



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

INFORME PRELIMINAR

**"ANÁLISIS REGIONAL DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LOS RÍOS
DE LA COSTA NORTE DEL PERU Y SU RELACIÓN CON EL
NIÑO"**



LIMA - PERU

DICIEMBRE 2000

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
DIRECCION GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS

JEFE DEL SENAMHI
Mayor General FAP GERMAN ROJAS BARRANTES

DIRECTOR TECNICO DEL SENAMHI
Coronel FAP CARLOS ORDOÑEZ VELAZQUEZ

DIRECTOR GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS
HIDRICOS
Ing° Agrícola JORGE YERREN SUAREZ

RESPONSABLE: ING° JUAN CARLOS HUAMANÍ CAYHUALLA



SEDE CENTRAL: Jr. Cahuide 785, 3er piso- Jesús María - Lima 11 - Casilla Postal 1308,
Telefax: 471-7287 - 470-2297; email: dgh@senamhi.gob.pe; <http://www.senamhi.gob.pe>

ANÁLISIS REGIONAL DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LOS RÍOS DE LA COSTA NORTE DEL PERÚ Y SU RELACIÓN CON "EL NIÑO"

Resumen

1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1 Generalidades
 - 1.2 Objetivos
 - 1.3 Descripción del Área de Estudio
2. REVISION
 - 2.1 Conceptos Preliminares
 - 2.2 El Niño, La Niña
 - 2.3 Distribución de Eventos Extremos
 - 2.4 Estudios Previos
3. INFORMACIÓN UTILIZADA
 - 3.1 Información Pluviométrica
 - 3.2 Información Hidrométrica
 - 3.3 Información Oceanográfica
4. METODOLOGÍA
 - 4.1 Precipitaciones Mensuales
 - 4.2 Descargas Máximas Anuales
 - 4.3 Temperatura Superficial del Mar
5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES
 - 5.1 Precipitaciones Mensuales
 - 5.2 Caudales Máximos
 - 5.3 Temperatura Superficial de Mar
6. CONCLUSIONES PRELIMINARES

REFERENCIAS

ANEXOS

Proc.: OTA

ANÁLISIS REGIONAL DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LOS RÍOS DE LA COSTA NORTE DEL PERÚ Y SU RELACIÓN CON "EL NIÑO"

Resumen

Hay investigaciones que han demostrado que existe una relación significativa entre la ocurrencia de un evento Niño y la variación de las descargas de los ríos que se encuentran en la vertiente del Pacífico, incluso en países que no pertenecen a esta cuenca. Esta relación es importante ya que puede ser usada para predecir caudales extremos, los que a su vez pueden utilizarse en la implementación de políticas de manejo de los recursos hídricos y mitigación de pérdidas debido a las inundaciones.

En el presente estudio se realiza el análisis de las precipitaciones mensuales en la cuenca del río Chancay-Lambayeque y de las descargas de los ríos Chancay-Lambayeque, La Leche, Zaña, Jequetepeque, Piura y su relación con la temperatura superficial del mar de Chicama.

Dado el clima árido y semiárido que predomina en la zona analizada, se utilizó para la caracterización de las precipitaciones la función de distribución Gamma mediante un proceso censor (Wilks, 1990), el cual toma en cuenta la ocurrencia de ceros. Los caudales máximos anuales fueron analizados empleando el método de momentos L, para el cálculo de parámetros de las distribuciones Wakeby y la General de Valores Extremos. Esta técnica ha demostrado ser robusta, insesgada, y menos afecta a la presencia de valores discordantes como podrían ser los descargas extremas ocasionados por la presencia de un evento "El Niño". Se analiza también la influencia de la temperatura superficial de mar de Chicama en las variables hidrológicas.

El presente trabajo constituye un informe preliminar y sería recomendable ampliar el trabajo con la información de todas las estaciones pluviométricas e hidrométricas involucradas, refinando algunos procedimientos utilizados.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El medio ambiente climático de la región del Pacífico Sur se caracteriza por la intensa interacción oceano-atmósfera, la cual impacta la vida y otros parámetros medioambientales de la región. Uno de los fenómenos principales que condicionan la variabilidad climática de la región es el: El Niño / oscilación del Sur (ENSO).

El Pacífico es el océano más grande del mundo y constituye el mayor almacenamiento mundial de la energía termal disponible para el intercambio con la atmósfera. Esto es donde la interacción entre el océano y la atmósfera es la más intensa, y que allí toma lugar la influencia del clima no solamente regional sino a escala planetaria.

Varios investigadores han encontrado que existe una relación significativa entre la ocurrencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) y la hidrología de los países de la cuenca del Océano Pacífico (Waylen & Caviedes, 1986; Quinn et al., 1987; Dracup & Kahya, 1994; Kahya & Dracup, 1993; 1998; Piechota et al., 1994; Piechota & Dracup, 1996; Piechota, 1997, entre otros), en particular con la precipitación. Conceptualmente sabemos que existe una relación entre la temperatura superficial del mar (TSM) y las precipitaciones en la costa norte del Perú, particularmente durante la ocurrencia de eventos "El Niño".

El presente estudio constituye una primera parte del análisis del fenómeno "El Niño" para la costa norte del país. Se analizan las descargas de algunos ríos de la costa norte del país y su relación con otras variables climáticas y oceanográficas tales como la precipitación mensual y la temperatura superficial del mar de Chicama.

Generalmente, en el análisis de frecuencia de avenidas se usa, como técnica de estimación de parámetros, el método de momentos ordinarios. Sin embargo esta técnica no es el método disponible más eficiente, mas aún si se trata de muestras pequeñas. Al respecto en el presente proyecto de investigación se busca aplicar el concepto del análisis regional de frecuencia de avenidas y la técnica recientemente desarrollada de estimación de parámetros de Momentos-L como una alternativa a los tradicionales estimadores de momentos. El lugar propuesto para la aplicación de esta metodología es, en este caso, la Costa norte del Perú, donde es conocida la influencia directa que tiene el fenómeno "El Niño".

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio fueron:

- Caracterización de la variabilidad estacional e interanual de las precipitaciones y descargas mensuales en la cuenca del río Chancay-Lambayeque.
- Analizar las series de máximas descargas anuales de ríos mediante las distribuciones de probabilidad de eventos extremos (GEV, WAKEBY) y su relación con los eventos "El Niño".

1.3 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

CUENCA DEL RIO CHANCAY-LAMBAYEQUE

La cuenca principal de estudio es la del Río Chancay-Lambayeque donde se analizará el régimen de precipitaciones mensuales y descargas máximas anuales. Esta cuenca se encuentra ubicada en la costa norte del Perú, entre los meridianos 78° 30' y 80° 05' de Longitud oeste y los paralelos 06° 21' y 06° 55' Latitud sur, comprende los departamentos de Lambayeque y Cajamarca.

El río Chancay-Lambayeque nace en la vertiente occidental de los Andes a 3000 msnm, en el departamento de Cajamarca. Tiene una longitud aproximada de 200 Km desde su nacimiento hasta su desembocadura en el océano Pacífico. La confluencia de los ríos Chancay y Cumbil a 480 msnm en el paraje denominado Carhuaquero, originan el río Chancay-Lambayeque. En el curso final del río en el lugar denominado La Puntilla se divide en dos ramales: El río Taymi y el río Reque, cuyas aguas son aprovechadas para irrigar el valle de Lambayeque. Cuenta con un área de 4,906 Km² y un caudal medio anual de 30.4 m³/s.

OTRAS CUENCAS INVOLUCRADAS

Para la evaluación del comportamiento hidrológico de los eventos máximos de los ríos de la costa norte del país, se ha tomado en cuenta la información de descargas máximas anuales de los siguientes ríos: Tumbes, Chira, Piura y Jequetepeque, las cuales pertenecen a la vertiente del Pacífico.

Cuenca del Río Chira

Esta cuenca binacional se encuentra ubicada en la zona norte del Perú, en el Departamento de Piura. Tiene un área total de 12,715 Km², perímetro de 628 Km y altura media de 960 msnm. El río Chira tiene un flujo de agua constante cuyo caudal medio anual es de 93.6 m³/s.

Cuenca del Río Piura

Esta cuenca se encuentra ubicada en la zona norte del Perú, en el Departamento de Piura. Tiene un área total de 11,931 Km², perímetro de 589 Km y altura media de 523 msnm. El río Piura tiene un caudal medio anual de 34.8 m³/s y desemboca en el Océano Pacífico.

Cuenca del Río Jequetepeque

Esta cuenca se encuentra ubicada en la zona norte del Perú y comprende los Departamentos de La Libertad y Cajamarca. Tiene un área total de 4,257 Km² y altura media de 2,175 msnm. El río Jequetepeque tiene un caudal medio anual de 26.8 m³/s y desemboca en el Océano Pacífico.

