

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

## 1. LOS EFECTOS ENCADENADOS A NIVEL DEL PAIS

De acuerdo con el comportamiento climático y oceanográfico reseñado en el Capítulo I, el Fenómeno El Niño 1997-98 se inició en abril de 1997 y se extinguió en junio de 1998. El calentamiento del mar fue el primer signo de su presencia y fue también el último en desaparecer.

Si bien se había detectado cierta anormalidad en el mar desde noviembre de 1996, sólo en mayo de 1997 se dio la alerta sobre la existencia de El Niño, cuando la anomalía en la temperatura del mar estaba por encima de 2 grados centígrados.

El Fenómeno El Niño generó un gran número de amenazas secundarias:

a) Durante el primer período, entre abril y diciembre de 1997, cuando se produjo el calentamiento del mar y de la temperatura atmosférica:

- El calentamiento del mar tuvo efectos sobre el hábitat marino, modificando las condiciones de vida de especies marinas acostumbradas a bajas temperaturas y permitiendo la presencia de nuevas especies.

- La temperatura atmosférica en la costa produjo un permanente verano. En el período indicado fluctuó entre 18 grados (la mínima) y 30 grados (la máxima). Normalmente en esos meses la temperatura en la costa fluctúa entre 13 grados (la mínima) y 25 grados (la máxima). La “tropicalización del clima” de la costa, desestabilizó las condiciones normales.

- La inusualmente elevada temperatura atmosférica en la sierra, principalmente a partir de octubre de 1997, aceleró el deshielo de los glaciares. Los casos más notorios han sido los deshielos de Huaytapallana caídos sobre la Laguna de Lasuntay, o el desprendimiento de bloques de hielo del nevado Salcantay en el Cuzco que produjo tres aluviones que cayeron, uno por el río Sacsara y dos por el río Acobamba, sobre la ciudad de Santa Teresa el primero y represando el río Vilcanota el segundo, provocando arrasamientos y sepultamientos.

b) En el período entre diciembre de 1997 y marzo de 1998 (época de verano en el hemisferio sur), debido a

que se presentaron elevados niveles de precipitaciones en las costas norte y central, se produjeron anegamientos en diversos sitios, algunos de los cuales permanecieron durante todo el período.

Los mayores efectos y activación de amenazas asociadas se concentraron en los departamentos de Tumbes, Piura y la Provincia de Lambayeque, manteniéndose las lluvias e inundaciones hasta el mes de abril. Sin embargo, desde fines de enero hasta marzo de 1998, también cayeron lluvias torrenciales que produjeron inundaciones diversas en el resto de la costa norte y central, hasta Ica. La característica que tuvieron los eventos en estas últimas áreas es que duraron corto tiempo, entre uno a cuatro días.

Los efectos encadenados durante este lapso se expresaron de varias formas:

- Las lluvias que cayeron en las cuencas de la costa causaron el incremento de los caudales de los ríos, produciendo desbordes e inundaciones.

En condiciones normales, el comportamiento hidrológico de las cuencas de la costa peruana depende de las precipitaciones que ocurren en la sierra, donde la época de lluvia es entre diciembre y marzo. Así mismo, responde a las características propias de los ríos, que son las siguientes:

- Son ríos de corto recorrido y fuerte pendiente.

- La mayor parte de ellos transporta agua solamente durante la época de lluvias en la sierra, permaneciendo secos el resto del año, salvo algunos que conducen agua permanentemente porque su nacimiento está en los glaciares.

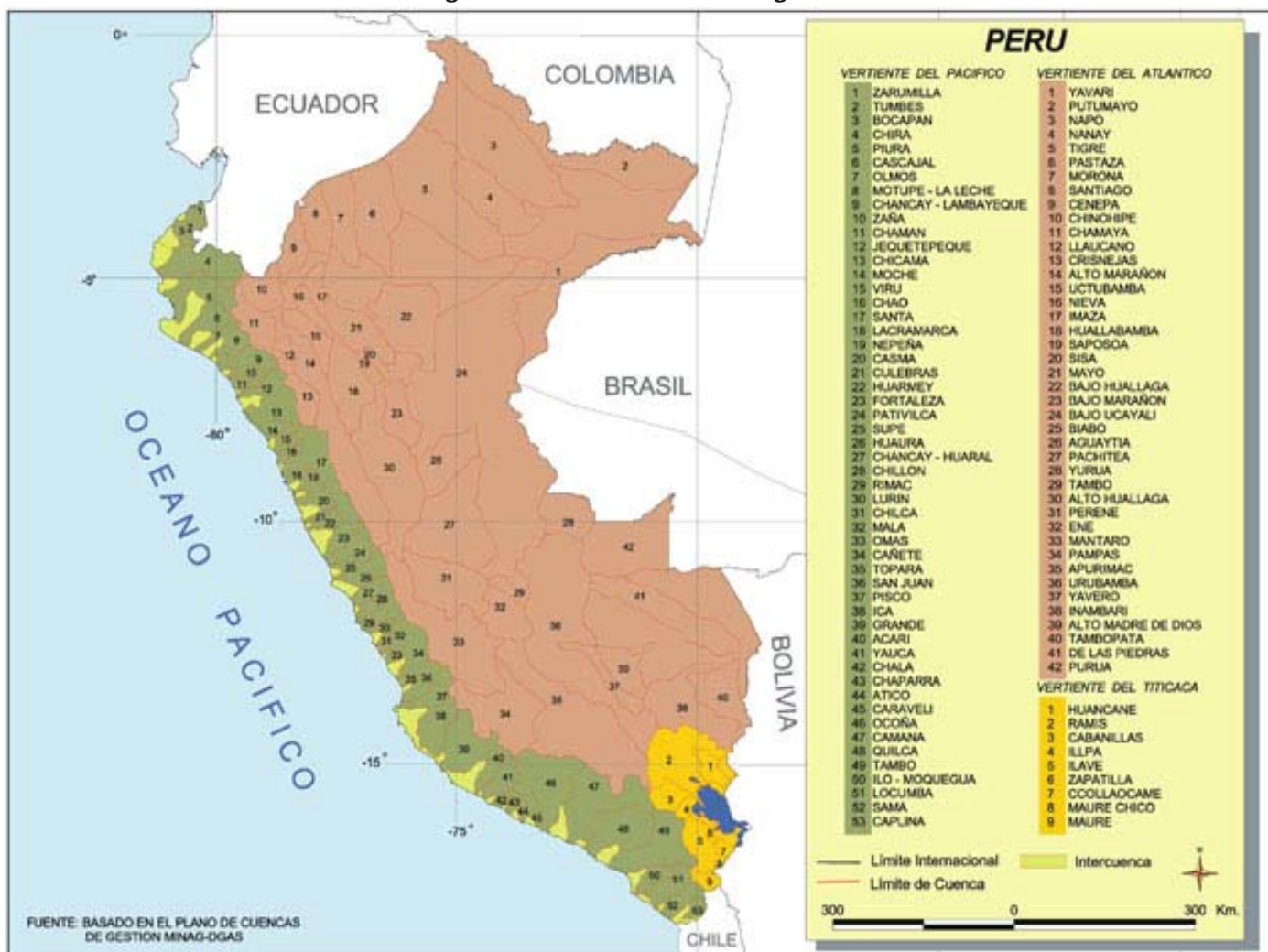
- Los cauces de los ríos, por lo general, permanecen colmatados de materiales y no están debidamente encauzados, por lo cual las crecidas alteran su cauce.

