

## CAPITULO I

# ASPECTOS CLIMATICOS DEL FENOMENO EL NIÑO EN BOLIVIA

Bolivia, si bien no limita directamente con el Océano Pacífico, es un país fuertemente afectado por el Fenómeno El Niño, el cual se expresa de manera significativa en las costas peruanas y ecuatorianas bañadas por dicho océano. Cuando se producen los síntomas de aparición de uno de estos eventos, el clima boliviano se ve alterado en cuanto a la precipitación, temperatura y otras variables climáticas, generando diversas amenazas a la población y a las actividades económicas.

## 1. EL CLIMA BOLIVIANO

En condiciones normales, Bolivia presenta diversidad de climas, cuya variabilidad espacial depende de la altitud, su ubicación entre los trópicos, la existencia de elevadas montañas, la presencia de zonas planas, la circulación de los vientos alisios y el Fenómeno El Niño.

Geográficamente, el clima varía ampliamente en las tres regiones en que se divide el territorio nacional en función de su relieve: altiplano, valle, y llanos (ver Fig. I.1-1)

El clima del **altiplano** es función de la altitud sobre el nivel del mar, cuyo promedio está alrededor de los 3.800 m. Es una zona de alta insolación e irradiación, con poca humedad. Las lluvias son muy irregulares al igual que las temperaturas de congelamiento, lo que influye permanentemente sobre la agricultura de la zona causando pérdidas. Periódicamente se presentan sequías en el altiplano sin que se conozca exactamente la causa de las

mismas. Igualmente, la gran irradiación solar existente en el altiplano, produce una dilatación del aire próximo al suelo y éste se hace más liviano formando una columna ascendente que origina nubes de mucha altura, con alta probabilidad de formación de granizadas. En zonas como las del río Suches, en los alrededores del lago Titicaca y en el valle de Tarija es frecuente la generación de granizadas con variaciones en el número de días en que se producen.

En lo que respecta a la distribución normal de las lluvias en el país, el sur del Altiplano es la zona más seca donde a veces no llueve durante todo un año. Precipitaciones entre 100 y 300 mm corresponden a gran parte del Altiplano sur y central, donde el número de días de lluvia promedio oscila entre 150 al norte del lago Titicaca y menos de 30 en el salar de Uyuni. La zona aledaña al lago Titicaca tiene entre 500 a 700 mm de precipitación, con lluvias globalmente concéntricas al lago, en cuyo centro se

Figura I.1-1 Bolivia. Zonas geográficas



Fuente: Atlas Universal de Reader's Digest. 1995

observan precipitaciones hasta de 1200 mm por año.

En las cordilleras que bordean el Altiplano y de la región de **los valles**, el clima es frío y desde la frontera con Perú hasta la Cordillera de Tres Cruces está cubierta con nieve perpetua a partir de los 5.300 m de altura. A medida que se desciende en la zona montañosa, el clima varía según la altitud, desde tropical, subtropical o templado, con una humedad generalmente muy alta. La temperatura media es de 18°C, las alturas están cubiertas generalmente por nubes durante la mayor parte del año, y en las zonas bajas, la atmósfera es calurosa y húmeda. Estas zonas están expuestas a los vientos orientales que son portadores de lluvias y los rangos de precipitación alcanzan hasta los 1.350 mm anuales, pero en rangos normales comprendidos entre 400 y 1.000 mm. En las cimas las precipitaciones alcanzan valores de 300 a 500 mm. En la Cordillera Oriental existen zonas aisladas con lluvias inferiores a 500 mm por año como en la región de Cochabamba.

En los valles de estas cordilleras, las temperaturas son aún más bajas comprendidas entre 10 y 20°C, la humedad es considerablemente más baja y los valles protegidos tienen rangos de precipitación de 600 mm. En los valles de Chuquisaca y Tarija las precipitaciones pueden llegar hasta 800 mm. Al igual que en el Altiplano, en los valles se presentan granizadas con cierta frecuencia, las cuales pueden producir daños considerables a la agricultura debido principalmente a la intensidad de este tipo de precipitación más que a la duración o al volumen de agua que proveen.

La región de **los llanos** tiene una parte húmeda y otra seca. Los llanos húmedos, que comprenden gran parte de las llanuras benianas, tienen un clima de sabana tropical con inviernos secos. Es una zona con neblinas y abundantes lluvias, con temperaturas medias de 26°C. Debido a su topografía plana, las abundantes lluvias del verano favorecen la formación de meandros en el curso de algunos ríos. En lo que respecta a la región de las llanuras secas (Chaco y la parte sur del departamento de Santa Cruz), el clima es de estepa cálida con inviernos secos. El calor, la humedad y las

lluvias declinan su intensidad y disminuyen de norte a sur. Por ello, mientras en las ciudades de Santa Cruz llueve 1.400 mm, en Villamontes solo llueve 780 mm. La temperatura ambiente media es de 24°C, pero se presentan bruscos descensos cuando ingresan los frentes fríos cargados de humedad y polvo, provenientes del sur del continente.

**La distribución de las lluvias** depende tanto del movimiento de las principales masas de aire en América del Sur, como del rol orográfico de los Andes. La estación seca y de lluvias se asocia a la posición de la Zona de convergencia intertropical (zona de ascensión constante de las masas de aire caliente y húmedo), factor del cual depende con mayor fuerza la zona del altiplano. Los vientos alisios del sector nordeste se desvían a lo largo de Los Andes y aportan sobre Bolivia la humedad originada en el Atlántico, al norte del Ecuador, ampliada con la evapotranspiración de los bosques y de las zonas inundadas. Los vientos alisios del hemisferio norte, al pasar por todo el mar amazónico durante la estación lluviosa, tienen influencia pluvial mucho mayor que los alisios del hemisferio sur que ya han atravesado los relieves del borde Atlántico. Por esta razón, el sur de Bolivia es menos lluvioso que el norte. Estos mecanismos son relevantes en el nivel de precipitación de las partes bajas.

La estación lluviosa de Bolivia ocurre en los meses de diciembre a marzo, período en el cual se concentra entre el 60 y el 80% de las precipitaciones anuales. La estación seca ocurre entre mayo y julio, pudiendo llover entre 0 y 20%, con un mínimo de mayo a julio. Existen también dos periodos de transición, abril y de septiembre a noviembre. Las lluvias disminuyen de oeste a este (llueve más en el llano que en el Altiplano) y de norte a sur (2.000 mm en el Pando, hasta 600 mm en el Chaco). En algunas partes de la cuenca de El Chapare, es corriente una precipitación del orden de 4.000 mm y excepcionalmente 8.000 mm, llegando a llover hasta 200 días al año. En el Altiplano, las menores lluvias están asociadas a que está protegida por la cordillera oriental impidiendo el pase de los vientos húmedos, además de que tiene una menor capacidad higrométrica debido a que predominan aires fríos.