2. REVISION

2.1 CONCEPTOS PRELIMINARES

El aspecto más característico del clima medio de la región del Pacífico es que es enteramente océano-dependiente. Aún, sobre y más allá de las fluctuaciones

estacionales, esta está sujeta a las variaciones en una mayor escala en los cuales los períodos de intensa sequía se alternan con períodos de lluvias extremas. Los científicos han intentado identificar señales climáticas, las cuales puedan ser mas o menos distintos, y determinar las características de cada frecuencia particular (o tasa de retorno).

2.2 EL NIÑO, LA NIÑA

Es un fenómeno recurrente anómalo de interacción océano-atmósfera. Se manifiesta mediante un calentamiento extensivo del océano superior en el Pacífico tropical oriental, por lo mismo tiene una repercusión de carácter regional y global, abarcando una duración de hasta un año o más. La fase negativa o de enfriamiento de "El Niño" es denominado Anti-"El Niño" o "La Niña".

Los eventos "El Niño" están relacionados con un cambio en la presión atmosférica conocida como Oscilación del Sur (OS). Debido a que la OS y "El Niño" están relacionados muy estrechamente, ellos son frecuentemente conocidos como "El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).

El sistema oscila entre condiciones cálidas a neutrales (o frías) cada tres a cuatro años (estos eventos no tienen periodicidad). Aún no hay una evidencia firme de una conexión entre la frecuencia e intensidad de los eventos "El Niño" y el calentamiento global. En general, los efectos del ENOS se manifiestan con precipitaciones fuertes e inundaciones en una región y sequías intensas en otras.

Usualmente la primera señal de los efectos de un evento "El Niño" es el inicio de fuertes lluvias en la Costa norte del Perú. Los pescadores reportan pescas reducidas y/o especies propias de aguas tropicales.

Desde el evento extraordinario de 1983/83, la comunidad científica ha visto necesario contar con una red más extensa de observación de "El Niño", abarcando el océano Pacífico, y una red de satélites. Esto incluye el océano Pacífico tropical, con barcos, boyas a la deriva y registradores a nivel el mar en muchas islas del Pacífico, todas retransmitiendo sus observaciones a centros meteorológicos en tiempo real y con ayuda de satélites de observación.

En el Cuadro N° 2.1 se muestran los resultados de una clasificación objetiva de la ocurrencia de eventos "El Niño" basado en los reportes de Waylen y Caviedes (1987). En el período 1911-1999 ocurrieron 20 eventos "El Niño" de diferente magnitud, de los cuales 3 de ellos fueron extraordinarios, afectando notablemente los sectores los sectores de pesquería, agricultura y transporte, y la economía peruana en general.

CUADRO N° 2.1
CLASIFICACION DE LOS AÑOS DE ACUERDO A LAS CONDICIONES
OCEANICO-ATMOSFERICAS, PERIODO: 1911 - 1999

AÑOS "EL NIÑO"		AÑOS "NORMALES"		AÑOS ANTI -"EL NIÑO"	
1911		1915	1946	1912	1974
1918		1916	1949	1913	1979
1925/26	EXTRAORD.	1917	1955	1914	1980
1929		1919	1956	1921	1998
1932		1920	1959	1924	1999
1939		1922	1969	1930	
1941		1923	1971	1937	
1943		1927	1975	1947	
1953		1928	1976	1948	
1957		1929	1981	1950	
1965		1931	1982	1951	
1972/73		1933	1984	1954	
1973		1934	1985	1960	
1976/77		1935	1986	1963	
1978		1936	1988	1964/65	
1982/83	EXTRAORD.	1938	1989	1966	
1987		1940	1991	1967	
1992		1942	1994	1968	
1993		1944	1995	1969	
1997/98	EXTRAORD.	1945	1997	1970	

2.3 DISTRIBUCIÓN DE EVENTOS EXTREMOS

Los estudios de robustez han demostrado que las distribuciones de Wakeby (WAK) y la General de Valores Extremos (GEV) utilizadas regionalmente, con parámetros estimados mediante momentos ponderados de probabilidad (PWM), son robustos y menos sensibles a los cambios en la distribución original desconocida el cual está siendo modelada. Los TCEV tienden a ser insesgado pero menos eficientes que estas dos. De otro lado, la distribución Pearson Tipo 3 (LP3) con estimado de parámetros obtenidos mediante momentos de los logaritmos de los datos es el menos robusto de los métodos populares y es extremadamente sensible a los cambios en la distribución original desconocida subyacente (Cunnane, 1989).

En el uso de las distribuciones Wakeby y GEV, la estimación de los parámetros debe efectuarse en lo posible sobre una base regional. La estimación de los parámetros mediante el método PWM, aunque no es tan eficiente como los de máxima verosimilitud, está casi exento de sesgo, es de fácil de uso y no es afectado generalmente por los valores discordantes.

2.4 ESTUDIOS PREVIOS

Varios estudios han tratado la influencia de El Niño - Oscilación del Sur en Sudamérica, pero pocos realmente se han concentrado en las consecuencias en Perú. Tal vez el más significativo es el trabajo presentado por Waylen y C. Caviedes (1986). Este trabajo estuvo motivado por la ocurrencia de devastadoras crecientes sufridas por Perú en 1983, año en el cual se presentó uno de los eventos ENSO más fuertes.

Waylen y Caviedes utilizaron una distribución de probabilidad Gumbel mixta para las crecientes durante los años El Niño, años "normales" y años La Niña. Los resultados encontrados muestran que "las mayores crecientes anuales están dominadas, aunque no exclusivamente, por eventos en años ENSO. Contrariamente, las crecientes más pequeñas están dominadas por años La Niña".

El siguiente cuadro fue extraído de Waylen y Caviedes (1988).

CUADRO N° 2.2
UBICACIÓN Y TAMAÑOS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE EN LA COSTA NORTE DEL PERÚ

RIO	UBICACIÓN DEL AFORO	LAT.	LONG.	AREA	REGISTRO
1. Tumbes	Tumbes	03.34	80.28	4565	12
2. Quiróz	Paraje Grande	04.26	80.15	1793	25
3. Chira	Sullana	04.53	80.42	712	22
4. Piura	Piura	05.13	80.38	7836	53
5. Leche	Puchaca	06.24	79.30	914	51
6. Chancay	Carhuaquero	06.38	79.29	28.60	59
7. Zaña	El Batán	06.50	79.18	845	54
8. Chicama	El Salinar	07.04	78.58	4087	62
9. Jequetepeque	Ventanillas	07.17	79.17	4809	52
10. Moche	Quirihuac	08.02	78.50	1873	60
11. Virú	Huacapongo	08.25	78.40	803	34
12. Nepeña	San Jacinto	09.10	78.50	1335	25

Fuente: Waylen y Caviedes (1988)

3. INFORMACIÓN UTILIZADA

La información de las series de precipitaciones promedio mensuales y caudales máximos anuales de estos ríos fue obtenida de la Oficina General de Estadística e Informática (OGEI) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI. Asimismo se recurrió a información contenida en reportes técnicos de diversas instituciones.

3.1 INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Se utilizará la información de la precipitación total mensual de la red pluviométrica de la cuenca del río Chancay-Lambayeque que se muestran en el Cuadro N° 3.1. Las longitudes de los registros históricos de las estaciones pluviométricas se señalan en el Cuadro N° 3.2.

CUADRO N° 3.1

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RIO CHANCAY-LAMBAYEQUE

ESTACION	TIPO	COD.	UBIC. GEOGRAFICA			UBICACIÓN POLÍTICA	
			LATIT.	LONG.	ALT.	DPTO	PROVINCIA
LAMBAYEQUE	CP	110301	06° 42'	79° 55'	20	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE
REQUE	CO	110332	06° 53'	79° 51'	21	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
CHICLAYO	S	120302	06° 47'	79° 50'	27	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
FERREÑAFE	CO	110331	06° 38'	79° 47'	67	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
CAYALTI	CO	110320	06° 53'	79° 33'	60	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
TALLA (Guadalupe)	CP	120325	07° 16'	79° 25'	90	LIBERTAD	PACASMAYO
OYOTUN	CO	110302	06° 50'	79° 19'	210	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
TINAJONES	CO	110335	06° 39'	79° 24'	240	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE
HDA CHANCAY	CO	110395	06° 33'	78° 52'	1800	CAJAMARCA	STA. CRUZ
STA. CRUZ	CO	110351	06° 37'	78° 57'	2140	CAJAMARCA	STA. CRUZ
LLAMA	CO	110341	06° 30'	79° 07'	2090	CAJAMARCA	CHOTA
HUAMBOS	CP	110343	06° 27'	78° 57'	2200	CAJAMARCA	CHOTA
NIEPOS	CO	110305	06° 55'	79° 08'	2454	LAMBAYEQUE	CHICLAYO
BAMBAMARCA	CP	110362	06° 41'	78° 31'	2580	CAJAMARCA	HUALGAYOC
HUALGAYOC	CO	110363	06° 46'	78° 37'	3150	CAJAMARCA	HUALGAYOC
BAGUA CHICA	CO	110253	05° 38'	78° 32'	2454	AMAZONAS	BAGUA

3.2 INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

La información hidrométrica necesaria para este estudio la constituyen los datos de descarga máxima anual obtenida de las descargas promedio diarias de las estaciones hidrométrica mostradas en el Cuadro N° 3.3.

