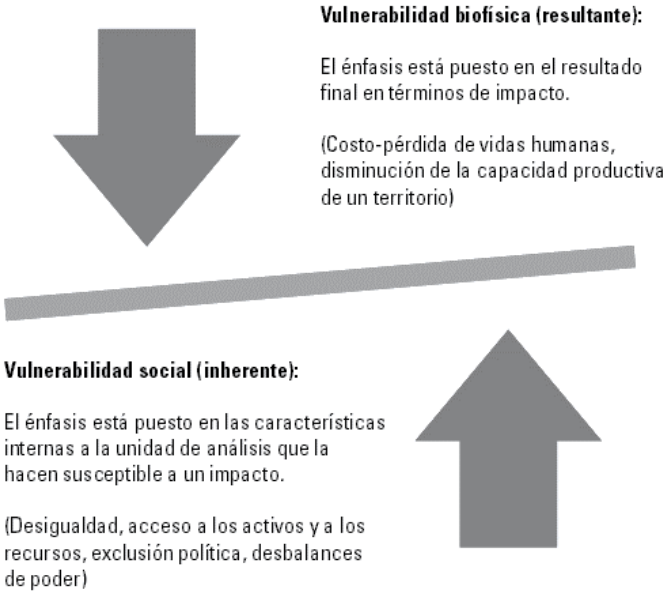


Figura 2 Conceptualización de Vulnerabilidad Biofísica o resultante y social o inherente

Fuente: Lampis, 2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

2.4 Resiliencia

La capacidad de un sistema [humano o natural] para resistir, asimilar y recuperarse de los efectos de las amenazas de manera oportuna y eficiente, manteniendo o restituyendo sus estructuras básicas, funciones e identidad esenciales.

En el contexto de la reducción del riesgo de desastres (DRR) la resiliencia es un concepto familiar, y está incorporándose crecientemente al debate en la esfera de la adaptación. Una comunidad resiliente está bien posicionada para manejar las amenazas, minimizar sus efectos y/o recuperarse rápidamente de cualquier impacto negativo, lo que deriva en un estado similar o mejor en comparación con el que se tenía antes de que ocurriera la amenaza. Existen fuertes nexos entre resiliencia y capacidad de adaptación. Por consiguiente, la resiliencia también puede variar significativamente entre los distintos grupos de una comunidad (CARE climate change, 2009).

2.5 Adaptación

Adaptación está definido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC) como:

Ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus impactos, que reduce el daño causado y que potencia las oportunidades benéficas.

La adaptación de los sistemas humanos es un proceso que requiere del compromiso de una amplia gama de participantes que actúen a múltiples niveles, en casi todos los sectores. Se requiere analizar la actual exposición al susto y estrés climáticos, como asimismo de un conjunto de modelos de impacto climático futuros. Es necesario conocer la vulnerabilidad que existe en las personas, los hogares y las comunidades, como también su entorno institucional, político, social y biofísico.

2.6 Mitigación

El concepto de Mitigación al cambio climático se refiere a la mitigación de la principal amenaza al efecto invernadero, los GEI, abordando las causas del Cambio climático. Este concepto se refiere a la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros. Se enfoca principalmente a cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones de GEI por unidad de producción. Esto incluye cambios en la matriz energética y en las formas de producción (CRID LAC, 2011).

2.7 Escenarios climáticos

Según el Panel Intergubernamental de Cambio climático-IPCC, los "escenarios" son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro.

Los escenarios climáticos pueden ofrecer información importante acerca del clima futuro en una región. Esta información puede ser utilizada para abordar los impactos potencialmente adversos del cambio climático de una manera que promocione el desarrollo bajo en emisiones y adaptado al clima. Sin embargo, pronosticar el clima futuro de una región — el patrón promedio del clima a lo largo de un período de tiempo (por ejemplo, 30 años) — es incierto.

Existen métodos múltiples para producir escenarios probables; algunos solamente ofrecen resultados de baja resolución ("burdos"), mientras que otros (por ejemplo, las técnicas de reducción a escala) producen resultados de alta resolución (PNUD, 2011).

Los escenarios climáticos son el resultado de varios procesos de recolección, creación, perfeccionamiento y elaboración de datos, principalmente agrupables en los siguientes pasos:

Modelos climáticos o de circulación general: Los modelos climáticos son una modelación de las corrientes atmosféricas y oceánicas y relación e influencia en el clima. Son disponibles a nivel general para cualquier lugar del planeta. Modelos cada vez más precisos y detallados, que consideran cada vez más variables, son disponibles a menudo, desarrollados por universidades y proyectos alrededor del mundo.

Escenarios de emisiones: Los escenarios de Emisiones son generados por el IPCC y se refieren a la cantidad esperada de emisiones humanas de GEI a la atmósfera. Hay diferentes tipos: el primero y más sencillo, supone una cantidad de CO2 doble respecto a un valor arbitrario (Escenario 2xCO2, que a pesar de su sencillez, fue utilizado en varias comunicaciones nacionales). En 1992 el IPCC publicó la primera familia de escenarios que consideraba variables sociales y económicas, llamados IS92. Los escenarios mayormente utilizados hoy en día (o por lo menos es de esperar) son los últimos publicados por el IPCC en 2001, el paquete SRES (*special reduction emissions scenarios*). Son escenarios que modelan las emisiones futuras en base a distintos patrones de desarrollo social, económico, político, tecnológico, etc. Se espera una nueva evolución de estos escenarios pronto, que incluya las emisiones de la última década y permita una modelación mucho más detallada.

Tendencias climáticas: Las tendencias climáticas son mediciones efectivas del clima referente a un área específica y un lapso temporal, y generalmente es el conjunto de datos de una estación meteorológica. Poseer datos locales relativos a valores máximos y mínimos, tendencia, variabilidad, etc. de temperatura y precipitación en los últimos 40 o 50 años es de mucha ayuda en el desarrollo de escenarios climáticos futuros, ya que representa datos reales de partida de la variabilidad climática pasada. Esta información no siempre está disponible ni a nivel nacional ni local, por eso es importante en la región potenciar los sistemas de estaciones meteorológicas.

Modelación mediante programas de Computación: Existen programas que, con los insumos indicados (modelo de circulación general, escenario de emisiones, datos

geográficos, y posiblemente la tendencia climática local) pueden modelar y crear los escenarios climáticos. Estos son, por ejemplo, MAGICC-SCENGEN, PRECIS, entre otros.

2.8 Seguridad alimentaria

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas, en todo momento tienen acceso físico, social y económico a suficientes alimentos, en buenas condiciones, nutritivos, que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias, para una vida activa y saludable. (Cumbres mundiales sobre Alimentación y Nutrición (1996, 2002)

Tabla 1. Dimensiones del concepto de Seguridad Alimentaria.

La DISPONIBILIDAD FISICA de los alimentos	La seguridad alimentaria aborda la parte correspondiente a la "oferta" dentro del tema de seguridad alimentaria y es función del nivel de producción de alimentos, los niveles de las existencias y el comercio neto.
El ACCESO económico y físico a los alimentos	Una oferta adecuada de alimentos a nivel nacional o internacional en sí no garantiza la seguridad alimentaria a nivel de los hogares. La preocupación acerca de una insuficiencia en el acceso a los alimentos ha conducido al diseño de políticas con mayor enfoque en materia de ingresos y gastos, para alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria.
La UTILIZACIÓN de los alimentos	La utilización normalmente se entiende como la forma en la que el cuerpo aprovecha los diversos nutrientes presentes en los alimentos. El ingerir energía y nutrientes suficientes es el resultado de buenas prácticas de salud y alimentación, la correcta preparación de los alimentos, la diversidad de la dieta y la buena distribución de los alimentos dentro de los hogares. Si combinamos esos factores con el buen uso biológico de los alimentos consumidos, obtendremos la condición nutricional de los individuos.
La ESTABILIDAD en el tiempo de las tres dimensiones anteriores	Incluso en el caso de que su ingesta de alimentos sea adecuada en la actualidad, se considera que no gozan de completa seguridad alimentaria si no tienen asegurado el debido acceso a los alimentos de manera periódica, porque la falta de tal acceso representa un riesgo para la condición nutricional. Las condiciones climáticas adversas (la sequía, las inundaciones), la inestabilidad política (el descontento social), o los factores económicos (el desempleo, los aumentos de los precios de los alimentos) pueden incidir en la condición de seguridad alimentaria de las personas.

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).

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.

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 ej., 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.

2.9 Soberanía alimentaria

La soberanía alimentaria es el DERECHO de los pueblos, de sus Paises o Uniones de Estados a definir su política agraria y alimentaria, sin dumping frente a países terceros. La soberanía alimentaria incluye:

- priorizar la producción agrícola local para alimentar a la población, el acceso de los/as campesinos/as y de los sin tierra a la tierra, al agua, a las semillas y al crédito. De ahí la necesidad de reformas agrarias, de la lucha contra los OGM (Organismos Genéticamente modificados), para el libre acceso a las semillas, y de mantener el agua en su calidad de bien público que se reparta de una forma sostenible.
- el derecho de los campesinos a producir alimentos y el derecho de los consumidores a poder decidir lo que quieren consumir y, como y quien se lo produce.
- el derecho de los Países a protegerse de las importaciones agrícolas y alimentarias demasiado baratas
- unos precios agrícolas ligados a los costes de producción : es posible siempre que los Países o las Uniones tengan el derecho de gravar con impuestos las importaciones demasiado baratas, que se comprometan a favor de una producción campesina sostenible y que controlen la producción en el mercado interior para evitar unos excedentes estructurales.
- la participación de los pueblos en la definición de política agraria.
- el reconocimiento de los derechos de las campesinas que desempeñan un papel esencial en la producción agrícola y en la alimentación. (Vía Campesina,2005)

3 Observaciones del cambio climático en Bolivia

Aunque las manifestaciones del cambio climático en Bolivia aun se encuentran poco estudiadas, los aportes se basan en: i) observaciones científicas puntuales; ii) percepciones locales poco sistematizadas; 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 en base al PNUD (2007).

