

## INTRODUCCION

En la presente investigación denominada “El evento El Niño - Oscilación Sur 1997 -1998: su impacto en el departamento de Lambayeque”, se expone acerca de las alteraciones hidrometeorológicas producidas durante la fase bianual 1997 y 1998, así como sus impactos en el Perú y el departamento de Lambayeque.

Este documento consta de siete capítulos, desarrollándose en el primero algunas generalidades sobre el clima en el Perú y departamento de Lambayeque, de notables contrastes como en pocos países del planeta, destacando sus factores determinantes: la cordillera andina, el anticiclón del Pacífico sur, la corriente oceánica peruana de aguas frías, la extensa amazonía sudamericana y la contracorriente ecuatorial. En el segundo capítulo se explica la naturaleza del evento ENOS según sus procesos al interior del sistema acoplado océano atmosférico, especificando además la fase opuesta del episodio frío de la “Oscilación Sur” o evento “La Niña” en el océano Pacífico, realizando también un recuento breve de ENOS en la historia del Perú.

El tercer capítulo aborda los aspectos más notables que caracterizan al evento ENOS, básicamente circunscritos a la temperatura superficial del mar, temperatura superficial del aire y las precipitaciones. En el cuarto capítulo se exponen algunas posibles causas para la ocurrencia de ENOS, referidas a teorías oceano atmosféricas sobre la mecánica responsable de su origen y evolución, o las relacionadas con la actividad volcánica superficial, o la teoría ligada al incremento de la geodinámica interna en la cuenca oceánica del Pacífico y la actividad volcánica submarina generadora del evento ENOS tectónico 1997-1998 (hipótesis El Niño Tectónico), incluyendo además la teoría asociada a las fases de máxima actividad solar con sus manifestaciones de ráfagas y manchas solares.

El quinto capítulo narra el desarrollo ENOS 1997-1998 bajo una serie de aspectos referidos a su evolución en el sistema océano atmósfera, desde su fase temprana, fase madura y de máxima expansión, hasta su fase declinante extendida al Perú y Lambayeque: analizando su evolución en las escalas planetaria, sinóptica y mesoescala, pretendiendo ahondar a escala local o convectiva para explicar la anómala intensificación de las brisas oceánicas estacionales que adoptaron la magnitud de brisas tipo monzón por el debilitamiento de los Alisios en la costa norte peruana. En el sexto capítulo se sintetizan los impactos de los eventos ENOS en el Perú, mientras que el capítulo séptimo reseña los impactos ENOS 1997-1998 en el departamento Lambayeque, con especial énfasis a los referidos a la agricultura, transporte y vías de comunicación, daños en centros poblados urbano rurales, en los sistemas de agua potable y alcantarillado, impactos en el sector salud y medio ambiente e impactos socioeconómicos.

Finalmente, se establecen algunos resultados y recomendaciones derivadas de este documento, esperando sean asimilados en la adecuada orientación científica y técnica de las acciones de prevención ante los episodios hidrometeorológicos de intensidad extrema como el evento ENOS.

# EL EVENTO EL NIÑO OSCILACION SUR 1997-1998: SU IMPACTO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

## I. GENERALIDADES SOBRE EL CLIMA EN EL PERU Y LAMBAYEQUE

El Perú por ubicarse entre los 0°1'48" y 18°20'50" de latitud sur de la zona tropical o zona tórrida debería presentar un clima cálido lluvioso, tropical húmedo, dominante en gran parte de su amplitud espacial (incluso toda su región costera), similar a regiones brasileñas centro orientales y faja costera situadas entre sus ciudades costeras de Belén, Fortaleza, Recife, Salvador entre otras. Asimismo, muchas son las causas que influyen en la variabilidad meteorológica y diversidad de climas del Perú y su zona Norte, sin embargo, de acuerdo con los principales factores que se manifiestan e interactúan, existen factores modificadores determinantes para que se presenten contrastes notables como muy pocos países del planeta: la cordillera andina, el anticiclón del Pacífico sur, la corriente oceánica peruana de aguas frías, la extensa amazonía sudamericana y la contracorriente ecuatorial.

