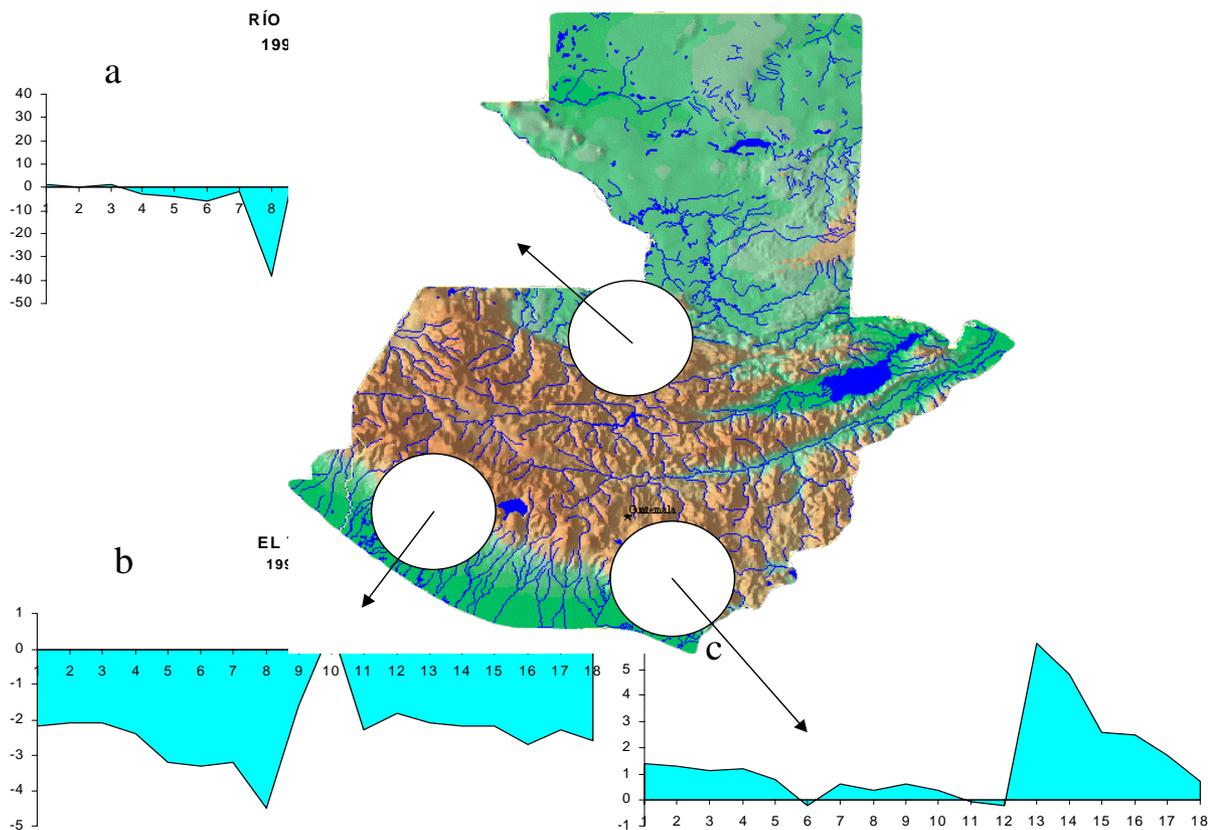


## 4.6 Impactos Hidrológicos

La merma en la precipitación se refleja siempre en la reducción del potencial hídrico del país o de la región afectados. Cuando por muy largo tiempo la precipitación se mantiene reducida y los acumulados de agua no alcanzan a superar la demanda, puede llegar a presentarse *estrés* hídrico y aparecer una serie de dificultades que surgen del papel que juega el agua respecto de la satisfacción de las necesidades básicas humanas, expresadas en temas como: agua para la seguridad alimentaria, agua para la agricultura, agua para uso industrial, agua para uso energético, agua para ciudades y otros similares. En el apartado 4.5 anterior, se analizaron las reducciones de la precipitación producidas en Centroamérica por efecto del fenómeno El Niño 1997-1998. Ahora se presenta un breve resumen de las consecuencias hidrológicas debidas a esta prolongada reducción de la precipitación en las principales cuencas de Centroamérica.