3.1 Temperatura

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 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 Nino.

Asimismo, un estudio de maticos (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 (2007) 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 Ramirez *et al*. (2001), mayores incrementos de temperatura en los años que vienen afectaran 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. Garcia *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.

3.2 Precipitación

En cuanto a las precipitaciones, los estudios muestran algunas tendencias generales. Seth *etal*. (2010), con los resultados del multimodelo en el escenario A2[7], señala que entre las latitudes 10o S y 20o S[8] 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), estas 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 NOAA[9], 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 Amazonia boliviana aumento en 15% desde 1970 y la frecuencia de inundaciones en la cuenca del rio Mamoré se acrecentó debido a la precipitación (Ronchail *et al*., 2006b; IPCC, *op. cit*, 2007b).

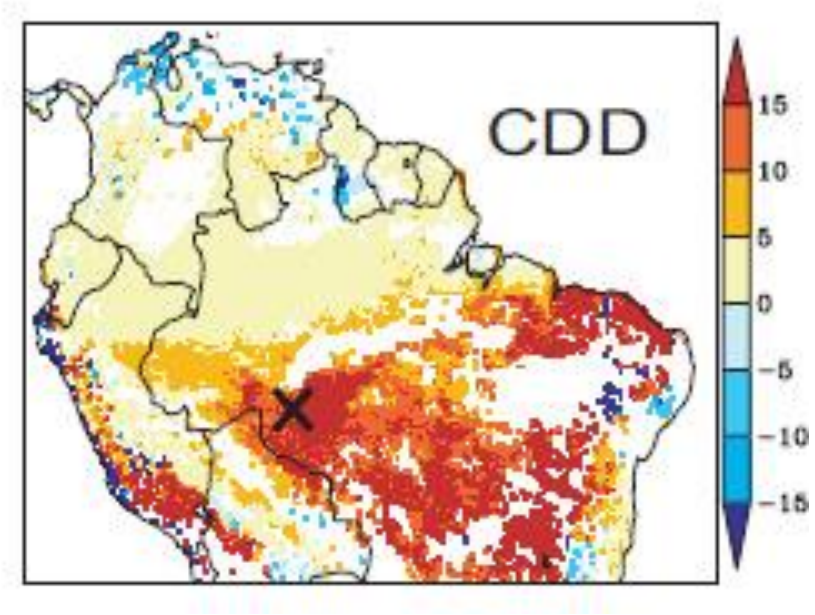
Respecto a la temática de las tendencias de precipitación en la zona de los Andes y el altiplano, Jaffrain (2007) presenta un análisis regional de estas, observando que muestran una tendencia al aumento durante los últimos años. Al respecto, se hace notar que autores como Vuille *et al*. (2003) o estudios 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 figura 3 se exponen los cambios en el índice de sequias (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 3 Distribución del índice de sequía (CDD) en invierno en el futuro (2080-2099)



Fuente: Kamiguchi, 2006.

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 1 mm/día).

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).

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 precis[10] 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 Amazonia. 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% para el año 2100. Este ciclo es también mas 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 *etal*., 2006; Seth *et al*., 2010).

3.3 Escenarios del cambio climático: año 2030

3.3.1 Supuestos básicos

Bajo el supuesto de que hasta fin de siglo se produzca un aumento de la temperatura promedio global en 4ºC con respecto a la temperatura global de la era preindustrial, este trabajo ha calculado un aumento de temperatura que oscila entre 7ºC y 10ºC en la región del altiplano norte hasta fin de siglo, de acuerdo con los siguientes factores: la región experimentaría un aumento de temperatura mayor al promedio global principalmente por encontrarse en el interior de un continente (en contraste con regiones costeras) y por estar a gran altitud. Consecuentemente, es posible estimar (según cálculos presentados en el cuadro 2) un aumento probable de entre 2,5oC y 4,5oC para 2030, y entre 4oC y 7oC para 2060.

Adicionalmente, para representar dos situaciones previsibles y diferenciables como consecuencia del cambio climático, se distingue dos tipos de efectos o impactos: por un lado, los de grado (o incrementales), y, en segundo lugar, los puntos de inflexión (o de quiebre), también conocidos como *tipping points* (Stafford-Smith, 2011).

Los efectos de grado se refieren a cambios cuantitativos, mientras que los puntos de inflexión implican alteraciones cualitativas, en sentido de que transforman el ecosistema, convirtiéndolo en uno distinto al original. Para ilustrar el primer caso se podría señalar que las alteraciones graduales en los cuerpos de agua de la región incidirían, por ejemplo, en reducir el área que estos cuerpos cubren. Un cambio cualitativo implicaría su desaparición y, por tanto, el cambio permanente de las cualidades ecológicas de la región. Perdería su condición de puna semihúmeda para adquirir la de puna semiárida. De forma hipotética y con un cierto grado de arbitrariedad, se supone que los cambios hasta 2030 serán de grado, mientras que las alteraciones en 2060 serán transformacionales. Así, resulta posible establecer y proyectarlos dos tipos de situaciones que podría experimentar la población del área y aprender de ellos, esbozando —aunque de manera todavía general— posibles escenarios socioeconómicos y político-institucionales derivados de ambos contextos.

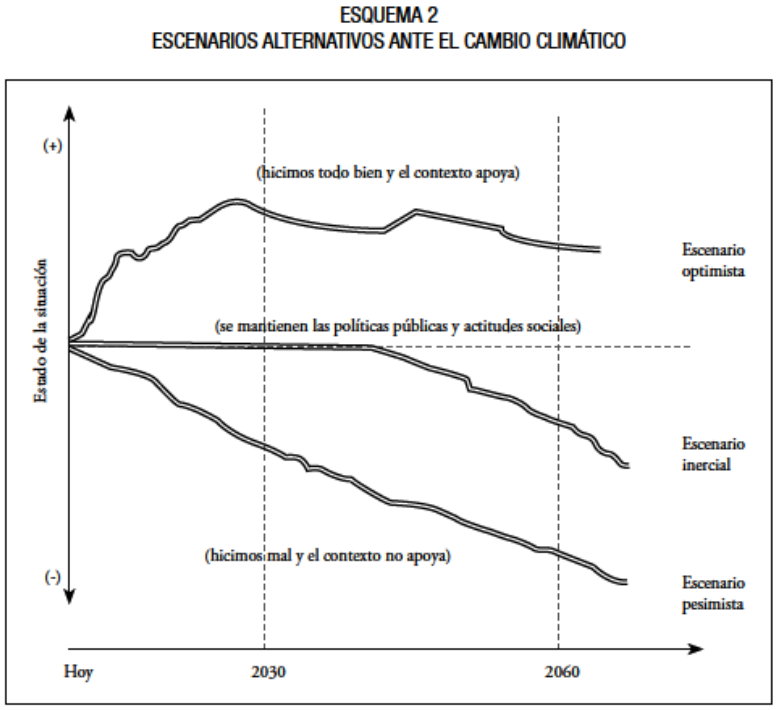


Figura 4 Escenarios alternativos ante el cambio climático.

3.4 Escenarios posibles para 2030

3.4.1 Aumento de temperaturas

En 2030 la región alcanzaría temperaturas de entre 2,5°C a 4,5°C por encima de las temperaturas preindustriales. Suponiendo que esa tendencia se confirme, podrían reducirse los cuerpos de agua y humedales existentes en la región (lago Titicaca, río Desaguadero, bofedales y riachuelos); este fenómeno será especialmente notorio en la época seca. También las diferencias de temperaturas entre el día y la noche serían más marcadas.

3.4.2 Régimen de precipitaciones

Los datos meteorológicos de los últimos veinte años y las investigaciones sobre las percepciones de los habitantes de la región (Nordgren, 2011: 24-37) son coincidentes y apuntan a un patrón climático marcado por una época de lluvias más corta en el altiplano norte y que tiende a empezar con retraso, así como a presentarse con precipitaciones más intensas hacia el final de la temporada.

La incertidumbre con respecto a las precipitaciones (debido a las limitaciones de los modelos existentes, así como a la información empírica que se recoge y procesa) hace suponer que, hacia 2030, se confirmaría y acentuaría la tendencia de las lluvias a llegar con retraso y a ser cortas y más intensas. Así podría comenzar el cambio paulatino de la biodiversidad de la región hacia un ecosistema semidesértico (Bush *et al.*, 2010).

3.4.3 Retroceso de los glaciares

Estudios realizados muestran que ya ha habido una pérdida de aproximadamente 50% del volumen de los glaciares de la cordillera Real durante los últimos cuarenta años (Soruco *et al*., 2009). Se puede suponer que esta tendencia se mantendría, y la superficie y la masa glaciar existente en 2012 se reducirían a la mitad. Este fenómeno se verificaría en la masa de hielo de los nevados Tuni, Condoriri, Illimani, Huayna Potosí y Mururata, así como en otros nevados de la cordillera Oriental. Sobre la base de esta evidencia, se puede suponer que en 2030 los glaciares mayores registrarán un retroceso de alrededor del 50% con respecto a su estado actual. En cuanto a los glaciares menores, situados actualmente en alturas por debajo de los 5.800 metros sobre el nivel del mar, se estima su pérdida total. (PNUD, 2011: 31; Hoffmann y Requena, 2011).