La Fig. II.1-1 muestra las cuencas hidrográficas que conforman las tres vertientes que drenan el agua en el territorio nacional: Océano Pacífico, Océano Atlántico, Lago de Titicaca y las zonas de intercuenas.

Durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño 1997-98, en muchas de las cuencas se incrementó extraordinariamente el caudal de los ríos, debido a que se sumaron las torrenciales lluvias que cayeron en la parte media y baja de las mismas. La posibilidad de desborde se vio favorecida por la enorme cantidad de material sólido que transportaron los ríos, suelo arrastrado desde las laderas áridas y deleznales de las partes altas y medias de las cuencas.

En los ríos de la costa norte y central del país se observaron

Figura II.1-1 Perú. Cuencas hidrográficas



los máximos históricos, de acuerdo a la red de registros de información hidrológica o de caudal del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI); también, según los cálculos o estimaciones (por métodos directos como el de área-velocidad) realizados por la Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS) del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), responsable del registro de los ríos en los Distritos de Riego bajo su jurisdicción administrativa. Es importante destacar la dificultad que se presentó para la medición de caudales y volúmenes extraordinarios, lo que obligó al uso de métodos estimativos en base a lecturas de milímetros sobre la altura alcanzada por el agua, en secciones conocidas del río.

Las Figuras II.1-2 a II.1-14 evidencian la magnitud de las anomalías observadas en el régimen hidrológico de las cuencas afectadas, destacando los rangos de variación de los caudales de los ríos respecto a situaciones normales y, en la mayoría de los casos, la mayor intensidad del fenómeno 1997-98 respecto al de 1982-83. Como se desprende de las mencionadas figuras, en las cuencas de la zona norte las anomalías fueron significativas.

En la cuenca del Río Tumbes, desde diciembre se incrementaron los caudales presentándose los mayores valores promedio en enero de 1998 con 854 m<sup>3</sup>/s. En el Fenómeno anterior los caudales se incrementaron desde diciembre de 1982, alcanzando los mayores caudales promedio en marzo de 1983 con 737,4 m<sup>3</sup>/s (ver Figura II.1-2).

El caudal máximo instantáneo del período diciembre-mayo 1997-98 fue de 2.318,0 m<sup>3</sup>/s registrado el 12 de abril, mientras que en 1982-83 fue de 1.277 m<sup>3</sup>/s registrado el 30 de enero.

En la cuenca del Río Chira (en Piura), el río no alcanzó en promedio los valores de 1982-83, año en el cual las crecidas fueron progresivamente en incremento desde diciembre, llegando a un máximo de 1.646 m<sup>3</sup>/s en abril para luego descender progresivamente entre mayo y julio de 1983. En dicha ocasión los caudales se incrementaron 150% respecto a los valores normales (ver Fig. II.1-3). Para el evento 1997-98, los caudales se incrementaron desde enero, subiendo vertiginosamente hasta llegar a su pico más alto en abril de 1998, alcanzando cerca de 1.497 m<sup>3</sup>/s. Los mayores incrementos con respecto a 1982-83 se produjeron en los meses de marzo y abril para descender en mayo de 1998.

En la cuenca del Río Piura, el caudal medio del río del mismo nombre, según la estación hidrológica Puente Sánchez Cerro, alcanzó un valor de 601,1 m<sup>3</sup>/s, caudal superior en 721 % respecto de su normal; también fue superior en 46% respecto del Niño 1982-83 (ver Figura II.1-4). Los caudales se incrementaron desde diciembre de 1997 hasta abril de 1998 con valores cercanos a los 1700 m<sup>3</sup>/s para descender en mayo de ese mismo año. En 1982-83 el caudal se incrementó notablemente a partir de enero del 83 prolongándose hasta mayo e inclusive junio.

El caudal máximo instantáneo para el período diciembre-marzo 1997-98 fue de 4.424 m<sup>3</sup>/s registrado el 12 de marzo, mientras que en 1982-83 fue de 2.478 m<sup>3</sup>/s registrado el 30 de marzo de 1983.

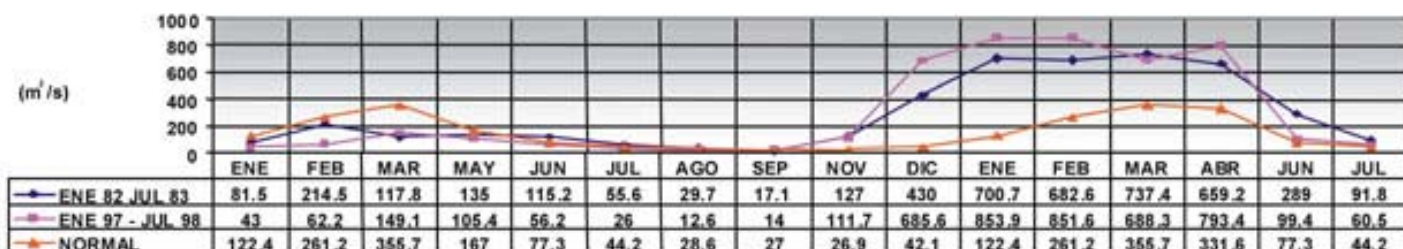
En la cuenca Motupe-La Leche se presentaron caudales máximos instantáneos nunca antes vistos, de acuerdo a versiones de expertos que fueron recogidas por los medios de prensa.

Lamentablemente no se cuenta con registros de los caudales de ese río.

Las descargas de esta cuenca dieron lugar a la formación de una gran laguna en el desierto, dado que este río no tiene extensión de salida hacia el mar. Situación similar ocurrió con la Laguna Ramón que recibe las aguas de la cuenca del Río Piura, la cual amplió extraordinariamente su diámetro normal. Al adquirir mayor tamaño, llegó a unirse con las aguas del Río Motupe-La Leche formando una sola laguna grande, la cual fue bautizada por la comunidad con el nombre de Laguna La Niña. Esta laguna paulatinamente fue reduciendo su extensión, hasta secarse algunos meses después, debido a la infiltración del suelo y a la evaporación.

