

# LOS EFECTOS FISICOS Y LAS AMENAZAS ASOCIADAS A LAS VARIACIONES CLIMATICAS EN BOLIVIA

## 1. LOS EFECTOS ENCADENADOS A NIVEL DEL PAIS

Las variaciones climáticas que se identificaron en Bolivia durante el periodo de ocurrencia de El Niño 1997-98 generaron una serie de amenazas de diferente orden asociadas a cada tipo de variabilidad, las cuales fueron determinantes en la multitud de impactos socioeconómicos que se produjeron en el país entre septiembre de 1997 y mayo de 1998.

En Bolivia, las mayores amenazas provinieron de la reducción de la precipitación en muchas zonas del territorio nacional, pero a la vez, las tormentosas e inusuales lluvias que se produjeron entre diciembre y febrero en varias partes del país, generaron otras amenazas secundarias encadenadas que finalmente tuvieron impactos relevantes sobre muchos sectores de afectación.

Desde que se detectó la presencia del evento en el Pacífico americano, la mayor parte de Bolivia estuvo sujeta a un **incremento de temperatura atmosférica** que batió récord en la historia de este siglo en el país, en algunos lugares del territorio nacional. El efecto de ello fue diverso:

- Por una parte, tuvo un efecto de **tropicalización** que afectó la fisiología de seres vivos, constituyéndose en una amenaza para los mismos. La elevación de la temperatura comenzó a manifestarse desde la primera semana de julio.
- Por otra parte, al combinarse con situaciones de baja precipitación, exacerbó la problemática de la sequía que fue muy dramática durante el evento bajo consideración.
- La gran exposición solar cerca de la superficie del suelo, al producir una expansión del aire próximo al

suelo, generó granizadas en zonas del altiplano y valles, al aumentar la liviandad del mismo y formar columnas ascendentes que originaron nubes de mucha altura. El evento más notable de este tipo fue la granizada inusual que se presentó en el sector de Sucre durante el mes de septiembre.

La significativa **reducción de la precipitación** que se hizo notoria desde el mes de octubre, tuvo varios efectos encadenados:

El más importante de ellos fue la fuerte **sequía** que se produjo en una parte importante del territorio nacional. Debido a la reducción muy acentuada de la precipitación, las zonas más afectadas fueron las ubicadas al sur-centro del país, lo cual corroboró el impacto generado por El Niño en el evento 1982-83.

- Al redundar en una disminución de las aguas de lluvias en las cuencas produjo **reducción tanto de los caudales** de los numerosos ríos que estaban emplazados en las áreas afectadas, como de la recarga de los acuíferos. En ambos casos se produjo el peligro de una menor disponibilidad del recurso para diversos usos.

Esta situación estuvo asociada a las características de muchas de las cuencas del área de afectación. En el caso del altiplano, el escaso caudal que tuvieron los ríos al reducirse drásticamente la precipitación de la mayoría de las nacientes en la cordillera, originó una reducción de los caudales y la caída del nivel de los lagos a los cuales éstos alimentan. Este fue el caso del Lago Poopó que mostró niveles muy inferiores a los normales, debido a la reducción del caudal del río Desaguadero, afluente del río Mauri donde desemboca el primero. Incluso el Lago Titicaca tuvo una disminución de su nivel de unos 3 m, lo cual explica la crítica situación que se observó en el río Desaguadero que recibe los aportes de dicho Lago, situación que se mantuvo hasta entrado el mes de abril de 1998, cuando los niveles mostraron descensos inusuales, todavía fuera de lo normal para la época. Una situación similar se observó en el río Lauca, cuyos caudales se hicieron críticos afectando a los usuarios del mismo.

En el caso de la zona del valle, los numerosos ríos que lo surcan, tuvieron también consecuencias similares derivadas de la baja de precipitación. Estos ríos, muchos de ellos de pequeño caudal, se secan durante la época de invierno y se reponen durante el período de lluvias. Los marcados déficit de precipitación que predominaron en toda la zona, fueron determinantes en los débiles flujos que se observaron en gran número de ellos. Incluso en la cuenca del Amazonas, donde se esperaban fuertes inundaciones, los ríos mantuvieron un comportamiento más equilibrado que en otros años, incluso normales, no rebasando en muchas oportunidades las cotas normales. Este fue el caso de los ríos Mamoré, Ichilo, Itenes, Beni, Madera, así como del río Paraguay en la vertiente del río de la Plata, cuyos niveles estuvieron por debajo de años anteriores. En el río Paraguay los niveles del río para 1998 presentaron un déficit en la zona alta cercano al 20% respecto a los años 1996 y 1997.

Un caso particular fue el comportamiento del río Grande o Guapay. Este río, debido a su longitud y a que su curso coincidió con algunas áreas de fuerte precipitación, fue causante de inundaciones en parte de su trayecto, al igual que sucedió con algunos de sus afluentes ubicados en las zonas de excedentes de precipitación. Pero igualmente fue notorio en algunas zonas, la reducción de su caudal, principalmente en los ríos nacientes que lo surten, por estar ubicados en zonas donde hubo alto déficit de precipitación.

- La menor cantidad de agua que cayó sobre los suelos, afectó la capacidad productiva de éstos y la estructura de soporte, lo cual es fundamental para el aprovechamiento de los suelos con fines agrícolas.
- Al igual que en el caso de la temperatura, la influencia de la escasa disponibilidad de agua también tuvo incidencia en la fisiología de animales y plantas, afectándolos directamente o propiciando la proliferación de otras especies que son tradicionalmente amenazas para el hombre, los animales y las plantas.

En las zonas donde se produjeron **incrementos de precipitación** inusuales, los efectos fueron inversos a los observados para la escasez.

■ La mayor escorrentía de agua en las cuencas produjo un incremento de la **recarga de acuíferos**, favorable a la reposición del potencial, como ocurrió en las provincias al norte de Santa Cruz y parte de la Chiquitania.

■ Muchos **ríos incrementaron su caudal** hasta puntos críticos originando desbordamientos con afectaciones aguas abajo. Ello desencadenó otro cuadro de amenazas: arrastraron sedimentos y lodos que se depositaron en zonas más bajas obstruyendo en muchos casos los drenajes naturales del agua y derivando en inundaciones. También se desbordaron arrastrando lo que encontraban a su paso a lo largo del curso del río. Los desbordamientos produjeron inundaciones en varias situaciones, causando daños de diversa índole. Estos mismos ríos, en determinadas ocasiones, destruyeron infraestructuras aguas abajo (carreteras, diques de contención y otros), que a su vez se constituyeron en amenazas para la población y las actividades económicas. Este fue el caso de ríos de la cuenca del Amazonas como: Ichilo, Yapacaní, Pirai, entre otros.

Debido a la magnitud de las afectaciones, el río Chapare merece una mención especial. Ubicado en la zona del mismo nombre, tradicionalmente la más lluviosa de todo el territorio, produjo desbordamientos e inundaciones en grandes extensiones de su área de influencia.

Las lluvias directas, debido a su magnitud y frecuencia, también fueron causantes de severas **inundaciones** en grandes extensiones de zonas planas y centros poblados. Al caer sobre suelos poco estructurados provocaron **deslizamientos** de gran magnitud con las consecuentes afectaciones. Igualmente, al drenar violentamente por fisuras y drenes naturales produjeron las **riadas “torreteras”**, las cuales fueron muy frecuentes durante este evento, generando graves daños aguas abajo.

En Bolivia también estuvieron presentes amenazas climáticas de otro tipo:

■ Tormentas **con descargas eléctricas**, que además de producir pánico a la población, produjeron afecta-

ciones en varios sectores debido a su impacto directo.