3.4.4 Eventos extremos

La tendencia general basada en los conocimientos actuales indica que las regiones situadas en los trópicos del planeta (la región de este estudio se ubica, por su latitud, en esa categoría) podrían sufrir, paradójicamente, tanto de sequía como de exceso de precipitaciones e inundaciones en distintos momentos de un mismo año.

De acuerdo con las tendencias generales previstas por el IPCC (2007), se estima un aumento de los eventos extremos para las próximas décadas, que se expresarían fundamentalmente en:

– Inundaciones más frecuentes y extendidas en época de lluvias (especialmente en enero y febrero), causando daños a la agricultura y a la infraestructura pública y privada.

– Sequías más severas, prolongadas y con efectos en mayores extensiones de territorio.

– Precipitaciones extremas, granizadas y tormentas más frecuentes y más fuertes, así como heladas más pronunciadas.

3.4.5 Agropecuaria

Se podría producir pérdidas netas en la producción y, por tanto, también pérdidas económicas debido al efecto combinado e interrelacionado de mayores temperaturas, retroceso en los glaciares, reducción de los cuerpos de agua y humedales, mayor evapotranspiración, aumento de eventos extremos y una época seca más extendida. Este conjunto de factores podría impactar en las actividades agropecuarias consolidadas en la actualidad. Los campesinos de la región enfrentarían crecientes dificultades para mantener los rendimientos y evitar las pérdidas en la producción lechera (que requiere importantes cantidades de agua y de forraje local), así como para mantener los cultivos más dependientes de riego y humedad en el suelo, como las

hortalizas y la mayoría de las variedades de papa cultivadas hoy en la región. Nuevas plagas generarían pérdidas adicionales.

Una probable agudización de los fenómenos de "El Nino" y "La Nina" podría originar desastres naturales, que implicarían más pérdidas económicas, difíciles de recuperar en el contexto de productividad decreciente de la región. Pero también es probable que las nuevas condiciones del clima brinden algunas oportunidades que podrían y deberían ser bien aprovechadas: menor incidencia de heladas y posibilidad de hacer cultivos a mayor altitud,por ejemplo.

3.4.6 Seguridad alimentaria y salud

Los riesgos en la seguridad alimentaria podrían aumentar, así como la desnutrición en las poblaciones rurales que más dependen de sus propios cultivos para alimentarse y en sectores de menores ingresos de la región metropolitana, debido al encarecimiento por escasez, aunque sea temporal, de los productos. Nuevas enfermedades, como el mal de Chagas y la malaria (en zonas bajas de la región) podrían afectar a la población, especialmente a los segmentos más vulnerables.

3.4.7 Infraestructura regional

En la época de lluvias, la zona metropolitana experimentaría inundaciones y deslizamientos (incluyendo mega deslizamientos) que podrían afectar la infraestructura privada (viviendas) y la pública (caminos, infraestructura de salud, educación, servicios básicos y públicos en general). Las zonas urbanas escarpadas se constituirían en áreas de creciente vulnerabilidad, en la medida en que el suelo ya es ahora inestable. La existencia de ríos superficiales y subterráneos, los suelos deleznables, el sistema de alcantarillado obsoleto y mal gestionado y la ocupación informal en ciertas áreas urbanas podrían contribuir a generar zonas de alto riesgo. La migración del campo a la ciudad podría consolidar barriadas que incumplen normativas municipales, con escaso acceso a los servicios o baja calidad de éstos. La infraestructura regional podría sufrir los embates de las inundaciones al finalizar la época de lluvias.

Con todos estos elementos, se procede a continuación a esbozar tres escenarios alternativos para 2030: inercial, pesimista y optimista.

4 Los impactos del cambio climático en Bolivia

La distancia de los países con respecto a la línea del ecuador también influye en la manera cómo serán afectados por el cambio climático. Sin embargo, los trópicos y subtrópicos, que abarcan aproximadamente dos tercios de la tierra, serán golpeados fuerte y muy tempranamente.

Así, se amplificarán significativamente los desequilibrios, porque serán especialmente los países más pobres los que enfrentarán pérdidas en producción de alimentos, en tales magnitudes que estaremos llegando a una falta de alimentos a nivel global, lo que significa, obviamente, que los más pobres van a empezar a morir de hambre (Dyer, G. 2010).

Los sistemas de precipitación en la región de los Andes (sur de Perú y centro oeste de Bolivia) se determinan principalmente por el transporte de vapor desde la cuenca amazónica, el comportamiento del océano Pacífico y la presencia del lago Titicaca (Martínez *et al.*, 2011). Otros factores que influyen en el sistema climático de la región son la presencia de la cordillera Oriental, que actúa como una barrera de condensación, y los vientos del este y del norte.

Existen serias limitantes para hacer estimaciones precisas sobre el cambio climático en las tierras altas cordillera, altiplano y valles) de Bolivia. Además de la accidentada topografía que dificulta la elaboración de modelos confiables, existen muchas incertidumbres todavía acerca del comportamiento futuro de "El Nino" (y de "La Nina"). A estas dificultades se agrega la falta de datos meteorológicos históricos y confiables, especialmente para regiones de altura. Hay menos dificultad en tierras bajas para la aplicación de modelos, debido a la homogeneidad del territorio.

Los aumentos significativos de temperatura y los cambios en los patrones de precipitación tendrán fuerte impacto en el tamaño y la distribución de los glaciares tropicales y bofedales (humedales altoandinos) de Bolivia, la integridad de ecosistemas y la disponibilidad de agua para consumo humaño para el riego (Urrutia y Vuille, 2009; Hoffmann, 2008; Painter, 2007; Soruco *et al.*, 2009).

Durante las próximas décadas, esto significará la progresiva pérdida de masa de los glaciares en Bolivia y el aumento temporal de los caudales de los ríos, para luego entrar en una fase de disminución abrupta, especialmente durante la época seca, que es cuando el agua de los glaciares garantiza un flujo mínimo de caudal en muchos lugares (Ramírez, 2006; CAN, 2007b).

Es importante señalar que con relación a los datos disponibles de precipitación en el país, los valores globales de precipitación anual no son un buen indicador del impacto en los ecosistemas o la producción agropecuaria, porque éstos tienen que ver más bien con la distribución de las precipitaciones a lo largo del año.

El reto más importante es dimensionar los impactos actuales y futuros del cambio climático sobre los ecosistemas y las actividades humanas en las tierras altas de Bolivia, para luego asumir acciones necesarias de adaptación.

Muchas veces, los elementos del sistema climático se influyen mutuamente, a eso se llama retroalimentaciones positivas (*positive feedbacks*), aunque paradójicamente generen efectos daninos. Por ejemplo, las sequías aumentan el riesgo de incendios forestales, que a su vez liberan dióxido de carbono a la atmósfera y también reducen la vegetación, que a su vez puede tener impactos negativos sobre las lluvias, el aumento de las sequías, etc.

4.1 Impactos del cambio climático sobre la producción agropecuaria

Debido a que la producción agropecuaria depende directamente del clima de una zona, el cambio climático podría afectar fuertemente a este sector esperándose impactos como el incremento de los requerimientos de agua en los cultivos, la migración de agroecosistemas por inviabilidad de sus zonas originales o la habilitación de nuevas zonas agrícolas. Incluso con el incremento positivo de las concentraciones atmosféricas de CO_2 que se supone tendrá un efecto de fertilización de los cultivos, los eventos de variabilidad climática, pueden ser responsables de importantes pérdidas de la producción agropecuaria a nivel global, por lo cual los países deberán establecer acciones en relación a los probables impactos futuros en diversas regiones (IPCC a, 2001).

El efecto invernadero incremental producto de la acumulación antrópica de gases de efecto invernadero en la atmósfera, está dando lugar a la elevación de la temperatura media de la superficie terrestre. La temperatura ha subido desde 1861 y nuevos análisis de información en el hemisferio norte indican que el incremento durante el Siglo XX es probable que haya sido mayor que durante los últimos 1000 años. Esta variación provocará mayor estrés en los cultivos, los que requerirán más agua y en muchas zonas no podrán adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. Si bien algún estudios muestran que podrían registrarse mayores rendimientos de los cultivos por las mayores temperaturas y las elevadas concentraciones de dióxido de carbono, los cambios en el comportamiento climático, aparentemente conducirán a una mayor incidencia y frecuencia de eventos extremos; los mismos que ya han ocasionado importantes pérdidas del sector.

Adicionalmente, las elevadas temperaturas están provocando la reducción de importantes masas de hielo en los glaciares de alta montaña que constituyen fuentes de agua para riego de las superficies cultivadas y de agua de recarga de los humedales que se encuentran en las cuencas de los ríos que se generan a partir de los glaciares. Así también, los cambios ocurridos en importantes características del clima, como efecto de los episodios del fenómeno ENSO,

Están afectando con mayor importancia a los sistemas productivos agrícolas. Estimaciones globales prevén que la producción agrícola tendrá una variación negativa promedio de 6.6 a 7 % si los impactos del cambio climático no van acompañados de opciones de respuesta, de acuerdo a los impactos esperados. Sin embargo y dependiendo de la vulnerabilidad de los agroecosistemas, las pérdidas reales podrías

ser mucho mayores. En algunos estudios se anticipa incluso pérdidas totales de rendimiento si no se toman medidas para ayudar al sector a adaptarse a los efectos del cambio climático.