Otro de los factores que influyen el clima boliviano, son los denominados “surazos”, los cuales consisten en masas de aire polar que penetran al continente sudamericano y son canalizadas por los Andes, desplazándose hacia el norte, rumbo a Bolivia. Este aire polar frío y pesado, levanta el aire tropical caliente y liviano que hay en el país, generando un frente frío caracterizado por una fuerte nubosidad. Esto es característico de los llanos, donde varias veces al año el aire polar frío modifica la circulación normal de los alisios del norte que circulan normalmente en esta zona. Ello produce reducción brusca de temperaturas a la vez que altas precipitaciones debido al encuentro del aire polar y del aire tropical. Las zonas más afectadas por estos fenómenos, además de los llanos, son los valles de Tarija abiertos a la influencia del sur.

La zona septentrional del país, departamentos de Pando y parte del Beni, se encuentra alejada del efecto de enfriamiento de los “surazos”, por lo que éstos son muy débiles en ese sector; siendo nulos en el altiplano, aunque se puede observar alguna relación entre las nevadas pacañas y los “surazos” en el llano.

En lo que respecta a los vientos, el comportamiento de los mismos en la región andina es variable: en verano soplan desde el sureste y en otoño soplan desde el noreste. Existe en zonas altas, una

anomalía depresiva con movimientos convectivos, debido al fuerte calentamiento del suelo árido.

## 2. ANOMALIAS CLIMATICAS EN BOLIVIA POR EFECTO DE EL NIÑO 1997-98

En Bolivia no se conoce con certeza la relación entre el Fenómeno El Niño y la variabilidad climática que se produce en el país durante estos eventos. Existen, sin embargo, antecedentes de intentos de mejorar este conocimiento. Durante 1997, cuando se tuvo la certeza de la presencia de El Niño, una comisión designada para enmarcar las posibles consecuencias de este fenómeno en el clima boliviano, integrada por instituciones reconocidas del área del conocimiento climático y oceanográfico del país, así como por otras internacionales en la materia<sup>1</sup>, llevaron a cabo una evaluación de la posible relación de los Fenómenos El Niño 1976-77 y 1986-87 (considerados moderados) y 1982-83 (catalogado de extraordinario), con la precipitación en diferentes regiones del país.

### 2.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMATICAS EN EVENTOS NIÑOS PREVIOS AL DE 1997-98

Durante los últimos quince años, el impacto sobre Bolivia de los fenómenos El Niño que han afectado la costa de América del Sur ha sido de diferente intensidad, siendo el de mayor relevancia el ocurrido entre los años 1982-83, de acuerdo a la siguiente escala:

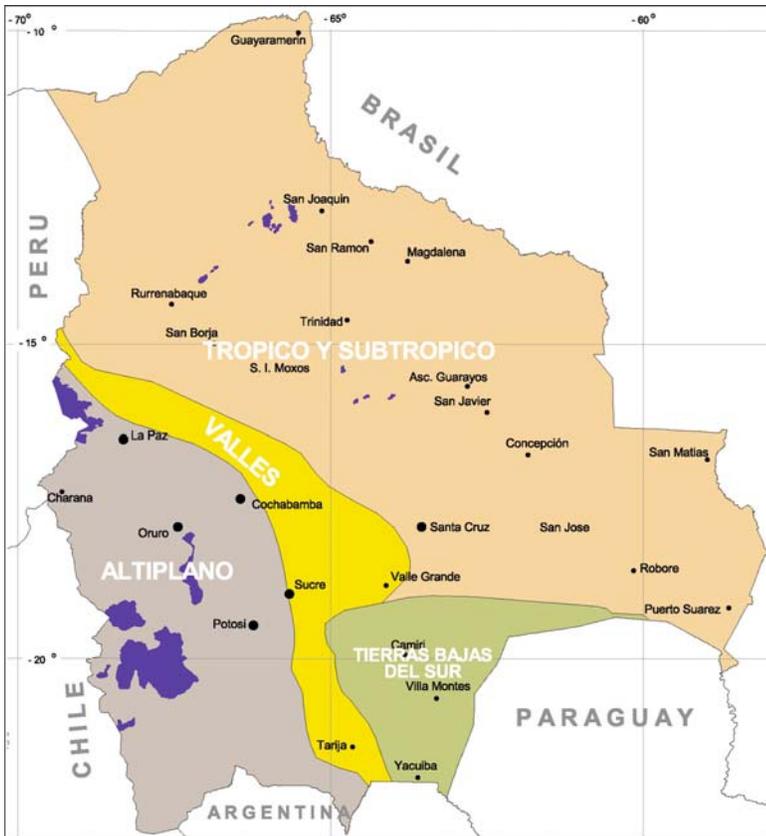
**Cuadro I.2.1-1 Bolivia. Efecto del Fenómeno El Niño sobre Bolivia en las dos últimas décadas**

Año	Intensidad	Características
1982-83	Muy fuerte	Precipitaciones y sequía fuertes
1987	Débil	Precipitaciones y sequía débiles
1991-92	Débil	Precipitaciones y sequía débiles
1993-96	-	Sin presencia
1997-98	Fuerte	Precipitación moderada y sequía fuerte

Fuente: Maldonado, CalleHuaynoca, Rocha. SENAMHI. Diagnóstico del Fenómeno El Niño 1997-98

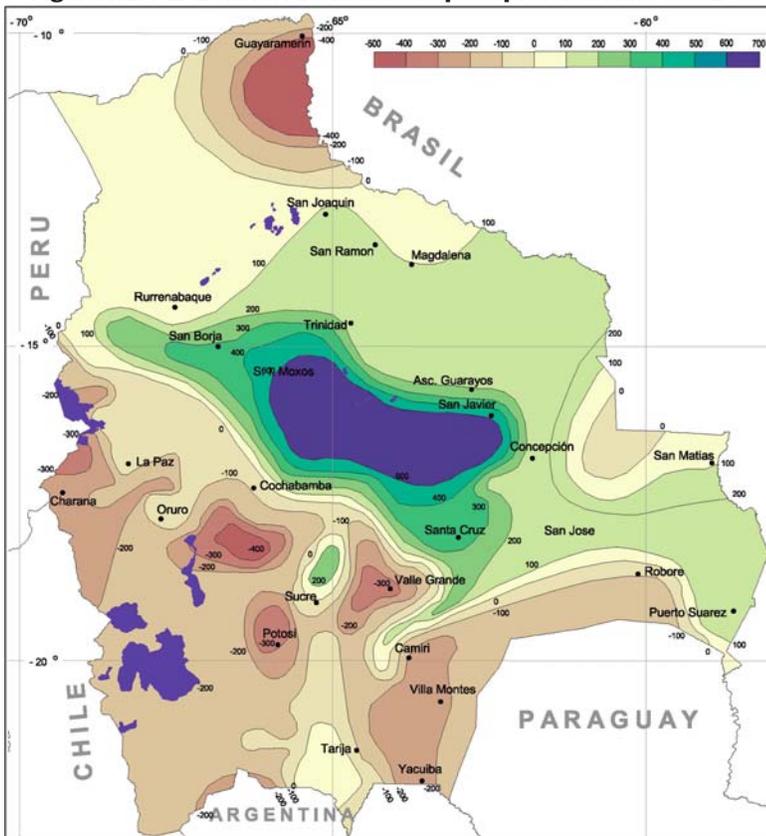
<sup>1</sup> Comisión sobre el Fenómeno El Niño, presidida por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación e integrada por: Asociación Boliviana de Teledetección para el medio ambiente (ABTEMA), Vice Ministerio de Asuntos indígenas y Pueblos Originarios (VAIPO del MDSP); Programa Nacional de Cambios Climáticos del MDSP; Cooperación Científica Francesa (ORSTOM), Dirección General de Ordenamiento Territorial del MDSP; y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI del MDSP).