■ **Vientos huracanados** que en algunos casos tuvieron influencia en el desvío de algunos cauces de tipo meandrosos, a la vez que causaron estragos por arrasamiento. Por otro lado, los fuertes vientos están provocando la formación de dunas que sumadas a la actividad del hombre ponen en riesgo la conservación del medio ambiente.

## 2. FOCALIZACION DE LAS AMENAZAS

Según se verá más adelante, las amenazas secundarias que derivaron de la variabilidad climática estuvieron asociadas al comportamiento histórico de las distintas cuencas.

### 2.1 HIDROGRAFIA DE BOLIVIA

Bolivia drena sus aguas hacia tres vertientes principales:

a) La Cuenca del Río Amazonas cubre en el territorio boliviano cerca del 66% de la superficie del país (724.000 Km<sup>2</sup>) y los riesgos de inundaciones son una amenaza generalmente presente. Abarca las nacientes ubicadas en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y Santa Cruz; la calidad de sus aguas varía de alta a ligeramente contaminada y actualmente este recurso es aprovechado para el riego solamente en las nacientes del río Grande.

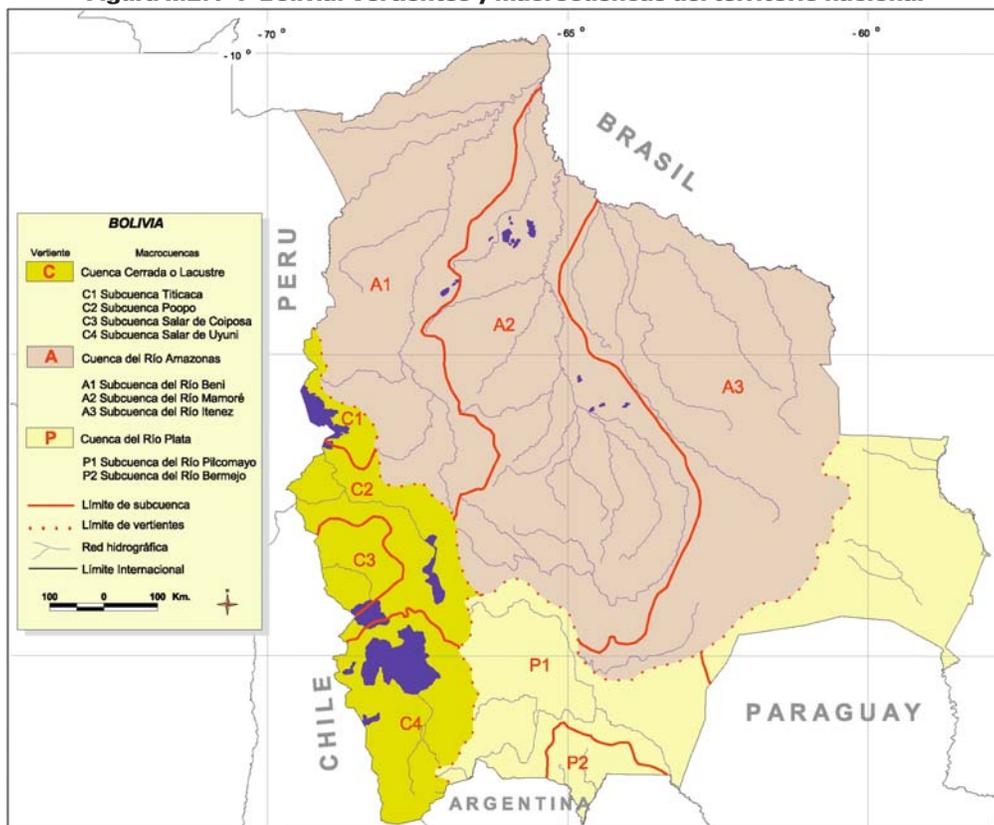
b) La Cuenca del Río de la Plata, que en territorio boliviano abarca cerca del 20% del territorio nacional, con una extensión de 229.500 Km<sup>2</sup>. En esta cuenca están comprendidos los departamentos de: Potosí, Chuqui-

saca, Tarija y Santa Cruz. Parte de sus aguas están destinadas al riego. El río más importante es el Pilcomayo, caracterizado por fuertes variaciones de caudal en épocas de estiaje y verano y por el arrastre fuerte de materiales que contienen elevadas concentraciones de residuos minerales, afectando seriamente la calidad de sus aguas. Generalmente es susceptible a las sequías.

c) Las cuencas cerradas ubicadas en el altiplano, abarcando el 14% del territorio, en unos 145.081 Km<sup>2</sup>. Estas cuencas son frecuentemente susceptibles a sequía. Se localizan en la parte Occidental de Bolivia. Las subcuencas que la conforman son las del Lago Titicaca, Lago Poopó, Salar de Coipasa y Salar de Uyuni. Estas cuencas cubren los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, los ríos en su mayor parte son temporales y de baja calidad de aguas por el contenido de sales, siendo este factor limitante para su uso, entre ellos el de riego.

La Figura II.2.1-1 muestra la red hidrográfica de Bolivia con indicación de las mencionadas vertientes. El Cuadro II.2.1-1 presenta en más detalle la composi-

Figura II.2.1-1 Bolivia. Vertientes y macrocuencas del territorio nacional



Fuente: Servicio Nacional de Hidrología Naval

ción de dicha red.

**Cuadro II.2.1-1 Bolivia. Red hidrográfica**

Macrocuenca	Principales Cuencas	Principales Subcuencas
<i>Vertiente del Río Amazonas</i>		
Río Mamoré (afuente del Río Madera)	Mamoré	Beni (Madini, Tuichi, Kaka, etc.) Ibare Grande o Guapay (Ríos Piraí, Chane, Yapacaní, etc.) Yacuma Apere Tijamuchi Isiboro Chapare Ichilo (R. Sacta)
Beni	Orthon	
	Madre de Dios Alto Beni	Bopi Cotacajes Santa Elena, etc.
Itenéz o Guapore	Itohamas	San Miguel y San Pablo
	Machupo	
	Baures	San Martín, Río Negro
<i>Vertiente del Río de la Plata</i>		
Pilcomayo	Pilcomayo	Pilaya Tumusla Camblaya Mataco Tarapaya
	San Juan del Oro	
Bermejo	Río Grande de Tarija	Tarija
	Bermejo	Salado Emborosú Candado Orozas
<i>Vertiente Cuencas Cerradas</i>		
Titicaca	Desaguadero	
Poopó	Desaguadero Marquez Sevaruyo	
Salar de Coipasa	Lauca Coipasa Sabaya	
Salar de Uyuni	Uyuni	

Según se desprende de la figura señalada, Bolivia es un país rico en recursos hídricos, pero su aprovechamiento en actividades como generación de energía eléctrica, pesca o transporte ha sido muy limitada. Existe un número considerable de corrientes superficiales de agua de cursos permanentes, intermitentes y efímeros.

Aunque los inventarios disponibles no están completos, igualmente cuenta con grandes reservas de agua subterránea debido a sus condiciones hidrogeológicas. Se estima un gran potencial de agua de buena calidad, pero en la actualidad su explotación es muy reducida. En algunos casos esta fuente representa la única opción previsible de abastecimiento, por la falta o escasez de aguas superficiales disponibles; sin embargo, su utilización se ve restringida por los elevados cos-

tos de su explotación y aprovechamiento.