Los efectos *directos* más importantes previstos del cambio climático sobre la agricultura se deberán al cambio de factores tales como el incremento de la temperatura, la variación de la precipitación, la duración de la estación de crecimiento de los cultivos, los momentos en que se produzcan fenómenos extremos o se alcancen umbrales críticos que influyan en el desarrollo de los cultivos y otros conexos.

Adicionalmente, los cambios en la concentración de CO_2 en la atmósfera asociados a otros factores de producción como la elevación de la temperatura, tenderían a constituirse en elementos que aceleren el proceso fotosintético incrementando la formación de biomasa en muchos cultivos especialmente en los cultivos C-3. Como efectos *indirectos* se prevé que los procesos de adaptación de organismos patógenos podrían incrementar su incidencia y severidad y muchas plagas secundarías podrían pasar a ser plagas con umbrales de daño económicos muy altos, cuya consecuencia no se han estudiado todavía.

El impacto del cambio climático sobre la seguridad alimentaria tienen lugar en dos pilares de la seguridad como son la disponibilidad y acceso a los alimentos siendo los cultivos sensible a la variables meteorológicas que inciden sobre el rendimiento de los cultivos, los incrementos en la temperatura y el CO_2 atmosférico favorecen los procesos fotosintéticos siempre y cuando la disponibilidad de agua y nutrientes, se modifiquen en la misma proporción como se presentan en el esquema que muestra la Figura 5.

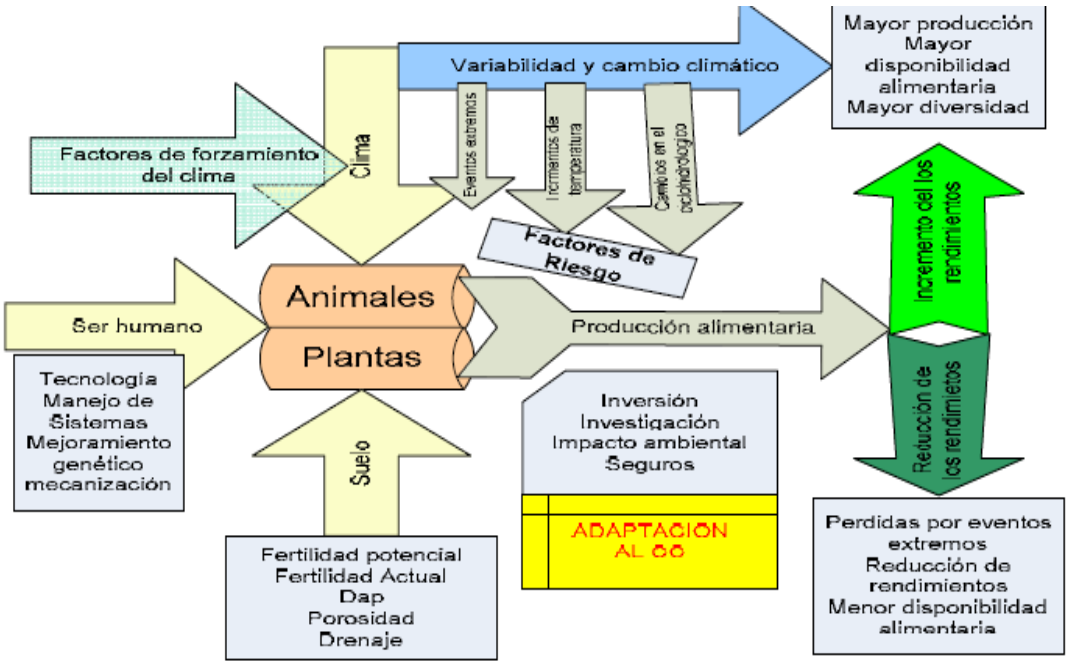


Figura 5 Impactos del cambio climático sobre la producción agropecuaria

Los diferentes estudios realizados en Bolivia y otros países Sudamericanos resaltan que los agroecosistemas se encuentran, ya al presente, expuestos a procesos de degradación por los efectos del manejo inadecuado de los recursos, siendo estos procesos incrementados en su impacto, por efecto del cambio climático.

Desde un punto de vista fisiológico, el aumento de la temperatura global junto con la correspondiente elevación de la concentración del CO_2 tendrá efectos de supresión de la otorespiración y en consecuencia se tendría un incremento de la eficiencia hídrica y fotosintética. De esta manera, los estudios previos realizados aplicando el modelo DSAAT V3 en el cultivo de papa en el altiplano (PNCC, 1999), mostraron que el incremento de la temperatura podría tener un efecto favorable en el rendimiento. El aumento de la temperatura mínima reduce la probabilidad de heladas tempranas o tardías. En este caso, el efecto del incremento de la temperatura de hasta 2 °C podría ser de mayor influencia sobre los rendimientos que el de la variación de la precipitación de hasta +/- 20 % pues este incremento permitiría a muchas variedades concluir su ciclo productivo antes de la ocurrencia de las primeras heladas de invierno y estas reducirían en su intensidad.

La variación de la precipitación (+/- 20%) no produce cambios significativos en los rendimientos, pues el altiplano se caracteriza por capacidades de almacenamiento de agua en el suelo variables y una precipitación efectiva en una rango de +/- 20% consideradas como normales (Torrico, 1998). Sin embargo, los rendimientos para valores superiores e inferiores de variación de precipitación, disminuirían drásticamente tanto por un fuerte déficit hídrico o por efecto del exceso de agua en las típicas variedades sensibles al anegamiento que crecen en Bolivia. Es importante empero considerar que los estudios mencionados no incluyeron un análisis de la distribución de la precipitación sino que se limitaron a la cantidad total de lluvia caída; este factor podría no reflejar el verdadero efecto del cambio climático percibido como la concentración de eventos de precipitación con mayor presencia de largos periodos secos durante la época de lluvias. El aumento de la concentración de CO_2 atmosférico también puede traer consigo aumentos en el rendimiento de los cultivos en mayor magnitud en el altiplano que en los valles.

El cambio climático podría beneficiar mayormente a la agricultura altiplánica pues una de sus más importantes limitaciones la constituyen las bajas temperaturas y aunque cualquier aumento en la temperatura provoca una aceleración en la intensidad fotosintética, favoreciendo la eficiencia de aprovechamiento del CO_2, temperaturas demasiado altas llevarían a la saturación y baja eficiencia de utilización del CO_2. Se ha observado también que el incremento de la concentración de CO_2 sería favorable si va acompañado de mejora en las condiciones de disponibilidad de otros factores productivos como la disponibilidad de nutrientes.

Los estudios realizados, en el caso específico de la papa demostraron que la medida de adaptación más importante y que aumentó los rendimientos simulados de 30 a 60% es

la del aporte de agua como riego, que aplicado oportunamente sería incluso mucho más eficiente y de mayor ganancia productiva (aportes de agua de entre 50 a 180 mm durante la fase de inicio de la tuberización aparecen como los más recomendables) que la fertilización con dióxido de carbono (Torrico, 1998).

De acuerdo a los resultados de la modelación, el adelanto o retraso de las fechas de siembra en periodos de 20 a 30 días no muestra modificaciones significativas en los rendimientos del cultivo en el altiplano. A pesar de estos resultados, la respuesta obtenida de experimentos de campo en los que se probaron variaciones en las épocas de siembra sugieren que estos cambios podrían resultar en fuertes incrementos en los rendimientos pues aprovecharían mucho mas el agua caída como lluvia en los meses más húmedos (Torrez, 2005). Esta medida de adaptación sin embargo, depende de la disponibilidad de agua para la siembra. Otro efecto simulado es que en caso que el incremento de la temperatura sería mayor a 1os 2°C, también sería posible cultivar variedades dulces (*Solanum tuberosum*) con cierta resistencia a heladas en lugar de las variedades amargas (*Solanum juczepsukii*) en zonas que al presente solo permiten cultivar variedades amargas. En estudios con comunidades realizados en 2005 (IIA, reporte preliminar, 2005), se ha podido evidenciar este efecto pues comunarios de Municipios ubicados en las riberas del Lago Titicaca reportan que zonas antes restringidas a variedades amargas, al presente están produciendo variedades dulces aunque con limitaciones de fertilidad de suelos, efecto que deberá ser seriamente estudiado para evitar erosión y desertización acelerada.

En cuanto al cultivo de soya los resultados del modelos DSAAT (PNCC, 1999) muestran que los aumentos de la temperatura provocan que las plantas y el suelo pierdan mayor cantidad de agua determinando que la planta sufra un estrés hídrico reflejado en la baja producción especialmente en los cultivos de invierno a secano. Los resultados de la simulación muestran que las fases fenológicas de la soya se acortan con escenarios de cambio climático lo cual se explica porque el incremento de la temperatura acelera los procesos fisiológicos. Al mismo tiempo el rendimiento podría reducirse si la elevación de la temperatura ocurre en la floración, pues este incremento tendría efectos negativos en la fase, reduciendo la cantidad de frutos cuajados (legumbre). El aumento de la precipitación o la adición de riego podría contrarrestar esta tendencia al nivelar el balance absorción transpiración, pero aumentos de hasta 20% en las precipitaciones no logran nivelar el déficit por lo que los incrementos de agua deberán ser mayores.

El análisis de vulnerabilidad simulada permite evidenciar que en el caso de la soya, el principal factor para incrementos del rendimiento, tanto en cultivos de verano como de invierno sería el CO_2 porque se sabe que esta especie posee un elevado punto de compensación del CO_2 concerniente a su fisiología. Entonces el factor fertilizante del CO_2 podría ser importante para incrementar los rendimientos del cultivo, acompañando el manejo con adición de agua como riego especialmente durante el invierno.