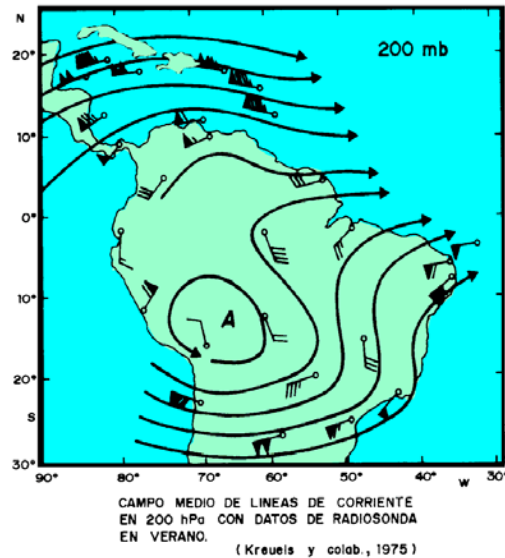
### 1.1 EL GRAN RELIEVE OROGRAFICO DETERMINADO POR LA CORDILLERA ANDINA

Que se constituye en una barrera natural para el continuo arribo a la costa peruana (ver FIGURA N°1) de las masas de aire cálido húmedo procedente de la amazonía (al departamento de Lambayeque desde el norte amazónico), regiones fisiográficas definidas por una gran estructura geológica compuesta de macizos cordilleranos que permiten el restringido y estacional desplazamiento de sistemas nubosos amazónicos, al igual que nubosidad generada en la sierra norte peruana hacia las zonas altoandinas de Lambayeque; y eventualmente sobre su costa, como remanentes nubosos generadores de lluvias ligeras aisladas, producto de las últimas fases evolutivas pluviales nororientales que permiten el establecimiento de características climáticas variables y singulares.



FIGURA N°1

Un aspecto asociado a la cordillera es el sistema meteorológico conocido como “Alta de Bolivia”, que aparece periódicamente en el verano austral expandiendo su ámbito a las regiones tropical y subtropical sudamericana, presentando en su circulación una notoria influencia de un anticiclón cuasi estacionario sobre el altiplano peruano boliviano (**ver FIGURA N°2**); análogamente a la meseta Tibetana, el altiplano actúa como fuente de calor en la tropósfera media, causando tormentas intensas y persistiendo este anticiclón en altura en toda la fase estival coadyuvado por el calor sensible y latente de la atmósfera. Sus rasgos fundamentales son: 1) sobre la tropósfera alta del altiplano, un anticiclón de núcleo cálido, 2) antes del mediodía cuando es mínima la nubosidad, se genera un elevado calentamiento de la meseta por acción de la radiación solar, 3) advección de aire relativamente húmedo desde el Este y Noreste; apareciendo intensa convección seguida de condensación y lluvias, suministrando la liberación de calor latente respectivamente, ideal mecanismo para preservar el anticiclón de núcleo cálido.