CUADRO N° 3.3

ESTACIONES HIDROMETRICAS EN LA COSTA NORTE

ESTACION	COD.	CUENCA	PERIODO	UBICACIÓN GEOGRAFICA		
				LAT.	LON.	ALT.
EL TIGRE	200202	RIO TUMBES	DISPONIBLE	03° 46'	80° 27'	30.
SANCHEZ CERRO		RIO PIURA	DISPONIBLE	05° 11'	80° 37'	23.
PTE ÑACARA	200406	RIO PIURA	DISPONIBLE	05° 06'	80° 10'	119
EL CIRUELO	200313	CHIRA	DISPONIBLE	04° 18'	80° 09'	202.
PTE INTERNACIONAL	200310	CHIRA	DISPONIBLE	04° 23'	79° 57'	408.
PTE SULLANA	200305	CHIRA	DISPONIBLE	04° 52'	80° 42'	65.
PAMPALARGA		JEQUETEPEQUE	DISPONIBLE	07° 15'	79° 06'	428.
CARHUAQUERO	200903	LAMBAYEQUE	DISPONIBLE	06° 40'	79° 20'	250.
RACARUMI	200907	LAMBAYEQUE	DISPONIBLE	06° 38'	79° 19'	250.
PUCHACA	200802	LA LECHE	DISPONIBLE	06° 21'	79° 28'	500.
QUIRIHUAC	201401	RIO MOCHE	DISPONIBLE	08° 05'	78° 52'	200.
EL BATAN	201001	RIO ZANA	DISPONIBLE	06° 47'	79° 18'	210.

CUADRO N° 3.2
PERIODO DE REGISTRO DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

ESTACION	ABREV.	CODIGO	TIPO	LAT	LONG	ALT	1960	1970	1980	1990
LAMBAYEQUE	LAMBA	110301	CP	06° 42'	79° 54'	20.0	*	*****	*****	*****
REQUE	REQUE	110332	CO	06° 52'	79° 49'	21.0	*	*****	*****	*****
CHICLAYO	CHICL	120302	S	06° 47'	79° 50'	27.0	*****	*****	*****	*****
FERREÑAFE	FERRE	110331	CO	06° 38'	79° 48'	37.0	****	*****	*** *	****
CAYALTI	CAYAL	110320	CO	06° 53'	79° 33'	60.0			**	*****
TALLA (GUADALUPE)	TALLA	120325	CP	07° 16'	79° 25'	90.0			*	*****
OYOTUN	OYOTU	110302	CO	06° 50'	79° 19'	210.0	*****	*****	*****	*****
TINAJONES	TINAJ	110335	CO	06° 38'	79° 29'	240.0	*****	*****		*****
HDA. CHANCA Y	CHANC	110395	PL	06° 34'	78° 52'	1600.0	*****	*****	**** **	*****
SANTA CRUZ	STACR	110351	CO	06° 37'	78° 57'	2000.0	*****	*****	** **	***** *
LLAMA	LLAMA	110341	CO	06° 30'	79° 07'	2100.0	*****	*****	*****	*****
HUAMBOS	HUAMB	120343	CP	06° 27'	78° 58'	2200.0	*****	*****	****	*****
NIEPOS	NIEPO	110305	CO	06° 55'	79° 08'	2454.0	*****	*****	*****	*****
BAMBAMARCA	BAMBA	120362	CP	06° 41'	78° 31'	2580.0	*****	*****	*****	*****
HUALGAYOC	HUALG	110363	CO	06° 46'	78° 37'	3510.0	*****	*****		
BAGUA CHICA	BAGUA	110253	CO	05° 38'	78° 32'	522.0			****	*****

Fuente: Dirección General de Hidrología, SENAMHI.



6

3.3 INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA

Dado que el clima de la costa del Pacífico sudamericano, en especial la costa norte del Perú, es completamente dependiente de los cambios de las variables oceanográficas, se utilizó la información promedio mensual de la temperatura superficial del mar de la estación de Chicama para un período de 1925-1999. De otro lado, es conocido por la comunidad científica que la estación de Chicama tiene buena sensibilidad para detectar la presencia de un evento ENOS.

4. METODOLOGÍA

4.1 PRECIPITACIONES MENSUALES

La precipitación en el Perú está condicionada a una serie de factores climáticos que modifican grandemente su distribución resaltando especialmente la región de la Costa donde la lluvia es tan escasa que origina una zona árida dentro de las latitudes tropicales (Valdivia, 1977). Es de interés entonces, utilizar técnicas estadísticas que describan mejor esta variabilidad.

La función de distribución gamma ha sido extensiva y exitosamente usada por los investigadores en el estudio de la variabilidad climática, en especial en la caracterización del régimen de lluvias (Thom, 1958; Mosino, 1979; Ozturk, 1981; Wilks, 1990, etc.).

En una aplicación a algunas Estaciones pluviométricas de una zona semiárida del Perú, Huamání (1993), usando, comparativamente, las aproximaciones de Thom (1958), Wilks (1990), muestra que los valores mensuales promedios o normales, no son valores típicos para estos lugares y que los derivados estadísticos de la distribución gamma nos dan valores más precisos respecto al valor esperado pluvial.

MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD MEDIANTE PROCESO CENSOR

La función de distribución gamma con dos parámetros es el caso especial de las distribuciones Pearson tipo III cuando el parámetro de localización es cero. Su función densidad de probabilidad está dada por la ecuación,

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\gamma} \cdot \frac{x^{\gamma-1}}{\Gamma(\gamma)} \cdot e^{-x/\beta}, (\gamma > 0, \beta > 0, x > 0) \quad (1)$$

donde: x es la variable aleatoria; γ y β son los parámetros de forma y escala respectivamente; Γ es la función gamma. Mosino (1979) menciona que para altos valores del parámetro de forma, la función de distribución es aproximadamente normal.

Para considerar los eventos de lluvias cero, Wilks (1990) utiliza un modelo conceptual de datos resultantes de un proceso censor, en el cual se conoce el número pero no los valores numéricos de las observaciones que caen debajo de un valor umbral C de



detección. En este informe se utiliza el valor adoptado por Wilks para el valor de $C = 0.127$ mm (0.005 in). Luego para N datos de lluvias, $N = N_c + N_w$

donde: $N_c =$ eventos que ocurren entre 0.0 y 0.127 mm.
 $N_w =$ eventos mayores de 0.127 mm.

Asimismo se calcula la proporción porcentual de ceros para cada mes del año con la expresión $N_c / (N_c + N_w)$.

La Verosimilitud de una distribución está definida como la probabilidad conjunta de las observaciones (el producto de la función frecuencia). La función verosimilitud para los parámetros de distribución Gamma con $N = N_c + N_w$ puntos es,

$$M(x; \gamma, \beta) = \prod_{j=1}^{N_c} f(C; \gamma, \beta) \cdot \prod_{i=1}^{N_w} f(x_i; \gamma, \beta)$$

$$= [F(C; \gamma, \beta)]^{N_c} \cdot \prod_{i=1}^{N_w} \frac{(x_i / \beta)^{\gamma-1} \cdot \exp(-x_i / \beta)}{\beta \cdot \Gamma(\gamma)} \quad (9)$$

donde F es la función de distribución acumulada,

$$F(C; \gamma, \beta) = \int_0^C f(x; \gamma, \beta) \cdot dx = \Pr\{x_i \leq C\} \quad (10)$$

Los estimados MV de los parámetros γ y β son aquellos que maximizan la Verosimilitud. Esto es, $L = \ln M$. Aplicando lo anterior a la expresión (9) se obtiene,

$$L(x; \gamma, \beta) = N_c \cdot \ln [F(C; \gamma, \beta)] - N_w \cdot [\gamma \cdot \ln(\beta) + \ln \Gamma(\gamma)] +$$

$$(\gamma - 1) \cdot \sum_{i=1}^{N_w} \ln(x_i) - 1/\beta \cdot \sum_{i=1}^{N_w} x_i \quad (10)$$

El máximo de la función se encuentra igualando a cero las derivadas parciales respecto a los parámetros γ y β , obteniéndose un sistema de dos ecuaciones.