La producción ganadera y las pasturas también serían afectadas. En la publicación mencionada previamente se reporta que los modelos de simulación predicen que el aumento de la temperatura traería consigo la disminución del peso del ganado si no es

acompañada por incremento de la precipitación debido principalmente a la menor disponibilidad de alimento y a la falta de agua. Si el aumento de la temperatura va acompañado por mayor precipitación e incremento de las concentraciones de CO_2, se obtendrían mayores ganancias de materia verde y seca en las pasturas. Esta afirmación presenta limitaciones para la época de estiaje por la reducida cantidad de agua como precipitación con la que se cuenta en las áreas ganaderas. Dado que se prevé mayor concentración de la precipitación de la actual, se puede esperar una fuerte reducción del número de cabezas de ganado en producción durante el invierno por falta de agua y de alimento en caso de no contarse con medidas de adaptación adecuadas.

También se prevé que algunas pasturas nativas de altura podrían sufrir reducciones en sus rendimientos debido a la menor disponibilidad de agua de deshielo especialmente a nivel de los bofedales y humedales. En este punto es importante hacer un énfasis especial, pues la retracción de los glaciares podría afectar fuertemente a la alimentación hídrica de estos humedales.

Al presente estas áreas están reduciendo sus superficies, en parte porque a través del drenaje se habilita los terrenos para actividades agrícolas. Como razonamiento lógico, se podría prever en los próximos años una tendencia de incrementos en el agua de recarga por el acelerado deshielo de los glaciares. Sin embargo el aumento en los caudales no será indefinido sino hasta que reduzca el almacenamiento de los glaciares hasta un umbral determinado en el que la reducción de las áreas de los bofedales será determinada además por la falta de agua. Los resultados de Flores (2002), evidencian cambios en las áreas de bofedales alto andinos del país desde 1990 a 1998 reportando para 1990 una superficie716 Ha de bofedales primarios, con una reducción en 1998 a 539 Ha. Esto implica que la ganadería de zonas de altura basada en la alimentación del crecimiento de la vegetación de bofedales es altamente vulnerable al cambio climático.

4.2 Impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos

Los riesgos del cambio climático relacionados con el agua dulce aumentan significativamente cuanto mayores son las concentraciones de los gases de efecto invernadero (evidencia sólida, nivel de acuerdo alto). La parte de población global que sufre escasez de agua y la parte que padece las grandes inundaciones fluviales crece cuanto mayor es el nivel de calentamiento en el siglo XXI.

Las proyecciones sobre el cambio climático durante el siglo XXI indican que se reducirán los recursos renovables de aguas superficiales y aguas subterráneas de forma sustancial en la mayoría de las regiones secas subtropicales, con lo que se intensificará la competencia por el agua entre los sectores. En las regiones secas actuales, es probable que la frecuencia de las sequías aumente al final del siglo XXI con arreglo al escenario RCP8,5. Por el contrario, las proyecciones indican que los recursos hídricos aumentarán en las latitudes altas. Las proyecciones apuntan a que el cambio climático hará que disminuya la calidad del agua bruta y generará riesgos para la calidad del agua potable incluso con el tratamiento convencional, debido a los factores que interactúan:

aumento de la temperatura; aumento de las cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes debido a las fuertes lluvias; mayor concentración de contaminantes durante las sequías; e interrupción del funcionamiento de las instalaciones de tratamiento durante las crecidas. Las técnicas de gestión adaptativa de los recursos hídricos, entre ellas la planificación de escenarios, los enfoques basados en el aprendizaje y las soluciones flexibles y de bajo riesgo, pueden ayudar a crear resiliencia para los cambios e impactos hidrológicos inciertos causados por el cambio climático.

Los glaciares de montaña retienen las precipitaciones atmosféricas y luego sueltan el agua de forma gradual durante todo el año, incluso en las estaciones calurosas o secas, cuando los déficits de agua son habituales (Coudrain *et al*., 2005). Bolivia, Ecuador y Perú son los países más expuestos al riesgo de escasez de agua, debido a la mayor fusión de los glaciares, los cuales alimentan los ríos durante todo el año. Las zonas de humedales altoandinos (conocidos como bofedales), que son fuentes importantes de agua y de forraje en el transcurso de la estación seca (Alzérreca *et al*., 2006), también podrían estar encogiéndose, debido a las variaciones climática. Empero, otros factores, como el pastoreo excesivo y la desviación de agua, pueden estar contribuyendo a la degradación de este importante recurso natural (Alzérreca *et al*., 2006).

El aumento en la temperatura del aire, incrementa la evapotranspiración, con reducciones posteriores del contenido de agua del suelo y la disponibilidad para el crecimiento de los cultivos. Por ejemplo, Thibeault *et al.* predicen una disminución general del agua en el suelo para el año 2030, que sería en mayor medida para el 2080. Pero en las regiones montañosas, el derretimiento de la nieve puede crear situaciones más complicadas, como el mayor contenido de agua en el suelo a principios de la temporada de crecimiento y su reducción más tarde, cuando la demanda es alta (Barnett *et al*.,2005). Esto último podría incidir en una menor producción de los cultivos que demandan mucha agua y obligaría a los productores a modificar sus sistemas de producción de especies, a fin de controlar el estrés hídrico y los consecuentes conflictos por el uso del líquido. El recurrir más a prácticas de conservación del agua y del suelo, y optar por cultivos resistentes a la sequía y sistemas de riego efectivo y rentable, pueden ser muy importantes para manejar la posible merma en la disponibilidad del agua (Jimenez, 2013).

La contribución de agua del derretimiento de los glaciares para la ciudad de La Paz, en Bolivia, es actualmente de un 15 por ciento, pero aumenta a un 27 por ciento durante el periodo del año en el que las precipitaciones se hacen escasas (12). La disminución de los caudales en razón de la reducción de los glaciares sólo se observa actualmente en pequeñas cuencas de altura en las que los glaciares están desapareciendo (Francou, 2011).

5 Seguridad alimentaria y cambio climático

El cambio climático empeorará las condiciones de vida de agricultores, pescadores y quienes viven de los bosques, poblaciones ya de por sí vulnerables y en condiciones de

inseguridad alimentaria. Aumentarán el hambre y la malnutrición. Las comunidades rurales, especialmente las que viven en ambientes frágiles, se enfrentan a un riesgo inmediato y creciente de pérdida de las cosechas y del ganado, así como a la reducida disponibilidad de productos marinos, forestales y provenientes de la acuicultura. Los episodios climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos tendrán un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos, el acceso a los mismos, su estabilidad y su utilización, así como en los bienes y oportunidades de los medios de vida tanto en zonas rurales como urbanas. La población empobrecida correrá el riesgo de inseguridad alimentaria por la pérdida de sus bienes y por la falta de una cobertura de seguros adecuada. La capacidad de la población rural de convivir con los impactos producidos por el cambio climático depende del contexto cultural y de las políticas existentes, así como de factores socioeconómicos como el género, la composición de los hogares, la edad y la distribución de los bienes en el hogar.

5.1 Situación actual en Bolivia

La OMS y la FAO dispondrán metodologías que permiten discutir las dimensiones de la seguridad y soberanía alimentaria, disponibilidad física, acceso económico y físico a los alimentos, utilización de los mismos y la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores. Los indicadores muestran que la reducción del hambre tiene un avance lento pero constante; la pobreza es el factor más fuerte para la inseguridad alimentaria, estando el 64% de la población rural en esta situación. 89% de los municipios en Bolivia presentan grados de vulnerabilidad medio a alto. La población infantil es la más afectada por la desnutrición, se han observado avances significativos en Bolivia, sin embargo los indicadores de seguridad alimentaria se encuentran por debajo de la media latinoamericana. Mejorar la seguridad alimentaria requiere de intervenciones en todas sus dimensiones tanto a nivel macro con políticas y legislación, pero también a nivel micro, especialmente mejorando la calidad de la educación rural y la capacidad productiva y competitividad de actividades agrícolas y no agrícolas.

Tabla 3. Indicadores de Salud y nutrición en Bolivia

INDICADOR	**VALOR**
Tasa de mortalidad en la niñez < 5 años	75 por 1.000 n.v
	41 por cada mil n.v.
	46 por cada mil n.v
Tasa de mortalidad materna	200 por 100 mil n.v.
	230 por 100 mil n.v
Porcentaje de Bajo Peso al Nacer	4,96%
Porcentaje de Bajo Peso al Nacer	5,78%
Ingesta de energía	2220 Kcal/persona/día
Necesidades energéticas mínimas	1815 Kcal/persona/día
Desnutrición crónica en < 5 anos	26,50%
Desnutrición crónica en niños entre 12 a 23 meses	32,60%
Desnutrición crónica >3 años	41,70%
	18,50%
Tasa de Desnutrición crónica infantil	20%
Desnutrición niños entre 6 y 23 meses de edad.	23%
Desnutrición niños entre 6 y 23 meses de edad municipios con alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria.	38%

Fuente: Torrico, et al. 2014.