Es importante destacar que durante los años de mucha precipitación, como corresponde a los años Niño, es usual que los ríos mencionados (Piura, Cascajal, Olmos, Motupe, La Leche), los cuales raramente llegan al mar, formen esas lagu-

**Figura II.1-2 Perú. Descarga promedio mensual del Río Tumbes (Tumbes) durante 1982-83 y 1997-98 (m<sup>3</sup>/s)**



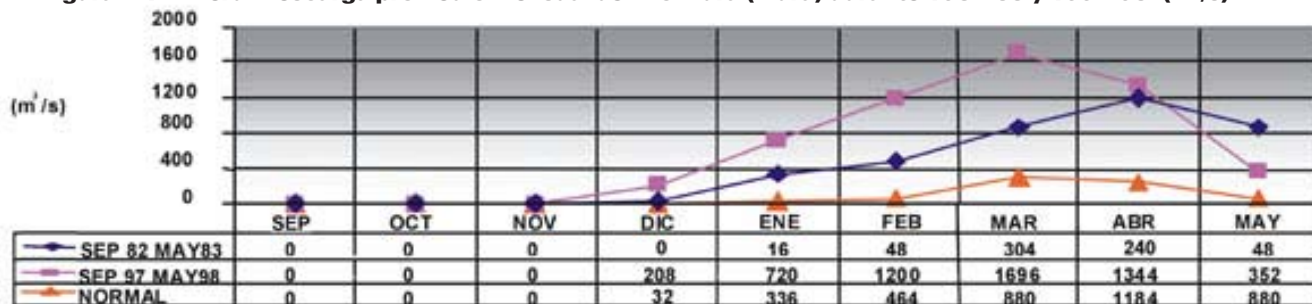
FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-3 Perú. Descarga promedio mensual del Río Chira (Piura) durante 1982-83 y 1997-98 (m<sup>3</sup>/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

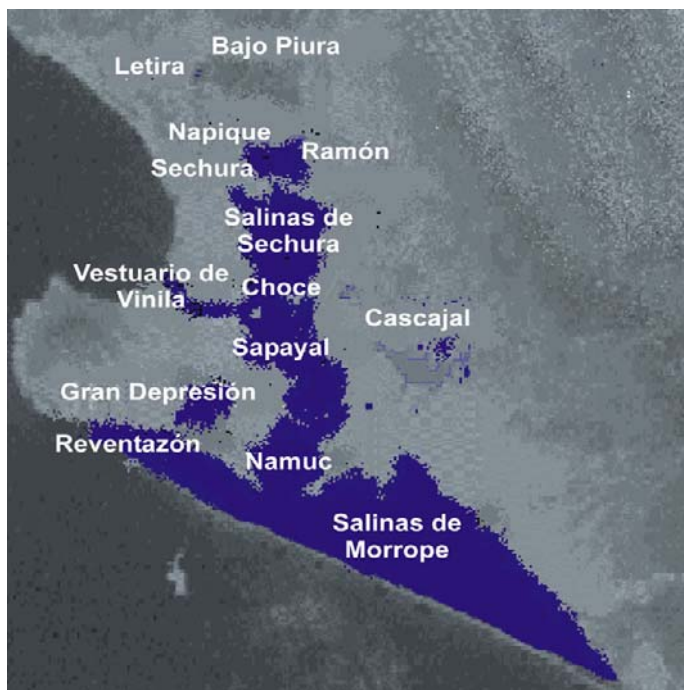
**Figura II.1-4 Perú. Descarga promedio mensual del Río Piura (Piura) durante 1982-83 y 1997-98. (m<sup>3</sup>/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

nas en el desierto de Sechura. Estos lagos son explotados aprovechando las especies piscícolas que se desarrollan (por ejemplo, lisa). La Figura II.1-5 muestra la imagen satelital de la conformación de ese extenso lago para marzo de 1998.

**Figura II.1-5 Perú. Los lagos de Sechura (marzo 1998)**



En la cuenca del Río Chancay-Lambayeque, el caudal promedio del río del mismo nombre en la estación hidrológica Raca Rumi, alcanzado durante el período septiembre de 1997 a mayo de 1998, fue  $61,1 \text{ m}^3/\text{s}$  superior en 69% a su normal, e inferior en 5% con respecto a 1982-83 (ver Figura II.1-6).

De septiembre a noviembre de 1997, este río registró déficits hídricos, iniciándose el ascenso de sus caudales a partir de diciembre y alcanzando sus mayores valores en abril de 1998 con  $133,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . En 1982-83 los caudales se incrementaron a partir de octubre de 1982.

Los impactos hidrológicos mayores no solamente han sido en los ríos de la costa norte, sino también en los ríos de la costa central (Ica, Chillón, Rimac, Chancay-Huaral) y puntualmente en algunas zonas del sur, como el valle de Locumba en Tacna.

Las figuras del Ministerio de Agricultura de los ríos Jequetepeque, Pativilca, Huaura, Chancay y Cañete muestran un incremento considerable de los caudales a partir de diciembre de 1997, alcanzando promedios máximos entre febrero y marzo de 1998, para luego descender abruptamente en abril, llegando a su nivel promedio normal en mayo de 1998. Los caudales de los ríos de la costa central superaron ampliamente los de 1982/83 (ver Figuras II.1-7 a II.1-11).

La cuenca del Río Rimac presentó mayor volumen de caudal durante El Niño 1997-98 que los promedios normales y

que durante El Niño 1982-83. Tuvo un primer pico a fines de enero, manteniéndose alto hasta mediados de marzo, para luego descender. En esta cuenca se produjeron además avalanchas de lodo de gran impacto entre los meses de enero a marzo.

En la cuenca del Río Ica se produjeron dos crecidas extraordinarias en enero de 1998, las cuales superaron ampliamente los caudales históricos del mismo río durante el presente siglo, sobrepasando ampliamente el máximo que puede soportar su cauce que son unos  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ . El promedio mensual alcanzado en ese mes se ubica muy por encima de los máximos instantáneos de las cuencas vecinas y de las del resto de la costa sur, sólo comparable con los caudales de los ríos del extremo norte durante dicha temporada. Se estima que durante el primer mes de 1998 el caudal medio superó en 700% la media normal para dicho mes (ver Figura II.1-12). Ello generó desbordes, provocados por lluvias torrenciales, así como avalanchas o huaycos en la parte alta de la cuenca.

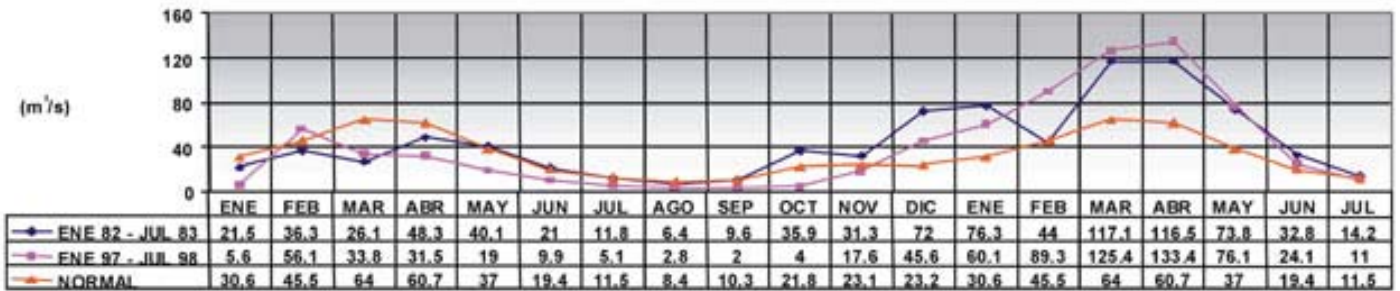
En la costa sur, desde Ica hasta Tacna, los ríos aumentaron su caudal durante enero y febrero de 1998, siendo los promedios mensuales superiores a la media para el período, en algunos casos hasta 300%. Los casos de los ríos Ica, Ocoña y Camana son ilustrativos del efecto contrario que se produjo durante El Niño 1982-83, en que dichos ríos tuvieron un déficit de caudal. En efecto, durante los primeros meses de 1983, los caudales bajaron drásticamente poniéndose muy por debajo de los niveles promedio normales. Esto es explicable debido a la sequía que se produjo en la sierra sur, que es donde nacen dichas cuencas (ver Figuras II.1-13 y II.1-14). Igual situación se observó en el río Pisco, cuyos caudales fueron de  $227,5 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1982-83 y de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1997-98.

