

## 1. INTRODUCCION

El Fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS), tiene impactos globales en el planeta y tiene su origen en la interacción océano – atmósfera, los efectos en el continente se manifiesta alterando el régimen de caudales de los ríos, incrementando significativamente unos y generando fuertes déficit en otros.

Los impactos hidrológicos que ocasionaron los eventos ENOS incrementó notablemente el interés en la comunidad científica internacional por investigar este fenómeno y es por ello que se han hecho esfuerzos por establecer relaciones o asociaciones entre las variables climáticas y las variables hidrológicas con fines de predictibilidad.

Según los antecedentes, el fenómeno El Niño / Oscilación Sur (ENOS), ha tenido gran influencia sobre la vertiente del Océano Pacífico, variando de Norte a Sur según los años. La influencia del ENOS se manifiesta por un aumento de las temperaturas del aire y del océano, lo que provoca variaciones de los recursos biológicos (en particular de la pesca), del nivel del mar, modificación de los vientos y de las corrientes marinas y generalmente por un crecimiento considerable de las precipitaciones en las zonas bajas y medias.

El comportamiento hidrológico de las cuencas del Pacífico durante los ENOS ha sido muy variable, que han dependido de su intensidad. Los Niños Extraordinarios del 82/83 y 97/98 si tuvieron un impacto generalizado en toda la vertiente, creando condiciones de excesos hídricos que provocaron desastres, y siendo éstos más acentuados en la zona norte. Durante los ENOS no extraordinarios las condiciones de escurrimiento fueron muy variables, alcanzando condiciones cuasi normales o de humedad moderada.

Para conocer la variabilidad del comportamiento de los caudales medios y máximos, durante la ocurrencia de Eventos “El Niño” se ha realizado el análisis hidrológico en las principales cuencas de esta vertiente considerando los diferentes escenarios de intensidad de “El Niño”: Niño débil, moderado y fuerte.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Establecer escenarios del comportamiento en los caudales medios mensuales y máximos instantáneos, en los principales ríos ubicados en la vertiente del Pacífico durante los ENOS ocurridos en los últimos los últimos 37 años.

## **3. ANTECEDENTES GENERALES**

A nivel nacional las cuencas hidrológicas están expuestas a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (Fenómeno el Niño). Siendo las cuencas ubicadas en la zona norte del Perú, las que por su cercanía a la Zona de Convergencia Intertropical, son mayormente impactadas y afectadas, como las ocurridas durante 1982/83 y 1997/98.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, a través de la Dirección General de Hidrología, esta desarrollando estudios e investigación en tema, conducentes a entender y comprender las características antes y después de la ocurrencia de El Niño, Senamhi, 2001, Senamhi, 2002, Senamhi, 2003, Senamhi, 2004, Senamhi, 2005 y Senamhi 2006, encontrándose gran variabilidad en el aporte de precipitaciones; las cuales se concentran en la cuenca baja y media, originando con ello impactos adversos en el ecosistema.

Durante los episodios de El Niño, por ejemplo, la temperatura de la superficie del mar en la parte central y oriental del Pacífico tropical suele ser muy superior a lo normal, mientras que, en esas mismas regiones, durante los episodios de La Niña la temperatura es inferior a lo normal. Esas variaciones de temperatura pueden provocar fluctuaciones importantes del clima en el mundo entero y, una vez comenzadas, esas anomalías pueden durar un año, o incluso más.

Además, aunque suele existir una relación entre la intensidad de un episodio de El Niño y sus efectos a escala mundial, cualquier episodio puede tener repercusiones graves en determinadas regiones, independientemente de su intensidad. (CIIFEN, 2006)

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 Zona de estudio**

Los ríos de la vertiente del Pacífico nacen entre 5 000 y 6 000 metros sobre el nivel del mar y cuentan un recorrido corto con un promedio de 100 a 200 km. hasta su desembocadura. Ello se traduce en una fuerte inclinación o pendiente del terreno lo que los hace torrentosos y no navegables. Debido a su corto recorrido son también muy irregulares en su caudal con crecidas notorias en los meses de verano cuando las lluvias y deshielos se incrementan. Por otro lado en los meses de estiaje estos ríos llegan casi secarse.

La vertiente del océano Pacífico está conformada por 53 cuencas hidrográficas, cuyos ríos desembocan al mar. Entre los ríos más representativos por sus caudales tenemos: Tumbes, Chira, Chancay - Lambayeque, Jequetepeque, Santa, Rímac, Cañete, Ica, Majes y Tambo entre otros.

De todos los ríos de la vertiente del Pacífico sólo uno es navegable en parte de su recorrido: el río Tumbes debido a las escasas elevaciones de su territorio. El río más largo es el sistema Colca - Camaná - Majes que cuenta con un recorrido de 388 kilómetros.

### **4.2 Marco teórico**

El Niño/Oscilación Sur es una interacción océano – atmósfera que se presenta en la región del océano Pacífico tropical. El Niño corresponde a la componente oceánica y la Oscilación Sur a la componente atmosférica.

La aparición de estas aguas cálidas fue identificada por los pescadores peruanos siglos atrás, quienes le dieron el nombre de El Niño, porque se observaba a finales de diciembre, cerca de Navidad. Este evento que se presenta a intervalos de dos a siete años, se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él, presentan una condición anormal durante un período que va de doce a dieciocho meses.

En condiciones normales hay una masa superficial de agua cálida en la zona más oeste del océano Pacífico, en la franja tropical, cerca de Australia,

mientras que cerca de las costas de América del Sur el agua superficial es más fría. Esta distribución del agua está ocasionada porque los vientos dominantes en esta zona del océano van de este a oeste (de América hacia Australia) y arrastran al agua superficial cálida hacia Australia. Este desplazamiento del agua superficial hace posible que agua profunda y fría salga a la superficie junto a las costas de América del Sur (corriente de Humboldt). Esta corriente arrastra nutrientes del fondo, crecen las poblaciones de peces y se forman las buenas pesquerías propias de la zona.

Cuando sucede este fenómeno durante 12 a 15 meses las corrientes marinas cambian en la zona, se impide que afloren a la superficie las corrientes frías que arrastran nutrientes del fondo y las pesquerías disminuyen su población por falta de alimento. También se alteran las corrientes atmosféricas.

#### **a) Cronología de Eventos ENOS**

La literatura especializada presenta diversas cronologías de los Eventos El Niño, e incluso existen trabajos de reconstrucción que se remontan hacia 1535, como son los trabajos reportados por **Quinn** en 1992. Otros autores, recogiendo el trabajo de Quinn han determinado que durante este periodo a la fecha se han registrado 67 eventos de intensidad moderada, 45 de intensidad fuerte y 10 de intensidad muy fuerte, siendo los niños fuertes los registrados en **1578–79, 1720, 1728, 1791, 1828, 1877–78, 1891, 1925 –26, 1982–83, y 1997–98.**

En nuestro país la serie histórica de caudales medios mensuales del río Chancay-Lambayeque disponible desde 1915, dan cuenta de que el Evento “El Niño” 1925-26 fue desde el punto de vista hidrológico más intenso que los Niños 82/83 y 97/98.

Fuentes oficiales de la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), reportan que en los últimos 37 años han ocurrido en América diferentes eventos el Niño, los cuales han sido clasificados de acuerdo a sus intensidades en Niños Débiles, presentados los años 1969-70; 1976-77; 1977-78 y 1987-88,

Moderados presentados los años 1986-87; 1994-95 y 2002-03, Intensos presentados los años 1972-73; 1982-83; 1991-92 y 1997-98. Los mismos que serán analizados en el presente trabajo.

### **4.3 Metodología**

La bibliografía especializada reporta diferentes clasificaciones de los Eventos “ENOS”, muchas de ellas son discrepantes y hasta ahora resulta imposible tomar un criterio válido de aceptación universal.

Para este análisis se ha utilizado la clasificación de la NOAA y disponible en <http://ggweather.com/enso/oni.htm>, habiéndose seleccionado los siguientes períodos:

Niños Débiles	: 1969-70; 1976-77; 1977-78 y 1987-88
Niños Moderados	: 1986-87; 1994-95 y 2002-03
Niños Fuertes	: 1972-73; 1982-83; 1991-92 y 1997-98

#### **a) Análisis de caudales medios mensuales**

Se seleccionó las series de caudales medios mensuales, concordantes con los periodos de ENOS identificados anteriormente. Las series utilizadas han sido homogenizadas y completadas en los estudios del Balance Hídrico Superficial del Perú a nivel multianual, realizado por el SENAMHI en 2005. Las series analizadas corresponden a los ríos Tumbes, Chira, Piura, Chancay – Lambayeque, Jequetepeque, Rímac y Camaná Majes.