Figura I.2.1-1 Bolivia. Regiones



Fuente: Senamhi. Maldonado. Impacto de El Niño en Bolivia 1997-98

Figura I.2.1-2 Bolivia. Anomalías de precipitación Niño 1982-83



Fuente: SENAMHI

Los análisis realizados para establecer las relaciones entre El Niño y el clima de Bolivia se hicieron con base a un mapa regionalizado que se presenta en la Figura I.2.1-1.

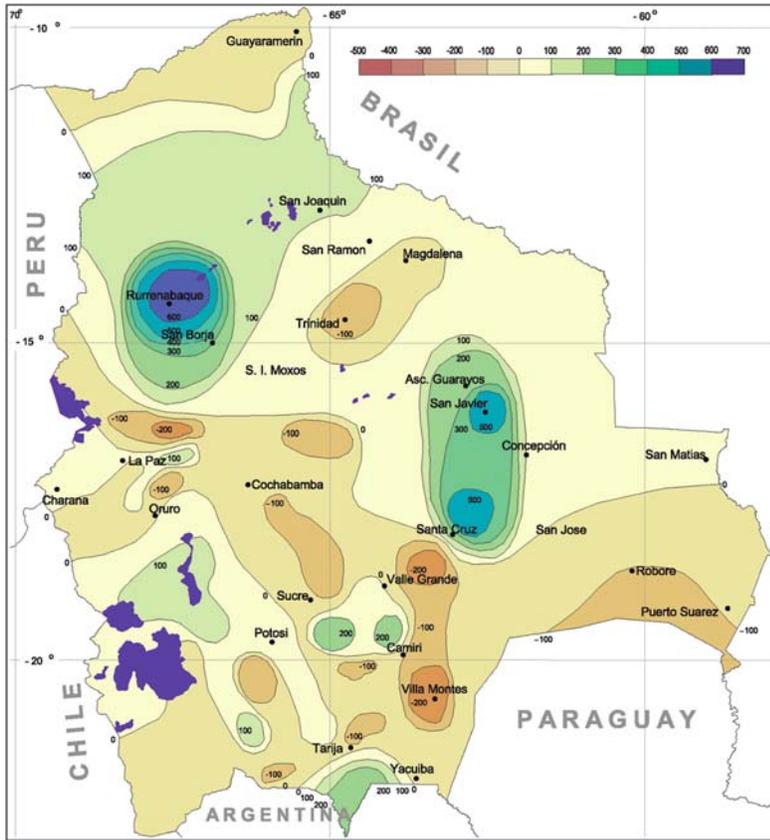
De los estudios antes mencionados se concluyó que, para El Niño extraordinario 1982-83, la distribución de las anomalías de la **precipitación** eran más claras, con valores por encima de lo normal en el oriente del país (cuenca amazónica) y con déficits marcados de lluvias en el Altiplano y parte de los valles (Fig.I.2.1-2).

Para los Niños moderados no se pudo establecer un comportamiento regular. En el oriente se dieron las mayores anomalías positivas de precipitación pero con excepciones (caso la Trinidad), siendo muy irregular el comportamiento en la zona del Altiplano (excesos y déficits). Para El Niño moderado de 1986-87, las anomalías excedentarias de precipitación ocurrieron también en el Oriente pero focalizadas en algunas zonas (Chapare, parte de Beni, Pando) y en Potosí. Las deficitarias fueron erráticas (Fig. I.2.1-3 y I.2.1-4).

De lo anterior se llegó a la conclusión que en Niños no extremos, las tendencias no son claras en cuanto al comportamiento espacial de las precipitaciones, pero en general, tienden a repetir el patrón extremo.

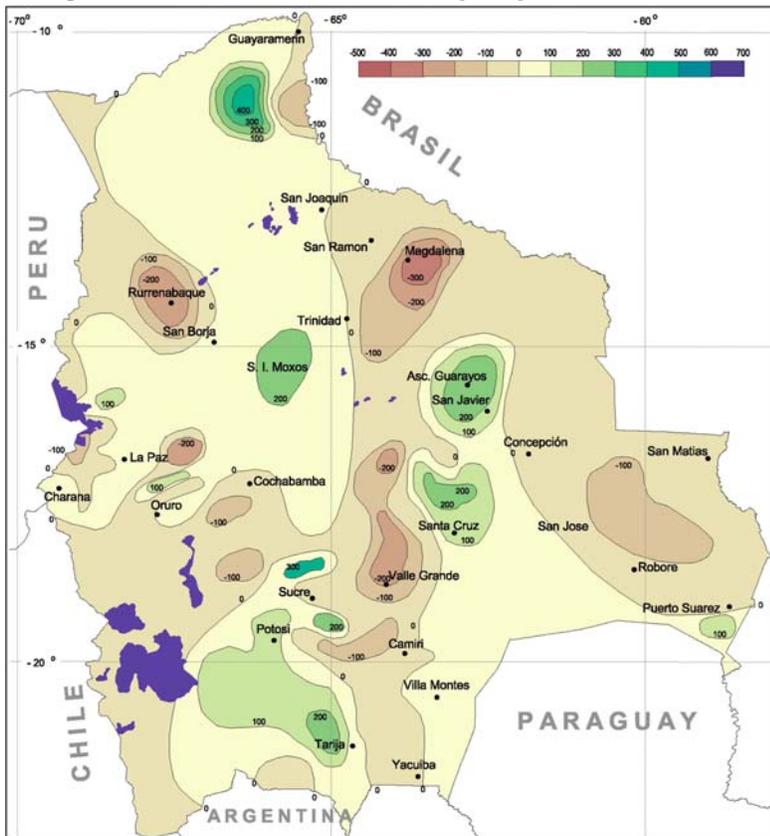
Respecto a la **temperatura**, los análisis del comportamiento en esos eventos, indica una tendencia a incrementos más leves de temperatura en el Altiplano norte que en el sur, ubicándose los mayores valores en-

**Figura I.2.1-3 Bolivia. Anomalías de precipitación Niño 1976-77**



Fuente: SENAMHI

**Figura I.2.1-4 Bolivia. Anomalías de precipitación Niño 1986-87**



Fuente: SENAMHI

tre enero, febrero y marzo. En el altiplano central las temperaturas tuvieron un registro casi normal con incrementos superiores en octubre y noviembre.

En los valles el comportamiento de la temperatura fue variable, con menores incrementos en la parte central durante los meses de octubre, noviembre y marzo y una elevación mayor en enero y febrero. En la zona de Tarija los incrementos fueron más leves en los diferentes meses.

En la región oriental, en la parte norte como Cobija, se observa una mayor temperatura en los años Niño, y menores temperaturas hacia el sur, principalmente en la parte central de Beni y en Santa Cruz. En general, hacia el sur las anomalías temperaturas tienden a incrementarse.