### Guatemala

El efecto del fenómeno de El Niño en Guatemala se sintió más fuertemente en las regiones localizadas al sur y suroeste de la Sierra Madre, donde las anomalías de precipitación fueron de moderadas a fuertes,



**Figura 4.6.1** Anomalía de caudales en relación con el promedio durante 1997 y 1998 en los Ríos Chixoy (Estación Embalse de Chixoy, figura 4.6.1.a); Samalá (Estación El Túnel, figura 4.6.1.b); Marialinda (Estación Jurún-Marinalá, figura 4.6.1.c)  
Las anomalías están dadas en m<sup>3</sup>/seg; el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18)  
(Diseñado por A. Brenes)

tanto en el segundo semestre del año 1997 como en el primero del año 1998. Puede verse en la figura 4.6.1.b que los caudales para el Río Samalá, mostrados en la estación El Túnel, estuvieron por debajo del promedio en ambos años, con una pequeña recuperación hacia finales del año 1998.

En las regiones al sur del Lago Amatitlán, Escuintla, Cuilapa, Mazatlán y otras, el efecto se presentó débilmente y, debido a las precipitaciones moderadas en las zonas altas, los caudales no reflejaron disminución; por el contrario, puede verse que siempre se mantuvieron por encima de los caudales normales.(4.6.1.c). Sin embargo, en las planicies al norte de la Sierra de Chamá, donde los efectos también fueron débiles, los caudales siempre mantuvieron los valores cercanos a los promedios. (4.6.1.a).

## **El Salvador**

En las regiones centrales y al oriente del territorio salvadoreño, la mayoría de los caudales se registran debajo del promedio, en valores de hasta menos 32% en septiembre y en octubre de 1997, los caudales positivos solamente se observan al principio de cada estación lluviosa. Aún así, en las zonas centrales se observaron también valores menores que el promedio en casi todo el período, que abarcó toda la estación lluviosa de 1997 y alcanzó niveles de hasta menos 47% en el mes de agosto. Es notorio que todos los sectores de todas las regiones, durante el período canicular (julio-agosto), registran valores inferiores al promedio. A partir de este período canicular hasta el final, la característica predominante fue la presencia de anomalías negativas en los caudales.

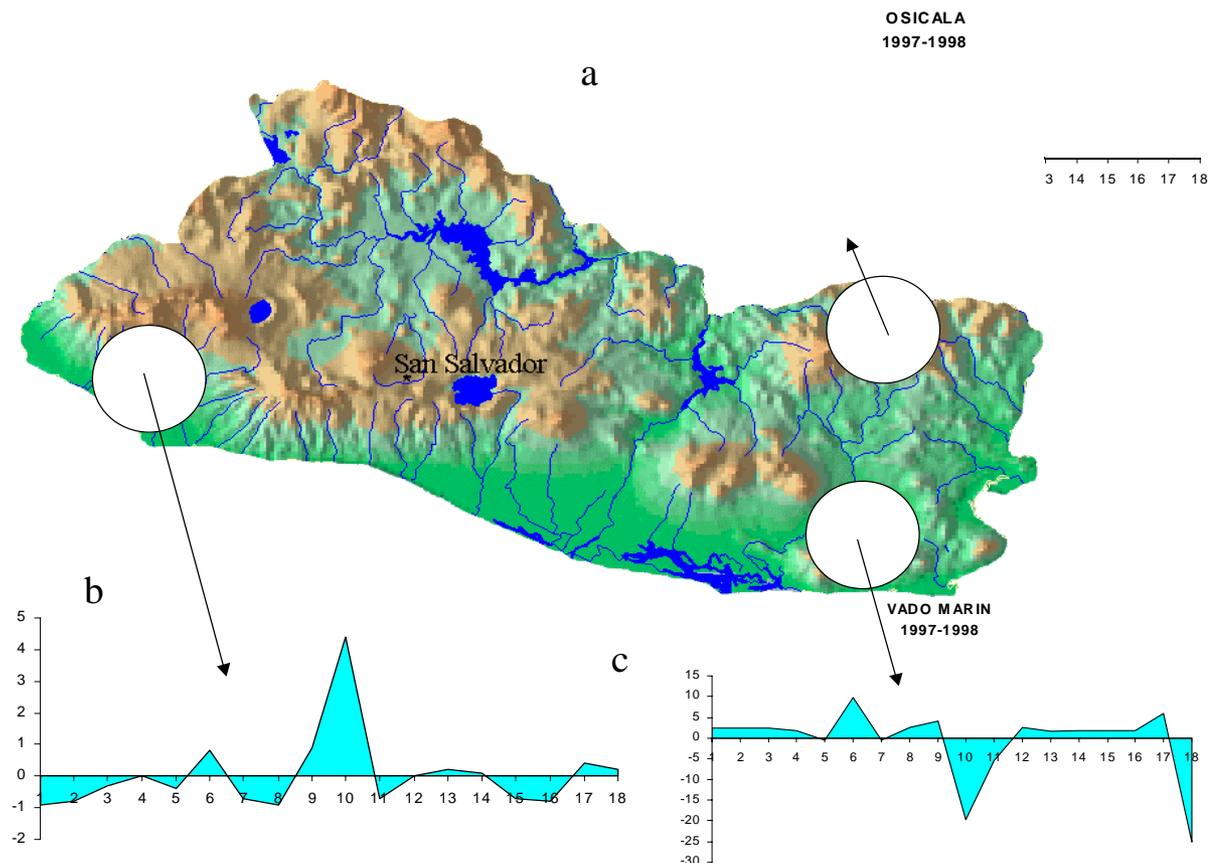
Como se puede observar en el figura 4.6.2.a, los caudales registrados durante el año 1997 en la estación Atalaya (Río San Pedro) iniciaron con valores de caudal menores al promedio hasta en  $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$  (62 %). A partir de junio, las anomalías son alternadamente positivas y negativas. En octubre se observa la mayor anomalía positiva de  $4,42 \text{ m}^3/\text{s}$  (98% en relación con el promedio de  $4,52 \text{ m}^3/\text{s}$  en este mes). En dos ocasiones durante los últimos 30 años (en setiembre 1979 y noviembre 1985), se han presentado caudales medios mensuales extraordinarios que han alcanzado los  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ . Y cinco ocasiones, especialmente en septiembre y octubre, se han registrado caudales entre 8 y  $9 \text{ m}^3/\text{s}$ . En general, en el período de estudio, de enero 1997 a junio 1998, la mayoría de los meses presentan anomalías negativas de caudales. En el período prelluvioso (mayo, junio y julio de 1997) se registra anomalía negativa del cuatro por ciento y, por otra parte, en el período lluvioso (agosto, septiembre y octubre de 1997) es positiva del 31 por ciento; volviendo a ser negativa del tres por ciento, con tendencia a lo normal, en el período seco (abril, mayo y junio de 1998).