#### **b) Análisis de caudales máximos**

Este análisis permitirá determinar los caudales máximos instantáneos producidos en diferentes escenarios de Eventos “ENOS”. La información utilizada son caudales máximos diarios y máximos instantáneos de la información disponible, en estaciones que no cuentan con información; se aplicaron las relaciones empíricas desarrolladas por Tucci (1991) , las cuales permiten obtener los caudales máximos instantáneos, cuyas relaciones matemáticas son:

Cuencas menores de 3500 Km<sup>2</sup> :  $Q_{\text{máx}} = Q_{\text{md}} (1 + 2.66 A^{-0.30})$

Cuencas mayores de 3500 km<sup>2</sup> :  $Q_{\text{máx}} = Q_{\text{md}} (1 + 1.2 A^{-0.036})$

Siendo:

$Q_{\text{máx}}$  : caudal máximo instantáneo

$Q_{\text{md}}$  : caudal máximo diario

A : área de la cuenca de recepción en el punto de control hidrométrico.

Los resultados obtenidos por estas relaciones dan aproximaciones razonablemente aceptables con una variabilidad de +/- 15%, por ello se completó información faltante en cuencas como Tumbes, Chira, Chancay – Lambayeque, Jequetepeque y Camaná Majes.

#### Relación Caudal Pico/ Caudal medio Diario:

Silva y Tucci (1988) utilizaron datos de 38 cuencas en los estados de regiones del sur y Sao Paulo, variando entre 46,7 y 4764 km<sup>2</sup>, resultando en 302 años de datos con una serie media de 8 años (2 a 18 años). Los resultados mostraron que el coeficiente para cuencas mayores de 500 km<sup>2</sup> generalmente está por debajo de 1,1. y para cuencas menores al tamaño de ésta cuenca, el coeficiente puede ser superior a 2, principalmente para cuencas con áreas inferiores a 200 km<sup>2</sup>.

A título de ejemplo, en la costa norte del Perú, la relación entre caudales medios diarios y caudal máximo instantáneo varía en función del tamaño de la cuenca hidrográfica. Se pueden considerar los siguientes valores:

- a) Superficie mayor a 3000 km<sup>2</sup> 1,2
- b) Superficie comprendida entre 1000 y 3000 km<sup>2</sup> 1,3
- c) Superficie comprendida entre 800 y 1000 km<sup>2</sup> 1,4
- d) Superficie comprendida entre 600 y 800 km<sup>2</sup> 1,6
- e) Superficie comprendida entre 400 y 600 km<sup>2</sup> 2,0
- f) Superficie comprendida entre 200 y 400 km<sup>2</sup> 2,5
- g) Superficie menor a 200 km<sup>2</sup> de 3,0 hasta 5,0

Generalmente, se admite un valor promedio de 1.6 para esta relación, sabiendo que los resultados de numerosos estudios de crecidas extremas en el mundo dan valores de dicho coeficiente variando entre 1,2 y 2,2 (con valor promedio 1,6) con una probabilidad de 90%. Sin embargo, los valores pueden alcanzar valores mucho más elevados para cuencas pequeñas.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 *Análisis de caudales medios mensuales durante ENOS débiles en los ríos ubicados en la Vertiente del Pacífico*

Para los análisis hidrológicos se ha utilizado la información registrada en las estaciones hidrométricas de los ríos comprendidos en el estudio, siendo éstas a saber: **Zona Norte:** Río Tumbes, estación Hidrológica “El Tigre”; Río Chira, estación Hidrológica “El Ciruelo”; Río Piura, estación Hidrológica “Sánchez Cerro”; Río Chancay - Lambayeque, estación Hidrológica “Racarrumi”; Río Jequetepeque, estación Hidrológica “Yonan”; **Zona Central:** Río Rímac, estación Hidrológica “Chosica”; **Zona Sur:** Río Camaná Majes, estación Hidrológica “Huatiapa”, éstas estaciones hidrométricas miden los niveles y caudales diarios de los ríos donde están ubicadas.

De la información hidrológica analizada se ha obtenido en forma mensual, las anomalías registradas correspondientes a cada ENOS. En las gráficas se pueden observar el desarrollo del comportamiento hidrológico para cada año, que en el Perú se inicia el 1 de setiembre y culmina el 31 de agosto del siguiente año.

#### ↴ Río Tumbes

Durante la ocurrencia de los ENOS débiles, el río Tumbes registra una mayor secuencia de años secos, es decir; caudales por debajo de sus valores normales. Cabe señalar además que el año hidrológico 1977-78 fue el más deficiente, alcanzando en el período de diciembre a mayo anomalías de -64%; -50%; -73%; -66%; -42% y -30% respectivamente. Al finalizar el año hidrológico

los caudales registrados alcanzaron un déficit promedio de -31%, con relación a su valor normal. Sin embargo, los caudales registrados en 1976-77 al finalizar el año superaron ligeramente sus valores normales en un +6%, siendo Febrero el que alcanzó una anomalía de +111%.

Durante los ENOS moderados los caudales en promedio, tienden a normalizarse, a excepción del año 1994-95 que superó en +18% a su normal. Para ENOS Fuertes, predominaron los años húmedos, los mismos que presentaron caudales por encima de sus valores normales (1982-83), a excepción del 1991-92; que registró al finalizar el año una anomalía de -4%, siendo diciembre el que alcanzó una deficiencia de -58%, tal como se puede apreciar en la Tabla 1 y Figura 1.

**Tabla 1. Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS**

Niños Débiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969-70	-3.8	-7.1	-20.9	3.3	14.7	-15.3	-46.2	-70.3	-24.8	-21.6	-7.4	1.9	-16.45
1976-77	52.8	18.6	-8.4	-47.3	-26.9	110.7	-6.8	-9.1	-5.8	-26.1	18.4	6.3	6.37
1977-78	24.4	-5.9	-6.0	-64.3	-49.9	-72.6	-66.0	-41.8	-29.9	-29.0	-11.5	-24.8	-31.44
1987-88	69.8	83.2	-10.9	-74.8	-35.2	-33.3	-63.3	-67.0	-49.2	-47.9	-34.6	-32.7	-24.65
Niños Moderados													
1986-87	-16.5	-34.6	-20.1	-69.1	-2.8	-88.7	-53.9	-14.2	37.9	-19.6	72.0	67.8	-11.81
1994-95	10.1	-0.2	-20.6	-52.3	-49.1	-40.5	-39.7	-46.2	-39.7	541.6	-19.5	-28.1	17.99
2002-03	-12.5	-5.4	-5.6	-36.4	-58.8	-49.1	-49.6	-44.6	-44.0	-46.4	-21.3	-27.9	-33.47
Niños Fuertes													
1972-73	-14.9	-16.6	-39.5	-30.9	45.3	105.6	114.3	63.4	40.3	-17.9	-12.0	-11.2	18.82
1982-83	-12.2	77.9	377.0	714.1	410.3	148.5	109.5	115.1	244.5	314.4	59.0	275.8	236.17
1991-92	-31.5	-33.5	-42.7	-57.6	-51.9	-30.5	19.1	67.6	88.2	13.0	16.9	-0.5	-3.63
1997-98	-36.6	-25.4	-22.2	490.2	508.9	234.1	-28.4	147.4	-45.9	-45.2	21.3	-10.4	98.98
Promedio	2.64	4.64	16.39	70.43	64.06	24.43	-10.09	9.12	15.61	55.95	7.39	19.66	23.35

### ↴ Río Chira

En la cuenca del río Chira, durante los ENOS débiles, se registraron mayormente años hidrológicos secos, siendo 1969-70 el que presentó las mayores deficiencias, alcanzando de diciembre a mayo anomalías de -88%; -50%; -51%; -54%; -54% y -52% respectivamente. Al finalizar el año hidrológico los caudales registrados alcanzaron un déficit promedio de -64%, con relación a su valor normal. Sin embargo los caudales registrados en 1976-77 al finalizar el año superaron ligeramente sus valores normales en un +1%.

Durante los ENOS moderados los caudales en promedio, tienden a normalizarse, a excepción del 2002-03 que superó en +7% a su normal. Para ENOS Fuertes, se registraron caudales por encima de sus valores normales (1982-83), a excepción de 1991-92; que registró una anomalía de -34%, alcanzando diciembre anomalía de -68% (Tabla 2 y Figura 2).