El proceso de maximización se lleva a cabo resolviendo iterativamente el siguiente sistema de ecuaciones,

$$\begin{bmatrix} \gamma_{r+1} \\ \beta_{r+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_r \\ \beta_r \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \partial^2 L / \partial \gamma^2 & \partial^2 L / \partial \gamma \cdot \partial \beta \\ \partial^2 L / \partial \beta \cdot \partial \gamma & \partial^2 L / \partial \beta^2 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \partial L / \partial \gamma \\ \partial L / \partial \beta \end{bmatrix} \quad (12)$$

donde las derivadas son evaluadas usando los estimados de γ_r y β_r en la iteración r . El procedimiento de solución se realiza mediante el método de Newton-Raphson. Una mayor descripción de este proceso y algoritmos de solución se encuentra en Wilks (1990).

4.2 DESCARGAS MÁXIMAS ANUALES

La crecida anual está definida como la mayor descarga, Q' , observada en un año:

$$Q' = \text{Max}\{Q_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, 365$$

donde Q es la descarga diaria e i denota las fechas en días Julianos.

La magnitud de las avenidas anuales se modela mediante alguna función de distribución de eventos extremos, tales como la Gumbel.

Dado su robustez, para la estimación de los parámetros de las funciones de distribución utilizadas se empleó el método de los momentos L.

MOMENTOS-L

Tradicionalmente, el método de momentos es aplicado igualando los momentos producto teóricos a los momentos producto muestrales.

Escribiendo los momentos producto teóricos:

$$\mu = E[X] \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \text{Var}[X] = E[(X - \mu)^2] \quad (2)$$

$$\gamma = E[(X - \mu)^3] / \sigma^3 \quad (3)$$

$$\kappa = E[(X - \mu)^4] / \sigma^4 \quad (4)$$

donde μ , σ , γ y κ denotan a la media, varianza, asimetría, y kurtosis, respectivamente.

Escribiendo los momentos producto muestrales:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (6)$$

$$G = \frac{1}{s^3} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right] \quad (7)$$

$$k = \frac{1}{s^4} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \right] \quad (8)$$

donde \bar{x} , s^2 , G , y k denotan los estimados muestrales de la media, varianza, asimetría y kurtosis respectivamente.

El coeficiente de variación, CV , puede definirse como

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (9)$$

Los momentos de probabilidad ponderada están definidos (Hosking, 1990) por

$$\beta_r = E\{X [F_x(x)]^r\} \quad (10)$$

donde $F_x(x)$ es la función de distribución acumulativa de x .

Cuando $r = 0$, β_r es equivalente a la media. Sucesivamente los valores superiores de r están asociados con momentos de alto orden y pueden ser estimados de la muestra como:

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (11)$$

$$b_1 = \sum_{j=1}^n \left[\frac{(n-j)}{n(n-1)} \right] \cdot x_{(j)} \quad (12)$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \left[\frac{(n-j)(n-j+1)}{n(n-1)(n-2)} \right] \cdot x_{(j)} \quad (13)$$

$$b_3 = \sum_{j=1}^{n-3} \left[\frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \right] \cdot x_{(j)} \quad (14)$$

donde $x_{(j)}$ representan las descargas ordenadas de los flujos desde el valor más alto al más pequeño, x_1, x_2, \dots, x_n .

En forma más general, los estimadores MPP pueden ser descritos usando:

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-r} \left[\frac{\binom{n-j}{r}}{\binom{n-1}{r}} \right] \cdot x_{(j)} \quad (15)$$

donde b_r es un estimador de β_r .

Los primeros cuatro Momentos-L de cualquier distribución son calculados como:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (16)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 + \beta_0 \quad (17)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (18)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (19)$$

Como en el caso de los momentos producto tradicionales (ecuaciones 1 al 8), los equivalentes Momentos-L de los coeficientes de variación, asimetría, y kurtosis pueden ser calculados de la misma manera:

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (20)$$

$$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad (21)$$

$$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad (22)$$

respectivamente.

4.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL DE MAR

La información mensual de la TSM es utilizada a modo comparativo con la ocurrencia de máximas descargas de los ríos, identificando anomalías notables.

5. RESULTADOS

5.1 PRECIPITACIONES MENSUALES

Correlación Entre Las Precipitaciones Mensuales

Para esta primera parte del informe se correlacionaron los datos de las precipitaciones mensuales para el período de coincidencia mostrados en el Cuadro N° 3.2.

Los resultados preliminares señalan una buena correlación entre las siguientes estaciones:

- Lambayeque
- Reque
- Chiclayo
- Ferreñafe
- Cayaltí
- Tinajones
- Llama

Se distingue también el siguiente grupo:

- Hda Chancay
- Santa Cruz

- Huambos
- Bambamarca
- Hualgayoc

Parámetros Estadísticos

En los Cuadros siguientes se señalan los cálculos de los parámetros estadísticos para las estaciones siguientes:

- Lambayeque
- Cayaltí
- Oyotún
- Hda Chancay
- Llama
- Santa Cruz
- Huambos

Para las tres primeras estaciones se observa una gran proporción de ocurrencia de ceros, pequeños valores del parámetro de forma y valores nulos para el coeficiente K que refleja claramente su régimen árido.

Para las estaciones de Llama, Santa Cruz y Huambos, se observan valores relativamente pequeños en el parámetro de forma (mayores que para las tres primeras), menor proporción de ceros y valores no nulos para el coeficiente K , los cuales reflejan el carácter semiárido de su régimen de precipitaciones.

5.2 CAUDALES MAXIMOS

Histograma Mensual de Ocurrencias

El primer paso en el análisis estadístico encaminado a detectar y probar la presencia de dos poblaciones en el registro disponible de descargas máximas anuales, consiste en dibujar histogramas de ocurrencias mensuales. Con base en tales gráficos se detecta objetivamente si existe la posibilidad de tener dos poblaciones al quedar evidenciadas dos modas y sus respectivos histogramas con comportamiento similar a la campana de Gauss.

En las Fig. 5.1 y 5.2 se observa un solo período de ocurrencias, entre Enero y Abril, ocurriendo la mayor cantidad de picos en el mes de Marzo, coincidiendo estos meses con el período de ocurrencia de lluvias. Para este primer análisis, según el carácter unimodal del histograma mensual de ocurrencias de caudales máximos anuales, se observaría la existencia de solamente una población. De otro lado se observa para la estación de Puchaca dos picos en el histograma de frecuencias. Uno en Octubre y otro en Marzo, correspondiendo este último al período regular de ocurrencia de las lluvias. Es conveniente seguir analizando la información de descargas máximas anuales de las demás estaciones involucradas en el estudio.

ESTACION : OYOTUN

DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL

No.DE ANYOS : 32

PERIODO : 1964-1995

No Total Ceros= 130

PRECIP.CERO < = .127 mm (0.005 in = 0. mm)

No Total Datos= 384

Nct/(Nct+Nwt) = 33.85 %

PARAMETROS ESTADISTICOS CALCULADOS

VALORES MULTIANUALES :

XMEAN = 181.734 XMOD = 44.558 XSHAP = 1.3248

XSCAL = 137.176 XKNO = .2452 XCVAR = .8688

MES	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUBR	NOVIEM	DICIEM
MEDIA	19.894*	27.212*	61.269*	18.944*	13.813*	4.478*	7.394*	2.425*	4.206*	9.647*	5.381*	7.072*
DES.STD.	33.006*	38.914*	103.372*	45.552*	45.477*	8.556*	32.929*	4.193*	8.369*	13.639*	8.770*	10.159*
SHAPE 1	.363*	.489*	.351*	.173*	.092*	.274*	.050*	.334*	.253*	.500*	.376*	.485*
SCALE 1	54.762*	55.647*	174.407*	109.532*	149.731*	16.347*	146.656*	7.251*	16.653*	19.282*	14.294*	14.594*
MODE 1	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
CV 1	1.659*	1.430*	1.687*	2.405*	3.292*	1.911*	4.454*	1.729*	1.990*	1.414*	1.630*	1.437*
SHAPE 2	.550*	.759*	.618*	.523*	.368*	.411*	.309*	.465*	.440*	.445*	.476*	.557*
SCALE 2	36.187*	35.851*	99.131*	36.242*	37.671*	11.073*	24.166*	5.379*	9.700*	21.806*	11.422*	12.755*
MODE 2	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
CV 2	1.348*	1.148*	1.272*	1.382*	1.649*	1.561*	1.798*	1.467*	1.507*	1.500*	1.450*	1.340*
K 2	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
SHAPE 3	.425*	.664*	.558*	.382*	.184*	.135*	.068*	.126*	.158*	.214*	.214*	.328*
SCALE 3	46.794*	41.007*	109.861*	49.537*	75.084*	33.235*	109.065*	19.245*	26.740*	45.193*	25.149*	21.587*
MODE 3	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
CV 3	1.534*	1.228*	1.339*	1.617*	2.331*	2.723*	3.840*	2.813*	2.519*	2.164*	2.160*	1.746*
K 3	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*
Eff(Sh)m	.197*	.287*	.249*	.180*	.090*	.067*	.034*	.063*	.078*	.104*	.105*	.156*
Eff(Sc)m	.406*	.452*	.432*	.398*	.360*	.352*	.342*	.351*	.356*	.366*	.366*	.387*
NC/Nt(%)	12.500*	6.250*	3.125*	15.625*	34.375*	53.125*	65.625*	59.375*	50.000*	37.500*	40.625*	28.125*
D S-K 1	.139*	.157*	.198*	.301*	.333*	.515*	.636*	.576*	.455*	.364*	.394*	.273*
D S-K 2	.121*	.061*	.110*	.152*	.333*	.515*	.636*	.576*	.455*	.364*	.394*	.273*
D S-K 3	.121*	.080*	.087*	.152*	.333*	.515*	.636*	.576*	.455*	.364*	.394*	.273*
NOCON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