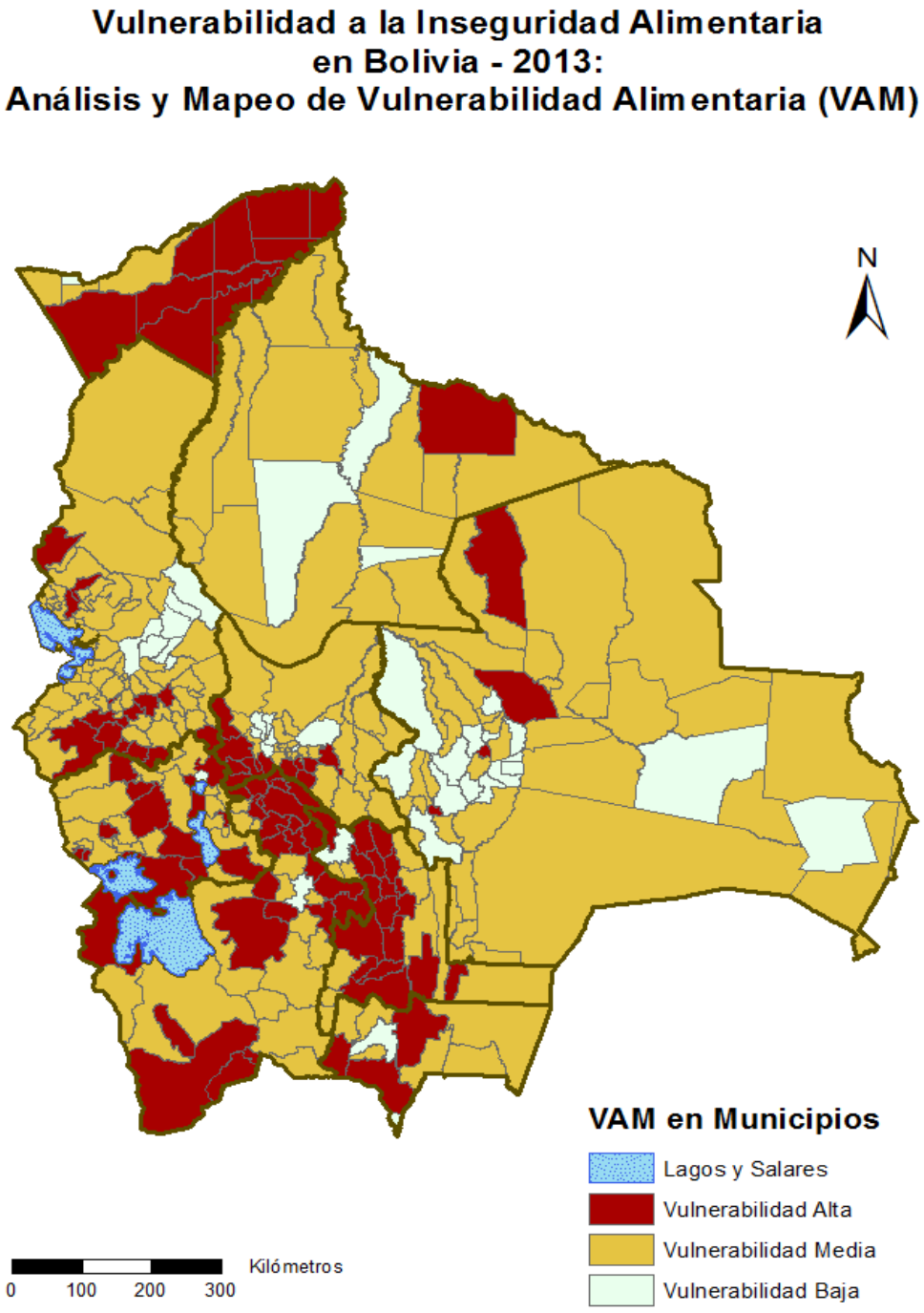


Figura 6 Mapa de Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria a nivel Municipal de Bolivia 2012. Fuente: IBEPA, 2013; WFP, 2013; MDRyT, 2013.

5.2 Factores que influyen en la inseguridad y soberanía alimentaria boliviana

5.2.1 Disponibilidad

Factores medioambientales afectados por ciertos fenómenos climatológicos como las sequías, incendios, inundaciones, heladas, erosión del suelo, entre otros; además de los riesgos antrópicos como la contaminación ocasionada en el agua, aire, suelo, deforestación, incendios, entre otros ecológicos, económicos, tipos de cultivo, nivel de tecnificación del agro, caminos y transporte, almacenamiento, incentivos para producir, roles sociales, tecnología de alimentos, comercio exterior. Baja disponibilidad de alimentos (desplazamiento de cultivo de alimentos por otros cultivos comerciales y el cambio de la actividad agrícola por otras, que representan mayor remuneración, baja productividad agrícola, alza de precios de los alimentos). Alta vulnerabilidad como la baja capacidad para enfrentar riesgos, impactos, tensiones y procesos socioeconómicos.

5.2.2 Acceso a los alimentos

Acceso físico por falta de tramos carreteros, vías de comercialización. Limitaciones de acceso a los alimentos tanto económica como físicamente conllevando a un déficit en la cantidad y calidad de la ingesta alimentaria de macro y micronutrientes, variedad de alimentos disponibles, capacidad de compra. Factores socioculturales y económicos: Falta de empleo, bajos ingresos económicos, pobreza. Bajo nivel de educación y conocimiento sobre alimentación y nutrición, distribución de los alimentos dentro de la familia, nivel de la industrialización del sector alimentario.

5.2.3 Utilización biológica de los alimentos

Estado de salud, factores genéticos, condiciones de saneamiento ambiental, condiciones de vivienda; Déficit de higiene por falta de acceso al agua potable y saneamiento básico; pautas culturales y alimentarias; Desigualdad social, déficit patrimonial y de ingreso a la tierra. Atención médica y control de enfermedades, Acceso y/o atención a sistemas en el sector público; redes de Apoyo social; políticas institucionales.

5.2.4 Observaciones y recomendaciones

Los esfuerzos por cumplir con el objetivo de desarrollo del milenio de reducir el hambre a la mitad tiene un avance lento pero constante, si bien se ha alcanzado reducir el porcentaje de desnutridos, el índice global del hambre indican que aún la pobreza extrema es evidente en Bolivia, expresada en una alimentación deficitaria.

Se observan aun índices altos de desnutrición en niños menores de cinco años, de mala alimentación en gran parte de la población; una persona desnutrida, con carencias nutricionales disminuye su capacidad productiva, y esto impone a la sociedad costos económicos altos. Sería importante continuar con el proceso de mejorar las actividades

de los programas sociales actuales, realizar evaluaciones sobre el alcance que estas están teniendo en el mejoramiento de la nutrición de los bolivianos.

Aproximadamente 89% de los municipios en Bolivia presentan grados de vulnerabilidad de medio a alto. Los pequeños productores de alimentos de los valles altos y del altiplano, especialmente poblaciones indígenas, son los que más vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria presentas, así como los índices más bajos de nutrición y salud. Se observa la necesidad de contar con un sistema de monitoreo y mediciones en grupos vulnerables a través de indicadores para evaluar las políticas y programas.

Los productores de tierras bajas son los que más proveen de materia prima para la agroindustria nacional, genera empleo e ingresos, divisas e ingresos para un número creciente de habitantes poblacionales que viven o migran al departamento. En el altiplano y valles altos se observa más la agricultura a baja escala, con pocos excedentes y con mayor porcentaje para el autoconsumo, sector importante que necesita atención privilegiada.

Se ha determinado que uno de los factores más importantes para la inseguridad alimentaria es la pobreza y la baja generación de ingresos que impiden comprar alimentos. Si bien algunos índices como la integración carretera es muy baja, esto no impide que exista una buena disponibilidad de alimentos en áreas urbanas y, regulares en áreas rurales, siendo el acceso económico el problema. Apoyo a la diversificación de ingresos, aumento de la competitividad de productores rurales, mayor acceso a los mercados locales, niveles más altos de la apertura comercial y las exportaciones agrícolas también podrían aumentar la seguridad y soberanía alimentaria.

Se ha determinado que el uso de los alimentos no es la mejor, si bien existe buena a regular disponibilidad de alientos sanos y nutricionales, el uso de estos no es el recomendado para una buena nutrición. Se observa la necesidad de mayores esfuerzos y estrategias orientadas a programas de educación nutricional alimentaria, en los distintos niveles educativos y ámbitos. Empezando por ejemplo desde los parvularios, colegios pasando hasta centros de salud.

Muchos de los índices nacionales de seguridad alimentaria y pobreza han mejorado gracias a la transferencia de efectivo (bonos), si bien esta es una solución transitoria su sostenibilidad es reducida, el tema de la seguridad alimentaria es multidimensional y se debe trabajar en todos sus componentes, especialmente mejorando el sistema de producción de alimentos y fomentando las unidades de producción de pequeña escala, incrementar los programas de educación en salud y nutrición y finalmente concebir una campaña agresiva en contra de la pobreza y el hambre y tomar estos temas como prioridad nacional acompañados de mayores inversiones en programas a largo plazo.

6 Adaptación al cambio climático

6.1 ¿Que se puede hacer?

Las iniciativas y medidas para reducir la vulnerabilidad de los sistemas humanos o naturales como respuesta a los efectos del cambio climático proyectados o reales. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas, la preventiva y la reactiva, la pública y la privada, o la autónoma y la planificada. Entre los ejemplos, cabe citar la elevación de diques a lo largo de ríos y costas o la sustitución de plantas sensibles por otras más resistentes a los cambios en las temperaturas.

Hay cuatro principios que deberían guiar la formulación de las políticas y programas destinados a reducir los efectos negativos del cambio climático en la seguridad alimentaria y diseñar estrategias de desarrollo para respaldar la contribución de la agricultura a la mitigación de los GEI.