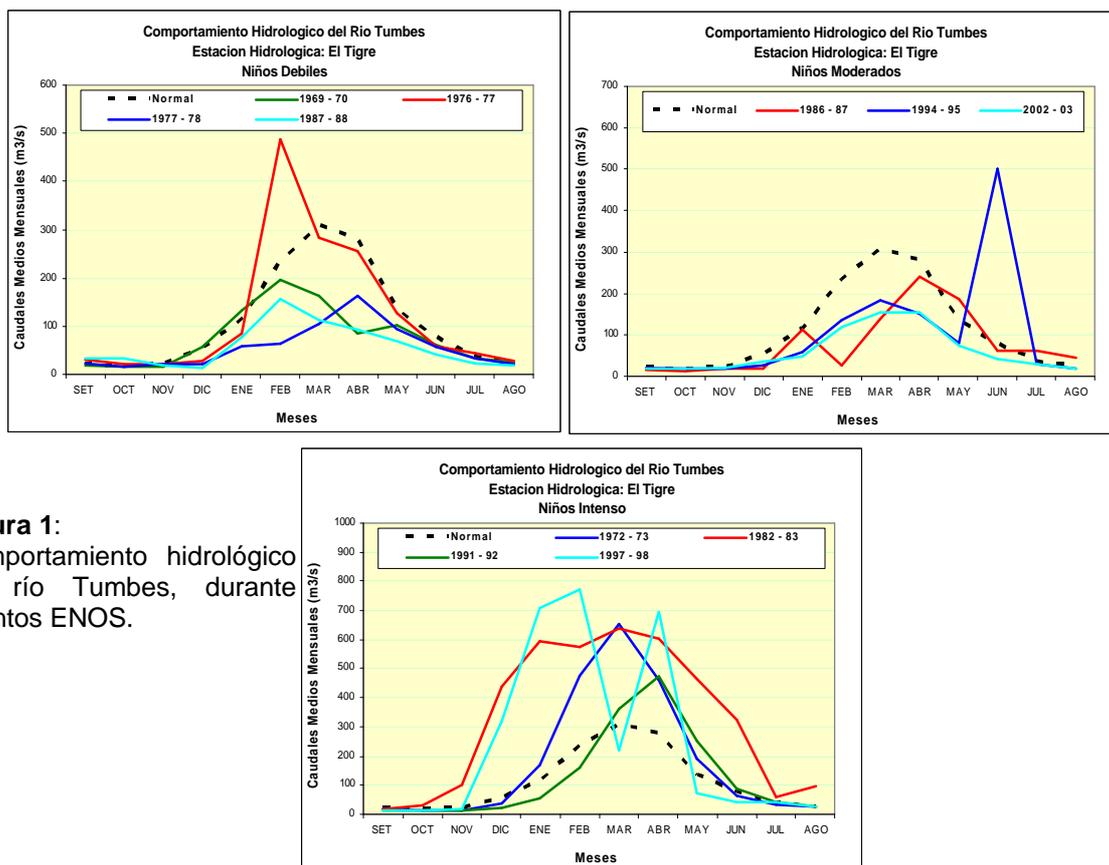


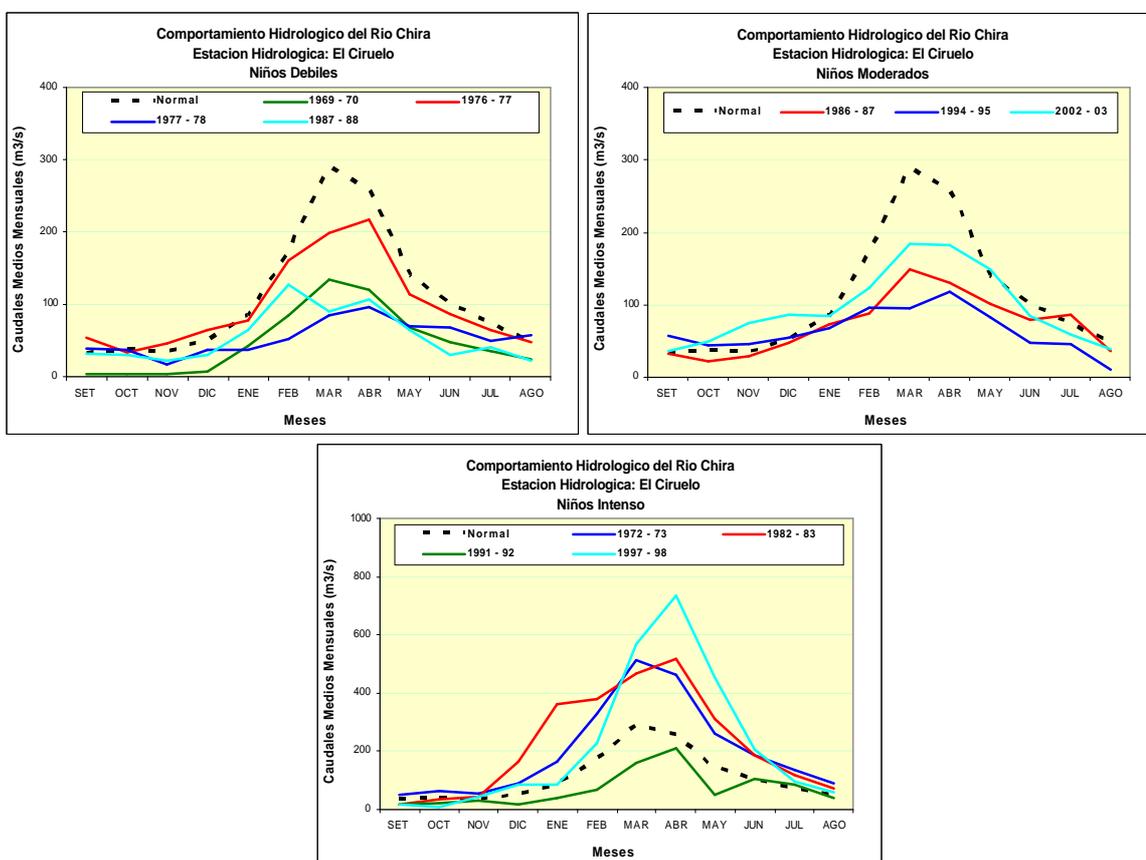
Figura 1: Comportamiento hidrológico del río Tumbes, durante eventos ENOS.

Tabla 2: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS

Niños Debiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	-89.0	-88.6	-88.6	-88.0	-50.2	-50.5	-53.7	-53.5	-52.2	-52.6	-51.4	-51.6	-64.16
1976 - 77	68.9	-8.6	35.5	25.2	-8.7	-6.9	-31.5	-15.9	-19.9	-14.6	-10.1	-1.6	0.98
1977 - 78	18.3	-1.5	-51.9	-29.2	-55.7	-69.0	-70.4	-62.5	-50.6	-32.6	-31.6	19.0	-34.81
1987 - 88	-1.8	-18.3	-33.8	-41.8	-24.0	-26.3	-68.7	-58.5	-54.5	-70.6	-42.9	-52.9	-41.17
Niños Moderados													
1986 - 87	-2.3	-38.7	-13.2	-9.7	-14.2	-48.9	-48.7	-49.9	-28.4	-21.6	18.6	-27.5	-23.71
1994 - 95	77.0	17.8	36.3	6.0	-19.8	-44.1	-67.5	-53.9	-40.8	-52.5	-37.6	-77.3	-21.37
2002 - 03	10.4	30.2	120.2	68.2	-0.3	-28.2	-36.1	-29.1	5.7	-17.3	-19.5	-20.7	6.96
Niños Fuertes													
1972 - 73	60.6	65.4	65.3	74.1	91.6	90.4	78.1	78.7	84.0	82.4	87.1	86.4	78.67
1982 - 83	-49.0	-10.7	21.4	217.2	324.5	119.3	61.8	100.7	120.2	82.3	60.5	49.5	91.47
1991 - 92	-44.1	-45.3	-10.7	-68.2	-55.2	-61.7	-45.0	-18.0	-65.2	4.9	18.1	-17.8	-34.02
1997 - 98	-49.6	-72.4	18.8	63.3	-1.7	31.3	96.7	185.7	222.0	102.9	35.5	25.3	54.81
Promedio	-0.04	-15.53	9.03	19.73	16.94	-8.60	-16.83	2.15	10.93	0.98	2.43	-6.29	1.24

## ↴ Río Piura

Para la cuenca del río Piura, durante los ENOS débiles, se han presentado importantes deficiencias hídricas como las ocurridas en 1969-70 y 1987-88; siendo el año hidrológico 1969-70 el más seco, alcanzando de diciembre a mayo anomalías de hasta -100%; -100%; -87%; -87%; -91% y -68% respectivamente, alcanzando al finalizar el año hidrológico un déficit promedio de -74% con relación a su valor normal. Para el 1976-77 (niño débil) superó sus valores normales en un +195%, siendo Diciembre el mes que alcanzó una anomalía de +902%.