## 2.2 EL EPISODIO NIÑO 1997-98. EXPRESION CLIMATICA EN BOLIVIA

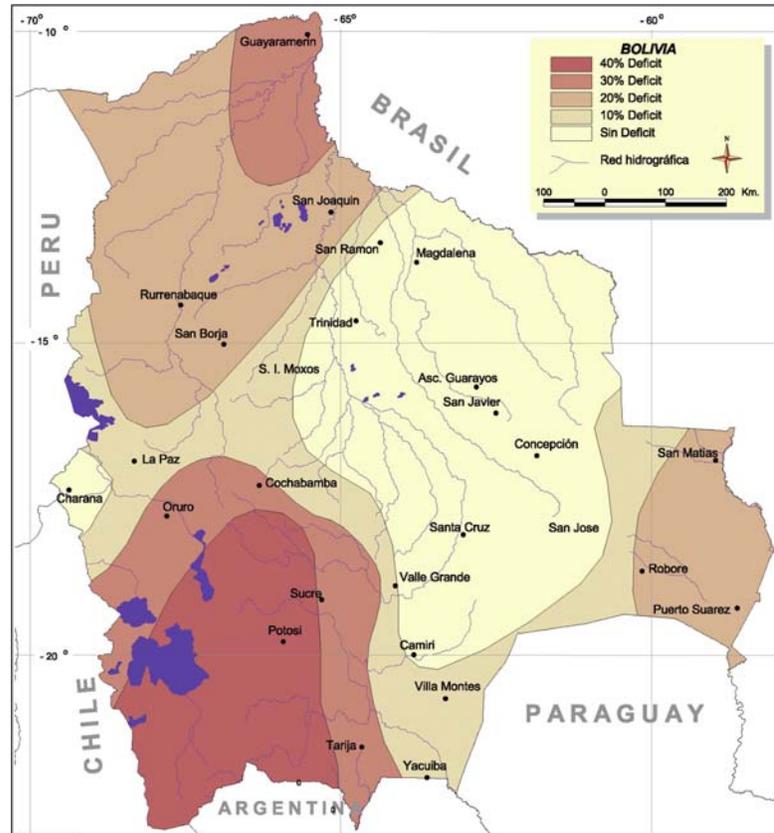
Con base en las conclusiones derivadas de los análisis anteriores, las previsiones realizadas antes de que ocurriera el episodio 1997-98 eran de que las precipitaciones en el sector del altiplano y valles estarían muy por debajo de lo normal generándose sequías severas, mientras que en la región oriental se presentarían excesos de precipitación. Los pronósticos se cumplieron solo parcialmente, ya que en el oriente no se produjeron grandes inundaciones como se había derivado de la situación climática esperada, sino que éstas ocurrieron en forma más bien focalizada.

## 2.2.1 BOLIVIA. ANOMALIAS DE LA PRECIPITACION

El niño 1997-98 en Bolivia, tuvo efectos importantes sobre el clima boliviano.

Según se desprende de la Fig. I.2.2-1 y del Cuadro I.2.2-1, puede generalizarse que la mayor parte del territorio nacional se vio afectado por déficits de precipitaciones, lo que determinó un cuadro de sequías en las zonas más afectadas. Las únicas regiones que presentaron exceso de precipitación durante casi todo el período septiembre-marzo fueron: el área de influencia de las ciudades de La Trinidad y Santa Cruz, la región del Chapare, y el Noreste de la cuenca amazónica.

**Figura I.2.2-1 Bolivia. Comportamiento de la precipitación según porcentaje de déficit. Julio 1997-marzo 1998**



Fuente: SINSAT en base a datos de AASANA

**Cuadro I.2.2-1 Bolivia. Precipitación acumulada noviembre 1997-abril 1998**

Estación	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación acumulada (mm)
COBIJA	1.126,8	1.390,4	81	104,2
RIBERALTA	880,6	1.417,1	62	85,3
RURRENABAQUE	1.166,0	1.515,3	77	121,4
TRINIDAD	1.444,5	1.338,3	109	186,3
SAN I.VELASCO	659,4	922,8	71	102,0
SANTA CRUZ	939,0	858,3	109	86,0
COCHABAMBA	272,4	441,4	62	23,9
SUCRE	336,6	619,5	54	51,6
CAMIRI	644,3	718,3	90	81,2
POTOSI	173,8	375,2	46	28,9
CHARAÑA	220,3	289,0	76	15,2
ORURO	212,7	309,1	69	17,0
PUERTO SUAREZ	684,4	792,4	86	60,0
TARIJA	337,3	567,7	60	48,0
YACUIBA	593,9	1.005,9	59	66,0
L.P.CENTRAL	331,6	421,3	79	19,8
EL ALTO	427,1	487,2	88	27,9

Fuente: SENAMHI

La distribución de las lluvias determinó la ocurrencia de chaparrones cortos en tiempo, que generaron inundaciones y deslizamientos en algunos sectores, produciendo afectaciones a la población y a las actividades económicas. En las zonas donde se mantuvo una situación excedentaria más permanente, también se desencadenaron situaciones desastrosas asociadas a inundaciones y a crecientes de ríos.

Este comportamiento anómalo de la precipitación pareciera tener relación con la afectación de la zona de convergencia intertropical, la cual tuvo una localización inusual y persistente durante lapsos de ocurrencia del episodio El Niño.

Por otra parte, los frentes fríos que normalmente penetran por el norte de Argentina y el Paraguay, no llegaron con la fuerza usual debido al bloqueo de la corriente en chorro que se intensificó en este período.

Ello, sin embargo, no limitó la generación de frecuentes granizadas debido principalmente a la humedad aportada por los frentes y el calentamiento inusual de la superficie terrestre, las cuales produjeron nubes de desarrollo vertical causantes de las tormentas eléctricas y granizo que dañaron explotaciones agropecuarias en el sur del país.

Los meses donde ocurrieron las mayores variaciones de precipitación fueron: septiembre, con un incremento significativo de los excedentes de precipitación respecto a lo normal, llegando en algunos casos, como en ciertas zonas del altiplano y los valles, a cuadruplicar los volúmenes de precipitación respecto a la normal (Cuadro I.2.2-2). A partir de ese mes y hasta marzo, período que corresponde al más húmedo en el territorio, las anomalías deficitarias se hicieron presentes en casi todo el territorio nacional.