En Arequipa, los ríos Maja y Camana mostraron incrementos inusitados respecto a lo que había sucedido también en El Niño 1982-83. De  $23,20$  y  $35,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , respectivamente, como caudales máximos medidos en aquel momento, alcanzaron valores de  $1.200$  y  $980 \text{ m}^3/\text{s}$  en 1997-98.

■ Otro efecto secundario de las lluvias y de la crecida de los caudales de los ríos fue la formación de avalanchas de lodo (“huaycos” en el idioma quechua), ya que al caer el agua de lluvia sobre laderas de las cuencas áridas de materiales no consolidados, provocaron una intensa erosión hídrica y la formación de escorrentías superficiales, activándose las torrenteras y las quebradas secas. El efecto más directo de estos procesos fue la generación de avalanchas de lodo, las cuales se produjeron de manera exacerbada en las cuencas de la costa norte y central, donde se presentaron incrementos inusitados de caudal, pero también en algunos lugares de la sierra y selva.

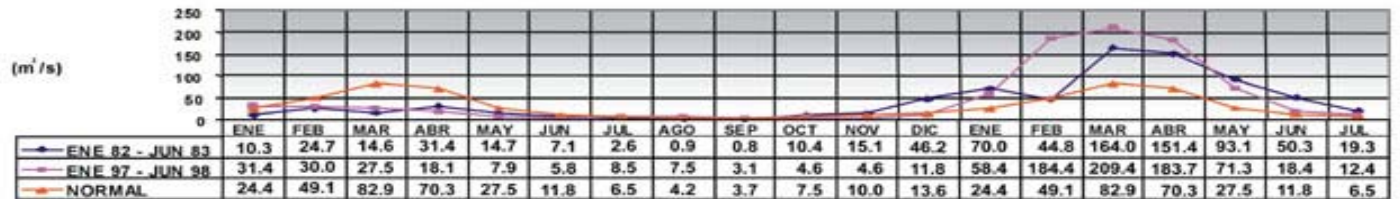
Los “huaycos” se produjeron en los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque, de manera continua, porque las

**Figura II.1-6 Perú. Descarga promedio mensual Río Chancay-Lambayeque (Lambayeque) durante 1997-98 (m³/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-7 Perú. Descarga promedio mensual del Río Jequetepeque (La Libertad) durante 1997-98 (m³/s)**



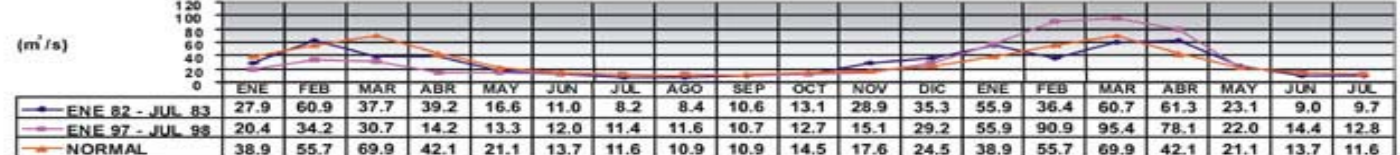
FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-8 Perú. Descarga promedio mensual del Río Pativilca (Lima) durante 1997-98 (m³/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-9 Perú. Descarga promedio mensual del Río Huaura (Lima) durante 1997-98 (m³/s)**



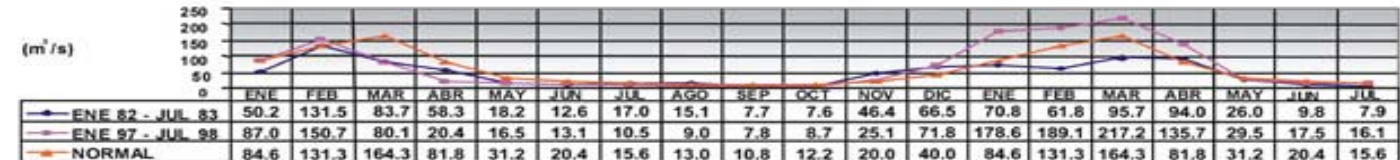
FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-10 Perú. Descarga promedio mensual del Río Chancay (Lima) durante 1997-98 (m³/s)**



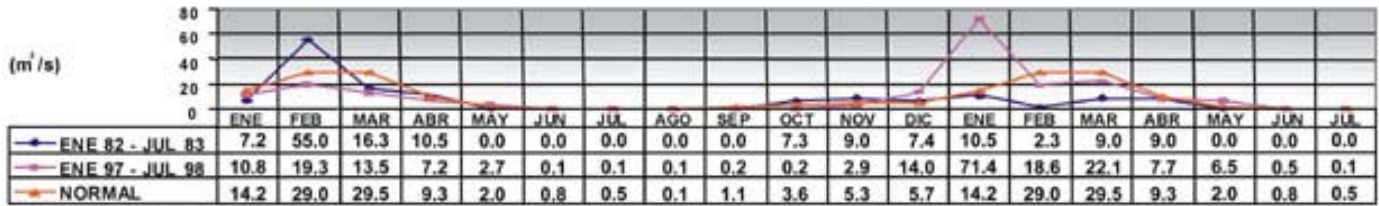
FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-11 Perú. Descarga promedio mensual del Río Cañete (Lima) durante 1997-98 (m³/s)**



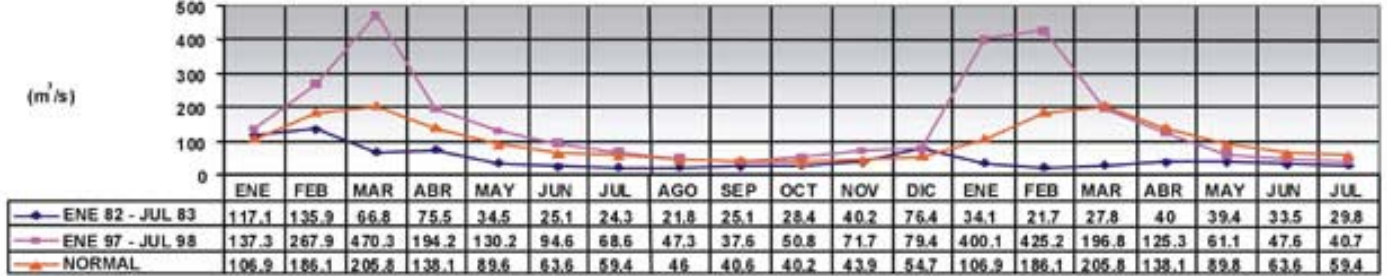
FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-12 Perú. Descarga promedio mensual del Río Ica (Ica) durante 1997-98 (m<sup>3</sup>/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-13 Perú. Descarga promedio mensual del Río Ocoña (Ica) durante 1997-98 (m<sup>3</sup>/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

**Figura II.1-14 Perú. Descarga promedio mensual del Río Camana (Ica) durante 1997-98 (m<sup>3</sup>/s)**



FUENTE: MINAG con base en información del SENAMHI

quebradas secas, por efecto de las lluvias, tuvieron mucha actividad geodinámica externa. Otras zonas donde se formaron “huaycos” de gran potencial destructivo fueron las cuencas de los ríos Rimac y Huaura, en el departamento de Lima y en la cuenca del Río Ica.