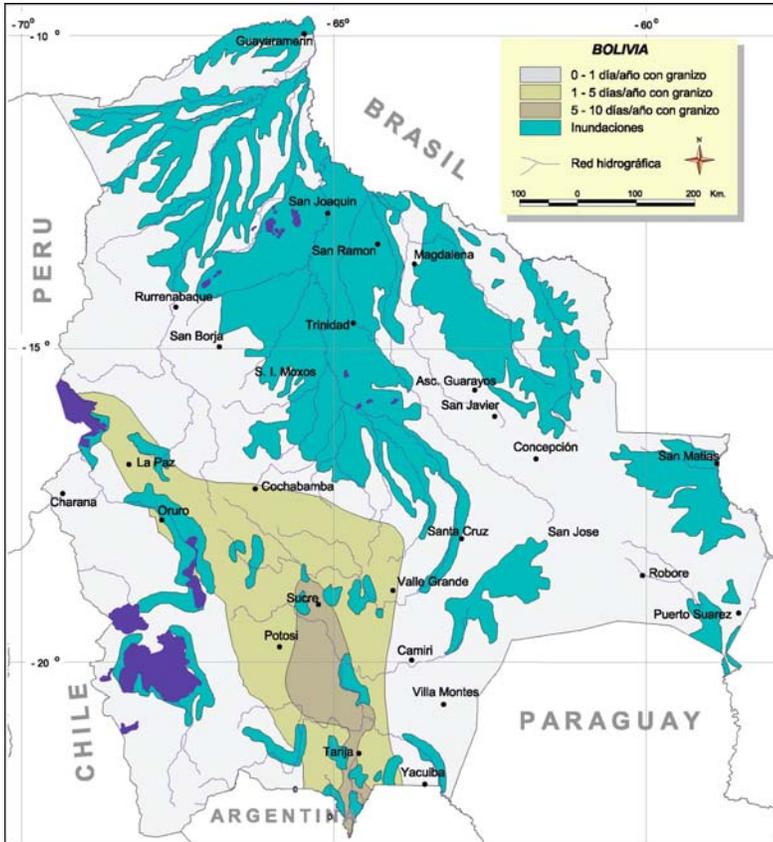
## 2.2 FOCALIZACION HISTORICA DE INUNDACIONES Y SEQUIAS

El comportamiento de las amenazas de sequía, inundaciones y heladas que son las que tipificaron la situación durante 1997-98 ha sido estudiado en el país, contándose con mapas generales que resumen la focalización de este tipo de riesgos.

La Figura II.2.2-1 muestra el mapa de riesgos de inundación elaborado por el proyecto SINSAAT con base a datos de AASANA.

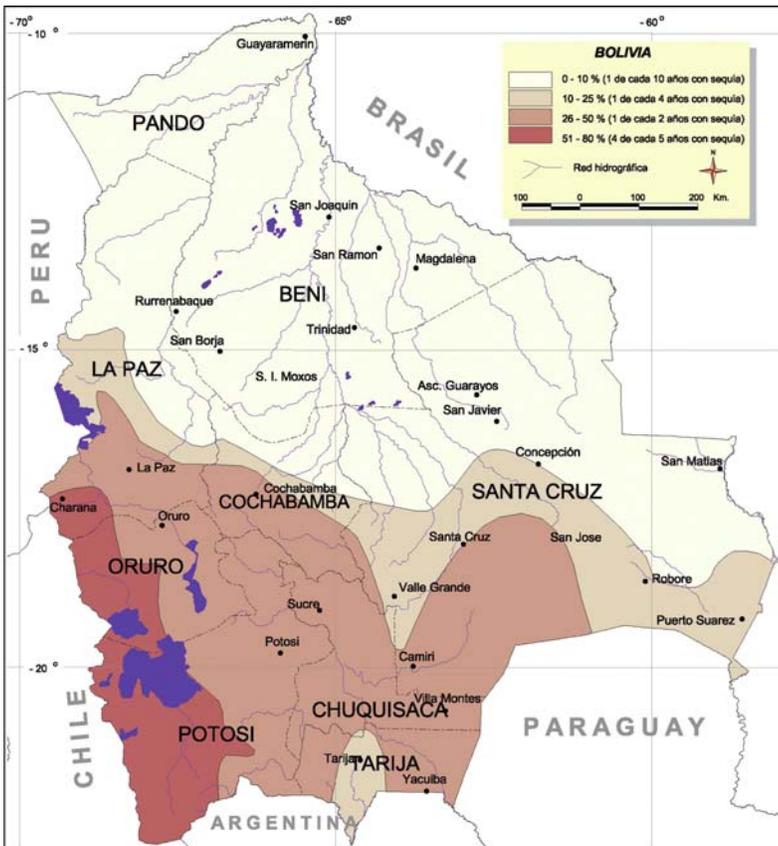
La Figura II.2.2-2 muestra este tipo de información para las zonas de sequía.

**Figura II.2.2-1 Bolivia. Areas históricas con riesgo de inundación y heladas**



Fuente: SINSAAAT

**Figura II.2.2-2 Bolivia. Zonas con riesgos de sequía**



Fuente: SINSAAAT con base a datos de precipitación de AASANA.

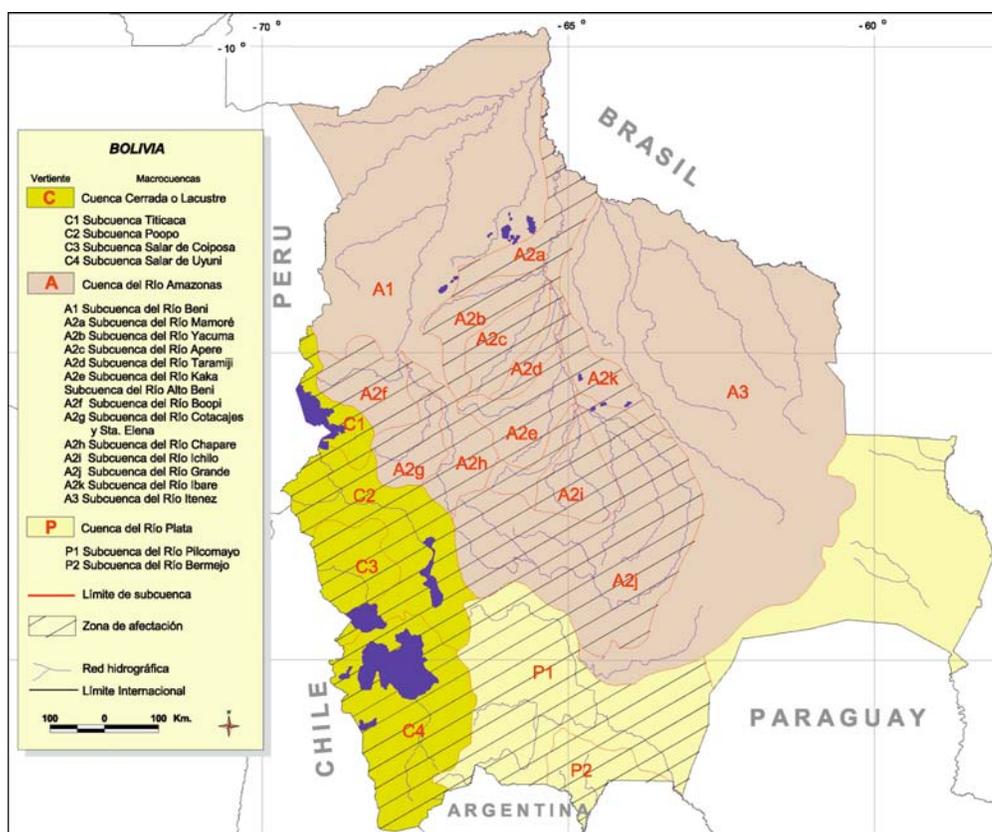
### 2.3 FOCALIZACION DE LAS AMENAZAS DURANTE 1997-98

Según se desprende de la Figura II.2.3-1 y el Cuadro II.2.3-1, las tres grandes cuencas que forman la hidrografía del país fueron afectadas en diferente grado y extensión.