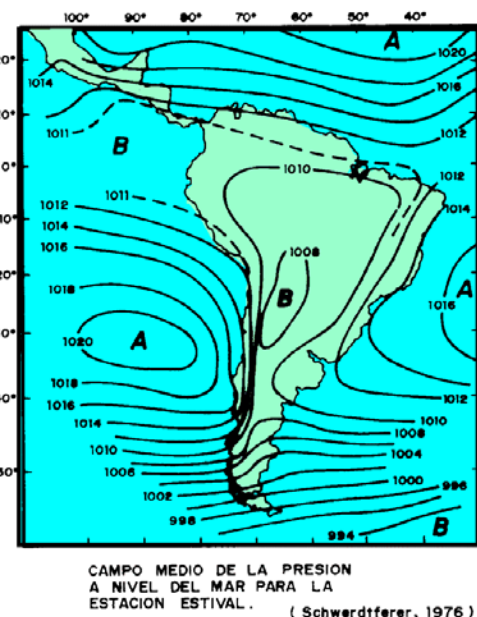


**FIGURA N°2**

## 1.2 LA PRESENCIA DEL SISTEMA ANTICICLÓNICO SUBTROPICAL DEL PACÍFICO SURORIENTAL

Sobre la zona suroriental del océano Pacífico (frente a la costa de Chile), con circulación antihoraria, recorriendo los vientos frente a la costa del Perú un sentido paralelo a ésta desde las componentes Sur - Sureste y configurándose en este anticiclón una circulación atmosférica divergente, que causa subsidencia atmosférica sobre la costa peruana (descenso del aire), el cual produce un calentamiento en sus niveles bajos (**ver FIGURA N°3**).

Esta situación asociada a la temperatura baja del mar peruano causa la formación de una capa de inversión térmica en la tropósfera baja, que persiste sobre toda la costa peruana en gran parte del año, con más intensidad en invierno y más débil en verano: característica atmosférica especial y notable en la costa peruana.



**FIGURA N°3**

### 1.3 LA CORRIENTE PERUANA O CORRIENTE MARINA DE HUMBOLDT

Que por proceder del continente antártico y desarrollar un desplazamiento de sur a norte presenta bajas temperaturas restringiendo la fuerte evaporación en nuestra costa (ver FIGURA N°4), restringiendo además las lluvias y determinando un clima templado en la costa del Perú, llegándose a observar en el departamento de Lambayeque temperaturas medias menores a 5°C con respecto a las observadas a similares latitudes, por ejemplo ciudades del Brasil situadas a iguales latitudes.



FIGURA N°4

Un aspecto ligado a esta corriente es el afloramiento o surgencia costera adyacente a la costa, donde las aguas subsuperficiales son transportadas a la superficie por movimientos ascendentes, toda vez que sobre la zona ecuatorial el flujo atmosférico del Este causa un transporte de Ekman oceánico hacia los polos y la divergencia de masa hacia la capa límite oceánica causa afloramiento de aguas con temperaturas relativamente más frías, "upwelling" (ver FIGURA N°5), las cuales ascienden desde niveles inferiores a la capa límite.

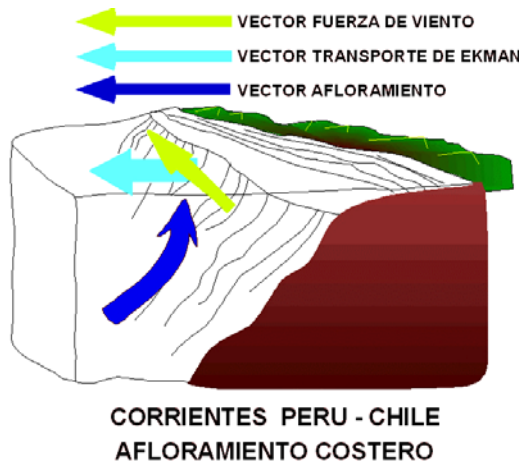
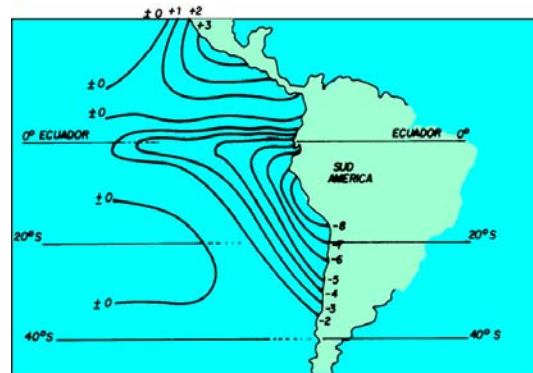


FIGURA N°5

La articulación de esta surgencia ecuatorial con la surgencia costera a lo largo del litoral occidental sudamericano, también causado por un transporte de Ekman, determinan la singular estructura térmica de la superficie del océano Pacífico, que fundamentalmente se distingue por presentar una faja de agua relativamente fría extendida junto a la costa y a lo largo del ecuador (ver FIGURA N°6).