Integrar las iniciativas relativas a la seguridad alimentaria y el cambio climático. Las políticas y programas dirigidos a responder al cambio climático deberían ser complementarias, y no independientes, de los mecanismos necesarios para lograr una seguridad alimentaria duradera. El cambio climático es una de las múltiples amenazas para la seguridad alimentaria; es muy probable que las intervenciones diseñadas para aumentar la capacidad de resistencia del sistema alimentario en general contribuyan a la adaptación al cambio climático. En lugar de aumentar el gasto únicamente en la adaptación, sería preferible esforzarse por incrementar los gastos generales en pro de una seguridad alimentaria duradera, prestando especial atención a las amenazas únicas e inciertas del cambio climático que requieren en la actualidad la adopción de medidas (por parte de los organismos públicos y privados y de otros sectores).

Recopilar información a nivel local y compartir los conocimientos a nivel mundial. Las actividades de adaptación al cambio climático y de mitigación de sus efectos en la agricultura se llevan a cabo en millones de granjas por personas que a menudo son las más vulnerables. Cuando se comparten las enseñanzas extraídas en el plano local, estas son mucho más valiosas. Los conocimientos que ya poseen los agricultores sobre las prácticas que funcionan en las condiciones existentes podrían ser valiosos en el futuro para los agricultores de otros lugares. Sin embargo, algunas de las consecuencias del cambio climático están fuera del ámbito de la experiencia humana reciente, por lo que es necesario realizar esfuerzos sistemáticos orientados a la generación de datos para lograr respuestas eficaces. Puesto que los beneficios traspasan las fronteras nacionales, la recopilación y el intercambio de conocimientos requiere una coordinación mundial, así como programas nacionales.

Recabar la participación de todos los interesados en la toma de decisiones. Numerosos actores a lo largo de la cadena de comercialización, desde el productor hasta el consumidor, llevarán a cabo los cambios sobre el terreno necesarios tanto para la adaptación como para la mitigación. El sector público crea el entorno de políticas y programas en el que se adoptan las decisiones del sector privado. La sociedad civil

desempeña múltiples funciones esenciales, desde el control de las medidas gubernamentales y del sector privado hasta la integración de los diversos intereses y la innovación institucional. Es esencial establecer asociaciones internas en el sector público y entre los sectores público y privado de manera equitativa y eficiente para abordar todos los elementos de los desafíos futuros que plantea el cambio climático para la seguridad alimentaria. Para ello será necesario actuar con una mayor transparencia y determinar nuevas funciones para todos los sectores de la sociedad, entre ellos, el sector privado y la sociedad civil.

Centrarse en las necesidades y contribuciones de las personas desfavorecidas. Por último, las actividades para abordar el cambio climático deberían realizarse prestando una atención explícita a las necesidades de las personas desfavorecidas. Este principio se aplica a todas las personas vulnerables al cambio climático pero es de suma importancia centrarse en la función de las mujeres como responsables de la toma de decisiones sobre la agricultura y, por tanto, parte integrante de la planificación, el diseño y la aplicación de las políticas y programas destinados a afrontar los retos del cambio climático para la seguridad alimentaria. Con demasiada frecuencia en las deliberaciones sobre el desarrollo, las mujeres son percibidas como beneficiarias y no como especialistas. Es esencial promover el liderazgo de las mujeres y su participación en la toma de decisiones sobre la seguridad alimentaria en general y, en particular, al abordar las necesidades de adaptación y mitigación. Al mismo tiempo, una visión matizada en cuanto al género debe reconocer que las mujeres no son un grupo homogéneo. Las disparidades de género están condicionadas por la clase social y diversos factores socioeconómicos, culturales y de otra índole.

A continuación se presentan una recopilación de las principales medidas de adaptación por sector, medidas y políticas.

Tabla 4. Medidas de Adaptación Local

Sector	**Medidas**	**Políticas**
Agua	Recolección de agua de lluvia: Técnicas de almacenamiento y conservación de agua, reutilización de agua; desalinización y uso eficiente de agua y de la irrigación.	Políticas nacionales sobre el agua y gestión integrada de los recursos hídricos, gestión de fenómenos peligrosos relacionados con el agua.
Agricultura	Modificación de las fechas de siembra y plantación y de las variedades de cultivo; reubicación de cultivos; mejora de la gestión de las tierras (por ejemplo, control de la erosión y protección del suelo mediante la plantación de árboles).	Políticas de investigación y desarrollo (I+D); reforma institucional; tenencia y reforma de la tierra; creación y fortalecimiento de capacidad; aseguramiento de cultivos; incentivos financieros (por ejemplo, subvenciones y créditos fiscales).
Infraestructura	Reubicación; muros de contención marina y barreras contra mareas de tempestad; reforzamiento de dunas; adquisición de tierras y	Normas y reglamentaciones que integren en el diseño las consideraciones sobre el cambio climático; políticas de uso de la

	creación de marismas/humedales como amortiguadores del aumento del nivel del mar y de las inundaciones; protección de las barras naturales existentes.	tierra; ordenanzas de edificación; seguros.
	Planes de acción para hacer frente a los efectos del calor sobre la salud; servicios médicos de emergencia; mejora de las medidas de monitoreo y control de enfermedades sensibles al clima; agua potable y mejora de los saneamientos.	Políticas de salud pública que reconozcan los riesgos climáticos; consolidación de los servicios sanitarios; cooperación regional e internacional.
	Diversificación de las atracciones e ingresos turísticos; desplazamiento de las pistas de esquí a altitudes superiores y a glaciares.	Planificación integrada (por ejemplo, capacidad de transporte, vínculos con otros sectores); incentivos financieros (subvenciones y créditos fiscales).
Transporte	Reordenación/reubicación; normas de diseño y planificación de carreteras, ferrocarriles y otras infraestructuras para hacer frente al calentamiento y a los fenómenos de drenaje.	Consolidación del cambio climático en las políticas de transporte nacionales; inversión en I+D en situaciones especiales.
Energía	Consolidación de la infraestructura secundaria de transmisión y distribución; cableado subterráneo para servicios públicos básicos; eficiencia energética; utilización de fuentes renovables; menor dependencia de fuentes de energía únicas.	Políticas energéticas nacionales; reglamentaciones e incentivos fiscales y financieros para alentar la utilización de fuentes alternativas; incorporación del cambio climático en las normas de diseño.

Fuente: IPCC, 2013.

Tabla 5. Medidas de Adaptación bajo enfoques solapados (IPCC, 2914)

Enfoques solapados	Categoría	Ejemplos
Reducción de la vulnerabilidad y la exposición mediante desarrollo, planificación y prácticas, incluidas muchas medidas de bajo riesgo	Desarrollo humano	Mejor acceso a la educación, nutrición, servicios sanitarios, energía, vivienda segura y estructuras de asentamiento, y estructuras de apoyo social; Menor desigualdad de género y marginación en otras formas.
	Alivio de la pobreza	Mejor acceso a los recursos locales y control de estos; Tenencia de la tierra; Reducción de riesgos de desastre; Redes de seguridad social y protección social; Regímenes de seguros.
	Seguridad de los medios de subsistencia	Diversificación de los ingresos, activos y medios de subsistencia; Mejor infraestructura; Acceso a la tecnología y foros de toma de decisiones; Mayor capacidad de toma de decisiones; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.
	Gestión de riesgos de desastre	Sistemas de alerta temprana; Cartografía de peligros y vulnerabilidades; Diversificación de los recursos hídricos; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Códigos y prácticas de edificación; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial.
	Gestión de ecosistemas	Mantenimiento de humedales y espacios verdes urbanos; Forestación costera; Gestión de cuencas fluviales y embalses; Reducción de la intensidad de otros factores de estrés sobre los ecosistemas y de la fragmentación de los hábitats; Mantenimiento de la diversidad genética; Manipulación de los regímenes de perturbación; Gestión comunitaria de los recursos naturales.
	Planificación espacial o de uso del suelo	Suministro de vivienda, infraestructuras y servicios adecuados; Gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo; Planificación urbanística y programas de mejoras; Legislación sobre división territorial; Servidumbres; Áreas protegidas.
Adaptación incluidos ajustes graduales y transformativos	Estructural/física	***Opciones de ambientes ingenierizados y construidos***: Malecones y estructuras de protección costera; Diques para el control de crecidas; Almacenamiento de agua; Drenaje mejorado; Refugios contra inundaciones y ciclones; Elaboración de códigos y prácticas; Gestión de tormentas y aguas residuales; Mejoras del transporte y la infraestructura vial; Casas flotantes; Ajustes en centrales y redes eléctricas.
		Opciones tecnológicas: Nuevas variedades de cultivos y animales; Conocimientos, tecnologías y métodos indígenas, tradicionales y locales; Riego eficiente; Tecnologías de ahorro de agua; Desalinización; Agricultura de conservación; Instalaciones de almacenamiento y conservación de alimentos; Elaboración de esquemas y vigilancia de los peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana; Aislamiento de edificios; Refrigeración mecánica y pasiva; Desarrollo, transferencia y difusión de tecnología.
		Opciones ecosistémicas: Restauración ecológica; Conservación del suelo; Forestación y reforestación; Conservación y replantación de manglares; Infraestructura verde (por ejemplo, árboles de sombra, azoteas con jardines o huertos); Control de la sobreexplotación pesquera; Ordenación conjunta de la pesca; Migración y dispersión asistida de especies; Corredores ecológicos; Bancos de semillas, bancos de genes y otras medidas de conservación *ex situ*; Gestión comunitaria de los recursos naturales.
		Servicios: Redes de seguridad social y protección social; Bancos de alimentos y distribución del excedente de alimentos; Servicios municipales con inclusión de agua y saneamiento; Programas de vacunación; Servicios esenciales de salud pública; Servicios médicos de emergencia mejorados.
	Institucional	***Opciones económicas***: Incentivos financieros; Seguros; Bonos de catástrofe; Pago por los servicios ecosistémicos; Tarificación del agua como medida en favor del suministro universal y el uso correcto; Microfinanciación; Fondos para imprevistos en casos de desastre; Transferencias de efectivo; Asociaciones público-privadas.
		Leyes y reglamentos: Legislación sobre división territorial; Normas y prácticas de edificación; Servidumbres; Regulaciones y acuerdos en materia de agua; Legislación en apoyo de la reducción de riesgos de desastre; Legislación en favor de la contratación de seguros; Derechos de propiedad definidos y seguridad respecto de la tenencia de la tierra; Áreas protegidas; Cuotas pesqueras; Consorcios de patentes y transferencia de tecnología.
		Políticas y programas nacionales y gubernamentales: Planes de adaptación nacionales y regionales e incorporación general de la adaptación; Planes de adaptación subnacionales y locales; Diversificación económica; Programas de mejora urbana; Programas municipales de ordenación de los recursos hídricos; Planificación y preparación para casos de desastre; Ordenación integrada de los recursos hídricos; Ordenación integrada de las zonas costeras; Gestión basada en el ecosistema; Adaptación de la comunidad.
	Social	***Opciones educativas***: Sensibilización e integración en la educación; Equidad de género en la educación, Servicios de extensión; Intercambio de conocimientos indígenas, tradicionales y locales; Investigación en acción participativa y aprendizaje social; Plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje.
		Opciones de información: Elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; Sistemas de alerta temprana y respuesta; Vigilancia y teledetección sistemáticas; Servicios climáticos; Uso de observaciones climáticas indígenas; Composición de un escenario participativo; Evaluaciones integradas.
		Opciones de comportamiento: Preparación de viviendas y planificación de la evaluación; Migración; Conservación del suelo y el agua; Desatasco de drenajes pluviales; Diversificación de medios de subsistencia; Prácticas relativas a los cultivos, la ganadería y la acuicultura modificadas; Dependencia de las redes sociales.
Transformación	Esferas de cambio	***Práctica***: Innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.
		Política: Decisiones y medidas de carácter político, social, cultural y ecológico en sintonía con la disminución de la vulnerabilidad y el riesgo y el apoyo de la adaptación, la mitigación y el desarrollo sostenible.
		Personal: Presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyan en las respuestas al cambio climático.