Lejos de las cuencas de la costa, ocurrieron esos mismos fenómenos en Choco (Arequipa), San Luis (Callejón de Conchucos-Ancash), Castrovirreyna (Huancavelica) y Oxapampa (Cerro de Pasco). Sin embargo, estos últimos no son directamente atribuibles a El Niño, pues ocurrieron en zonas donde las anomalías de precipitaciones no fueron significativas. En Perú cada año se forman “huaycos” en diversos lugares durante la temporada de lluvias, algunos de los cuales tienen gran impacto destructivo.

■ Durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño, se han producido procesos geomorfológicos importantes, tales como erosión, sedimentación y modificación de los cauces de los ríos, e inclusive la formación de lagunas.

En efecto, el acarreo de enormes volúmenes de materiales sólidos producto del arrastre de suelos de las cuencas áridas, fueron depositados en las partes bajas de los valles y en el

mar, así como en embalses naturales o artificiales. Por otra parte, las crecidas de los caudales de los ríos de las costas norte y central produjeron erosión intensa de los bordes de las riberas de varios ríos con ampliación del ancho de los cauces.

■ Adicionalmente a los efectos derivados de los incrementos inusitados de caudales de los ríos, otras amenazas que causaron daños cuantiosos fueron los aluviones ocurridos en el Valle del Vilcanota (Provincia La Convención-Cuzco), por efecto de los deshielos de glaciares.

■ Los efectos físicos positivos que también estuvieron encadenados a las precipitaciones son las recargas de los acuíferos subterráneos ubicados en las zonas inferiores de los valles de las cuencas. Si bien no existe una red de registro hidrogeológico a nivel nacional, imposibilitándose la cuantificación de la recarga producida, las observaciones de los pozos de explotación ubicados en los valles de la costa central, según información del MINAG, registran un incremento significativo del nivel freático, con elevaciones del orden de 2 a 4 metros.

■ También puede señalarse como efecto positivo el alma-

cenamiento de agua en las represas, las cuales llegaron a su plena capacidad, lo que obligó en muchos casos a aliviar el agua almacenada. En ocasiones, estas represas actuaron como reguladores o disipadores de energía de los caudales de máximas avenidas.

El Cuadro II.1-1 muestra los principales efectos de las condiciones climáticas que se convirtieron en amenazas para las actividades y la población, señalando la frecuencia de los eventos y los sitios más afectados por cada uno de ellos.

**Cuadro II.1-1 Perú. Fenómenos naturales ocurridos durante la época del Fenómeno El Niño 1997-98**

Eventos	Frecuencia	%	Departamentos más afectados
INUNDACIONES	297	23	Ancash, Cuzco, Lambayeque, Lima, La Libertad, Piura, San Martín, Tumbes, Ica.
HUAYCOS	229	18	Ancash, Arequipa, Lima, La Libertad.
LLUVIAS INTENSAS	444	34	Apurímac, Ayacucho, Piura, La Libertad, Lambayeque, Tumbes.
DESLIZAMIENTOS	188	14	Ancash, La Libertad, Cuzco, Lambayeque.
OTROS (tormenta eléctrica, vientos fuertes, sequías)	143	11	Ayacucho, Loreto, San Martín.
<b>TOTAL</b>	<b>1301</b>	<b>100</b>	

Fuente: Ministerio de la Presidencia. 1998.

## 2. LA FOCALIZACION DE LOS EFECTOS

Durante El Niño 1997-98, prácticamente la totalidad de las cuencas de la costa tuvieron gran actividad por efecto de lluvias que originaron incremento de caudales, erosión hídrica, activación de quebradas secas, formación de avalanchas de lodo de diverso tamaño que aportaron materiales sólidos hacia las partes bajas de los valles, causando sedimentación y colmatación de cauces, contribuyendo así a los desbordes y consiguientes inundaciones (Fig. II.2-1).

Pero hay diferencias notables entre la continua y enorme actividad hidrodinámica en las cuencas del norte del país y las irregulares y menores caudales del extremo sur. El nivel de las lluvias y de los caudales fue bajando de norte a sur, combinado con súbitas crecidas en algunas cuencas específicas, como por ejemplo las del Rimac, Ica y Topara.

a) En la costa norte estuvieron presentes dos tipos de amenazas originales: la tropicalización del clima y el exceso de precipitaciones.

La tropicalización del clima que ocurrió durante 1997 fue un factor de enorme incidencia sobre la vida humana, animal y vegetal, influyendo también en la meteorización de las rocas en las cuencas costeras.

El exceso de precipitaciones propició, por una parte, el incremento inusual de los caudales de la mayoría de los ríos, los cuales originaron fuertes desbordamientos e inundaciones. Por otro lado, en las cuencas más susceptibles y escarpadas, con suelos menos consolidados, se generaron avalanchas de lodo (huaycos) e inundaciones. Finalmente, los excesos de lluvias sobre vastas extensiones durante los primeros meses de 1998, produjeron también inundaciones de tierras planas.

En efecto, tal como se ha indicado en el Capítulo I, las lluvias de El Niño y sus efectos comenzaron a mediados de diciembre de norte a sur, primero en Tumbes y Piura activando casi de manera simultánea cinco cuencas: Zarumillas, Tumbes, Bocapán, Chira, Piura, Cascajal y Motupe-La Leche. Según puede verse en los mapas de anomalías de precipitación, las lluvias cayeron en el mar y sobre las partes bajas y medias de las cuencas, así como en los espacios intercuencas que son pampas desérticas.

En cambio, en las cabeceras de las cuencas, el nivel promedio que alcanzaron las anomalías de las precipitaciones no fue significativamente alto en relación a años normales. A pesar de ello, se observa que durante varios días consecutivos se produjeron picos de caudales en los ríos Tumbes, Zarumilla y Piura por efecto de trasvase de nubes de la región atlántica, explicando la cadena de amenazas que se generaron y las afectaciones que produjeron.