Al este del territorio salvadoreño, se encuentra la cuenca hidrográfica del Río Grande de San Miguel, la más importante del país, después de la cuenca del Río Lempa, por las actividades agropecuarias que sostiene. La escasez o la abundancia de lluvias generan en esta cuenca muchas pérdidas de bienes y hasta de vidas humanas, por lo que es objeto de estudio constante y existen planes para su control integral. La estación Vado Marín, mostrada en la figura 4.6.2.b, ubicada en la parte baja de la cuenca y que representa un área de  $1900 \text{ km}^2$  (81% del área total de la cuenca) es la única que posee la información necesaria para describir adecuadamente el comportamiento de caudales medios mensuales del sector. Como se muestra en el figura 4.6.2.c, de enero a abril de 1997 la estación Vado Marín registra anomalías negativas de caudales medios mensuales y, desde mayo a noviembre del mismo año, las anomalías son alternadamente negativas y positivas; de diciembre de 1997 hasta mayo de 1998, las anomalías vuelven a ser positivas y, en el último mes del período de estudio (junio de 1998), la anomalía es significativamente negativa:  $24,96 \text{ m}^3/\text{s}$  inferior al promedio de  $44,31 \text{ m}^3/\text{s}$  (56% en relación con el promedio de la serie 1970-1989), así como fue en octubre de 1997 del 33%, aún cuando en estos dos meses las lluvias son mayores por causa de la temporada lluviosa.

La estación Vado Marín también registra anomalía positiva en el trimestre integrado por mayo, junio y julio de 1997 (denominado período prelluvioso), mientras que en los otros períodos: lluvioso (agosto,

septiembre y octubre de 1997) y seco (abril, mayo y junio de 1998), la anomalía de caudales es negativa en 8% y 21%, respectivamente.