18

ESTACION : LLAMA

DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL

No.DE ANYOS : 35 PERIODO : 1964-1998
 No Total Ceros= 43 PRECIP.CERO < = .127 mm (0.005 in = 0. mm)
 No Total Datos= 420 Nct/(Nct+Nwt) = 10.24 %

PARAMETROS ESTADISTICOS CALCULADOS

VALORES MULTIANUALES :

XMEAN = 752.888 XMOD = 615.897 XSHAP = 5.4959
 XSCAL = 136.992 XKNO = .8180 XCVAR = .4266

MES	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUBR	NOVIEM	DICIEM
* MEDIA	86.977*	134.429*	185.851*	129.606*	46.471*	8.723*	6.166*	11.189*	22.191*	40.886*	33.640*	46.760*
* DES.STD.	57.002*	83.528*	138.236*	96.981*	72.060*	10.098*	8.452*	13.604*	22.376*	32.058*	21.732*	42.415*
* SHAPE 1	2.328*	2.590*	1.808*	1.786*	.416*	.746*	.532*	.676*	.984*	1.627*	2.396*	1.215*
* SCALE 1	37.357*	51.901*	102.820*	72.569*	111.738*	11.690*	11.587*	16.540*	22.561*	25.137*	14.040*	38.474*
* MODE 1	49.620*	82.528*	83.031*	57.037*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	15.749*	19.600*	8.286*
* CV 1	.655*	.621*	.744*	.748*	1.551*	1.158*	1.371*	1.216*	1.008*	.784*	.646*	.907*
* SHAPE 2	1.381*	2.759*	2.211*	1.705*	.735*	.482*	.455*	.511*	.805*	1.422*	1.994*	.996*
* SCALE 2	62.988*	48.719*	84.068*	76.001*	63.214*	18.194*	13.660*	21.967*	27.584*	28.744*	16.873*	46.936*
* MODE 2	23.992*	85.710*	101.784*	53.605*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	12.141*	16.767*	.000*
* CV 2	.851*	.602*	.673*	.766*	1.166*	1.441*	1.482*	1.399*	1.115*	.838*	.708*	1.002*
* K 2	.276*	.638*	.548*	.414*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.297*	.498*	.000*
* SHAPE 3	1.287*	2.756*	2.206*	1.697*	.676*	.249*	.195*	.297*	.679*	1.410*	1.987*	.930*
* SCALE 3	67.592*	48.771*	84.256*	76.384*	68.728*	35.077*	31.731*	37.739*	32.675*	28.991*	16.926*	50.279*
* MODE 3	19.380*	85.658*	101.595*	53.222*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	11.894*	16.714*	.000*
* CV 3	.882*	.602*	.673*	.768*	1.216*	2.005*	2.267*	1.836*	1.213*	.842*	.709*	1.037*
* K 3	.223*	.637*	.547*	.411*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.291*	.497*	.000*
* Eff(Sh)m	.458*	.656*	.601*	.531*	.291*	.121*	.095*	.142*	.292*	.482*	.573*	.369*
* Eff(Sc)m	.555*	.697*	.655*	.604*	.454*	.372*	.362*	.381*	.454*	.571*	.635*	.499*
* NC/Nt(%)	2.857*	.000*	.000*	.000*	2.857*	34.286*	42.857*	28.571*	8.571*	.000*	.000*	2.857*
* D S-K 1	.077*	.081*	.082*	.076*	.172*	.333*	.417*	.278*	.083*	.071*	.134*	.075*
* D S-K 2	.139*	.077*	.111*	.078*	.076*	.333*	.417*	.278*	.102*	.061*	.126*	.077*
* D S-K 3	.147*	.076*	.111*	.078*	.059*	.333*	.417*	.278*	.136*	.062*	.126*	.082*
* NOCON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

20

ESTACION : SANTA CRUZ

DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL

No.DE ANYOS : 26 PERIODO : 1964-1998
 No Total Ceros= 26 PRECIP.CERO < = .127 mm (0.005 in = 0. mm)
 No Total Datos= 312 Nct/(Nct+Nwt) = 8.33 %

PARAMETROS ESTADISTICOS CALCULADOS

VALORES MULTIANUALES :

XMEAN = 687.192 XMOD = 557.253 XSHAP = 5.2886
 XSCAL = 129.939 XKNO = .8109 XCVAR = .4348

* MES	* ENERO	* FEBRER	* MARZO	* ABRIL	* MAYO	* JUNIO	* JULIO	* AGOSTO	* SETIEM	* OCTUBR	* NOVIEM	* DICIEM
* PARAMETRO*												
* MEDIA	52.331*	61.477*	123.262*	122.746*	46.508*	25.119*	10.123*	25.381*	55.465*	82.415*	50.938*	31.427*
* DES.STD.	30.463*	35.216*	97.695*	147.382*	27.330*	33.991*	12.650*	22.808*	47.903*	69.591*	33.480*	24.909*
* SHAPE 1	2.951*	3.048*	1.592*	.694*	2.896*	.546*	.640*	1.238*	1.341*	1.403*	2.315*	1.592*
* SCALE 1	17.733*	20.173*	77.431*	176.963*	16.060*	45.996*	15.807*	20.495*	41.372*	58.762*	22.005*	19.742*
* MODE 1	34.598*	41.304*	45.830*	.000*	30.448*	.000*	.000*	4.886*	14.094*	23.653*	28.933*	11.684*
* CV 1	.582*	.573*	.793*	1.201*	.588*	1.353*	1.250*	.899*	.864*	.844*	.657*	.793*
* SHAPE 2	1.068*	1.329*	1.957*	1.081*	1.199*	.464*	.542*	.679*	1.628*	.898*	1.397*	1.140*
* SCALE 2	48.115*	46.267*	62.986*	113.506*	38.798*	54.142*	18.733*	37.382*	34.077*	91.799*	36.473*	27.577*
* MODE 2	4.225*	15.214*	60.275*	9.242*	7.714*	.000*	.000*	.000*	21.389*	.000*	14.469*	3.854*
* CV 2	.959*	.867*	.715*	.962*	.913*	1.467*	1.358*	1.213*	.784*	1.055*	.846*	.937*
* K 2	.081*	.247*	.489*	.075*	.166*	.000*	.000*	.000*	.386*	.000*	.284*	.123*
* SHAPE 3	.932*	1.217*	1.951*	.990*	1.100*	.295*	.326*	.508*	1.618*	.768*	1.279*	1.046*
* SCALE 3	56.160*	50.523*	63.195*	123.947*	42.286*	65.047*	31.075*	50.008*	34.274*	107.263*	39.823*	30.041*
* MODE 3	.000*	10.950*	60.067*	.000*	4.219*	.000*	.000*	.000*	21.191*	.000*	11.113*	1.385*
* CV 3	1.036*	.907*	.716*	1.005*	.954*	1.840*	1.752*	1.404*	.786*	1.141*	.864*	.978*
* K 3	.000*	.178*	.487*	.000*	.091*	.000*	.000*	.000*	.382*	.000*	.218*	.044*
* Eff(Sh)m	.369*	.443*	.568*	.385*	.420*	.142*	.155*	.230*	.518*	.321*	.456*	.409*
* Eff(Sc)m	.499*	.546*	.631*	.509*	.531*	.381*	.367*	.422*	.596*	.471*	.554*	.525*
* NC/Nt (%)	7.692*	3.846*	.000*	3.846*	3.846*	23.077*	26.923*	15.385*	.000*	7.692*	3.846*	3.846*
* D S-K 1	.179*	.130*	.090*	.253*	.147*	.222*	.259*	.148*	.097*	.110*	.082*	.095*
* D S-K 2	.255*	.188*	.125*	.194*	.179*	.222*	.259*	.159*	.115*	.150*	.167*	.105*
* D S-K 3	.269*	.201*	.124*	.186*	.186*	.222*	.259*	.191*	.115*	.177*	.182*	.114*
* NOCON	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