Por una parte, se expresó en fuertes sequías en el Altiplano y en los valles pertenecientes parcialmente a las tres vertientes en la zona sur-central del país (Potosí, Oruro, La Paz-Sur, Chuquisaca, Cochabamba y Tarija), en los cuales se observó una reducción considerable de los caudales de los ríos, un aumento de temperatura, fuertes vientos e incremento en la evaporación en los embalses. Por el contrario, en sectores de la parte central de la cuenca del Amazonas (Santa Cruz, Beni, Pando, La Paz-Norte), pertenecientes a las zonas subtropicales y tropicales, las amenazas fueron las fuertes precipitaciones, las cuales ocasionaron inundaciones de cierta consideración. También, como en el resto del territorio, se presentaron en esas zonas incrementos de temperatura anómalos. En general, las cuencas más afectadas por inundaciones fueron: Cuenca del río Mamoré en las cercanías de la ciudad de Trinidad, cuenca del río Beni en las cercanías de Riberalta, cuenca del río Acre en las cercanías de Cobija, cuenca del río Grande al norte de la ciudad de Santa Cruz, Cuenca del río Piráí cerca de la ciudad de Santa Cruz, cuenca del río Guadalquivir cerca de la ciudad de Tarija y cuenca del río La Paz en la zona de Río Abajo cercano a la ciudad de La Paz. Las cuencas afectadas por sequía fueron: cuenca cerrada del Altiplano (parte media y sur) y cuenca del río San Juan, Pilcomayo y Bermejo.

La Figura II.2.3-1 muestra las cuencas afectadas durante el evento El Niño 1997-98. El Cuadro II.2.3-1 resume la focalización de las amenazas en el territorio nacional y la Figura II.2.3-2, las amenazas por departamentos que se generaron en ese lapso.

**Figura II.2.3-1 Bolivia. Principales Subcuencas afectadas durante El Niño 1997-98**



Fuente: Elaboración CAF con base en información del estado.

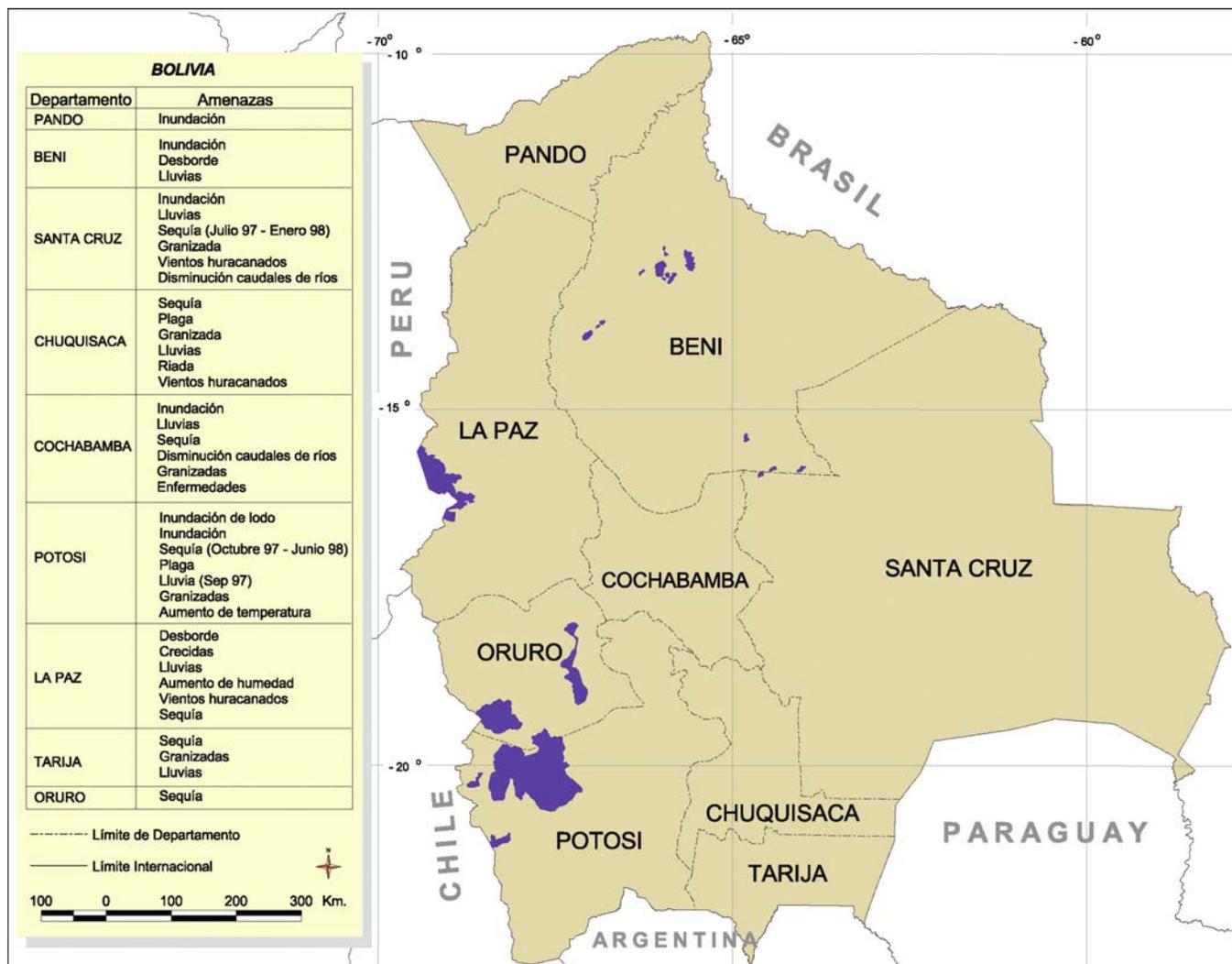
**Cuadro II.2.3-1 Bolivia. Tipos de amenazas presentes durante El Niño 1997-98, por grandes cuencas**

Subcuenca	Departamento	Río	Amenaza asociada al río	Otras amenazas
<i>Cuencas del Río Amazonas</i>				
Mamoré	Beni	Mamoré/Apere (afluente del Mamoré)	Inundación, desbordes	Excesivas lluvias Plagas y roedores transmisores de enfermedades a la población Inundaciones Excesivas lluvias. Deslizamientos, Inundaciones Aumento humedad Vientos huracanados Lluvias intensas Plagas de cultivos Granizada y vientos Sequía Sequía en zona. centro-occidental Reducción caudales de ríos navegables Plagas de cultivos Lluvias Riadas Granizadas Lluvias Desbordes Torreteras Inundaciones Granizadas Enfermedades Sequía Reducción de caudales de ríos Granizadas Lluvias e Inundación en septiembre Sequía octubre a junio Plagas, enfermedades de cultivos Granizadas
		Yacuma	Desborde del río	
		Beni	Desborde del río, inundación	
	La Paz	Ríos Mapirí, Coroico, Tipuani de la subcuenca del Río Beni	Crecidas, inundación	
		Río Orcojauira (subcuenca del río Beni)	Desbordes, inundaciones	
		Kaka (subcuenca del río Beni)	Desbordes, inundaciones	
	Santa Cruz	Grande/Chane/Parapeti	Inundación, Riadas	
		Yapacani	Desborde e Inundación	
		Piraí, Surutú	Inundación	
	Chuquisaca			
	Cochabamba	Khora, Eterazama y Bomborazama	Inundaciones, desbordes	
		Ichilo/Sacta	Inundación	
		Rocha y afluentes	Desbordes	
		Chapare	Inundación	
	Grande	Disminución de caudal		
Potosí	Grande	Desborde		
	Río Sacaca	Desborde e Inundación		