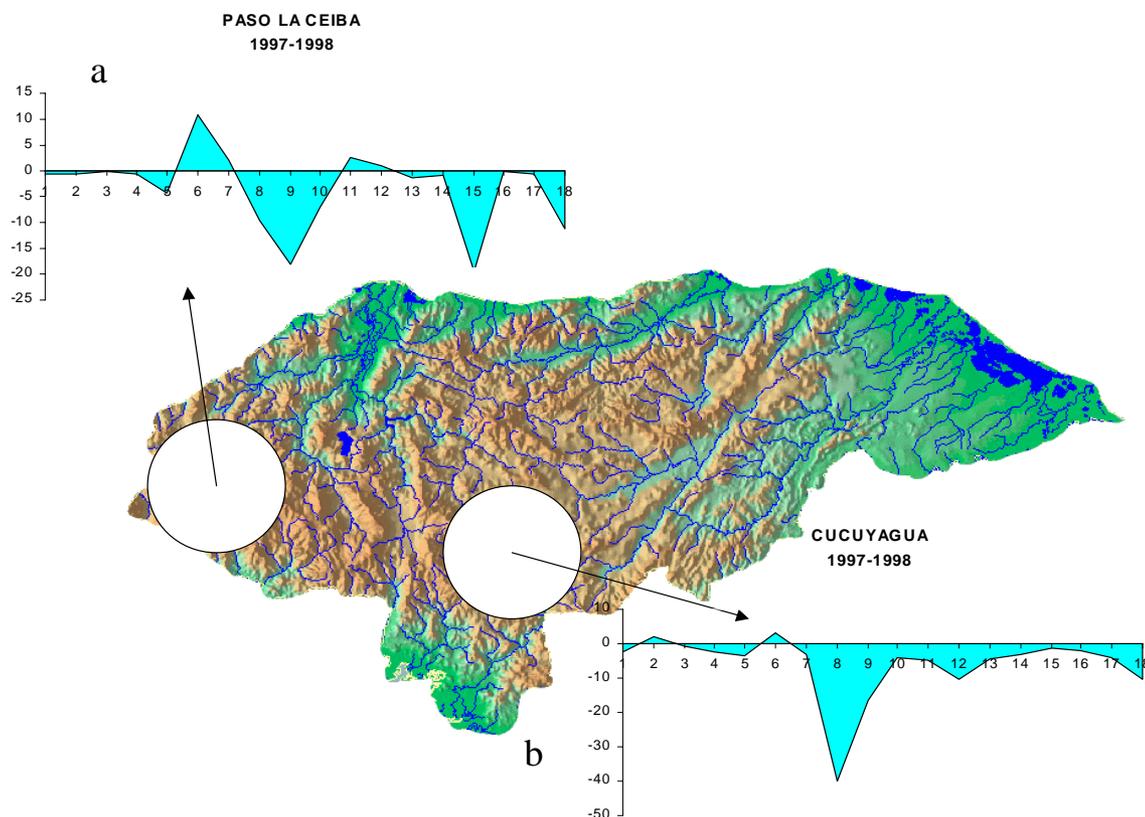
Al noroeste, en las cercanías de la frontera con Honduras, las anomalías registradas en la estación Osicala, también mostrada en la figura 4.6.2.a y que ha servido de control para el Río Torola, hay un predominio de anomalías negativas durante la época lluviosa de 1997, hasta alcanzar un máximo de 14,85 m<sup>3</sup>/s en octubre (23% inferior al promedio de 65,15 m<sup>3</sup>/s). En resumen, de enero a abril de 1997, se registran anomalías positivas y, de mayo a noviembre, época lluviosa, anomalías alternadamente negativas y positivas, desde diciembre de 1997 hasta mayo de 1998. De la misma manera, se puede concluir que, en los períodos acumulados trimestralmente, prelluvioso, lluvioso y seco, se registran anomalías negativas.



**Figura 4.6.2 Anomalías de caudales en relación con el promedio, durante 1997 y 1998, en los Ríos Torola (Estación Oxicala, figura 4.6.2.a); San Pedro (Estación Atalaya, figura 4.6.2.b); Grande de San Miguel (Estación Vado Marín, figura 4.6.2.c)**  
 Las anomalías están dadas en m<sup>3</sup>/seg; el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18)  
 (Diseñado por A. Brenes)

## Honduras

Las cuencas de los ríos que pasan por la región sur de Honduras, tales como el Choluteca, Goascoran, Lempa, Nacaome y Negro, desembocan en el Golfo de Fonseca. El río de mayor importancia es el