Algunos ejemplos de opciones de adaptación al cambio climático de parte de los agricultores:

- Plantar diferentes variedades o especies de cultivos; criar diferentes razas o especies de ganado (o peces en la acuicultura). Podrían requerirse variedades o razas adaptadas a diferentes condiciones ambientales óptimas o con mayor resistencia al medio ambiente. Debería considerarse la posibilidad de utilizar cultivos o razas actualmente abandonados o poco frecuentes.
- Ante una mayor variabilidad del clima, considerar la posibilidad de una mayor diversificación de las variedades o cultivos para hacer frente a los riesgos de una mala cosecha en concreto. Utilizar sistemas integrados relacionados con la ganadería y/o la acuicultura para mejorar la capacidad de resistencia.
- Sembrar cultivos (incluidas materias básicas y forraje) en diferentes épocas del año; modificar las prácticas ganaderas estacionales para adaptarse a los diferentes regímenes climáticos.
- Cambiar las prácticas de riego; en muchas zonas el desafío principal del cambio climático será la menor disponibilidad de agua por diversas causas como la disminución de las precipitaciones, más lluvias en fenómenos extremos durante los cuales es más difícil la captación de agua, cambios en el caudal de los ríos como el retroceso de los glaciares y el aumento de la competencia por el agua en un entorno con temperaturas más elevadas. Estos retos pueden ser especialmente importantes en algunas de las principales "regiones granero" de las que depende la seguridad alimentaria de grandes concentraciones de población. Los productores de alimentos tendrán que adoptar medidas de conservación de aguas, más acertadas, utilizar recursos marginales y aumentar la captación del agua de lluvia. En determinadas zonas, el aumento de las precipitaciones puede permitir la agricultura o la agricultura de secano en lugares donde antes no era posible.
- Modificar las prácticas agronómicas; los cambios en las precipitaciones pueden favorecer la labranza mínima para disminuir la pérdida de agua; asimismo, la incorporación de estiércol y compost, y otras técnicas de uso de la tierra, como la producción de cultivos de cobertura, aumentan la materia orgánica del suelo y, por tanto, la retención de agua. La alimentación de los animales y la densidad de pastoreo tendrán que responder a los cambios en las condiciones ambientales.
- Preparase para hacer frente a un aumento de la frecuencia de los fenómenos extremos. Las medidas generales de conservación del agua son especialmente valiosas en tiempos de sequía, mientras que las estrategias, tales como la mejora de la materia orgánica del suelo ayuda a almacenar el agua después de las tormentas. La mayor frecuencia de las tormentas exigirá mejorar el drenaje y el diseño de las explotaciones agrícolas para evitar la pérdida de suelo y la erosión en cárcavas. Las granjas probablemente tengan que adaptarse en las zonas costeras a una mayor frecuencia de las intrusiones de agua salada y, en las zonas más secas, a incendios forestales más frecuentes.
- Adaptar las estrategias de manejo de plagas, malas hierbas y enfermedades; los diversos antagonistas de cultivos y ganado responderán de forma diferente al cambio climático y no siempre en detrimento de los productores de alimentos. No

obstante, probablemente estén, más que nunca, en condiciones de afrontar este tipo de retos en la medida en que tengan conocimientos sobre cómo hacer frente a las plagas y enfermedades existentes, y que la regulación natural de las posibles plagas por sus enemigos naturales se interrumpa debido al cambio climático. Se aplican consideraciones similares a la interrupción de los servicios ecosistémicos de polinizadores.

- Cambiar las prácticas postcosecha, por ejemplo, la medida en que los cereales podrían requerir secado y cómo se almacenan los productos después de la cosecha.
- Tener en cuenta (en la medida de lo posible) el aumento de la cobertura del seguro contra fenómenos extremos.
- Examinar las repercusiones de los efectos de los nuevos regímenes climáticos para la salud y el bienestar de los trabajadores agrícolas.
- Unirse a otros productores de alimentos para compartir las mejores prácticas y experiencias en favor de la adaptación comunitaria

7 Bibliografía

Adger W., Neil. 2006. Vulnerability. Global Environmental Change 16 (3): 268-281. DOI 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006.

Brooks (2003) y Adger (2006) En: Lampis.A., 2013.Vulnerabilidad y adaptación al cambio climatico; debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. REVISTA COLOMBIANA DE GEOGRAFÍA. Vol. 22, n.º 2, jul.-dic. del 2013.

Brooks, Nick. 2003. Vulnerability, Risk and Adaptation: A Conceptual Framework. Tyndall Centre for Climate Change Research 38:1-16. Norwich: University of East Anglia.

CARE Climate change, 2009. Conceptos clave para incorporar la adaptación al cambio climático en proyecto. Adaptado de: UNISDR, 2009. Terminología: términos básicos sobre reducción del riesgo de desastres y IISD et al., 2007. Evaluación del riesgo en las comunidades – Adaptación y medios de subsistencia (CRiSTAL) Manual del usuario, Versión 3.0. http://www.careclimatechange.org/files/toolkit/Conceptos.pdf.

CRID LAC, 2011 Centro Regional de Información sobre Desastres Cambio climático y Gestión de Riego. Mitigación y gestión del riesgo. http://cambioclimatico.cridlac.org/adaptacion-mitigacion/mitigacion-y-gr.

Cumbre mundial de la alimentación, 1996. Roma Italia. http://www.fao.org/wfs/index_es.htm

Cumbre mundial de la alimentación, cinco años después 2002. Roma Italia, http://www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/index.html

IPPC, 2001. Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC) Grupo de Trabajo 2, 2001. Third Assessment Report, Annex B: Glossary of Terms.

Hoffmann y Requena, 2011. Bolivia en un mundo 4 grados más caliente. Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte.

IPCC, 2014. Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático.

IPCC, 2013. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC). 5º informe de evaluación (AR5), bases de ciencia física.

IPCC, 2014. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático (IPCC). 5º informe de evaluación (AR5), impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación.

PNCC, 1999. Vulnerabilidad y Adaptación de los Ecosistemas en Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible. La Paz, Bolivia.

PNUD, 2011. Formulando Escenarios de Cambio climático para Contribuir con Estrategias de Desarrollo Adaptadas al Clima. Una guía para practicantes.

PNUD, 2007. Tras las huellas del cambio climático en Bolivia. Estado del arte del conocimiento sobre adaptación al cambio climático. Agua y seguridad alimentaria.

Torrez, R. 2005. Épocas de siembra como estrategia de adaptación al cambio climático del cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en el Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz, Bolivia.

Torrico. A. 1998. Vulnerabilidad y opciones de adaptación del cultivo de papa (Solanum tuberosum) al cambio climático para condiciones de altiplano y valles. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UMSA. La Paz, Bolivia.

Vía Campesina, 2005. Movimiento campesino internacional. Que es la soberanía alimentaria.http://viacampesina.org/es/index.php/temas-principales-mainmenu-27/soberanalimentary-comercio-mainmenu-38/314-que-es-la-soberania-alimentaria.