**Figura 2:** Comportamiento hidrológico del río Chira durante eventos ENOS

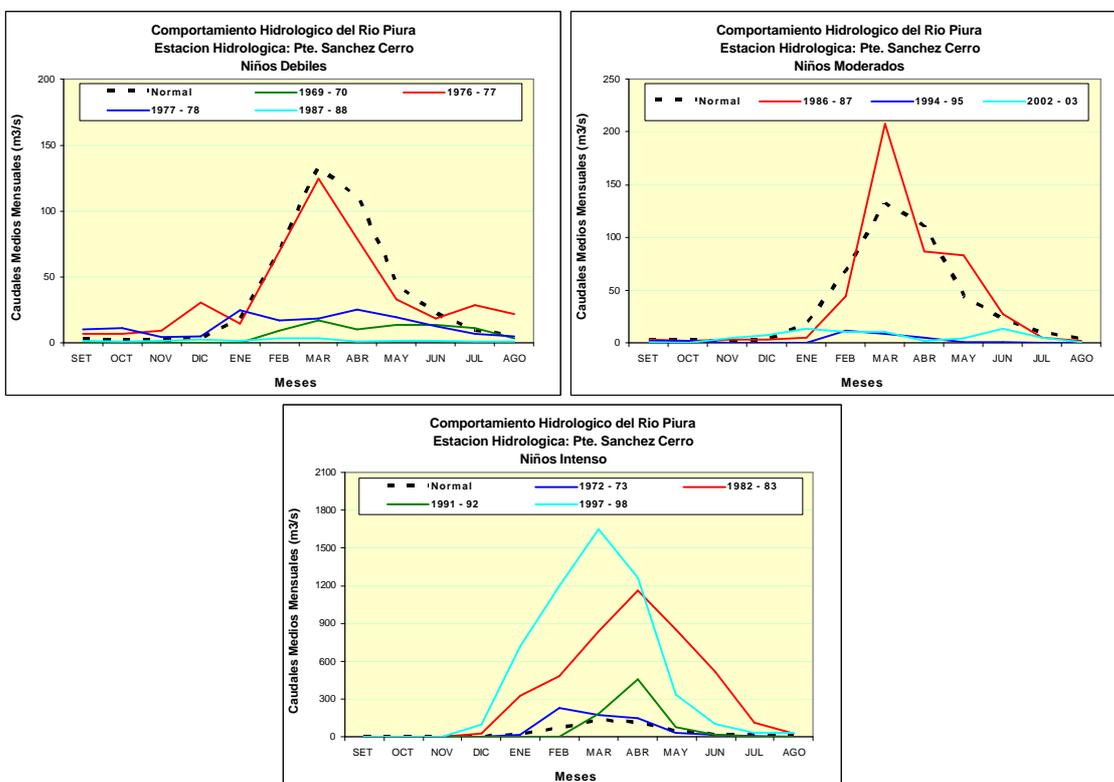
Para los ENOS Fuertes, se registran mayor cantidad de años húmedos como el 1972-73; 1982-83 y 1997-98, los mismos que para el periodo lluvioso presentaron caudales en promedio muy por encima de sus valores normales (Tabla 3 y Figura 3).

### ↳ Río Chancay - Lambayeque

Para la cuenca del río Chancay – Lambayeque, los ENOS previamente clasificados por la NOA para períodos débiles y moderados, no influyeron en forma significativa, cuyos caudales registraron valores promedio mensuales a sus normales.

**Tabla 3: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS**

Niños Débiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-86.6	-87.3	-90.7	-68.3	-39.2	18.5	-32.9	-73.88
1976 - 77	154.0	253.9	559.4	902.4	-19.4	1.3	-6.5	-29.1	-25.6	-16.2	206.9	360.7	195.14
1977 - 78	313.1	469.3	212.2	80.4	34.3	-75.2	-95.9	-77.4	-54.8	-41.3	-32.1	5.7	62.35
1987 - 88	-43.4	-55.1	7.7	-11.7	-88.9	-95.2	-97.7	-98.9	-96.9	-91.7	-88.5	-89.7	-70.84
Niños Moderados													
1986 - 87	5.6	16.1	99.2	-8.0	-73.8	-35.4	56.2	-22.0	89.4	27.2	-41.2	-47.9	5.44
1994 - 95	-9.7	-8.2	-86.5	-98.8	-100.0	-82.7	-94.0	-94.9	-96.6	-96.3	-98.8	-100.0	-80.55
2002 - 03	-60.3	-75.1	180.0	130.0	-22.0	-85.2	-91.8	-98.5	-90.5	-34.8	-46.4	-82.6	-31.44
Niños Fuertes													
1972 - 73	-11.3	25.5	39.9	-63.2	14.2	234.6	33.7	34.7	-23.4	-27.1	22.4	-62.9	18.09
1982 - 83	-3.6	18.0	-5.8	904.8	1681.2	604.8	529.9	948.0	1857.1	2291.5	1156.7	413.6	866.35
1991 - 92	-96.9	-25.1	-54.2	-95.1	-100.0	-99.3	40.0	317.0	89.5	-37.0	-65.2	-90.5	-18.08
1997 - 98	-96.0	-100.0	-100.0	3021.8	3822.5	1639.7	1141.2	1037.0	674.1	394.2	317.8	603.6	1029.65
Promedio	4.67	38.11	68.34	423.88	458.91	174.61	121.62	165.95	204.91	211.76	122.72	79.72	172.93



**Figura 3: Comportamiento hidrológico del río Piura en eventos ENOS**

Para los ENOS de Fuerte intensidad, en promedio se registraron mayormente años húmedos a excepción del año 1991-92, que presentó caudales por debajo de sus valores normales, siendo febrero mes de aportes importantes de lluvias el que registró una anomalía de -67% con relación a su valor normal del mes (Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS

Niños Debiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	-16.9	-28.4	42.7	134.2	38.0	-53.9	-38.0	-32.6	82.1	26.3	12.3	2.0	14.00
1976 - 77	-31.3	-70.9	-70.4	-66.5	-4.7	89.4	15.7	-10.3	-8.9	8.0	9.5	2.1	-11.53
1977 - 78	-14.9	-47.5	-12.6	30.2	-57.7	-70.2	-62.2	-44.2	11.7	-12.2	-7.4	-13.3	-25.03
1987 - 88	34.5	-14.6	1.8	-36.1	27.3	45.1	-46.9	-17.4	-2.1	0.2	-5.7	6.7	-0.59
Niños Moderados													
1986 - 87	-14.5	-21.7	82.3	44.3	193.6	53.1	-41.9	-53.3	-28.2	-42.5	-20.8	70.1	18.39
1994 - 95	-55.0	-73.8	-5.7	37.9	-46.9	5.0	-35.2	-24.6	-35.1	-40.4	-35.8	-45.1	-29.55
2002 - 03	-55.8	-17.1	98.1	137.7	1.1	30.3	-37.6	-11.4	-8.7	17.4	0.2	-20.5	11.14
Niños Fuertes													
1972 - 73	-1.6	-25.5	-26.8	7.3	-10.2	-43.9	-18.7	84.6	30.6	46.2	157.2	135.8	27.91
1982 - 83	6.1	99.7	55.6	233.4	170.2	-6.6	103.2	70.6	88.4	56.0	22.7	0.4	74.97
1991 - 92	-54.6	-69.8	-55.7	-41.7	-8.3	-67.3	-47.9	-9.6	-13.1	-4.8	-23.4	-30.5	-35.55
1997 - 98	-77.0	-77.5	-9.0	113.0	111.7	89.4	82.3	102.0	94.4	17.0	-4.9	-12.8	35.71
Promedio	-25.55	-31.55	9.12	53.98	37.64	6.41	-11.56	4.89	19.20	6.48	9.44	8.63	7.26