**Cuadro II.2.3-1 Bolivia. Tipos de amenazas presentes durante El Niño 1997-98, por grandes cuencas (continuación)**

Subcuenca	Departamento	Río	Amenaza asociada al río	Otras amenazas
<i>Cuencas del Río de la Plata</i>				
Subcuenca del Pilcomayo	Chuquisaca	Pilcomayo	Riada	Sequía
		Ravelo y Cajamarca	Disminución de caudal Agotamiento de reservas de lagunas	Granizada Lluvias Vientos huracanados
	Potosí	Pilcomayo	Reducción de caudal	Sequía Granizada
	Tarija	Pilcomayo		Sequía Granizadas Lluvias
Pilaya			Sequía	
Subcuenca Bermejo	Tarija	Bermejo	Reducción de caudal del río	Sequía Lluvias
		La Victoria/Guadalquivir	Reducción de caudal	
		Orozos		Granizadas
<i>Cuenca del Altiplano</i>				
Subcuenca Titicaca	La Paz	Desaguadero	Sequía, reducción de caudal del río	Sequía
		Lago Titicaca		Sequía, descenso del nivel del lago
		Lauca	Sequía, reducción de caudal del río	Sequía
Subcuenca Poopó	Óruro	Desaguadero	Sequía, reducción de caudal del río	Vientos con arenas
Del Salar de Coiposa y Del Salar de Uyuni	Potosí	Ríos Yana Pollera	Reducción de caudales	Sequía, vientos con arena

**Figura II.2.3-2 Bolivia. Distribución de las amenazas generadas por El Niño 1997-98 por departamentos**



Fuente: CAF con base a información oficial

La especificidad de la focalización de las amenazas se resume en los apartes siguientes.

### 2.3.1 EL ALTIPLANO

Las cuatro cuencas que conforman el Altiplano cubren los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, y estuvieron sometidas a varias de las amenazas que derivaron del Fenómeno El Niño, siendo la del Lago Titicaca la que concentró el menor número de ellas. Las zonas ribereñas del Lago Titicaca presentaron una situación de normalidad. La reducción de los caudales de los ríos de los departamentos Oruro y Potosí, afectó los sistemas de riego que utilizan sus aguas.

El Cuadro II.2.3-1 antes mencionado resume las principales amenazas que generaron impactos en estas subcuencas. Según se desprende del mismo, toda la extensión del Altiplano estuvo sujeta a problemas de sequía y a elevaciones inusuales de la temperatura durante los meses más críticos de enero a marzo, siendo los grados en que se manifestó este tipo de amenazas menor en el norte que en el sur. Esta problemática redundó en una reducción de los caudales de ríos importantes, como el Desaguadero, Lauca, Mauri y Marques, y otros menores como el Yanapollera que abastece de agua potable a la ciudad de Uyuni; así como también en el descenso del nivel de los lagos Titicaca y Poopó, con consecuencias socioeconómicas encadenadas.

Mediciones llevadas a cabo al nivel del Lago Titicaca por el Servicio Nacional de Hidrología Naval, revelan un comportamiento errático durante el evento. Los niveles de 1997 fueron mayores que los del año precedente (1996), aunque a partir del máximo presentado en abril de 1997, sufrieron un descenso constante hasta alcanzar su valor mínimo el 19 de diciembre de 1997. A partir de dicho nivel se observó una recuperación llegando a su nivel histórico medio en mayo de 1998, pero nuevamente sufrió un descenso alarmante hasta noviembre de 1998, con valores de 0,90 m por debajo del nivel medio.

### 2.3.2 CUENCA DEL RIO DE LA PLATA

Esta cuenca, que está comprendida en los departamentos de Potosí, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz, además de los ríos que drenan directamente en su cauce, tiene dos subcuencas relevantes en el territorio boliviano: la cuenca del río Pilcomayo, correspondiente al río más importante, caracterizado por fuertes variaciones del caudal en épocas de estiaje y verano y por constituir un agente de fuertes transportes de materiales que contienen elevadas concentraciones de residuos minerales afectando seriamente la calidad de sus aguas. La otra subcuenca es la del río Bermejo. Parte de las aguas de estas cuencas son utilizadas para riego. Las cabeceras de las cuencas andinas escurren poca agua en la estación seca, cuando la mayor parte de sus cursos están secos. Solamente los cursos de agua mayores tienen flujo continuo durante todo el año.

En todo el sector se manifestaron diversos tipos de amenazas asociadas a los cambios climáticos. Lo más predominante fue la sequía, con presencia permanente en el Departamento de Potosí. La sequía en esta zona ocasionó una mayor evaporación y, consecuentemente, reducción de los niveles de agua de numerosas lagunas que son aprovechadas por la población, como fue el caso de la laguna San Idefonso que virtualmente se secó durante 1998, o las de Lacka Chaca y Chaviri que abastecen a la ciudad de Potosí, las cuales llegaron casi a esa misma situación. Otra amenaza que causó grandes estragos fue la granizada, la cual ocurrió repetidas veces como consecuencia de la penetración de los frentes polares fríos. La convección observada en ese sector se manifestó también en tormentas eléctricas y vientos huracanados que fueron recurrentes en algunos sectores. Precipitaciones localizadas en el sector de Incahuasi y de Bermejo, produjeron riadas en los ríos del mismo nombre, constituyéndose en amenazas en las zonas aledañas.

### 2.3.3 CUENCA DEL RIO AMAZONAS

La mayoría de los ríos de esta cuenca nacen en la cordillera andina y en el piedemonte. Estos ríos se unen aguas abajo generando la crecida anual tipo tropical precedida de pequeñas crecidas bien diferenciadas. A medida que se avanza río abajo en los grandes ejes de drenaje, adquiere una mejor regulación, principalmente en los ríos Mamoré e Iténez, debido a la amplitud de la red hidrográfica y a la extensión de vastas llanuras laterales de inundación. Por eso en esos ríos existe un retraso en las crecidas en contraste con los ríos Beni y Madre de Dios.

En condiciones normales, por influencia de los ríos Beni y Mamoré, que tienen sus nacientes en los departamentos de La Paz y Cochabamba, se presentan inundaciones en los meses de enero a marzo, que afectan a las Pampas de Moxos ubicadas en el departamento de Beni. Adicionalmente los ríos Madre de Dios y otros del departamento de Pando, aumentan su caudal afectando a las zonas ribereñas. Durante El Niño 97-98 el comportamiento de las lluvias fue de ligero déficit provocando una sequía moderada y caudales bajos en los ríos, lo que dificultó la navegación fluvial.

El río Grande que nace en Chuquisaca y atraviesa el Departamento de Santa Cruz tuvo un comportamiento cercano a la normalidad, con incrementos en los caudales de sus afluentes que ocasionaron inundaciones en zonas relativamente pequeñas.

En esta extensa cuenca, las amenazas se focalizaron sólo en las subcuencas del río Chapare, Grande, Ichilo, y Alto Beni, así como en la parte media de los ríos Mamoré y Beni, correspondientes a los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, zona integrada de Santa Cruz, zona aurífera de la Paz y Pampas de Moxos de Beni.