**Cuadro I.2.2-2 Bolivia. Precipitación porcentual de julio 1997 a junio 1998**

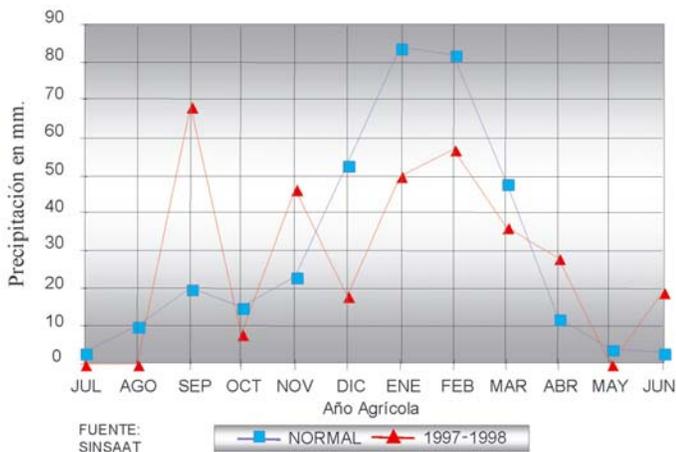
Estaciones	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
<i>Altiplano</i>												
La Paz-Central	0	60	154	121	102	54	78	71	66	183	0	327
El Alto-La Paz	3	55	165	81	134	38	86	68	124	173	6	282
Charaña	0	0	441	37	74	98	115	57	38	0	0	540
Oruro	0	62	325	13	113	57	58	68	71	166	0	628
Potosí	0	265	348	37	49	24	36	49	40	140	0	0
<i>Valles</i>												
Cochabamba	0	198	110	29	128	32	30	76	67	157	0	0
Sucre	0	16	551	184	117	10	18	89	43	70	0	0
Vallegrande	12	21	152	137	51	33	56	83	150	104	73	0
Tarija	0	14	181	20	64	45	65	35	84	66	76	0
<i>Trópico y subtrópico</i>												
Guayaramerín	0	160	51	25	74	48	56	69	84	39	98	5
Cobija	37	51	205	36	66	55	84	104	86	88	99	34
Riberalta	0	110	123	17	36	55	58	136	70	64	37	22
San Joaquín	0	155	77	91	73	105	46	91	108	61	12	29
Magdalena	0	58	90	79	146	69	87	148	110	148	9	151
Santa Ana	34	14	61	130	23	123	69	131	57	130	46	20
Rurrenabaque	114	27	141	65	56	73	66	90	134	66	72	61
Apolo	0	34	126	34	84	45	66	65	82	31	32	66
San Borja	11	25	88	26	84	44	82	120	38	27	94	22
San I. de Moxos	68	11	117	144	78	63	96	132	28	87	76	11
Trinidad	3	32	30	154	80	197	56	113	158	120	12	30
Asc. Guarayos	0	189	139	37	122	92	91	165	32	205	3	103
San Javier	0	65	26	64	104	86	43	98	94	100	13	184
Concepción	2	153	72	109	116	103	44	137	91	94	0	108
San I. Velasco	0	311	22	18	37	91	44	161	75	58	10	73
Santa Cruz	19	37	76	147	101	125	86	189	80	89	3	5
San José	0	230	73	73	152	110	170	73	45	49	20	114
Robore	6	83	20	42	50	53	43	110	92	104	9	0
Puerto Suarez	0	0	74	35	36	125	187	32	80	196	31	22
<i>Tierras bajas del sur</i>												
Camirí	87	14	283	105	63	78	104	81	182	79	50	2
Villa Montes	22	1	483	29	36	75	85	57	90	100	3	1
Yacuiba	42	56	74	12	107	108	59	20	46	49	23	0,07

Fuente: SENAMHI

La distribución geográfica de la precipitación fue diferente en las distintas zonas (Cuadro I.2.2-2 antes mencionado).

En el **Altiplano**, los déficits se observaron desde el mes de agosto de 1997, lo que se sintió particularmente debido a que en esa zona los niveles de lluvias ya son normalmente bajos. En septiembre, esta situación se invierte, produciendo un excedente muy significativo en toda la región, con un impacto importante en el sector de Charaña que es el que usualmente presenta la menor precipitación en esa región. A partir de septiembre la zona se vio sometida a déficits muy significativos de lluvias, precisamente en el período de verano donde se desarrollan los cultivos de secano en todo el país. Otro aspecto a considerar fue la distribución de lluvias, la cual fue bastante irregular durante el período con solo 57 días con lluvia, menor a la del año 96-97 que llegó a 86 días. La variación espacial muestra también déficits en el altiplano centro y sur que se corresponden con todas las provincias del departamento de Oruro, las provincias del norte y sur de Potosí y el altiplano sureste de La Paz (ver Figura I.2.2-2).

**Figura I.2.2-2 Bolivia. Oruro. Comparación de la precipitación julio 1997-junio 1998 respecto a la normal**



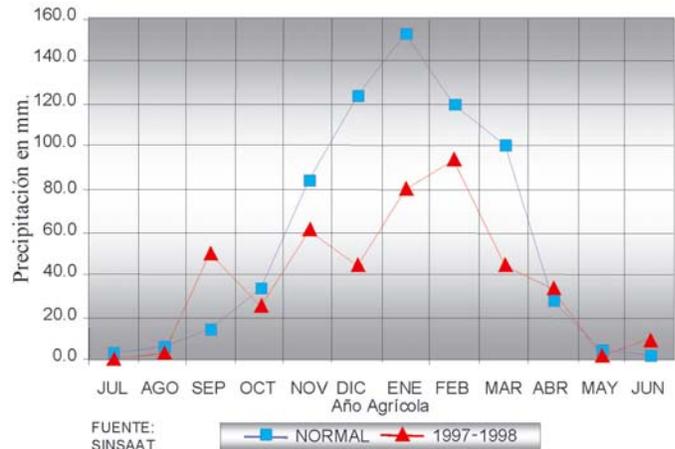
Fuente: SINSAAAT

En el **valle** el comportamiento fue similar al del altiplano. En este caso las precipitaciones acumuladas alcanzaron a 380 mm distribuidas en 67 días, lapso muy inferior al ciclo del año anterior en el cual se registraron 572 mm. en 81 días con lluvia (ver Figura I.2.2-3).

El mes más crítico fue diciembre con un registro de sólo 40% de la precipitación promedio; en los meses siguientes las precipitaciones alcanzaron valores infe-

riores a la normal. En general, el déficit de precipitación fue uniforme para los Valles de Cochabamba y Chuquisaca y en menor grado para Tarija. Debido a los elevados niveles de temperatura, tampoco se presentaron nevadas.

**Figura I.2.2-3 Bolivia. Valles. Comparación de la precipitación julio 1997-junio 1998 respecto a la normal**

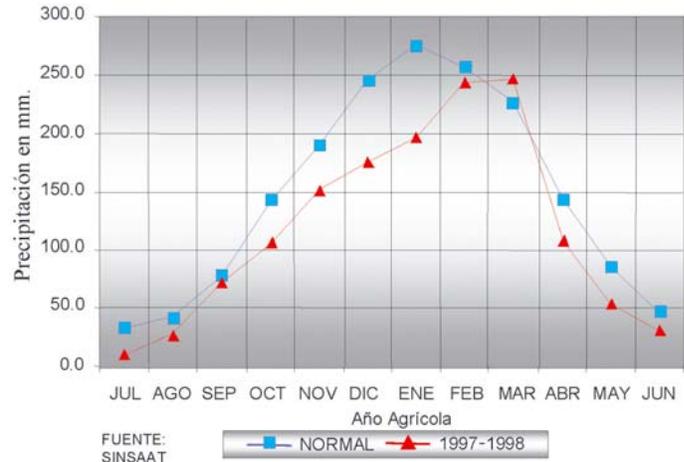


Fuente: SINSAAAT

En la **cuenca del Amazonas**, como consecuencia de su gran extensión, el comportamiento pluviométrico fue diferente en los distintos espacios geográficos.