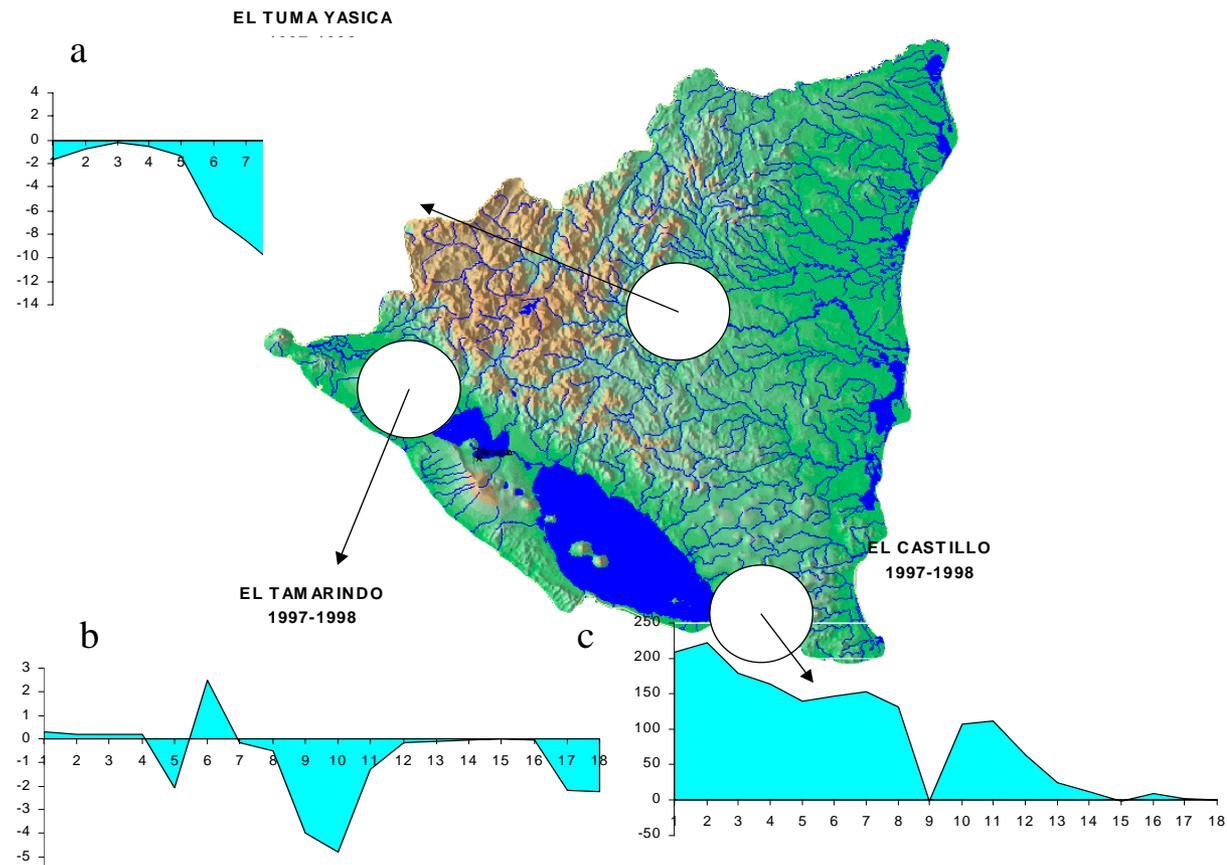
**Figura 4.6.3 Anomalía de caudales en relación el promedio durante 1997 y 1998, en los Ríos Choluteca (Estación del Paso de La Ceiba, figura 4.6.3.a); Higuito (Estación Cucuyagua, figura 4.6.3.b)**  
Las anomalías están dadas en m<sup>3</sup>/seg; y el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18)  
(Diseñado por A. Brenes)

Choluteca. La Estación Paso La Ceiba (figura 4.6.3.a) da una idea de las anomalías de caudales que se presentaron en el Choluteca, cuyos mayores déficits se registraron en los meses de agosto, septiembre y octubre de 1997, con valores negativos de, respectivamente,  $-9,59$ ,  $-18,02$  y  $-7,14$  m<sup>3</sup>/seg, y en los meses de marzo y junio de 1998, con valores de  $-19,41$  y de  $-11,25$  m<sup>3</sup>/seg, respectivamente.

En la parte occidental del país, se puede analizar la estación de Cucuyagua, Río Higuito (figura 4.6.3.b), en la que los caudales, durante los meses de enero a abril de 1997, se mantuvieron aproximadamente igual al promedio, aunque en los meses de agosto de 1997 a junio de 1998, disminuyen considerablemente.

El mayor déficit en esta estación se presentó en el mes de agosto de 1997 con valores negativos de  $-40,07$  m<sup>3</sup>/seg; la anomalía se mantiene desde julio de 1997 hasta junio de 1998.

## Nicaragua



**Figura 4.6.4 Anomalía de caudales en relación con el promedio, durante 1997 y 1998 en los Ríos Tuma (Estación Yasica, figura 4.6.4.a); Tamarindo (Estación El Tamarindo, figura 4.6.4.b); San Juan (Estación El Castillo, figura 4.6.4.c)**  
Las anomalías están dadas en m<sup>3</sup>/seg; el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18)  
(Diseñado por A. Brenes)