De acuerdo a información del Servicio de Hidrografía Naval<sup>1</sup>, el comportamiento de la cuenca Ichilo-

Mamoré, estuvo por debajo de las predicciones en términos del nivel de los caudales esperados. En efecto, a la salida de la cuenca alta del río Mamoré y en otros puntos de medición, la máxima crecida fue inferior al máximo alcanzado en febrero de 1995, considerado como el máximo extraordinario del período 94-97. El efecto de las precipitaciones generadas durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño, se tradujo en un nivel de aguas altas que afectó a la población. Sin embargo, esos niveles fueron inferiores a los que se presentaron en El Niño de 1992. La medición en el punto de la cuenca alta permitió, con suficiente anticipación, implementar un plan de avisos de alerta a las poblaciones ribereñas del eje Ichilo-Mamoré, lo que redujo los efectos de inundación que se presentaron en el período de crecidas 97-98. De las mediciones llevadas a cabo durante todo el lapso, se concluye que el Fenómeno El Niño no tuvo efectos muy especiales en el incremento de las inundaciones en esa zona.

En la cuenca del río Beni la situación fue diversa. Si bien hubo inundaciones y la intensidad del evento no fue significativa ya que los máximos registrados fueron similares e incluso inferiores a los que se presentaron en enero de 1997, cuando no existía El Niño, en uno de los sitios de medición (Rurrenabaque), se alcanzó un máximo de 3,78 m el 12 de febrero de 1998, lo que se debió a la crecida del río Mapiri que provocó graves pérdidas en la localidad de Mokotoro.

Se puede afirmar entonces que el río Madera, que se alimenta de los ríos Beni y Mamoré, tuvo un comportamiento normal.

Según se resume en el Cuadro II.2.3-1 antes mencionado, en esta cuenca se manifestaron problemas importantes de sequía en las zonas de los valles de Cochabamba y Chuquisaca, así como inundaciones en las provincias del norte de Santa Cruz y en las zonas tradicionalmente inundables del Chapare y de Moxos del Beni. En el departamento de la Paz fueron notorias situaciones de riadas y de deslizamientos. Las

<sup>1</sup> Servicio Nacional de Hidrografía Naval. Monitoreo niveles de agua Fenómeno El Niño 1997.

cuenas más afectadas en esta vertiente fueron: Cuenca del río Mamoré, principalmente en las cercanías de la ciudad de Trinidad: cuenca del río Beni en las cercanías de Riberalta; Cuenca del río Acre en las cercanías de la ciudad de Cobija; Cuenca del Río Grande al norte de la ciudad de Santa Cruz; cuenca del Río Piráí cerca de la ciudad de Santa Cruz; cuenca del Río Guadalquivir cerca de Tarija; y cuenca del Río La Paz en la zona de Río Abajo.

La Figura II.2.3-3 muestra la zonificación de los efectos de El Niño 1997-98 en relación a la sequía de acuerdo con el Proyecto SINSAAAT, con base en datos de ASANAA.

La Figura II.2.3-4 muestra una información similar para el Fenómeno El Niño 1982-83 preparada por el SENAMHI, lo que permite establecer las variaciones en el comportamiento de las amenazas de sequía de ambos eventos.

Tomando como base las situaciones de sequía y precipitación que se observan durante esos eventos, el SENAMHI ha precisado unas zonas que fueron más afectadas por el Fenómeno El Niño 1997-98, tanto por inundaciones como por sequías, lo cual se muestra en la Figura II.2.3-5.

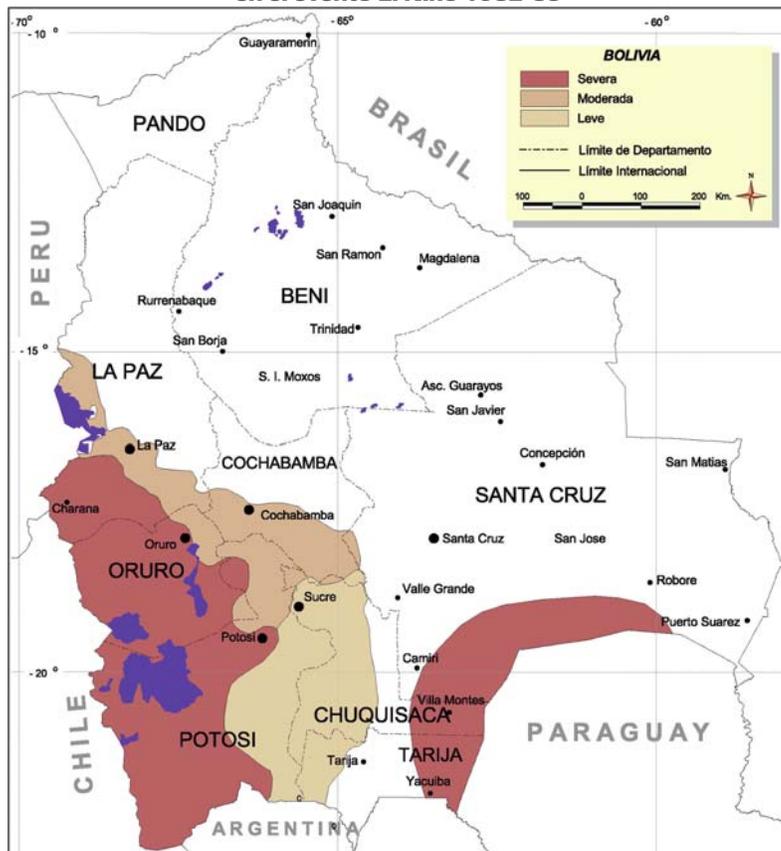
De todo lo anterior se han definido a grandes rasgos las zonas del territorio boliviano donde se han presentado inundaciones y sequías como consecuencia de diferentes Niños, conformándose una visión de las áreas donde se podrían esperar afectaciones de este tipo en el país (ver Figura II.2.3-6).