En cambio, en las cabeceras de las cuencas, el nivel promedio que alcanzaron las anomalías de las precipitaciones no fue significativamente alto en relación a años normales. A pesar de ello, se observa que durante varios días consecutivos se produjeron picos de caudales en los ríos Tumbes, Zarumilla y Piura por efecto de trasvase de nubes de la región atlántica, explicando la cadena de amenazas que se generaron y las afectaciones que produjeron.

b) En la costa central, los efectos encadenados se relacionaron con excesos de precipitación, similares a los de la costa norte, pero concentrados en períodos más cortos. Las principales amenazas fueron los desbordamientos de ríos y la generación de avalanchas de lodo (huaycos).

c) En el sur, aparte de las inundaciones y las avalanchas de lodo, fueron frecuentes las lluvias torrenciales, el deshielo de glaciares por efecto de las temperaturas, originando aluviones que causaron graves afectaciones. En al-

**Figura II.2-1 Perú. Principales cuencas afectadas por las variaciones climáticas del Fenómeno El Niño 1997-98**



gunos sectores se presentaron veranillos y algo de sequía, pero a escala muy reducida.

d) En la zona de oriente no hubo efectos notorios, aunque se presentaron inundaciones locales por desborde de algunos ríos.

El Cuadro II.2-2 resume los efectos y amenazas que se produjeron en las diferentes cuencas de la costa del Perú, durante 1997-98. La Fig. II.2-2 muestra el comportamiento de estos factores para El Niño de 1997-98, en cada uno de los departamentos.



**Cuadro II.2.2 Perú. Principales amenazas generadas por las variaciones climáticas del Fenómeno El Niño 1997-98 por zonas geográficas y cuencas**

Departamento	Cuenca	Amenazas asociadas a los ríos		Otras amenazas
		Ríos	Amenazas	
<b>Zona Norte</b>				
TUMBES	Tumbes	Tumbes	Desborde, inundación, avalancha de lodo, arrastre de sedimentos.	Lluvias torrenciales causan inundaciones, socavación y derrumbes. Fuertes marejadas y oleajes. Tropicalización del clima con alteración fisiológica de cultivos. Desprendimiento de cerros y avalancha de lodo. Desprendimiento de piedras. Temporales.
	Espacios intercuencas	Quebradas en Dtto. Tumbes: Luay, Pedregal, Los Ficus, Salamanca, Tumpis, Zanjón, Bella Vista, El Nieto, Chira	Inundación y arrastre de sedimentos	
		Quebradas en Dtto. La Cruz: Charán, Luis Banquero, Mariátegui, La Cruz	Activación de quebradas con crecidas y desbordes.	
		Quebradas en Dtto. Zorritos: Las Delicias, Sechurita, Toro, Quemada, Los Peones, Tucillal, El Pozo, Tiburón y Panteón	Activación de quebradas que arrastran flujo de agua y lodo. Crecidas.	
	Zarumilla	Zarumilla	Crecidas y desbordes que causan repetidas inundaciones.	
	Bocapán	Bocapán	Activación de quebrada que causa inundación.	
Quebrada Grande		Flujo de lodo y piedras.		
PIURA	Piura	Piura	Crecida inundación, avalancha de lodo, erosión de riberas, recarga de lagunas, sedimentación.	Deslizamiento de masas de tierra por efecto de lluvias, flujos de lodo. Formación de lagunas. Tropicalización del clima. Colmatación de drenes Inundaciones
	Espacios intercuencas	Quebrada del Dtto. Paita: Nueva Esperanza, La Piscina, Villa Naval, Zanjón Catarata	Arrastre de flujos de lodo.	
		Quebrada del Dtto. Sullana: Bella Vista, Cieneguillo, Cola de Alacrán, Sullana	Inundación por activación de quebradas.	
		Quebrada Pariña (Dtto Talara)	Inundación por activación de quebradas.	
		Quebrada Sechura	Lluvias y desbordes.	
	Chira	Chira	Inundaciones y avalancha de lodo. Sedimentación. Erosión de taludes.	
San Lorenzo	Subcuenca San Lorenzo	Desborde y avalancha de lodo.		
LAMBAYEQUE	Chancay-Lambayeque	Reque	Desborde e inundación.	Anegamiento por lluvias en partes bajas. Desborde de drenajes.
	Motupe-La Leche	La Leche	Ampliación de cauce, desbordamiento e inundación.	
	Cascajal	Cascajal	Desbordamiento e inundación.	
	Espacios intercuencas Lambayeque Ferreñafe Picsi, Chiclayo	Activación quebrada río Vichayal en Ferreñafe Activación de quebrada Cichayal en Picsi	Inundaciones. Inundación. Desbordamiento de canales.	
CAJAMARCA	Charyaje	Charyaje	Inundación.	
LA LIBERTAD	Jequetepeque	Jequetepeque	Desborde e inundación.	Anegamiento por exceso de lluvias. Proliferación de plagas y enfermedades. Derrumbes por lluvias.
	Chicama	Chicama	Desborde e inundación.	
	Moche	Moche	Desborde e inundación.	
	Virú	Virú	Desborde e inundación.	
		Chorobal	Desborde e inundación.	
		Huamazaña	Desborde e inundación.	
Espacios intercuencas Chepen, Trujillo	Activación de quebradas en espacio intercuencal Trujillo	Desborde de canales, inundación.	Lluvias, desborde de canales, derrumbes de cerros en espacio intercuencal Chepen.	

Departamento	Cuenca	Amenazas asociadas a los ríos		Otras amenazas
		Ríos	Amenazas	
<b>Zona Central</b>				
ANCASH	Santa	Santa	Desborde, inundación y avalancha de lodo. Erosión.	Anegamiento por lluvias intensas. Erosión. Derrumbes.
	Nepeña	Río Nepeña, quebradas Jimbe, Loco, Grande	Crecida, desborde y avalancha de lodo.	
	Lacramarca	Lacramarca y quebrada San Antonio	Desborde e inundación.	
	Zaña	Zaña	Desborde e inundación.	
	Casma	Casma	Desborde, inundación, avalancha de lodo, derrumbes.	
	Huarmey	Huarmey	Desborde, inundación y avalancha de lodo. Derrumbes y erosión.	
LIMA	Huara	Huara	Desborde, inundación, y avalancha de lodo.	Lluvias persistentes. Flujos de lodo. Desprendimiento de laderas. Derrumbes. Socavación. Erosión. Aniegos.
	Rimac	Rimac	Inundación, y avalancha de lodo.	
		Quebrada Huaycoloro	Desborde, inundación.	
	Chillón	Chillón	Desborde, avalancha de lodo, socavación, derrumbe.	
	Pativilca	Pativilca	Inundación y avalancha de lodo, y arrastre de sedimentos.	
	Fortaleza	Fortaleza	Inundación y avalancha de lodo.	
	Supe	Supe	Inundación y avalancha de lodo.	
	Chancay-Huaral	Chancay	Inundación y avalancha de lodo, derrumbes.	
		Huaral	Inundación, avalancha de lodo.	
	Lurín	Lurín	Inundación, avalancha de lodo, erosión.	
		Lima	Inundación, avalancha de lodo, erosión.	
	Mala	Mala	Desbordamiento, erosión, derrumbes.	
	Cañete	Cañete	Desbordamiento.	
Subcuenca Payara	Payara	Desbordamiento.		
ICA	Ica	Ica	Inundación, desborde, erosión, avalancha de lodo.	
		Quebradas: Tuaxu, Tortonelas, Trapiche y Yesera	Avalanchas de lodo.	
	Chilca	Chico	Inundación parte baja del río, socavación.	
	Pisco	Pisco	Desborde, derrumbe, erosión.	
CUZCO	Huarney	Vilcanota	Aluvión, Inundación por represamiento, arrastre, sepultamiento.	Deshielo de nevado. Avalancha. Aluvión.
<b>Zona Sur</b>				
AREQUIPA	Chilli, Comana y Ocaña	Chilli, Comana Y Ocaña	Inundación y avalancha de lodo.	Huayco.
MOQUEGUA	Sub cuenca Moquegua	Moquegua	Inundación.	Anegamiento por fuertes lluvias. Granizadas.
TACNA	Nabaya	Nabaya	Inundación y arrastre de sedimentos.	
AYACUCHO				Granizada y lluvias torrenciales.
APURIMAC				Disminución de lluvias, sequías.