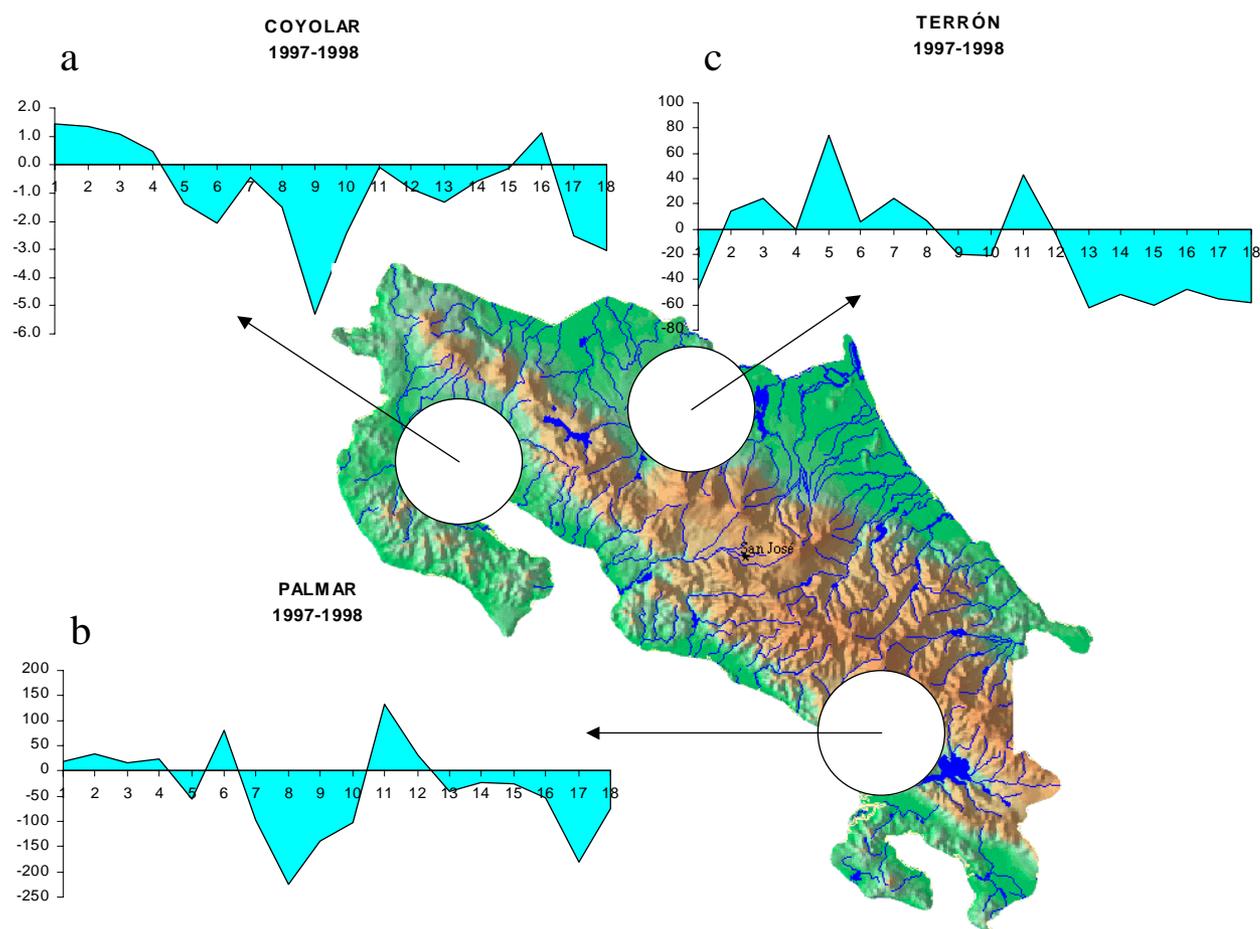
En la región del Pacífico de Nicaragua, fuertemente afectada por un déficit de precipitación, los ríos como el Tamarindo (uno de los principales de esa vertiente, de 33 km de longitud, con sus fuentes en la amplia llanura situada entre los municipios de Nagarote y La Paz Centro), al cual confluyen las quebradas de San Antonio, San Gabriel y Paso de Don Diego, presentan caudales menores a los promedios, en mayo y junio de 1997, así como en setiembre, octubre, noviembre y diciembre de ese año. Estos caudales disminuidos continúan incluso durante mayo, junio y julio de 1998.

En la región central, el Río Tuma Yasica (el más importante afluente del Río Grande de Matagalpa que corre por una longitud de 193 km drenando un área total de 6670 km<sup>2</sup>) muestra, durante todo el año 1997, caudales menores al promedio histórico. No sucede lo mismo con la región del Caribe, como lo muestra la figura 4.6.4.c en la Estación El Castillo del Río San Juan, donde, en respuesta a los máximos y superávit de precipitación, los caudales son siempre mayores al promedio durante el período de 1997-1998.

## Costa Rica

Es posible observar un patrón de comportamiento para toda la vertiente del Pacífico y de la región central, y otro patrón para la zona norte y la región del Caribe.