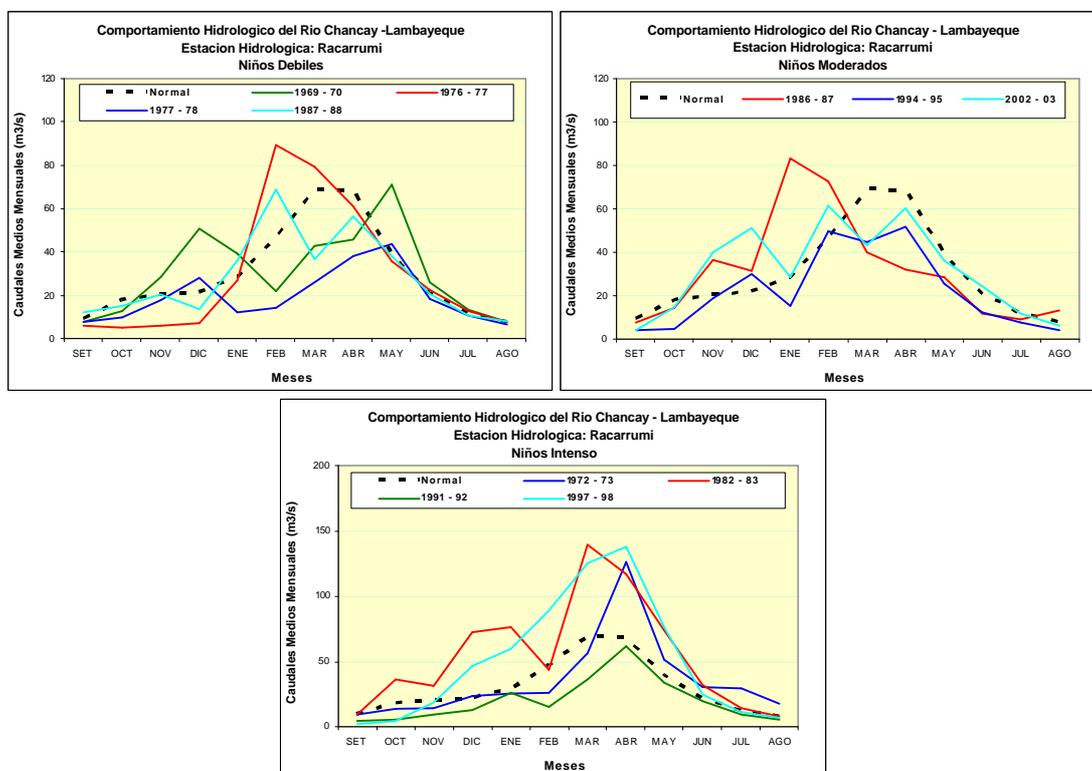


Figura 4: Comportamiento hidrológico del río Chancay – Lambayeque en eventos ENOS

### ↳ Río Jequetepeque

Del análisis de la información hidrológica para éste río, ubicado en la zona norte de la vertiente del océano Pacífico, presentó un comportamiento hidrológico similar a los otros ríos analizados anteriormente, es decir; que para eventos ENOS débiles y de moderada intensidad, los caudales fueron deficientes a ligeramente superiores a sus normales.

Para ENOS Fuertes, se registraron en promedio caudales por encima de sus valores normales; a excepción de 1991-92, que presentó una anomalía de -70%, registrándose en Febrero una anomalía de -90% con relación a su normal (Tabla 5 y Figura 5).

**Tabla 5: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS**

Niños Débiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	-39.6	-34.8	-34.5	-42.0	-22.9	-19.2	-32.4	-29.1	-29.8	-32.8	-27.3	-27.9	-31.02
1976 - 77	62.1	-76.1	-81.9	-84.6	-14.0	70.7	-24.7	-17.6	-20.3	-8.7	-8.6	10.7	-16.08
1977 - 78	-27.5	-59.0	-46.1	-42.8	-81.3	-88.9	-88.8	-72.5	-27.9	-38.0	-40.1	-20.7	-52.80
1987 - 88	-42.8	-41.2	-48.9	-56.6	-14.5	-28.0	-68.9	-44.8	-38.4	-36.6	-59.3	-72.9	-46.09
<b>Niños Moderados</b>													
1986 - 87	-46.7	-68.8	-34.1	-53.5	78.4	-6.3	-69.9	-70.8	-33.7	-58.3	-61.2	16.2	-34.06
1994 - 95	-20.4	-49.5	-45.6	-45.9	-70.2	-32.8	-54.7	-41.5	-51.8	-54.0	-45.5	-39.4	-45.95
2002 - 03	-14.6	23.3	123.6	150.3	7.3	-26.8	-48.5	-32.3	-26.4	-15.1	-32.9	-41.6	5.53
<b>Niños Fuertes</b>													
1972 - 73	42.6	53.8	54.6	36.9	169.3	182.3	136.0	147.7	145.0	134.7	154.0	151.9	117.39
1982 - 83	-50.0	85.4	51.7	174.3	171.5	-20.8	89.9	164.5	161.2	200.4	144.3	121.6	107.83
1991 - 92	-87.6	-85.4	-82.2	-75.2	-51.9	-89.9	-78.7	-40.3	-43.6	-39.8	-72.3	-83.7	-69.21
1997 - 98	-84.5	-63.1	33.5	257.3	281.9	157.1	123.8	152.6	111.6	70.8	72.4	134.9	104.03
Promedio	-28.09	-28.68	-9.99	19.83	41.24	8.86	-10.64	10.54	13.25	11.14	2.14	13.57	3.60

### ↳ Río Rimac

En la zona central de la vertiente del Pacífico está ubicado el río Rímac, el cual en eventos ENOS débiles a moderada intensidad, presentó un comportamiento hidrológico diferente a los ubicados en la zona norte, es decir con caudales que bordearon sus valores normales a superiores, a excepción del 1976-77 (niño débil) y 1994-95 (niño moderado) que registraron en promedio, caudales ligeramente deficientes, con valores de -1% y -2% respectivamente.

Para ENOS de fuerte intensidad como el 1982–83 los caudales de éste río registraron importantes deficiencias hídricas, las mismas que estuvieron centradas en el período de enero a marzo, al finalizar el año hidrológico éste presentó en promedio una anomalía de +24% (Tabla 6 y Figura 6).