**Fig. II.2-2 Perú. Ubicación de las amenazas asociadas al Fenómeno El Niño 1997-98 por departamentos**



### 3. ACCIONES IMPLEMENTADAS PARA ENFRENTAR EL FENOMENO EL NIÑO A NIVEL DE LAS CUENCAS

Un conjunto de instituciones (MINAG, INADE, CORDELICA, CTRs) llevaron a cabo durante 1997-98 acciones preventivas a nivel de las cuencas y cauces de ríos, orientadas a mitigar los efectos pronosticados en varias zonas del territorio nacional.

En general, la mayoría de las obras se dirigió a la protección de infraestructuras y de la población y al encauzamiento de ríos y, en menor grado, al manejo de las cuencas.

Durante la *etapa de prevención*, se realizaron las siguientes acciones:

- Identificación de tramos de cauces y obras de infraestructura y poblados que requerían protección, tomando como base estudios de vulnerabilidad disponibles en algunas cuencas.
- Limpieza y encauzamiento de ríos y quebradas.
- Defensas ribereñas, construcción de diques y muros para protección.
- Drenaje de valles principales y secundarios.
- Desvíos de ríos como fue el caso de Motute y La Leche al desierto de Morrope mediante un canal, para proteger ciudades como Jayanca, Pacora, Ilemo y 17 centros adicionales, más zonas agrícolas.

- Reforestación de zonas de montaña en sitios usualmente secos pero con pronósticos de lluvias.

En la *contingencia*, varias de las obras fueron sobrepasadas, y las acciones estuvieron orientadas a rehabilitar esas y todas las que fueron dañadas durante el episodio.

En la *reconstrucción* se han identificado algunas necesidades a nivel de las cuencas, de carácter preventivo.

Es de destacar que varias de las acciones ejecutadas a nivel de cuencas estuvieron orientadas a mitigar de raíz el problema de control de crecientes, logrando efectos positivos, pero muchas de ellas fueron paliativos de protección de obras que no fueron efectivas debido a la magnitud del evento.

### 4. NIVEL DE DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO DE LAS AMENAZAS Y VULNERABILIDADES ASOCIADAS

Adicionalmente a las debilidades y fortalezas señaladas en el Capítulo I sobre el conocimiento del Fenómeno El Niño desde el punto de vista meteorológico y oceanográfico, la manera como éste modifica el clima del Perú en sus diferentes ámbitos espaciales y los efectos encadenados a nivel de la geografía nacional, constituye uno de los aspectos relevantes para el manejo de los eventos que puedan presentarse en el futuro. Existe sobre el particular una serie de vulnerabilidades que deben ser superadas para el manejo preventivo de

las situaciones asociadas a las amenazas. Las más relevantes, identificadas por las instituciones que participaron en este estudio, fueron las siguientes:

■ En el caso de Perú, existen debilidades no sólo para pronosticar a nivel espacial los tipos de efectos, sino también para identificar con precisión las amenazas asociadas a las variaciones climáticas en cada ámbito geográfico.

Ello explica la dificultad que se presentó durante el episodio El Niño 1997-98 para pronosticar la magnitud y área de posible afectación. En algunas zonas, debido a la similitud con lo ocurrido en 1982-83, las predicciones fueron acertadas como sucedió en el caso de la costa norte, en la cual se esperaban inundaciones asociadas a las altas precipitaciones, así como la formación de huaycos (avalanchas de lodo) y activación de quebradas secas.

Por el contrario, al no visualizarse la probabilidad de ocurrencia de lluvias en la costa central, no se informó sobre posibles incrementos de caudales en ese sector con afectaciones muy significativas, como en efecto sucedió.

En relación a los encadenamientos de la temperatura atmosférica, no hubo información sobre los efectos que ésta podía tener en la Sierra y Selva, sobre la aceleración de los deshielos e incremento del riesgo de caída de glaciares, que también estuvieron presentes.

En la zona sur se predijo una situación de sequía severa con efectos sobre la humedad de los suelos y la reducción de las aguas para distintos abastecimientos. Estos efectos tampoco estuvieron presentes durante el evento bajo consideración.

Las debilidades anteriores, según se indicó en el Capítulo I, están relacionadas parcialmente con el déficit de estaciones meteorológicas y de registros confiables, así como con la inexistencia de una red que permita obtener los datos en tiempo real y de modelos de encadenamiento de efectos para elaborar los pronósticos. Pero también derivan de la falta de estudios permanentes sobre el comportamiento climático relacionado con el Fenómeno El Niño a nivel de las distintas zonas del país y de las relaciones causales entre distintos elementos que se convierten en amenazas.

En todo caso, para el Fenómeno El Niño 1997-98 Perú dio un paso muy importante al iniciar por primera vez un proceso de manejo del fenómeno a nivel espacial, lo que direccionó muchas acciones para identificar amenazas esperables, lo cual, aún con las fallas anteriores, estableció un marco de actuación territorial. La recabación de información de los últimos Niños, así como la profundización del conocimiento sobre los efectos que se generaron, constituyen plataformas interesantes para progresar en esa dirección.

■ En lo que respecta al conocimiento científico sobre el régimen de caudal de los ríos y su relación con la precipitación

en la cuenca, éste es muy bajo en el país. No se cuenta con estudios hidrológicos e hidráulicos por falta o por insuficiencia de información. Esta debilidad está asociada a la inexistencia de sistemas de medición de caudales instalados en muchos de los ríos, y a la insuficiencia de estadísticas históricas sobre este tipo de registros. Por ello, la alerta sobre el incremento de caudales durante el evento 1997-98 fue genérica, tomándose, para efectos de las obras de encauzamiento, los parámetros de 1982-83, en los sitios en los que se contaba con este tipo de registro.