En **Pampas de Moxos y Amazonía**, el déficit fue leve, llegando a 1.118 mm, lo que resultó inferior al promedio que es de 1.335 mm, provocando en consecuencia una sequía moderada. Un efecto secundario pero no menos importante lo constituyó la presencia anticipada de la estación seca, lo que tuvo efectos significativos en algunos sectores principalmente el agrícola (ver Figura I.2.2-4).

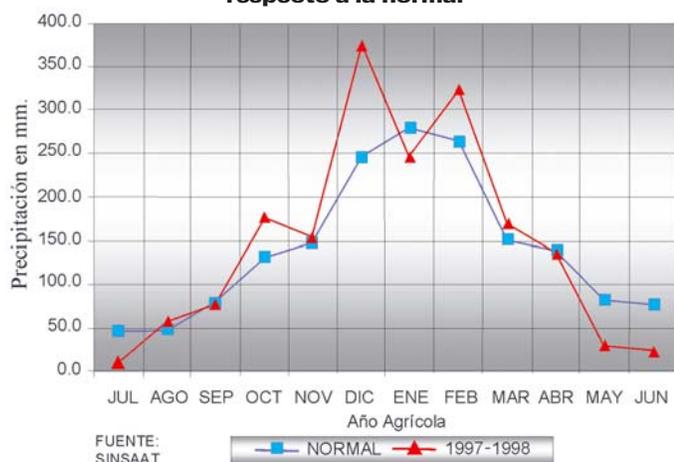
**Figura I.2.2-4 Bolivia. Pampas y Moxos y Amazonia. Comparación de la precipitación julio 1997-junio 1998 respecto a la normal**



Fuente: SINSAAAT

En el Trópico de Santa Cruz, las precipitaciones ocurridas entre septiembre de 1997 a mayo de 1998, como se muestra en la Figura I.2.2-5, tuvieron un comportamiento cercano a los promedios normales, alcanzando 89 días con lluvia y 1.012 mm, levemente superior al promedio de este periodo que es de 985 mm. Las variaciones extremas muestran un incremento de lluvias en el mes de diciembre con 18 días de lluvia y la mínima en enero con sólo 12 días.

**Figura I.2.2-5 Bolivia. Trópico de Santa Cruz. Comparación de la precipitación julio 1997-junio 1998 respecto a la normal**

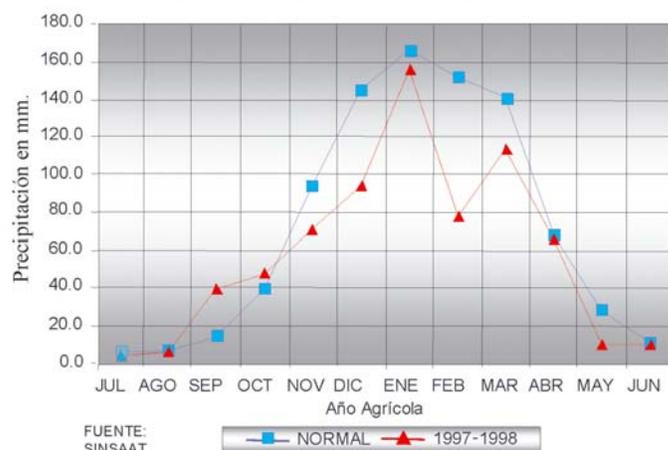


Fuente: SINSAAT

En **El Chaco**, correspondiente a las tierras bajas del sur, la precipitación acumulada alcanzó 578 mm, menor a la normal que es de 764 mm, siendo febrero el mes más crítico, con un registro de sólo 60% de la precipitación promedio de este mes. En los otros

meses las precipitaciones alcanzaron valores cercanos a la normal, pero siempre inferiores. La distribución de lluvias fue bastante irregular, pero con 82 días de lluvia, fue superior a la del año anterior, que llegó a 67 (ver Figura I.2.2-6).

**Figura I.2.2-6 Bolivia. El Chaco. Comparación de la precipitación julio 1997-junio 1998 respecto a la normal**



Fuente: SINSAAT

## 2.2.2 ANOMALIAS DE LA TEMPERATURA

La temperatura presentó una situación bastante homogénea a nivel del territorio nacional.

El Cuadro I.2.2-3 resume las anomalías de precipitación en las diferentes zonas del territorio nacional. Según se desprende de dicho cuadro, durante el evento Niño 1997-98 se observa un comportamiento inusual de la temperatura.

**Cuadro I.2.2-3 Bolivia. Anomalías de temperatura del aire julio 1997 a junio de 1998 (°C).**

Estaciones	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
<b>Altiplano</b>												
La Paz-Central	2,0	0,9	2,0	2,0	1,6	1,7	3,4	3,8	2,9	2,5	1,9	1,4
El Alto-La Paz	-0,5	-1,4	0,1	-1,0	0,2	2,0	2,8	2,2	2,0	1,0	-1,1	-0,4
Charaña	-2,4	-3,3	-0,7	-2,4	-2,5	-1,2	1,6	2,1	0,9	-1,2	-3,4	-1,6
Oruro	-1,7	-2,6	-1,7	-2,0	-1,4	-0,5	1,1	0,9	0,5	-1,2	-2,8	-0,6
Potosí	0,5	-1,6	0,3	-0,6	-0,6	0,4	0,6	0,8	0,2	-0,9	-1,4	-1,3
<b>Valles</b>												
Cochabamba	0,3	-0,9	-0,1	0,0	0,4	2,3	3,4	2,4	2,6	1,5	0,2	-0,2
Sucre	-0,9	-2,2	0,2	-0,4	-1,2	1,3	2,3	1,2	0,8	0,2	-1,3	-0,8
Vallegrande	2,0	-0,2	1,4	1,3	-0,3	1,2	1,4	0,5	0,7	0,5	-1,8	0,1
Tarija	2,2	0,0	1,1	0,2	-0,1	1,2	1,3	0,1	0,1	0,6	-1,5	-0,3
<b>Trópico y subtrópico</b>												
Guayaramerín	0,5	1,0	1,4	1,2	1,0	0,5	1,2	1,1	0,9	1,2	-0,9	-0,9
Cobija	1,2	-0,6	1,6	1,2	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4	-2,1	-1,7
Riberalta	-0,3	-1,9	0,6	0,8	1,0	-0,1	1,3	1,3	0,9	1,2	-1,3	-1,0
San Joaquín	0,6	-1,2	1,3	1,4	0,7	1,2	1,6	1,1	1,0	1,3	-1,4	-0,4
Magdalena	-0,1	-1,9	0,7	0,4	-0,1	0,7	0,9	0,8	0,4	0,3	-1,6	-1,0
Santa Ana	0,7	-1,6	0,9	0,3	-0,3	0,6	1,0	0,8	0,3	0,9	-1,7	-0,7
Rurrenabaque	0,6	-1,5	0,5	0,3	-1,0	0,2	1,0	0,2	-1,2	0,3	-2,3	-1,1