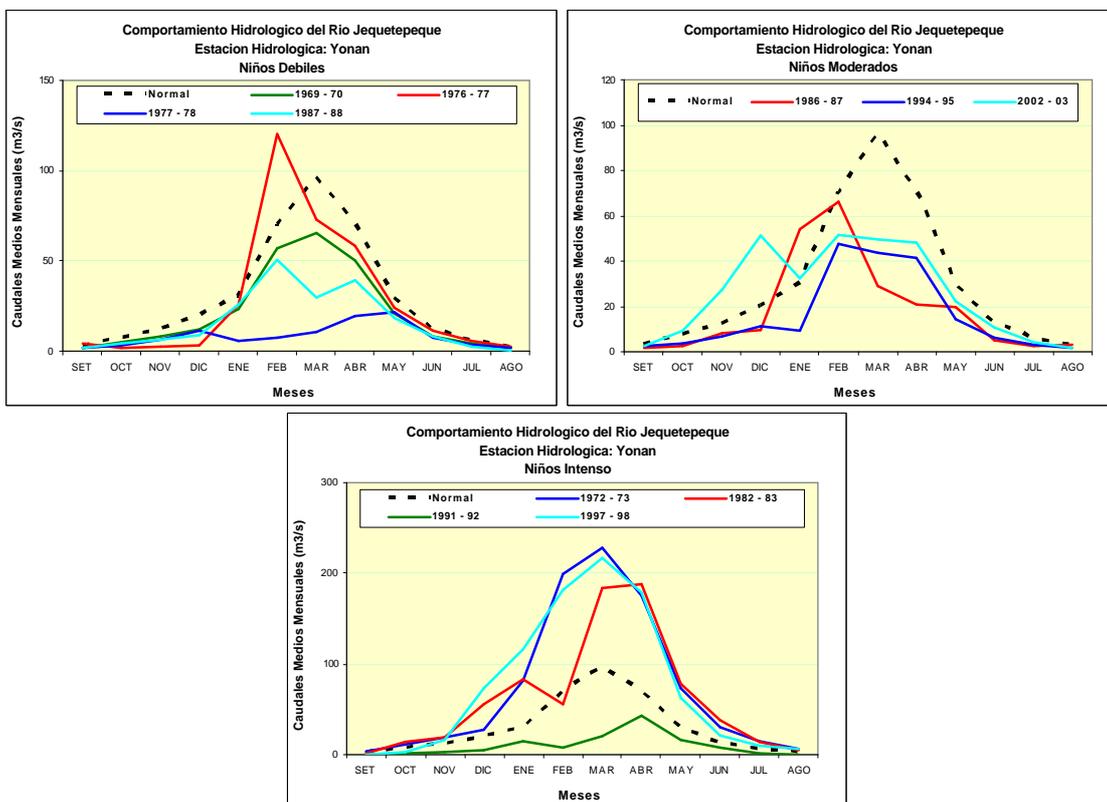


Figura 5: Comportamiento hidrológico del río Jequetepeque en eventos ENOS

Tabla 6: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS

Niños Debiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	-2.4	-3.6	-7.0	76.4	121.8	-37.5	-33.6	-8.2	8.8	18.4	18.0	10.6	13.49
1976 - 77	9.6	5.9	0.3	-25.5	-46.0	21.9	-17.6	-17.2	7.2	10.8	18.9	21.8	-0.83
1977 - 78	21.3	18.0	61.2	27.1	-2.0	34.2	-34.0	-25.8	-20.4	-2.2	15.6	8.6	8.47
1987 - 88	24.9	20.6	44.4	8.8	17.7	-16.4	-63.7	-31.2	-9.5	5.8	18.0	25.2	3.73
<b>Niños Moderados</b>													
1986 - 87	35.7	13.6	26.7	16.5	40.0	40.7	41.0	-26.0	0.4	19.4	18.1	31.1	21.42
1994 - 95	37.7	28.3	15.3	-9.6	-29.2	-58.6	-50.9	-15.3	-10.3	15.8	22.3	33.7	-1.73
2002 - 03	70.9	68.4	70.0	46.3	18.7	-9.6	11.0	33.8	35.2	58.0	74.2	70.6	45.62
<b>Niños Fuertes</b>													
1972 - 73	-16.7	-12.4	-10.8	6.1	46.3	6.2	10.7	45.5	-11.0	-26.5	-25.6	-29.8	-1.49
1982 - 83	46.5	42.4	51.6	7.3	-18.9	-49.8	-15.5	74.6	24.6	60.6	44.7	21.3	24.11
1991 - 92	-4.3	13.6	-5.0	-28.5	-49.7	-79.0	-67.1	-55.8	-44.9	-26.4	-9.6	-12.1	-30.74
1997 - 98	12.3	16.5	22.3	46.2	46.7	23.5	-6.4	7.2	19.4	44.1	46.2	42.0	26.67
<b>Promedio</b>	21.40	19.21	24.46	15.56	13.22	-11.31	-20.55	-1.68	-0.04	16.16	21.91	20.27	9.88

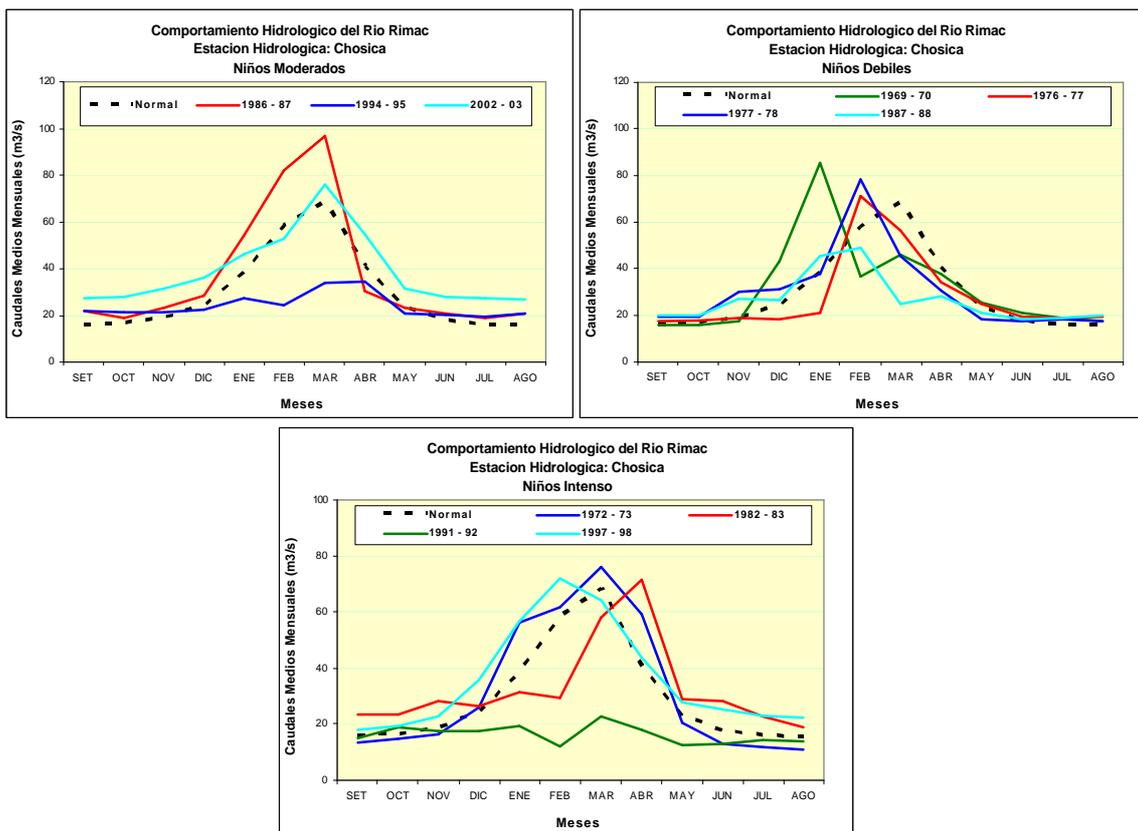


Figura 6: Comportamiento hidrológico del río Rimac en eventos ENOS

### ↓ Río Camaná Majes

En la zona sur de la vertiente del Pacífico, se encuentra ubicado el río Camaná Majes, que ha presentado durante los ENOS débiles y moderados caudales en promedio ligeramente superiores a sus valores normales, a excepción de 2002-03 (niño moderado) que registró, una deficiencia de -17%.

Para ENOS de fuerte intensidad, 1982–83 y 1991-92 se observa una marcada deficiencia hídrica que al finalizar el año registró -37% y -11% respectivamente, para el período de diciembre a mayo (período lluvioso), se registraron las mayores anomalías negativas; sin embargo, para 1972-73 y 1997-98 se tiene valores por encima de sus normales en +55% y + 2% respectivamente (Tabla 7 y Figura 7).

Tabla 7: Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS

Niños Debiles	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	PROMEDIO
1969 - 70	26.9	32.2	15.3	11.8	27.3	-23.7	-34.8	-18.4	-3.5	5.3	9.3	15.9	5.30
1976 - 77	52.5	27.0	-7.4	-19.3	-57.8	-11.9	51.3	-21.5	4.1	16.2	8.5	10.5	4.35
1977 - 78	10.8	6.4	32.0	-20.4	114.0	23.3	-65.8	2.7	-23.8	-33.9	-26.2	-15.5	0.30
1987 - 88	25.6	25.9	24.6	18.4	-14.7	-4.8	-13.7	-10.5	-8.9	-10.8	-13.6	-13.2	0.44
Niños Moderados													
1986 - 87	0.8	1.8	-0.7	-4.6	25.0	39.5	26.6	31.2	33.5	30.8	26.7	27.3	19.84
1994 - 95	-7.7	-7.5	-8.5	-12.3	4.1	16.1	5.3	9.2	11.1	8.9	5.4	5.9	2.52
2002 - 03	7.0	2.2	-3.7	-8.2	-55.9	-58.5	-39.0	-19.6	-26.4	-9.8	2.7	13.7	-16.30
Niños Fuertes													
1972 - 73	30.4	31.9	14.5	7.3	51.1	58.3	96.0	131.8	104.3	56.6	40.5	35.4	54.84
1982 - 83	-11.8	21.5	152.1	20.5	-85.5	-92.1	-92.9	-82.9	-75.1	-69.4	-66.5	-62.9	-37.08
1991 - 92	-15.7	-15.5	-16.4	-19.9	-11.9	-1.7	-10.8	-7.6	-5.9	-7.9	-10.8	-10.3	-11.21
1997 - 98	20.9	33.7	6.0	1.7	100.2	11.0	-38.5	-36.3	-23.9	-23.4	-13.7	-9.2	2.36
Promedio	12.70	14.52	18.88	-2.19	8.72	-4.04	-10.57	-1.98	-1.31	-3.40	-3.42	-0.24	2.31