ESTACION : HUAMBOS

DATOS DE PRECIPITACION MENSUAL

No.DE ANYOS : 30 PERIODO : 1964-1999
 No Total Ceros= 20 PRECIP.CERO < = .127 mm (0.005 in = 0. mm)
 No Total Datos= 360 NCT/(Nct+Nwt) = 5.56 %

PARAMETROS ESTADISTICOS CALCULADOS

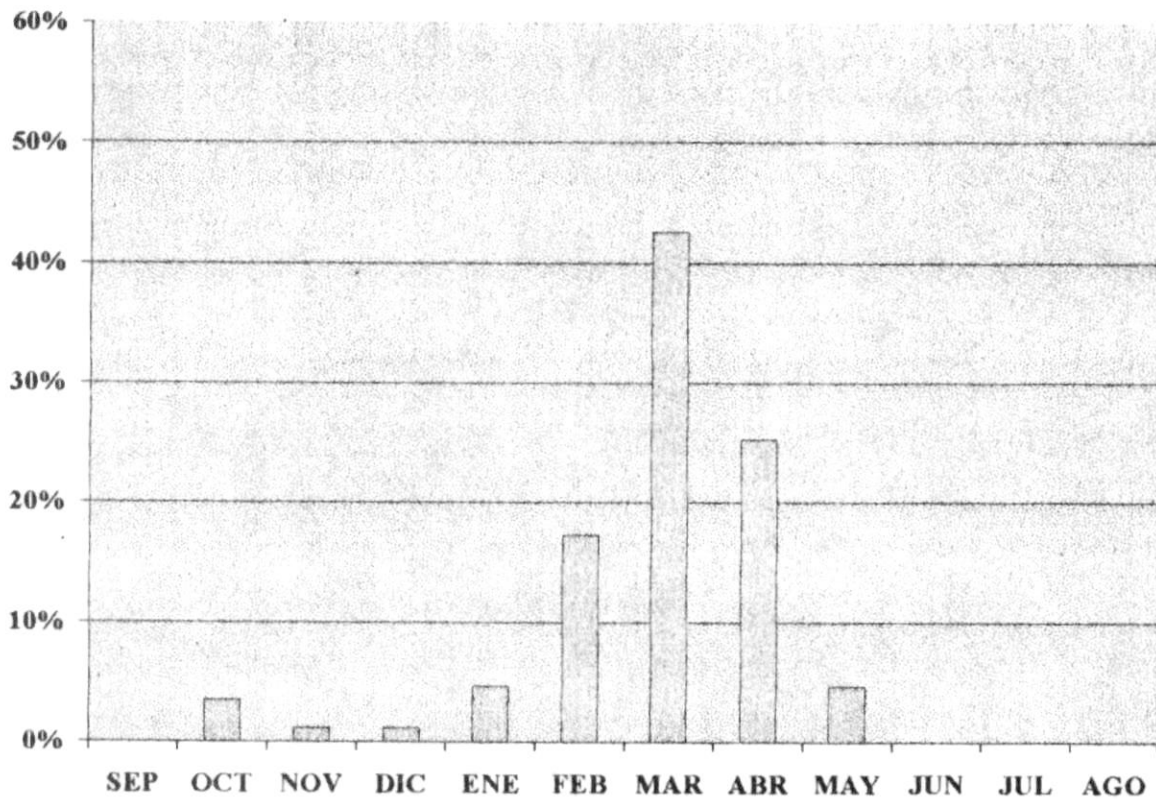
VALORES MULTIANUALES :

XMEAN = 669.233 XMOD = 561.266 XSHAP = 6.1985
 XSCAL = 107.967 XKNO = .8387 XCVAR = .4017

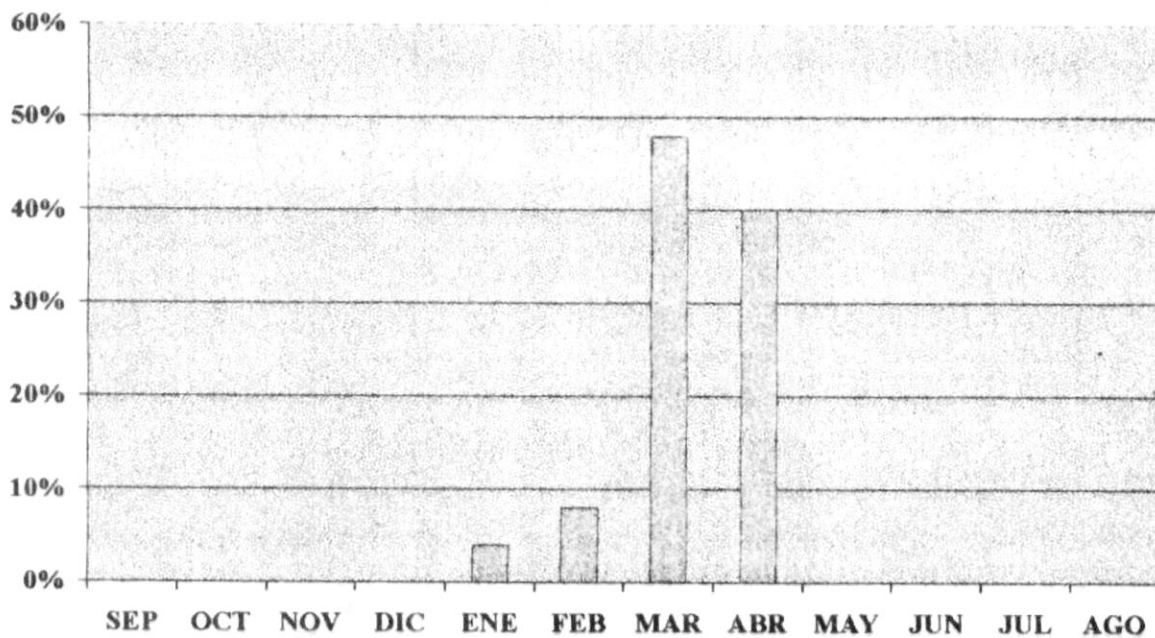
MES	ENERO	FEBRER	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEM	OCTUBR	NOVIEM	DICIEM
PARAMETRO*												
MEDIA	51.040*	70.373*	86.093*	94.480*	48.300*	21.517*	21.833*	33.287*	60.510*	82.753*	55.103*	43.943*
DES.STD.	39.353*	45.817*	70.727*	54.374*	35.976*	27.488*	17.753*	34.348*	53.265*	55.272*	34.287*	42.180*
SHAPE 1	1.682*	2.359*	1.482*	3.019*	1.802*	.613*	1.513*	.939*	1.291*	2.242*	2.583*	1.085*
SCALE 1	30.342*	29.829*	58.103*	31.293*	26.797*	35.116*	14.435*	35.444*	46.887*	36.917*	21.334*	40.487*
MODE 1	20.698*	40.544*	27.990*	63.187*	21.503*	.000*	7.399*	.000*	13.623*	45.836*	33.770*	3.456*
CV 1	.771*	.651*	.822*	.576*	.745*	1.278*	.813*	1.032*	.880*	.668*	.622*	.960*
SHAPE 2	.902*	1.820*	1.905*	2.288*	1.354*	.668*	.690*	.590*	1.013*	1.965*	2.469*	.898*
SCALE 2	56.600*	38.677*	45.189*	41.298*	35.669*	32.228*	31.690*	56.426*	59.745*	42.114*	22.314*	48.952*
MODE 2	.000*	31.696*	40.904*	53.182*	12.635*	.000*	.000*	.000*	.769*	40.639*	32.789*	.000*
CV 2	1.053*	.741*	.724*	.661*	.859*	1.223*	1.204*	1.302*	.994*	.713*	.636*	1.055*
K 2	.000*	.450*	.475*	.563*	.262*	.000*	.000*	.000*	.013*	.491*	.595*	.000*
SHAPE 3	.787*	1.812*	1.898*	2.283*	1.254*	.517*	.504*	.428*	.938*	1.959*	2.466*	.783*
SCALE 3	64.871*	38.838*	45.352*	41.381*	38.508*	41.644*	43.320*	77.714*	64.540*	42.252*	22.349*	56.086*
MODE 3	.000*	31.536*	40.741*	53.099*	9.790*	.000*	.000*	.000*	.000*	40.501*	32.755*	.000*
CV 3	1.127*	.743*	.726*	.662*	.893*	1.391*	1.409*	1.528*	1.033*	.715*	.637*	1.130*
K 3	.000*	.448*	.473*	.562*	.203*	.000*	.000*	.000*	.000*	.489*	.594*	.000*
Eff(Sh)m	.327*	.549*	.561*	.610*	.451*	.234*	.229*	.199*	.371*	.570*	.629*	.326*
Eff(Sc)m	.474*	.617*	.626*	.661*	.551*	.424*	.421*	.406*	.500*	.632*	.676*	.473*
NC/Nt(%)	6.667*	.000*	.000*	.000*	3.333*	13.333*	16.667*	16.667*	3.333*	.000*	.000*	6.667*
D S-K 1	.125*	.131*	.108*	.100*	.077*	.129*	.161*	.161*	.080*	.117*	.090*	.077*
D S-K 2	.128*	.157*	.153*	.123*	.066*	.129*	.161*	.161*	.094*	.095*	.083*	.096*
D S-K 3	.151*	.157*	.153*	.123*	.082*	.163*	.188*	.161*	.111*	.095*	.063*	.124*
NOCON	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