**Cuadro I.2.2-3 Bolivia. Anomalías de temperatura del aire julio 1997 a junio de 1998 (°C). (continuación)**

Estaciones	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Apolo		1,6	2,6	2,5	2,8	2,2	3,6	3,1	2,3	2,8	0,3	1,2
San Borja	0,9	-1,0	1,2	1,1	0,3	-0,2	1,3	0,1	-0,2	1,4	-2,2	-1,3
San I. de Moxos	1,8	-0,6	1,4	1,3	0,8	0,9	1,8	0,6	0,1	1,4	-0,8	0,4
Trinidad	0,7	-1,6	1,1	0,8	0,3	0,0	0,8	0,0	-0,2	0,7	-1,7	-0,8
Asc.Guarayos	2,6	1,1	3,8	2,3	2,0	1,5	2,7	1,8	2,6	2,3	0,5	1,6
San Javier	0,9	-0,4	2,1	1,1	0,8	0,1	1,4	0,6	-0,1	0,8	-1,0	-0,5
Concepción	1,4	-0,9	1,8	1,3	0,7	0,5	1,8	0,9	0,8	1,2	-0,8	0,4
San I. Velasco	1,1	-0,1	1,8	2,0	1,3	0,9	1,7	0,9	1,3	1,1	-0,8	0,3
Santa Cruz	3,1	0,9	2,4	1,5	0,5	0,9	2,0	0,6	0,3	1,6	0,5	1,2
San José	0,2	-1,2	1,5	1,2	0,5	-0,3	1,4	0,6	0,1	0,8	-1,3	-0,4
Robore	0,7	-1,7	2,5	1,5	0,7	-0,2	0,9	-0,3	-0,6	0,2	-2,0	-1,6
Puerto Suarez	1,2	-0,5	2,6	1,4	1,5	0,4	1,1	0,3	0,2	0,9	-1,7	0,1
<i>Tierras bajas del sur</i>												
Camirí	0,4	-2,2	0,8	-0,9	-0,8	-0,4	0,1	-1,8	-1,7	-1,5	-2,2	-1,9
Villa Montes	1,0	-0,6	1,3	0,2	-0,1	0,6	0,6	-0,7	-1,3	-1,4	-1,1	-0,3
Yacuiba	1,2	-2,4	-0,2	-1,0	-2,1	-0,8	-0,5	-1,8	-1,2	-1,3	-1,0	-0,4

Fuente: SENAMHI

Durante el mes de octubre, casi todo el país presentó temperaturas por debajo de los niveles promedio de ese mes, llegando incluso a descender hasta 2.6°C en algunos lugares. A partir de ese momento, se inicia un proceso de incremento de temperatura que se generaliza a todo el país, excepto en el altiplano, algunas

zonas de los valles y en las tierras bajas del sur, alcanzándose en el resto niveles superiores a los promedios mensuales. Ello se relaciona con la ausencia de nubes, que hizo que la temperatura subiera marcadamente, en algunos casos batiendo récords de registros de más de 30 años (Cuadro I.2.2-4).

**Cuadro I.2.2-4 Bolivia. Temperaturas máximas registradas de noviembre de 1997 a abril de 1998 que superaron los récords precedentes**

Estación	Máxima histórica	Año	Niño 1997-98	Día
<i>Noviembre de 1997</i>				
Cochabamba	34,5	1972	34,8	30
<i>Diciembre de 1997</i>				
La Paz	26,1	1994	27,2	3
El Alto	21,2	1981	23,0	28
Potosí	22,7	1981	23,4	26
Cochabamba	34,8	1981	34,9	27
Cobija	35,2	1979	36,5	29
<i>Enero de 1998</i>				
Cobija	34,4	1966	35,6	13
Riberalta	31,6	1992	35,3	19
San I Velasco	37,4	1990	38,4	4
Potosí	21,0	1983	22,7	9
<i>Febrero de 1998</i>				
Cochabamba	32,0	1973	33,4	6
Sucre	28,2	1983	28,5	4
Tarija	35,0	1980	36,0	7
La Paz	24,2	1960	25,1	3
<i>Marzo de 1998</i>				
Riberalta	34,4	1993	35,3	24
San I Velasco	36,0	1978	36,4	29
Cochabamba	32,8	1983	34,0	23
Potosí	22,0	1983	23,0	27
<i>Abril de 1998</i>				
Potosí	21,0	1980	22,3	9
La Paz	24,2	1983	24,8	20

Fuente: SENAMHI

En el altiplano, el enfriamiento se mantuvo hasta diciembre, mes a partir del cual se homologa al resto del país, con niveles de temperatura que superan a otras zonas del territorio nacional. El caso de la Paz es muy significativo, ya que las anomalías positivas, que se mantuvieron durante todo el período, llegaron a alcanzar hasta 3,8 °C por encima del promedio normal, lo que superó récords en ese lugar de más de 40 años (Ver Cuadro I.2.2-4). A partir de abril de 1998, volvieron a manifestarse en el altiplano las anomalías negativas, excepto en el caso de La Paz que sostuvo el comportamiento anterior. Como resultado de los niveles de temperatura, durante el evento 1997-98 no se presentaron heladas relevantes, a diferencia de la sequía ocurrida en 1982-83 que registro este tipo de fenómenos a niveles significativos en toda esta zona.

En los valles sucedieron también incrementos positivos de las anomalías de temperatura, los cuales no se habían observado durante décadas, y al igual que en el caso del Altiplano, revirtieron esta tendencia pero a partir de mayo de 1998, momento en el cual reducen su nivel por debajo de los promedios normales.

Las tierras bajas del sur mostraron un comportamiento particular. Fue la única zona que persistentemente presentó temperaturas por debajo de los promedios mensuales, lo cual se debió a la penetración de vientos fríos.

### **3. EL NIVEL DE DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO DEL FENOMENO EN BOLIVIA. LAS VULNERABILIDADES FISICAS EN EL AREA DEL CONOCIMIENTO**

Evaluaciones realizadas por diversas instituciones del conocimiento, a raíz de las graves consecuencias del Fenómeno El Niño en Bolivia, señalan que el país presenta una fuerte vulnerabilidad no solo en los mecanismos que permiten mitigar los efectos negativos del fenómeno sino en su capacidad de pronóstico para prevenir los posibles impactos de las variaciones climáticas que se producen como consecuencia del

mismo. Ya en 1982-83 se había evidenciado la debilidad antes mencionada, pero poco se hizo para afrontar un evento con características recurrentes y devastadoras para el país.

Varias vulnerabilidades fueron identificadas por la Comisión sobre el Fenómeno El Niño, por el SENAMHI dentro del marco de su proyecto de Fortalecimiento Institucional, y otras más durante los talleres de trabajo que se llevaron a cabo durante la realización de este estudio. Las más relevantes fueron:

#### **Vulnerabilidades en los sistemas de monitoreo y recabación de información**

Bolivia cuenta en la actualidad con una red de 471 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el país, con un promedio de más de 20 años de récord de datos, pero ésta no se considera suficiente para cubrir los requerimientos de información climática a nivel nacional para fenómenos como los de El Niño, que implican inundaciones, sequías, granizadas, etc. El mínimo requerido de acuerdo a normas de la OMM, es de 1.000 estaciones.