De manera general, para la vertiente del Pacífico los primeros cuatro meses del año 1997 presentaron valores de 28% por sobre el promedio. Durante el inicio de la estación lluviosa de ese año (en los meses de mayo y junio), se registraron en general valores normales, excepto para la región del Pacífico Norte. De junio a octubre, se presentaron valores deficitarios (36% menores al promedio). El final de la estación lluviosa presenta valores prácticamente normales (noviembre y diciembre), y durante los primeros seis meses de 1998, los valores fueron deficitarios (34% menores al promedio).



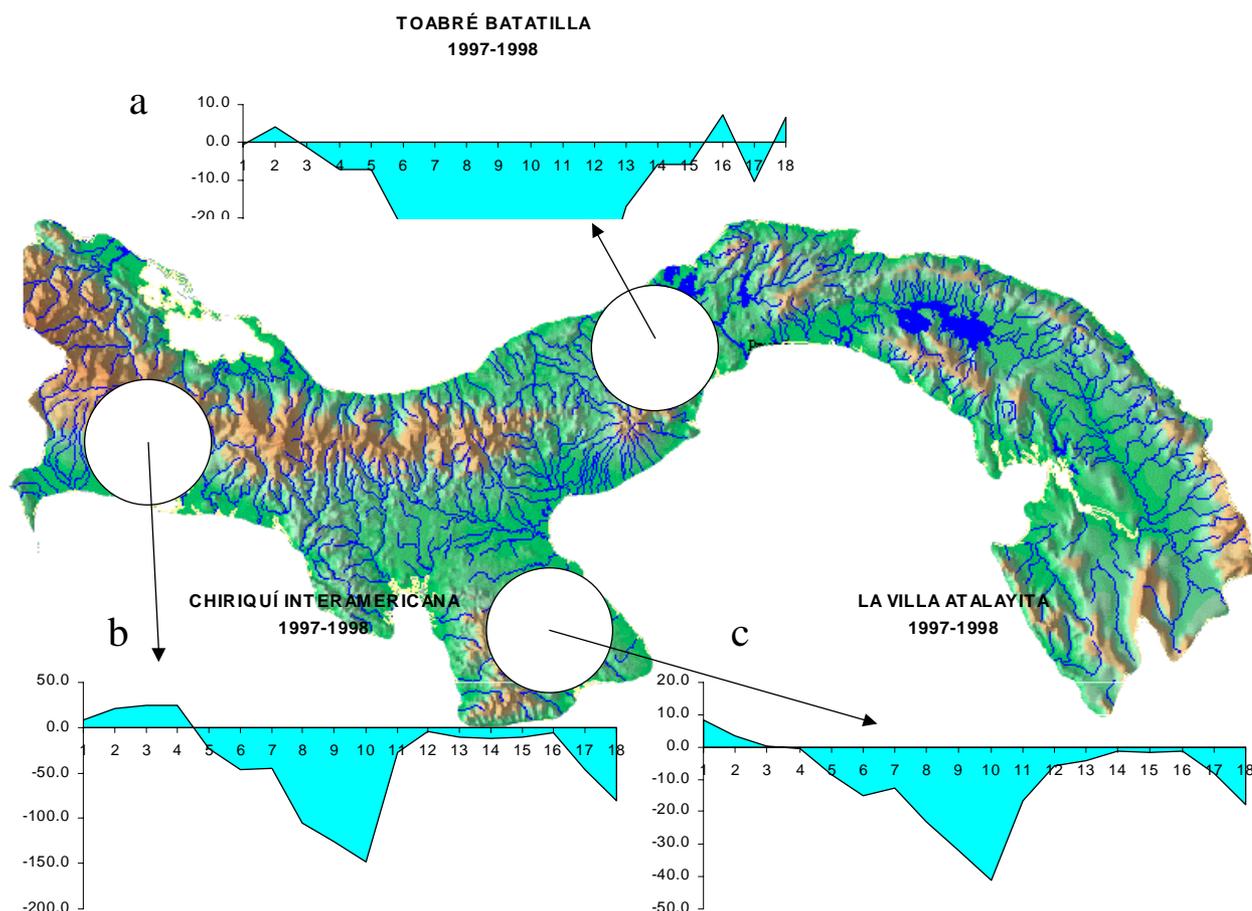
**Figura 4.6.5 Anomalía de caudales en relación con el promedio, durante 1997 y 1998, en los Ríos Tempisque (Estación Coyolar, figura 4.6.5.a); Grande de Térraba (Estación Palmar, figura 4.6.5.b); San Carlos (Estación Terrón, figura 4.6.5.c). Las anomalías están dadas en m<sup>3</sup>/seg; el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18) (Diseñado por A. Brenes)**

Puede notarse que en la Región del Caribe, se presenta un patrón diferente al de la vertiente Pacífica. Prácticamente todo el año 1997 se mantuvo sobre el promedio, siendo el mes de noviembre el que presentó los mayores caudales. Esta situación cambia a partir de enero de 1998. Los primeros seis meses de ese año se mantienen deficitarios, siendo la zona norte la más afectada. En la figura 4.6.5 se presentan las anomalías de caudales para las vertientes del Pacífico y del Caribe.