22

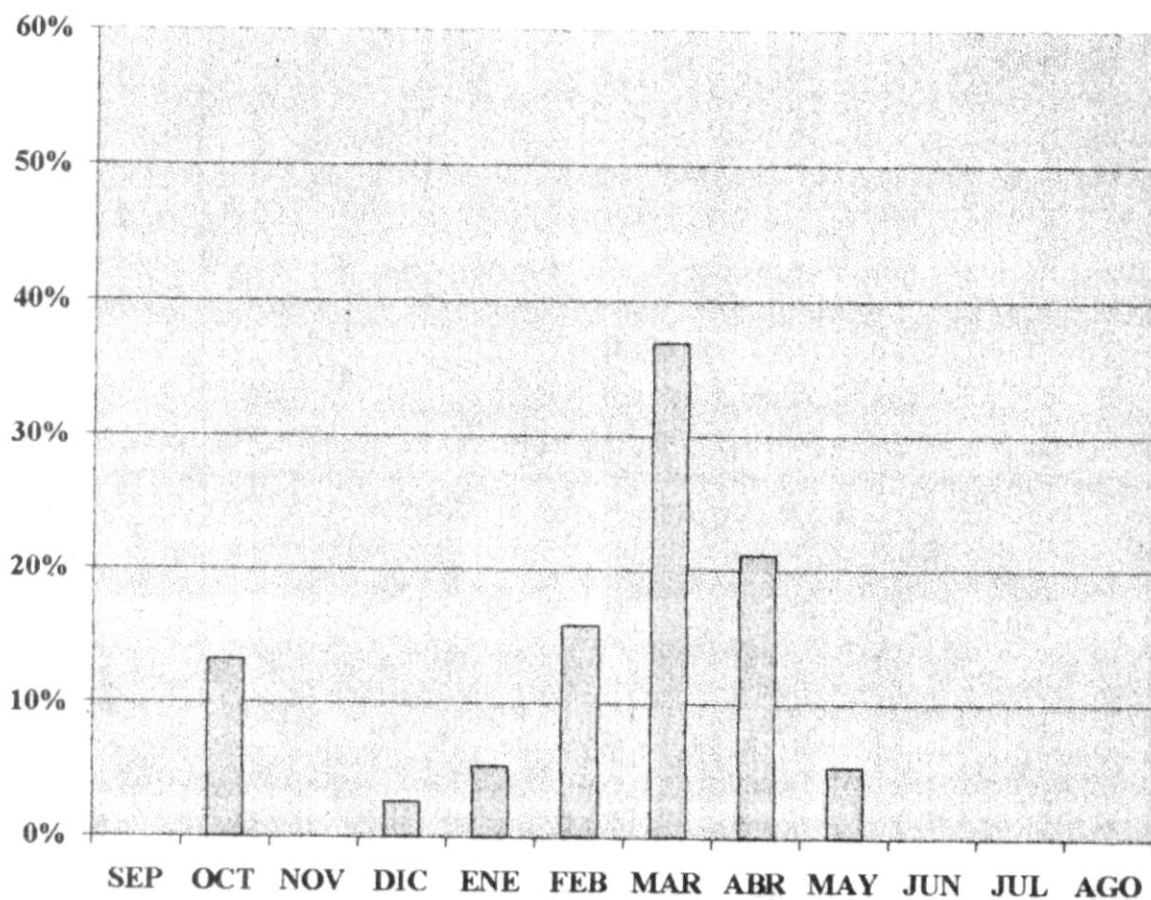
**Fig. N° 5.1 ESTACION: CARHUAQUERO-RACARUMI
HISTOGRAMA MENSUAL DE OCURRENCIA DE EVENTOS MAXIMOS
ANUALES**



**Fig. N° 5.2 ESTACION: EL CIRUELO
HISTOGRAMA MENSUAL DE OCURRENCIA DE EVENTOS MAXIMOS
ANUALES**



**Fig. N° 5.3 ESTACION: PUCHACA
HISTOGRAMA MENSUAL DE OCURRENCIA DE EVENTOS MAXIMOS
ANUALES**



REGIONAL ANALYSIS, L-MOMENT PLOTTING POSITION PARAMETERS -.3500 .0000

SITE	()	NAME	N=	L-MOMENT RATIOS						
SITE 1	(1)	RACARUMI CHANCAY-LAMB	N= 87	L-MOMENT RATIOS	181.99	56.3743	.3470	.3069	.2234	
SITE 2	(2)	PAMPALARGA JEQUETEPEQUE	N= 24	L-MOMENT RATIOS	243.20	99.8416	.2965	.1359	.0982	
SITE 3	(3)	EL CIRUELO CHIRA	N= 25	L-MOMENT RATIOS	675.74	223.2462	.2248	.0349	-.0080	
SITE 4	(4)	PUCHACA LA LECHE	N= 38	L-MOMENT RATIOS	57.92	21.6904	.4469	.2977	.1704	

REGIONAL AVERAGE L-MOMENT RATIOS 1.0000 .3408 .3443 .2422 .1613

REGIONAL WAKEBY PARAMETERS .2474 .9679 3.0086 .3818 .2529

SITE NUMBER	QUANTILES									
	.1000	.2000	.5000	.8000	.9000	.9500	.9800	.9900	.9990	.9999
REGION	.38	.49	.82	1.33	1.76	2.28	3.12	3.90	7.72	14.57
1	68.36	89.61	148.95	241.15	320.64	414.95	567.82	709.42	1405.36	2651.31
2	91.35	119.75	199.05	322.26	428.50	554.53	758.82	948.06	1878.10	3543.16
3	253.81	332.74	553.06	895.41	1190.60	1540.76	2108.39	2634.20	5218.32	9844.72
4	21.76	28.52	47.41	76.75	102.06	132.07	180.73	225.80	447.31	843.89

5.3 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

En el Gráfico N° 5.3 se grafican las evoluciones de las temperaturas superficiales de mar para los siguientes años hidrológicos:

1925/26	Año Niño
1930/31	Año "Normal"
1972/73	Año Niño
1982/83	Año Niño
1997/98	Año Niño

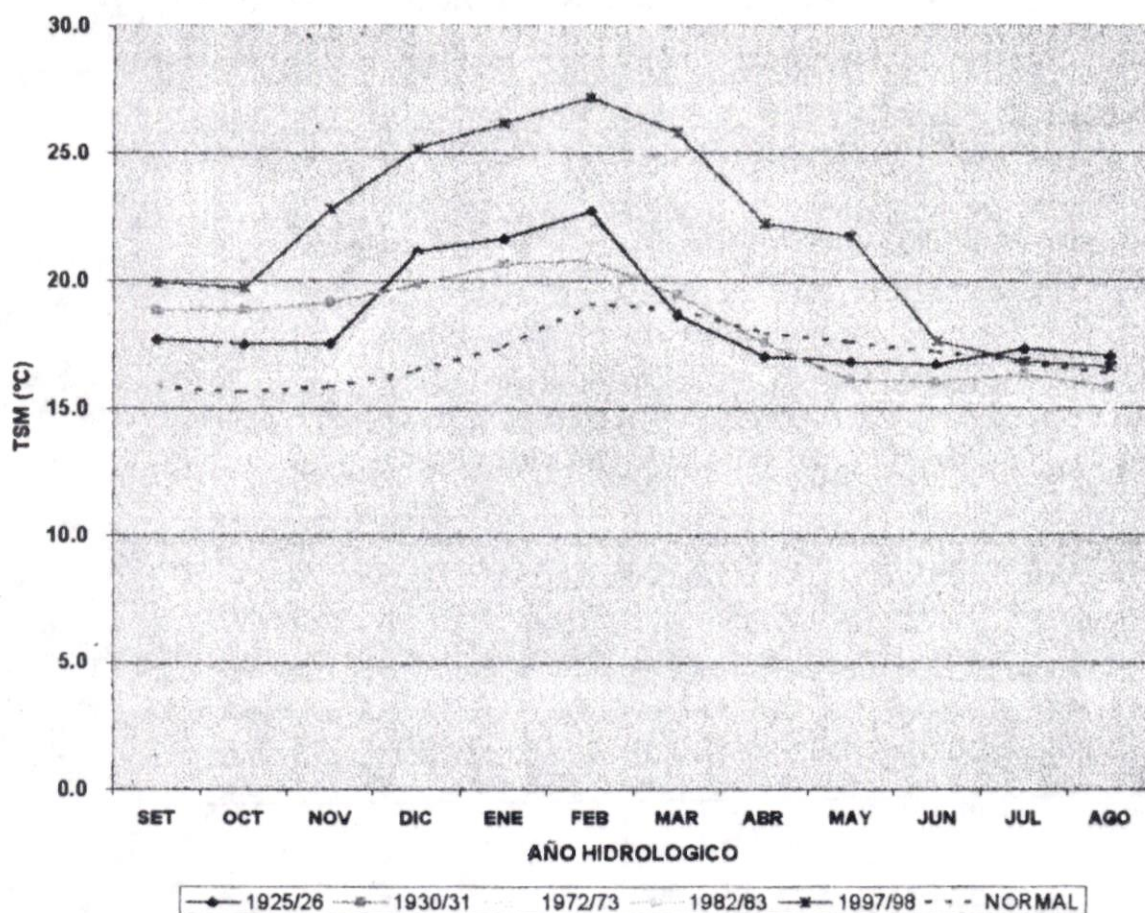
Se observa que los mayores valores absolutos para los meses de Septiembre a Marzo ocurrieron en el evento Niño 1997/98. Los mayores valores absolutos para los meses de Abril a Agosto ocurrieron durante el evento 1982/83.