Por otra parte, mucha de la información que ha sido recolectada en las estaciones no ha sido automatizada y apenas recientemente se ha incorporado el uso de procesadoras.

La red no cuenta tampoco con recursos y programas de mantenimiento, por lo que cerca del 50% de las estaciones disponibles se encuentran en malas condiciones o han cubierto su vida útil, requiriéndose un esfuerzo para rehabilitar estaciones que no están en condiciones para suministrar información confiable e incluso que no están operando, y para cambiar y calibrar los instrumentos.

Otra deficiencia es la falta de conexión de las estaciones entre sí, por lo que los datos recabados son individuales y su centralización exigiría un esfuerzo y atraso en el suministro de la información. Ello explica que, para los análisis de precipitación durante El Niño, fuesen utilizadas sólo 31 estaciones administradas por AASANA.

En lo que respecta a la teledetección, el ABSTEMA requiere ser fortalecido en su capacidad de monitoreo con datos satelitales y en los sistemas de información geográfica. Un avance durante el episodio El Niño 1997-98 fue la creación, en mayo de 1997, de un Banco de Datos de imágenes satelitales.

Adicionalmente a todo lo anterior, existe una escasez de recursos de personal para enfrentar las crecientes demandas de información de los sectores productivos y sociales, lo cual limita la posibilidad de recolección, transmisión y difusión de los datos. Se ha identificado también que la información no se dispone a tiempo real, factor de gravedad en situaciones de emergencia como las que genera el Fenómeno El Niño en diferentes expresiones.

### **Vulnerabilidades de los análisis y pronósticos**

Bolivia no cuenta con modelos interpretativos del fenómeno que vinculen a El Niño con las variaciones climáticas en las diferentes regiones.

Por primera vez, en 1997-98, se reconoce en Bolivia un esfuerzo de coordinación inicial para enfrentar un riesgo climatológico como el de éste fenómeno. Durante 1997, el sector del conocimiento llevó a cabo algunos análisis tendientes a relacionar el Fenómeno El Niño con las variaciones climáticas que se han venido observando en el país durante diferentes eventos de este tipo, pero limitado a la capacidad disponible en el país para avanzar en la interpretación de esta relación.

Por esta razón, los pronósticos que se hicieron sobre el evento, apoyados en análisis de los eventos anteriores, se cumplieron solo parcialmente tanto en lo que respecta a la precipitación como a la temperatura. Por una parte, las altas temperaturas batieron récords históricos, lo cual no había sido previsto. Las zonas con exceso de lluvias apenas se restringieron al área de influencia de Santa Cruz y Trinidad y a la región de Chapare, y no a extensas zonas de la cuenca del Amazonas, como había ocurrido en 1982-83. Las previsiones de fuertes granizadas en el Altiplano tampoco se materializaron en esta oportunidad debido al de-

bitamiento de los frentes fríos que penetran por el norte. Buena parte de la zona norte del país, que había presentado niveles pluviométricos elevados en 1982-83 ahora redujo de manera significativa los niveles de precipitación, aunque no ocasionaron daños mayores debido a que siempre se mantuvieron registros que no llegaron a niveles críticos.

No existe tampoco una continuidad en los estudios interpretativos del fenómeno por diferentes instituciones de investigación que se apoyen en la base climática disponible, y que incorporen también el comportamiento de los glaciares tropicales andinos que presentan grandes variaciones frente al Fenómeno El Niño (regresión/ablación). Los escasos recursos hídricos andinos son muy dependientes de los glaciares, lo que hace imprescindible su seguimiento y estudio.

### **Vulnerabilidad en la difusión de la información**

La información suministrada por los entes del conocimiento climático no se ha adecuado a los requerimientos de los distintos sectores usuarios, lo cual limita también el uso de la misma. Adicionalmente, no se han establecido mecanismos y canales idóneos para el flujo de la información.

## **4. LECCIONES APRENDIDAS Y PRINCIPALES POLITICAS EN EL AREA DEL CONOCIMIENTO**

Los estragos dejados por el Fenómeno El Niño 1982-83 han sido el inicio de la creación de una conciencia en el país sobre la necesidad de tomar previsiones para mitigar los efectos previstos, mediante políticas de prevención. Si bien el país no realizó después de aquel evento acciones tendientes a mejorar la capacidad de respuesta nacional, al conocerse la presencia de El Niño en 1997 planificó una intervención que pretendía encarar algunas previsiones para reducir los posibles impactos. Por falta de recursos y otros factores que se analizan en el Capítulo IV de este estudio, tampoco se materializaron las recomendaciones y los proyectos que se habían identificados para la

etapa de prevención. Sin embargo, la misma debilidad en la respuesta y las consecuencias que tuvo el Fenómeno en esta oportunidad, ha llevado a reflexiones y a recoger lecciones para actuaciones futuras, cuyo punto de partida es la mejora del conocimiento del fenómeno para su manejo.

Dentro de estas lecciones se reconoce la necesidad de fortalecer la capacidad de monitoreo, análisis e interpretación de la información, así como de profundizar en el conocimiento de las relaciones entre el fenómeno y las variables climáticas a nivel regional. Pero de manera relevante, ha destacado la necesidad de visualizar al fenómeno, no sólo como un factor de desastres sino como responsable de una variabilidad climática recurrente en el país. Este reconocimiento resulta fundamental para Bolivia si se toma en cuenta que una de las fuentes generadoras de riqueza en el país la constituye la agricultura, la cual tiene una alta dependencia de las condiciones climáticas, trátase de excesos o déficits de precipitación o de otros factores como temperatura, granizadas y tormentas, que se relacionan marcadamente con el Fenómeno El Niño.

Tomando en cuenta este marco, fueron formulados lineamientos de política para mejorar el conocimiento del fenómeno y para disponer de la información necesaria para su manejo:

- Mejorar la capacidad de monitoreo del Fenómeno El Niño en sus distintas expresiones, a saber: información mundial, monitoreo de la red meteorológica nacional, control del índice de oscilación sur, etc. Mejoramiento de la red meteorológica e hidrológica y su modernización.
- Análisis de la información y estudio de El Niño: regionalización del país y estudio de relaciones; análisis de precipitación y temperatura. Seguimiento de variaciones de los niveles del Lago Titicaca respecto a los eventos Niño. Seguimiento de los eventos Niño referidos al retroceso del glaciar Chacaltaya y otros nevados. Operativamente se ha recomendado el establecimiento de una unidad ejecutora en el SENAMHI a los fines de garantizar un estudio y monitoreo eficiente de El Niño durante el evento lo cual debe establecerse con visión permanente dentro de la institución.
- Fortalecimiento de la capacidad de pronóstico: uso y desarrollo de modelos de simulación del Fenómeno y de su relación con las variables climáticas.
- Llevar a cabo estudios de vulnerabilidad de la infraestructura meteorológica para tomar medidas preventivas en el mantenimiento de la capacidad de monitoreo frente a situaciones de impactos sobre las redes.