**Figura II.2.3-3 Bolivia. Zonificación de los efectos de El Niño 1997-98 sobre la sequía**

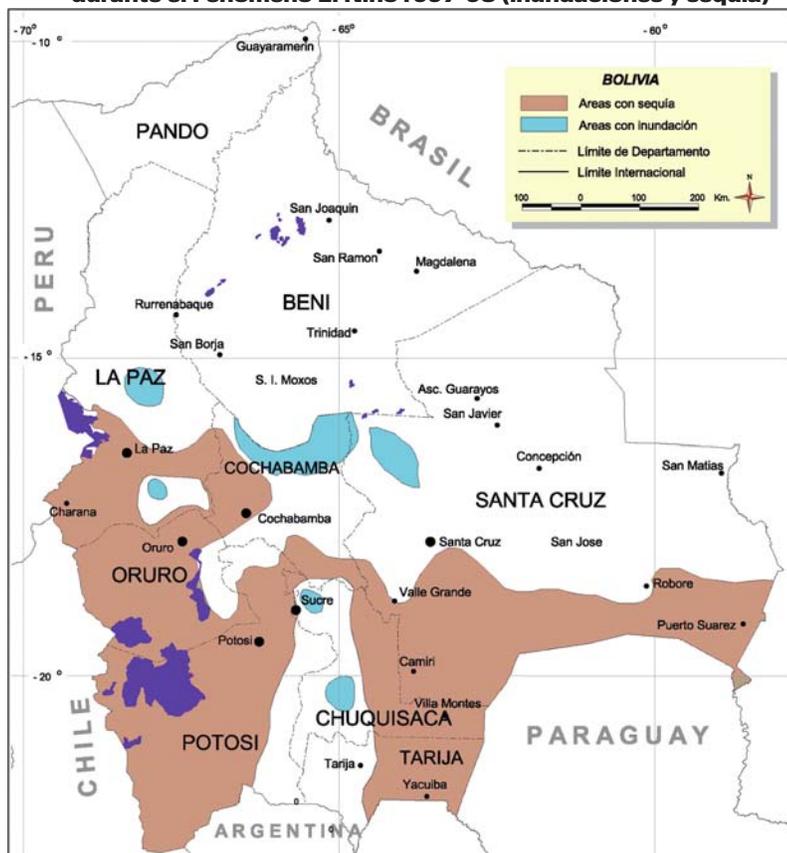


Fuente: SINSAAAT con base a datos AASANA

**Figura II.2.3-4 Bolivia. Zonificación de las amenazas de sequía en el evento El Niño 1982-83**

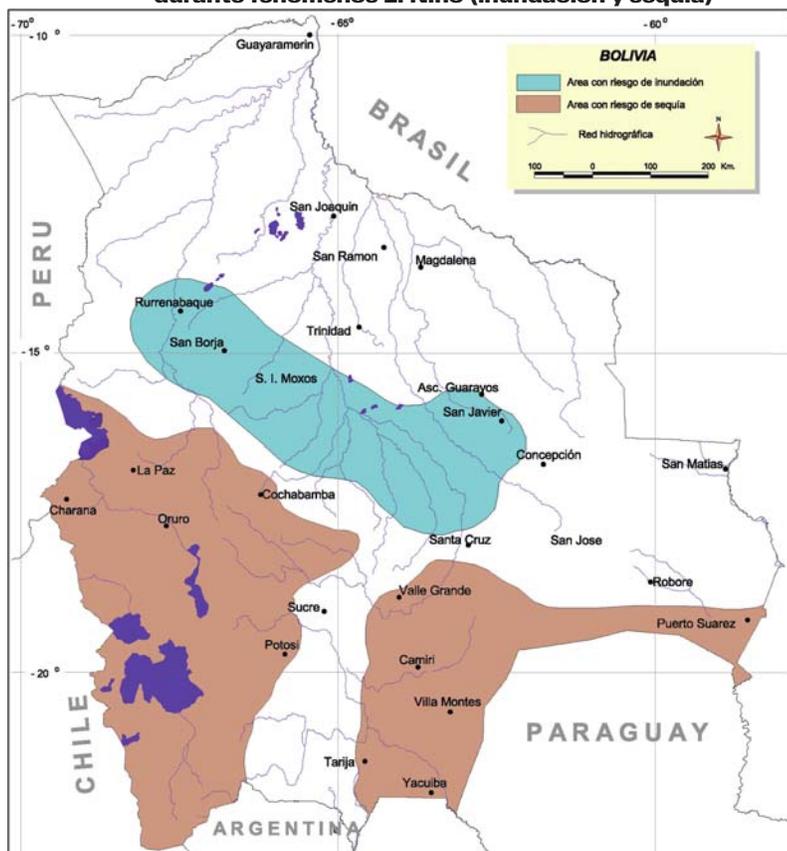


**Figura II.2.3-5 Bolivia. Zonificación de las principales amenazas durante el Fenómeno El Niño 1997-98 (inundaciones y sequía)**



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**Figura II.2.3-6 Bolivia. Zonificación de las principales amenazas durante fenómenos El Niño (inundación y sequía)**



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

### 3. EL NIVEL DE DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO DE LAS AMENAZAS ENCADENADAS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA. LAS VULNERABILIDADES ASOCIADAS A ESE CONOCIMIENTO

Adicionalmente a las debilidades en el conocimiento del Fenómeno El Niño y su relación con la variabilidad climática de Bolivia, el conocimiento y manejo de las amenazas asociadas a El Niño son todavía limitadas.

Las características complejas del sistema hidrográfico boliviano requiere de una mayor comprensión de las relaciones entre el clima y las amenazas que se producen por efecto del mismo. Según se desprende de los encadenamientos de efectos antes señalados, el Fenómeno El Niño genera, entre otras amenazas, el incremento o reducción de los caudales de los ríos y de los niveles de las aguas subterráneas; la resequead de los suelos; la generación de plagas; la irrupción de granizadas y la variación del ciclo de precipitaciones. La más importante es la sequía que afecta a buena parte del territorio nacional.

Según se ha indicado antes, el país cuenta con mapas generales de riesgos para algunas de estas amenazas, pero requiere profundizar este tipo de estudios a niveles más específicos. Es reconocido que no dispone de un nivel de información y de conocimiento verdaderamente científico de muchas de las amenazas relacionadas con los fenómenos climáticos. Se ha señalado a nivel de los equipos profesionales, la necesidad de hacer estudios de riesgos de sequía e inundación en el país, incluyendo el comportamiento de los glaciares tropicales andinos, debido a que muchos de

los recursos hídricos son dependientes de ellos, lo que obliga a un seguimiento de su comportamiento.

Por otra parte, existen experiencias interesantes sobre la reducción de amenazas asociadas a algunas de las cuencas. Este es el caso de la cuenca del río Pirai, considerada la zona más dinámica del país. Allí se ubica el 90% de la actividad industrial y el 75% de la actividad agrícola del departamento de Santa Cruz y se asienta el 76% de la población del mismo (1,3 millones de habitantes) y ciudades como Santa Cruz (697 mil habitantes) y Montero (57 mil habitantes), se localizan a orillas del río. A consecuencia de las intensas lluvias caídas en la cuenca alta durante 1983, se generó una crecida extraordinaria que tuvo efectos catastróficos tanto para el área urbana como rural, causando la muerte de 100 personas, 900 desaparecidos y daños estimados por 37 millones de dólares debido a la destrucción de viviendas, infraestructura vial (Puente Tarumá, La Bélgica, brecha del Ferrocarril al Beni y el puente Colonial de La Angostura), así como cuantiosas pérdidas agrícolas y pecuarias, evidenciando la peligrosidad de este río y la inestabilidad de su cauce. Estos desastres motivaron a las autoridades locales a crear el Servicio de Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Pirai, SEARPI, como una institución autónoma y descentralizada de la Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz, para intervenir en el mejoramiento de las vulnerabilidades de la cuenca<sup>2</sup>.

Con la creación de esta institución se inician desde 1983 una serie de acciones para restablecer algunos de los daños originados por el fenómeno de ese año, y paralelamente se llevaron a cabo obras permanentes para el encauzamiento del río, para la protección de la ciudad de Santa Cruz y para el tratamiento integral de la cuenca, apoyados progresivamente por una serie de organismos internacionales, entre ellos la Comunidad Europea. En el marco de un acuerdo firmado con ésta última en 1986, y con el apoyo de los Países Bajos, se definieron obras de defensa de la ciudad y se inició el desarrollo de un plan directivo de

acondicionamiento de la cuenca del río Pirai para la regularización y encauzamiento del río y la realización de obras de drenaje y de protección para la evacuación de las aguas de la ciudad de Santa Cruz y posteriormente de Montero. Los efectos del Fenómeno El Niño 1991-92 condujeron al fortalecimiento de este programa con apoyos adicionales del BID, con lo cual se pretendió reducir afectaciones sobre proyectos viales en ejecución, como fue el caso de la vía hacia Cochabamba que se ejecutaba con financiamiento de ese ente multilateral y que fue impactada por las excesivas lluvias que caracterizaron ese evento.

Adicionalmente a este conjunto de obras, como consecuencia también del evento de 1983, el SEARPI ha desarrollado un plan de alarma para las crecidas del río Pirai, institucionalizando un conjunto de acciones y procedimientos a seguir en caso de eventos extraordinarios, el cual se viene aplicando desde el mes de noviembre de 1984.