PROMEDIO ANUAL DE LA ANOMALIA TERMICA DE LA SUPERFICIE DEL MAR, CON RESPECTO AL PROMEDIO LATITUDINAL (Perry, A. H. y J. M. Walker. 1977)

FIGURA N°6

#### **1.4 LA EXTENSA AMAZONÍA SUDAMERICANA**

La mayor cuenca hidrográfica del planeta, cubierta casi totalmente por bosques tropicales lluviosos en que constantemente se generan muchos procesos bioquímicos ligados a la dinámica atmosférica amazónica, en un escenario en rápida transformación; en principio pues la amazonía es una fuente importante de calor para la circulación general atmosférica, en segundo lugar, pues los bosques tienen un notable papel en la composición química de la atmósfera y consecuentemente, en el efecto térmico. Los Andes asociados a la amazonía son vitales para el origen y desarrollo de depresiones barométricas, surgiendo usualmente máximos de ciclogénesis a sotavento de los Andes, o sea la selva alta peruana, siendo también un área ciclogénica persistente la selva baja; registrándose además entre otras perturbaciones las Líneas de inestabilidad (bandas de lluvia) compuestas de conjuntos de cúmulonimbus de especial identidad en su tiempo de vida, variando desde pocas horas hasta un día; siendo además la biosfera amazónica un medio favorable para la dinámica de meso y micro escala, fundamentalmente asociado a Complejos Convectivos de Mesoescala (CCMs) o conjuntos de cúmulonimbus cubiertos por una densa capa de cirrus identificados en las imágenes satelitales como sistemas nubosos más o menos circulares y con crecimientos explosivos en intervalos de 6 a 12 horas.

Respecto a Lambayeque, los vientos húmedos atlánticos al ingresar desde el Este y Sureste y ser detenidos por la cordillera andina, originan intensas precipitaciones en el flanco oriental andino, generando la aparición de zonas con características de bosques tropicales lluviosos, típicos de las zonas de selva alta o montaña, como las ubicadas en inmediaciones de nuestra localidad de Kañaris muy cerca al departamento de Cajamarca; así, estos vientos cargados de humedad atlántica al ser detenidos e impedidos de alcanzar fácilmente nuestra vertiente occidental, descargan grandes cantidades pluviales en esa vertiente oriental, o nuestras restringidas zonas de amazonía alta, restringiéndose además en cierto modo las lluvias en Lambayeque.

#### **1.5 LA CONTRACORRIENTE ECUATORIAL**

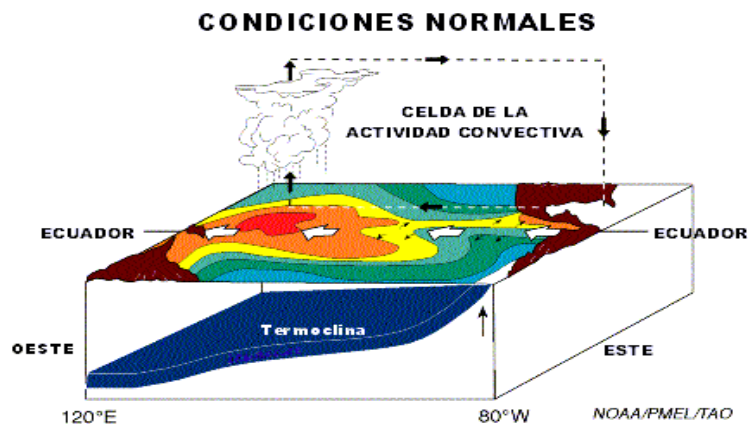
Que influye muy notablemente en el clima de su costa norte al elevar periódicamente las temperaturas del aire hacia fines de año, provocando además la inestabilidad atmosférica y coadyuvante en la recurrente manifestación de precipitaciones en los meses de verano (**ver FIGURA N°4**).