■ Muchos de los desastres ocurridos durante el evento 1997-98 se relacionaron con el estado de las cuencas y con la dinámica fluvial en las mismas. Si bien se cuenta con estudios parciales de vulnerabilidades en algunas de ellas, se requiere profundizar en el conocimiento de su situación actual y en la aplicación de las normativas ya existentes para su manejo. Aun cuando el gobierno adelantó numerosas acciones de carácter preventivo previo al evento, la limitada información existente sobre las vulnerabilidades que debían superarse para mitigar los impactos a nivel de estas unidades hidrológicas fue significativa. Las actuaciones que se llevaron a cabo en esta oportunidad refuerzan el comportamiento que ha privado en relación a las cuencas, dando prioridad a las obras físicas más que a la investigación y al manejo de dichas cuencas.

■ Dado que los desbordamientos y producción de avalanchas en muchas cuencas obedece a problemas preexistentes de manejo, las instituciones que participaron en la evaluación de los efectos del fenómeno durante este estudio identificaron, además de las vulnerabilidades señaladas anteriormente, las siguientes:

□ Las condiciones geológicas preexistentes de gran fragilidad, favoreciendo procesos geomorfológicos degradantes. Igualmente, el alto grado de intervención antrópica, activando procesos de erosión y de desaparición de la masa vegetal. La susceptibilidad de los suelos al desarrollo de procesos de remoción de masas se observa principalmente en las zonas intermedias de las cuencas, en altitudes que van de los 1.000 a los 2.000 msnm, en donde los suelos coluviales a aluviocoluviales y/o los estratos de rocas sedimentarias fisuradas expuestas o desprotegidas por cubiertas vegetales, están propensos a fenómenos de geodinámica interna. Esta condición hace vulnerable a las cuencas frente a altas precipitaciones, ya que el sobresaturamiento de esos suelos crea condiciones propicias para que se produzcan los efectos de remociones de masas en sus diferentes formas y grados (deslizamientos, aluviones, huaycos y derrumbes) con la secuela de afectaciones aguas abajo.

□ Asociado a las condiciones anteriores, la configuración de los cauces de los ríos de la costa que son muy escarpados, de corto recorrido y pendientes, propician el arrastre de materiales.

□ En cuanto a la administración pública, predomina una vi-

sión parcial en el manejo de la cuenca, por la no consideración de la misma como una unidad de planificación y de administración. En la mayoría de los casos existen acciones independientes en la alta, mediana y baja cuenca, y muchas de ellas sólo con base a consideraciones hidrológicas. Por otra parte, las cuencas son administradas por diferentes órganos jurisdiccionales, los cuales no coordinan las acciones comunes para un manejo adecuado e integral de las mismas.

□ Ausencia de una política clara para el tratamiento de las cuencas que tienen problemas geológicos y geomorfológicos, y para la participación local en los procesos de manejo.

□ Falta de mantenimiento y encauzamiento de ríos, así como pocas obras de protección contra inundaciones y avalanchas.

Si bien se han identificado estas vulnerabilidades, existen en el país progresos interesantes para abordar esta temática. Algunas cuencas cuentan con delimitación de fajas marginales sujetas a inundación, y en otras se han hecho estudios de vulnerabilidad de las obras de infraestructura de riego o uso múltiple, realizados por el INADE con el apoyo de la OEA en el año 1995. Igualmente, se ha desarrollado una normativa para el manejo de las cuencas que requiere ser revisada para una eficaz implementación.

## 5. LECCIONES APRENDIDAS Y POLITICAS PARA REDUCIR LAS AMENAZAS

Los eslabones de la cadena de efectos referidos a las cuencas y a otras amenazas que fueron identificados en relación con los incrementos de precipitación y con las diversas variaciones climáticas en Perú, han sido considerados los de mayor relevancia, ya que de allí derivan múltiples afectaciones que se presentan por estos eventos. Todos los sectores analizados recibieron impactos negativos asociados a los incrementos inusuales de los caudales de los ríos, lo cual es favorecido por la fuerte intervención en las cuencas y por el poco manejo preventivo que se hace de los drenajes naturales de las mismas. La lección mas relevante dentro de esta perspectiva es que los mayores beneficios marginales en la mitigación de los desastres que genera el fenómeno El Niño, derivarán de un adecuado manejo de las cuencas y de los cauces de los ríos que sirven como colectores naturales de las aguas de escorrentía.

Según se muestra en el Capítulo III referido a las afectaciones, los daños observados en algunas cuencas altamente deterioradas resultan preocupantes, por cuanto algunos de sus ríos afectaron no sólo a los centros poblados (haciendo incluso desaparecer partes de ciudades), sino que impactaron negativamente a múltiples sectores, principalmente la agricultura y ganadería, las infraestructuras viales, los sistemas de abastecimiento de agua potable y de electricidad, las zonas turísticas, etc, creando una situación de extrema gravedad en la zona impactada. La relación que tiene el nivel de las

amenazas con el estado de la cuenca y con su inadecuado manejo es evidente. Igual consideración puede hacerse en relación a las obras de protección y de encauzamiento de los ríos y quebradas, principalmente en aquellas de alta vulnerabilidad por sus condiciones geológicas, ya que de partida definen un nivel de riesgo muy elevado frente a cambios de las condiciones climáticas normales.

Basándose en lo anterior, los equipos interdisciplinarios e interinstitucionales que participaron en los talleres nacionales y regionales realizados en este estudio, identificaron un conjunto de políticas de alta prioridad para la prevención de los impactos en las cuencas, las cuales fueron las siguientes:

■ Incorporar a la cuenca como unidad base de planificación y de gestión institucional, así como estudiar la posibilidad de un manejo con autoridades únicas de cuenca.

■ Considerar en el manejo de cuencas todos los niveles de la misma y en forma integral (alta, media y baja cuenca) y no solo con visión hidrológica.

■ Fortalecer el manejo adecuado de las cuencas, involucrando en el mismo a los gobiernos locales y a las organizaciones comunales y focalizándolo en los usuarios.

■ Garantizar vías para difundir, capacitar y dar asistencia técnica a los usuarios, a fin de hacer efectivo el manejo adecuado de dichas cuencas.

■ Identificar las cuencas mas problemáticas por razones geológicas o de otro orden y donde se producen las mayores afectaciones por crecimiento inusitado de los ríos, por arrastre de sedimentos y por su propensión a las avalanchas, para focalizar las acciones prioritarias.

■ Profundizar el conocimiento de los efectos secundarios (amenazas y peligros), derivados de las variaciones climáticas e hidrológicas.

■ Basándose en los estudios de vulnerabilidades y riesgos, definir zonas críticas y establecer una política para el manejo y uso de las mismas, relacionadas con eventos climáticos extremos como El Niño.

■ En el contexto de estos estudios de riesgo, incorporar normas de diseño de infraestructuras más exigentes para zonas críticas.

■ Adelantar estudios sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas y de su sistema de escorrentía, a los fines de priorizar las acciones sobre los cauces mas problemáticos, con identificación de las obras de protección o de encauzamiento que son indispensables para la mitigación de los impactos.

■ Con miras a un mejoramiento de la información, reforzar la red de estaciones hidrológicas en las cuencas mas deficitarias y modernizar los sistemas de recabación, análisis y pronósticos, asociándolos a las variables climáticas.