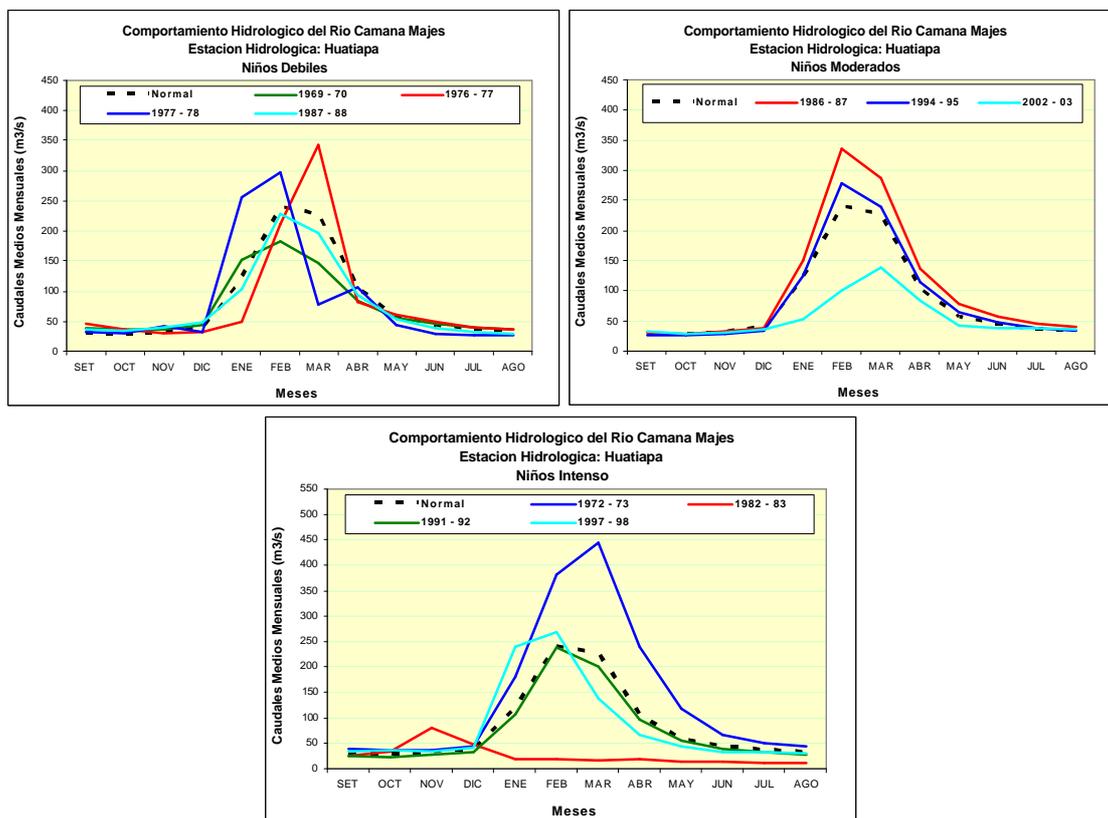


Figura 7: Comportamiento hidrológico del río Camana Majes en eventos ENOS

## 5.2 Resumen de Anomalías para el período Diciembre - Mayo

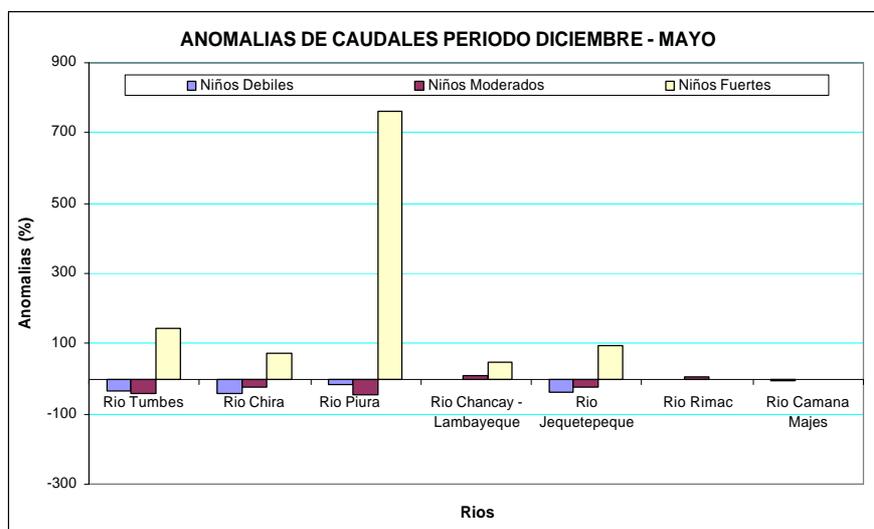
En la Tabla 8 y Figura 8, se observan las variaciones de las anomalías de los caudales para el período Diciembre - Mayo, donde observamos que para la

vertiente del Pacífico **zona Norte** (ríos: Tumbes, Chira, Piura, Chancay-Lambayeque y Jequetepeque), los eventos ENOS débiles a moderada intensidad, se caracterizaron por presentar caudales de deficientes a cercanos a sus valores normales; es decir, hubo una mayor presencia de años secos. Para niños fuertes, el incremento en los caudales de los ríos ubicados en ésta zona fueron muy significativos, destacándose el río Piura y Tumbes 1982-83 y el 1997-98.

**Tabla 8:** Resumen de Anomalías de Caudales medios mensuales durante los ENOS

**ANOMALIAS DE CAUDALES PERIODO DICIEMBRE - MAYO**

Ríos / Eventos	Río Tumbes	Río Chira	Río Piura	Río Chancay - Lambayeque	Río Jequetepeque	Río Rimac	Río Camana Majes
Niños Débiles	-32.1	-42.4	-15.7	-3.2	-38.3	-2.7	-4.1
Niños Moderados	-41.2	-24.4	-45.5	10.0	-23.8	4.1	-1.3
Niños Fuertes	142.5	71.8	760.2	46.4	94.3	-2.6	-0.1
Promedio	23.1	1.7	233.0	17.7	10.7	-0.4	-1.8



**Figura 8:** Anomalías de caudales período Diciembre - Mayo

En la **zona Central** (río Rímac), los eventos ENOS débiles a moderada intensidad, presentaron un comportamiento hidrológico diferente a los ubicados en la zona norte, es decir con caudales que bordearon sus valores normales a superiores, a excepción del 1976-77 (niño débil) y 1994-95 (niño moderado). Para ENOS de fuerte intensidad como el 1982–83 los caudales de éste río registraron importantes deficiencias hídricas, las mismas que estuvieron

centradas en el período de enero a marzo. **Zona Sur** (río Camaná Majes), para ENOS débiles y moderados, los caudales en promedio fueron ligeramente superiores a sus valores normales, a excepción del 2002-03 (niño moderado) que registró, una deficiencia de -17%. Para ENOS de fuerte intensidad, 1982–83 y 1991-92 se observa una marcada deficiencia hídrica registrando -37% y -11% respectivamente.

## 6. ANÁLISIS DE CAUDALES MAXIMOS

### 6.1 *Análisis de caudales máximos mensuales durante ENOS en los ríos ubicados en la Vertiente del Pacífico*

Sobre la base a los criterios expuestos en la metodología se obtuvieron los resultados que se indica en la Tabla 09 y 10 y en la Figura 9.

Tabla 9: Parámetro fisiográfico

Ríos	Area
Tumbes	4,800
Chira	17,199
Chancay - Lambayeque	5,730.20
Jequetepeque	4,402.10
Camana Majes	17,435

Tabla 10: Caudales máximos instantáneos para diferentes escenarios

Niños Debiles	Tumbes	Chira	Piura	Chancay - Lambayeque	Jequetepeque	Rimac	Camana Majes
1969 - 70	406.9	622.9	29.0	212.0		161.0	
1976 - 77	1419.5	621.3	646.0	234.4	238.2	126.0	1281.1
1977 - 78	408.4	352.4	167.0	150.4	69.7	124.0	2135.2
1987 - 88	550.4	343.9	6.0	128.6	109.3	73.9	587.2
Niños Moderados							
1986 - 87	38.0	493.0	574.0	192.5	192.4	186.5	427.0
1994 - 95	410.9	242.7	75.0	107.9	132.5	89.1	854.1
2002 - 03	657.6	579.9	200.0	164.1	141.3	144.2	306.7
Niños Fuertes							
1972 - 73	1310.0	169.0	845.0	219.6		128.0	800.9
1982 - 83	3244.0	1363.7	3200.0	859.0	891.0	108.0	149.5
1991 - 92	1515.3	550.0	1793.0	155.8	113.0	56.7	34.2
1997 - 98	2106.9	1449.0	4424.0	297.5	385.8	200.1	864.9