De los eventos graficados se puede observar también que, a excepción del evento 1997/98, las anomalías respecto a las condiciones "normales" en los meses de inicio del año hidrológico (Septiembre, Octubre, Ver Cuadro N° 5.2) no proporcionan mayor información respecto a la evolución e intensidad del fenómeno que se avecina. Obsérvese como ejemplo la TSM para el año 1930/31.

En el Cuadro N° 3 se observa que la mayor desviación respecto a su valor mensual previo ocurrió en el año 1925/26 (Diciembre 1925), año catalogado como Niño de intensidad notable.

Se adjunta además un cuadro donde muestran los resultados para el análisis de máximos de las estaciones de Racarumi del Río Chancay-Lambayeque y Pampalarga del río Jequetepeque. En el se señalan los cuantiles correspondientes a las probabilidades de excedencia.

Fig. N° 5.3. ESTACION: CHICAMA
EVOLUCION DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM, °C)



CUADRO N° 5.1. ESTACION CHICAMA
TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR Y SUS VALORES "NORMALES"

AÑO HIDROL.	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1925 1926	17.7	17.5	17.5	21.1	21.6	22.7	18.6	17.0	16.8	16.7	17.3	17.0
1930 1931	18.8	18.8	19.1	19.8	20.6	20.8	19.4	17.5	16.1	16.0	16.3	15.8
1972 1973	17.2	16.2	16.4	20.9	21.2	20.9	17.6	16.3	15.5	15.3	15.3	15.1
1982 1983	15.9	18.0	20.8	23.0	24.7	25.4	24.7	26.6	27.1	26.5	20.3	17.7
1997 1998	19.9	19.7	22.8	25.2	26.2	27.2	25.8	22.2	21.7	17.6	16.8	16.6
"NORMALES"	15.85	15.66	15.86	16.50	17.41	19.05	18.85	17.94	17.58	17.18	16.78	16.33

Dirección General de Hidrología, SENAMHI

**CUADRO N° 5.2. ESTACION CHICAMA
ANOMALIAS DE LA TSM RESPECTO A SUS VALORES "NORMALES"**

AÑO HIDROL.		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1925	1926	+1.8	+1.8	+1.6	+4.6	+4.2	+3.6	-0.3	-0.9	-0.8	-0.5	+0.5	0.7
1930	1931	+2.9	+3.1	+3.2	+3.3	+3.2	+1.7	+0.5	-0.4	-1.5	-1.2	-0.5	-0.5
1972	1973	+1.3	+0.5	+0.5	+4.4	+3.8	+1.8	-1.3	-1.6	-2.1	-1.9	-1.5	-1.2
1982	1983	0.0	+2.3	+4.9	+6.5	+7.3	+6.3	+5.8	+8.7	+9.5	+9.3	+3.5	1.4
1997	1998	+4.0	+4.0	+6.9	+8.7	+8.8	+8.1	+6.9	+4.3	+4.1	+0.4	0.0	+0.3

Dirección General de Hidrología, SENAMHI

**CUADRO N° 5.3. ESTACION CHICAMA
EVOLUCION DE LAS VARIACIONES DE LAS TSM RESPECTO A SUS
VALORES MENSUALES ANTERIORES**

AÑO HIDROL.		SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
1925	1926	-1.0	-0.2	0.0	+3.6	+0.5	+1.1	-4.1	-1.6	-0.2	-0.1	+0.6	-0.3
1930	1931	+0.5	0.0	+0.3	+0.7	+0.8	+0.2	-1.4	-1.9	-1.4	-0.1	+0.3	-0.5
1972	1973	-1.1	-1.0	+0.2	+4.5	+0.3	-0.3	-3.3	-1.3	-0.8	-0.2	0.0	-0.2
1982	1983	-0.2	+2.1	+2.8	+2.2	+1.7	+0.7	-0.7	+1.9	+0.5	-0.6	-6.2	-2.6
1997	1998	-2.0	-0.2	+3.1	+2.4	+1.0	+1.0	-1.4	-3.6	-0.5	-4.1	-0.8	-0.2
"NORMALES"		-0.5	-0.2	+0.2	+0.6	+0.9	+1.6	-0.2	-0.9	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5

Dirección General de Hidrología, SENAMHI

6. CONCLUSIONES PRELIMINARES

- Los resultados preliminares para las estaciones pluviométricas analizadas vislumbran dos áreas principales de diferente régimen pluviométrico:

Una relativa a un régimen árido (Lambayeque, Reque, Chiclayo, Ferreñafe, Cayaltí, Tinajones), con valores modales nulos en precipitaciones, salvo en los eventos "El Niño" donde las precipitaciones son muy fuertes; y otra zona con influencia de parte de la actividad de tormentas provenientes de la Amazonía. Se deduce también una zona de transición entre estas.

- Se observa claramente la influencia de las variables oceanográficas, como es el caso de la temperatura superficial del mar, en el régimen de precipitaciones de las áreas costeras.
- Se observan comportamientos unimodales en los histogramas de frecuencias de las descargas máximas anuales (Carhuaquero y El Ciruelo), sin embargo para Para el presente estudio se utilizó el criterio del histograma mensual de ocurrencia para la detección de poblaciones no homogéneas dentro de las series de descargas máximas.
- Resulta obvio que la vigilancia de la presencia de un evento "El Niño" y su pronóstico mediante anomalías resulta insuficiente.

Referencias

- Cunnane, C. (198): *Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis*. WMO N° 718, Geneva.
- Dracup, J. A & Kahya, E., 1994 - The Relationships between U.S. Streamflow and La Niña Events. *Water Resources Research*, 30(7): 2133-2141.
- Huamani, J.C. (1993): Estudio del Régimen de Lluvias de una Zona Semiárida del Perú. III Congreso Colombiano de Meteorología, Santafé de Bogotá, 22 - 24 de Marzo.
- Kahya, E. & Dracup, J. A, 1993 - US Streamflow Patterns in Relation to the El Niño/Southern Oscillation. *Water Resources Research*, 29(8): 2491-2503.
- Mosino, P.A.; Garcia, E. (1979): 1972. Rainfall anomalies in Mexico and Central America. *Rvta Geofísica, IPGH, N°10-11*, pp 41-67.
- Murphy, A.H. and Katz, R.W. (1985): *Probability, statistics, and decision making in the atmospheric sciences*. Edited by Murphy and Katz, Westview Press/Boulder and London.
- Ozturk, Aydin (1981): On the study of a probability distribution for precipitation totals. *J. Appl. Meteor.*, 20, 1499-1505.
- Piechota, T. C., Dracup, J. A. & Gutierrez, F. (1998): Conexiones entre Caudales de Algunos Ríos de la Costa Norte y Central del Perú y El Niño. *Bull. Inst. fr. Études andines*, 27 (3), 829-838.
- Quinn, W., Neal, T. & Antunez de Mayolo, S. (1987): El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. *Journal of Geophysical Research*, 92 (C13): 14,449-14,461.
- Thom, H.C.S. (1958): A note on the gamma distribution. *Monthly Weather Rev.*, 86, 117-122.
- Valdivia Ponce, J. (1977): *Meteorología General*.
Dirección universitaria de Biblioteca y Publicaciones Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Peru.
- Waylen, P. R. & Caviedes, C. (1986): El Niño and Annual Floods on the North Peruvian Littoral. *Journal of Hydrology*, 89: 141-156.
- Wilks, Daniel S. (1990): Maximum likelihood estimation for the gamma distribution using data containing zeros. *J. of Climate*, 3, 1495-1501.