## Panamá

En la cuenca del Río Chiriquí se encuentra casi toda la generación hidroeléctrica potencial e instalada de la República de Panamá. El rendimiento de la cuenca es de  $39,54 \text{ l/s/km}^2$ . El promedio del caudal anual es de  $187 \text{ m}^3/\text{s}$  y su área de drenaje es de  $1996 \text{ km}^2$ . En esta cuenca, los caudales del Río Chiriquí mostraron un comportamiento similar al de la cuenca del Río La Villa en la Península de Azuero, con anomalías positivas en los primeros meses de 1997, que luego cambian a valores negativos con el inicio del fenómeno de El Niño en abril, hasta alcanzar valores tan bajos como  $-50\%$  en setiembre de 1997. Estas anomalías negativas se mantienen por el resto de los meses hasta junio de 1998.

En la Península de Azuero, los caudales del Río La Villa aumentaron en un  $65,7\%$ ,  $46,8\%$  y  $5,6\%$ ,



**Figura 4.6.6 Anomalía de caudales en relación al promedio durante 1997 y 1998 en los Ríos Coclé Norte (Estación Toabre Batatilla) figura 4.6.5.a), Río Chiriquí (Estación Chiriquí Interamericana) figura 4.6.5.b), Río La Villa (Estación La Villa Atalayita) figura 4.6.1.c).**

Las anomalías están dadas en  $\text{m}^3/\text{seg}$ ; el tiempo, en meses. Desde enero de 1997 a junio de 1998 (de 1 a 18)  
Diseñado por A. Brenes

respectivamente para cada uno de los meses del primer trimestre de 1997. Para el resto de los meses, las anomalías registradas son negativas. El mes de agosto se observa que la anomalía es de  $-75\%$ , que corresponde a  $23 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los meses en los cuales el caudal siempre es mayor: septiembre, octubre y noviembre, las anomalías son de  $-60\%$ ,  $-53\%$  y  $-26\%$ , respectivamente. Cabe notar que durante el mes de junio de 1998 la anomalía es de  $-73,1\%$ .

En el Caribe también los caudales fueron afectados por la reducción de las precipitaciones. El Río Coclé del Norte durante el período seco tiene anomalías de caudal sobre la normal solo en el mes de febrero ( $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ), el mes de enero es considerado normal y los meses de marzo y abril de 1997 están por debajo de lo normal. El resto del período, durante el episodio ENOS, está por debajo de lo normal, o sea que presenta anomalías negativas. Los meses de abril y junio de 1998 presentan anomalías positivas sobre lo normal en 50% ( $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y 15% ( $6,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), respectivamente.

## **CONCLUSIONES**

El ciclo hidrológico en el istmo centroamericano es severamente afectado bajo condiciones del fenómeno de El Niño. La información analizada por el proyecto *Mejoramiento de la capacidad técnica para mitigar los efectos de futuros eventos de la variabilidad climática (El Niño)*, ha mostrado que estas alteraciones se manifiestan con inicios de la estación lluviosa muy severos y con abundante precipitación en la costa caribeña del istmo, que superan los promedios de lluvia hasta en 50% más en un solo mes.

Aparte del exceso de precipitación en las costas del Caribe, el fenómeno de El Niño produce reducción de la lluvia en las regiones centrales del istmo y en todo el litoral del Pacífico en el transcurso de la estación lluviosa, mostrándose déficits en los acumulados trimestrales de mayo, junio y julio, agosto, setiembre y octubre. Además los efectos por país son muy diferenciados. Panamá, por ejemplo, sufre efectos totalmente diferentes a los del resto de los países del istmo.

En los inicios de la formación del fenómeno de El Niño, los déficits de precipitación son notables en el litoral Pacífico y, conforme avanza en madurez, las precipitaciones se tornan más deficitarias y abarcan mayor parte de los territorios centroamericanos.

## **RECOMENDACIONES**

Las deficiencias en la precipitación y las sequías son muy frecuentes en el istmo centroamericano, es importante concientizar a los diferentes usuarios del agua, para aprender a vivir con estas características recurrentes.

Las frecuentes sequías se han evaluado a través del tiempo por diferentes proyectos, pero es importante evaluar también si, en los años que no son afectados por ellas, se recupera la precipitación que no se recibió durante los períodos deficitarios.