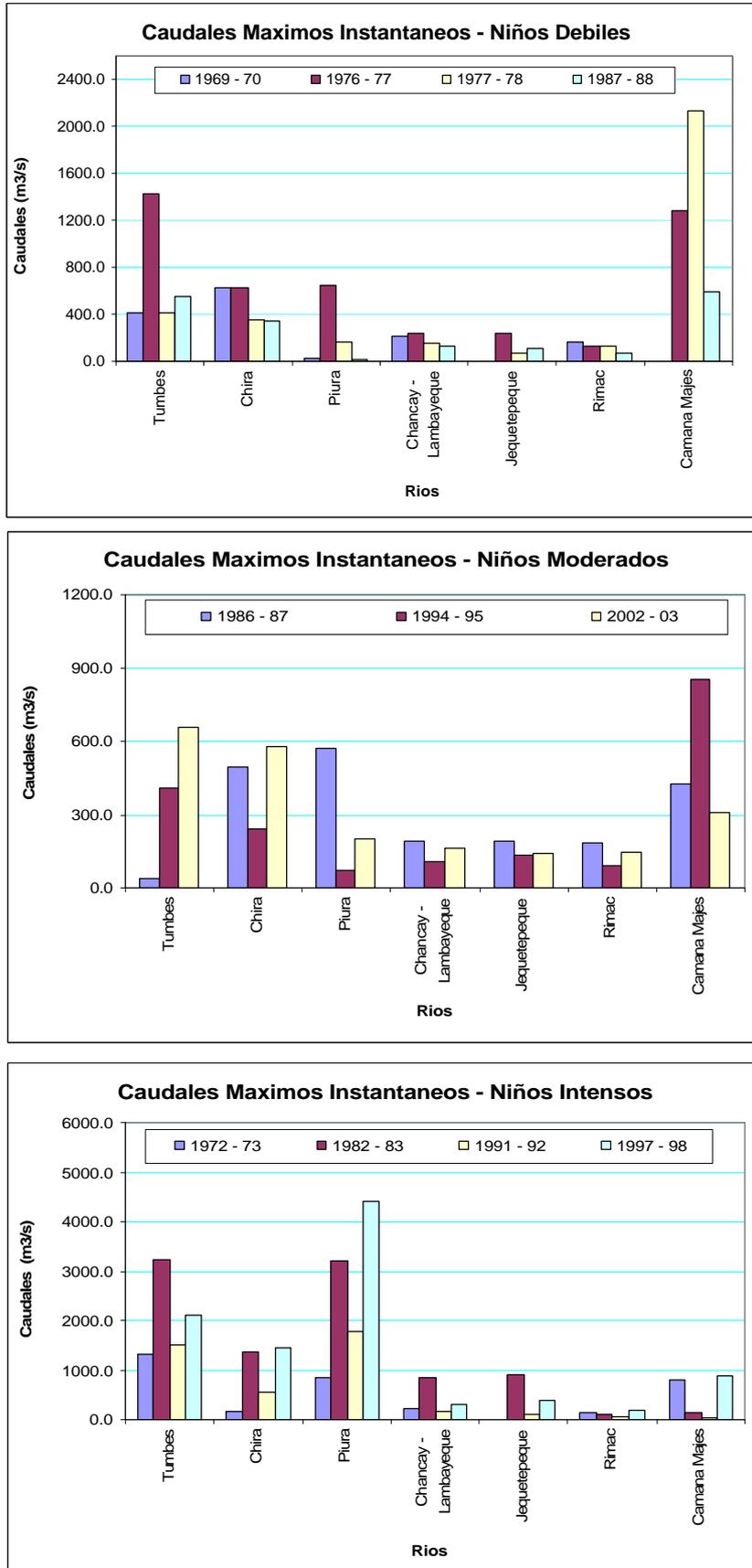


Figura 9: Caudales máximos instantáneos

## 7.0 CONCLUSIONES

- ↴ En el estudio, se ha utilizado información hidrológica desde 1969 al 2005 de caudales medios mensuales y de caudales diarios, trabajándose en un mayor número con los ríos ubicados en la zona norte de la vertiente del Pacífico, debido a que éstos en eventos el Niño generaron los mayores impactos hidrológicos.
- ↴ En los últimos 37 años y según la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), han ocurrido en América diferentes eventos el Niño, los cuales han sido clasificados de acuerdo a sus intensidades en Niños Débiles, 1969-70; 1976-77; 1977-78 y 1987-88, Moderados 1986-87; 1994-95 y 2002-03, Intensos 1972-73; 1982-83; 1991-92 y 1997-98.
- ↴ Los ríos de la vertiente del Pacífico, frente a la ocurrencia de eventos ENOS se caracterizan por:
  - **Zona Norte** (ríos: Tumbes, Chira, Piura, Chancay-Lambayeque y Jequetepeque), en eventos ENOS débiles a moderada Intensidad, los caudales fueron entre deficientes y ligeramente normales. Para ENOS fuertes, los ríos experimentaron importantes incrementos en sus caudales como los registrados en 1982-83 y 1997-98.
  - **Zona Central** (río Rímac), en eventos ENOS débiles a moderada intensidad, los caudales fluctuaron entre valores normales a superiores. Para ENOS de fuerte intensidad como el 1982–83 los caudales de éste río registraron importantes deficiencias hídricas, las mismas que estuvieron centradas en el período de enero a marzo.
  - **Zona Sur** (río Camaná Majes), para ENOS débiles y moderados caudales ligeramente superiores a sus valores normales. Para ENOS de fuerte intensidad, 1982–83 y 1991-92 se observa una marcada deficiencia hídrica.
- ↴ Para el año 1991-92 (niño Fuerte), se tiene una deficiencia hídrica generalizada muy importante, en toda la vertiente del Pacífico.

- ↴ Para los análisis de caudales máximos instantáneos se aplicaron relaciones empíricas para generar caudales máximos instantáneos, cuyos resultados son aceptables con una variabilidad de +/- 15%.
- ↴ En un escenario moderado del Evento “El Niño”, la estadística de los mismos indican; que los caudales máximos instantáneos fluctuaron entre:
- Tumbes 38,0 a 657,6 m<sup>3</sup>/s;
  - Chira 242,7 a 579,9 m<sup>3</sup>/s;
  - Piura 75,0 a 574,0 m<sup>3</sup>/s;
  - Chancay - Lambayeque 107,9 a 192,5 m<sup>3</sup>/s;
  - Jequetepeque 132,5 a 192,4 m<sup>3</sup>/s;
  - Rímac 89,1 a 186,5 m<sup>3</sup>/s
  - Camaná Majes 306,7 a 427,0 m<sup>3</sup>/s.

Estos valores máximos, están muy por debajo de los registrados durante los Niño 82/83 y 97/98. El río Tumbes, con descargas máximas de 1,000 m<sup>3</sup>/s ya ocasiona desbordes que afectan infraestructura agrícola y vial.

## 8.0 BIBLIOGRAFIA

1. BCEOM – ORSTOM. 1999. Estudio Hidrológico - Meteorológico en la vertiente del Pacífico del Perú con fines de evaluación y pronóstico del Fenómeno El Niño para prevención y mitigación de desastres.
2. Carlos E. M. Tucci. 1991. Regionalización de Cuencas
3. CIIFEN, 2006. El fenómeno El Niño y la Niña  
<http://www.ciifen-int.org/modules.php?name=News&file=article&sid=255>
4. Klauer, A. 2000. El Niño - La Niña - El fenómeno océano-atmosférico del Pacífico Sur. Un reto para la ciencia y la historia
5. [http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos\\_rojo/TC-147.htm](http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_rojo/TC-147.htm)
6. <http://www.geocities.com/gsilvam/crecientes.htm>
7. <http://ggweather.com/enso/oni.htm>
8. SENAMHI, 2002. Estudio del Impacto Hidrológico de los eventos El Niño / La Niña – Cuencas de los ríos Mala, Lurin, Rímac, Chillón, Chancay – Huaral, Huaura y Pativilca.
9. SENAMHI, 2003. impacto hidrológico del Fenómeno El Niño / La Niña en la vertiente del Atlántico y del Lago Titicaca.
10. SENAMHI, 2004. Impacto hidrológico del Fenómeno El Niño / La Niña en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna.
11. SENAMHI, 2005. Impacto hidrológico del evento El Niño / La Niña en la cuenca del río Santa.
12. SENAMHI, 2006. Impacto hidrológico del Fenómeno El Niño / la Niña en cuencas de las regiones de La Libertad y Lambayeque.