Respecto al manejo integral de la cuenca de este río, se han llevado a cabo inventarios de población, suelos, bosque, agua, aire, actividades agrícolas e industriales, y sobre aspectos de calidad y conservación del ambiente, con miras a planificar el uso del suelo, y para la implementación de medidas para el desarrollo sostenible y la supervisión de los procesos de protección, explotación y uso de recursos. Durante los últimos años se han hecho importantes esfuerzos en el adelanto de programas de manejo de cuenca, entre los que destacan: Proyecto de Viveros en Espejo; Proyecto Agroforestal de la comunidad de Tres Pozas; Rehabilitación de taludes; Labores de reforestación; Control de niveles de contaminación del río Pirai. En la actualidad el SEARPI lleva a cabo el proyecto Interregional para la participación en la conservación y desarrollo de las tierras altas, en la región montañosa de Samaipata con asesoramiento y asistencia técnica de la FAO.

En esa misma dirección, el Servicio Nacional de Hidrografía Naval ha venido implementando en base a

<sup>2</sup> SEARPI. Informe interno. 1998

sus estaciones de medición, un sistema de alerta temprana a los ribereños de los ríos sujetos a medición, para reducir afectaciones en caso de crecidas anormales.

Dentro del marco de las acciones antes señaladas, se han identificado vulnerabilidades relevantes para el manejo de las amenazas, a saber:

**a) Vulnerabilidades relacionadas con el conocimiento de la relación clima-hidrología**

El país cuenta con una información invaluable sobre el sistema hidrológico a nivel nacional, preparada por el Servicio Nacional de Hidrografía Naval. Sin embargo, la red hidrológica tiene una serie de vulnerabilidades, requiriéndose rehabilitar y equipar las estaciones con equipos y con un sistema de comunicación (radiocomunicación, satélite, fax, microonda, teléfono, etc.) para tener el dato a tiempo real. El país cuenta con unas 100 estaciones hidrométricas y 18 de aforo, pero con numerosas deficiencias. En el caso del Servicio Nacional de Hidrografía Naval, responsable de una serie de estaciones para la medición de los niveles de agua de la red hidrográfica del país, éste cuenta con un sistema de comunicaciones en 35 estaciones de control en las capitánías de puerto, de las cuales se recibe información en tiempo real dos veces por día, así como de las condiciones climatológicas, lo que, de acuerdo a esa institución, ha permitido configurar un sistema de alerta temprana para mitigar la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en las planicies de inundación de los ríos medidos.

Otra vulnerabilidad es la falta de técnicas modernas para monitorear los cambios de los principales ríos y cuerpos de agua, así como las inundaciones.

Por otra parte, a pesar de disponerse de una base de datos hidrológicos que en algunos casos se remonta a 1950 o antes, con los que se han iniciado algunos trabajos técnicos para conocer el comportamiento de los ríos frente a las variaciones climáticas, en general la producción de trabajos técnicos y científicos son escasas en el país, no se dispone del apoyo financiero necesario y no existe necesariamente una interrelación de los trabajos con las acciones prácticas, así como

tampoco correspondencia entre los organismos técnicos y las decisiones políticas. Por esta razón, no se cuenta en el país con estudios de riesgos de sequía e inundación al nivel geográfico requerido y para alimentar a los diversos sectores, con seguimiento de las temperaturas máximas del aire, índices de vegetación, estudios de otros fenómenos como La Niña, etc.

**b) Vulnerabilidades relacionadas con las cuencas**

Análisis realizados al nivel de los distintos departamentos sobre el grado de deterioro de las cuencas, revela la alta vulnerabilidad que presentan actualmente la mayoría de ellas debido a la intervención con prácticas agrícolas inadecuadas y la tala indiscriminada de árboles en las orillas de los ríos, lo que ha favorecido el incremento progresivo de amenazas, ocasionando avalanchas e inundaciones, procesos acelerados de erosión hídrica, reducción sostenida de los recursos hídricos.

#### **4. LECCIONES APRENDIDAS Y POLITICAS PARA REDUCIR LAS AMENAZAS ASOCIADAS A LAS CUENCAS Y OTRAS AMENAZAS DURANTE EL EVENTO 1997-98**

La relación entre el Fenómeno El Niño y las amenazas climáticas y de otro orden que se encadenan al mismo, constituye en la actualidad un tema de reflexión en los medios profesionales, técnicos y políticos, inclusive para la población. Bolivia presenta una geografía compleja que influye de diversa forma sobre el clima, lo que hace difícil diferenciar las relaciones que pueden existir entre el fenómeno y las expresiones climáticas en el territorio nacional. Por otra parte, la ubicación geográfica de ese país fuera de los límites costeros con el Pacífico, hace que éste no se haya incorporado en los grupos de investigación que sobre el tema existen a nivel regional.

Esa falta de claridad de las relaciones viene a ser el punto focal a atacar desde diversas vías, a los fines de avanzar aceleradamente a una mayor comprensión de los factores que están afectando recurrentemente el desarrollo del país.

Dentro de ese contexto, los equipos interdisciplinarios que participaron en este estudio, identificaron algunas líneas de política que ayudarán a una toma de decisiones más consciente en los niveles políticos para reducir las fuertes vulnerabilidades a las que está sometido el país como conjunto, las cuales se presentan a continuación.

#### **4.1 POLITICAS PARA MEJORAR EL CONOCIMIENTO DE LAS AMENAZAS Y EFECTOS ENCADENADOS A NIVEL DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS**

- Preparar un inventario georeferenciado y actualizado de las amenazas y vulnerabilidades en el territorio boliviano (mapas de riesgo) así como de los recursos disponibles para enfrentar los desastres.
- Llevar a cabo estudios de riesgos de sequía e inundación con seguimiento de las temperaturas máximas del aire, índices de vegetación, estudios de fenómenos como La Niña, etc.
- Seguimiento de las variaciones de los niveles del Lago Titicaca respecto a los eventos del Fenómeno El Niño.
- Seguimiento de los eventos del Fenómeno El Niño referidos al retroceso del glaciar Chacaltaya.
- Establecer una ley y los instrumentos legales complementarios para la gestión integral de las cuencas.

#### **4.2 POLITICAS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE INFORMACION Y ALERTA A LA POBLACION**

- Crear un sistema nacional de alerta temprana para la captación y suministro de información sobre el conocimiento de estos fenómenos con responsabilida-

des y procedimientos claros y equipamiento adecuado.

- Crear una cultura de prevención de desastres mediante la educación en todos sus niveles.

#### **4.3 POLITICAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO HIDROLOGICO**

- Rehabilitar y completar la red hidrológica nacional y dotar a las estaciones con equipos y sistemas de comunicación para garantizar los datos a tiempo real.
- Incorporar técnicas modernas para monitorear los cambios de los principales ríos y cuerpos de agua, así como las inundaciones.

#### **4.4 POLITICAS PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS Y EN EL USO DE LOS RECURSOS HIDRICOS**

- Incorporar la cuenca como unidad de ordenamiento y manejo territorial, con una base legal de soporte para la misma.
- Definir las prioridades de uso del recurso hídrico en situaciones críticas y, en general, establecer una política nacional de manejo de este recurso.
- Establecer una política de mantenimiento preventivo en los cauces de los ríos con mayores problemas de inundación. Igualmente, en aquellos que tienen usos múltiples o que son relevantes para actividades aguas abajo (agua potable, riego, etc.)
- Comunicar y capacitar a los usuarios sobre la política de manejo de cuencas, incorporando la participación de los usuarios en la definición y ejecución.