## II. NATURALEZA DEL EVENTO EL “NIÑO-OSCILACION SUR” (ENOS) Y EL EPISODIO FRIO “LA NIÑA”

### 2.1 EL EVENTO EL NIÑO-OSCILACION SUR (ENOS)

En general, el evento “El Niño” (EN) se define como la persistente elevación de la temperatura superficial del mar y el debilitamiento de los vientos alisios en el Pacífico ecuatorial central y oriental, durante al menos por 04 meses consecutivos, asociándose el desplazamiento hacia el Este de los sistemas convectivos y las precipitaciones predominantes en el Pacífico ecuatorial occidental; considerándose su tiempo de retorno entre los 3 y 7 años, con un tiempo de duración entre 12 y 18 meses, acompañado por un cambio o perturbación en la “Oscilación del Sur” (OS): de allí que el nombre de esta variación del sistema acoplado océano atmosférico derive de la fusión de EN y la OS, conociéndose la como ENOS o ENSO (por sus siglas en inglés).

Normalmente en el océano Pacífico ecuatorial el equilibrio del sistema acoplado atmósfero oceánico presenta dos regiones con características muy distintas como se puede notar en la **FIGURA N°7**, caracterizándose su sector occidental o región cercana a Australia por la presencia de masas de aguas relativamente cálidas (conocida como “piscina de agua cálida”) mostradas en color rojo, mientras que cerca a las costas de Sudamérica las temperaturas son más frías, mostradas en color azul; dominando en estas regiones los vientos Alisios, que fluyen de Este a Oeste (mostrados en vectores de color blanco), los cuales mantienen confinada el agua cálida cerca a Australia. Además, en este sector occidental destacan los intensos procesos convectivo pluviales y bajas presiones: como lo denota la estación Darwin en Australia. De otro lado periódicamente en años normales, cerca a la navidad, un flujo de aguas cálidas proveniente de esta “piscina”, asociada a la contracorriente ecuatorial, alcanza la costa central occidental sudamericana, es decir el litoral sur del Ecuador y litoral norte del Perú; ello pues el “Frente” oceánico entre Galápagos y Sudamérica se quiebra y desplaza, permitiendo el transporte de ese delgado estrato de agua cálida, generando así inocuas lluvias en el verano austral: esta mecánica originada por esa periódica situación atmósfera oceánica también se conoce como “corriente de El Niño”.

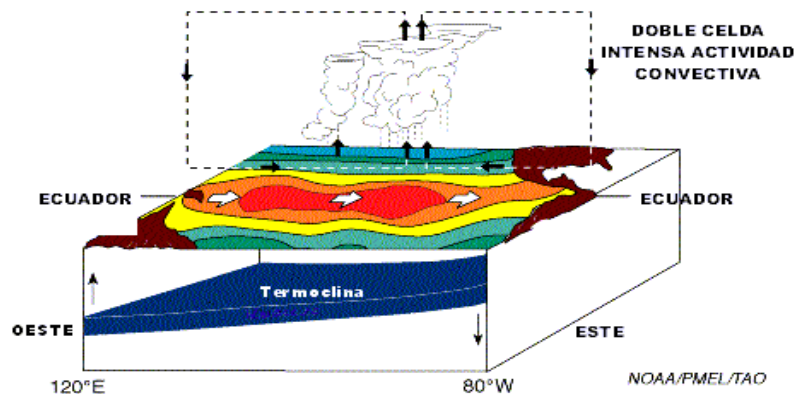


Cuando aumenta el transporte que normalmente ofrece la anterior citada corriente, por colapso de la intensidad de los Alisios del SE (que conducen



agua marina superficial hacia el Oeste y mantiene la acumulación de agua cálida en el Pacífico occidental): los Alisios tienden a fluir en sentido opuesto, de Oeste a Este, y consecuentemente, el agua cálida cerca a Australia al no poder mantenerse en esa región tiende a extenderse hacia el Este, pudiendo alcanzar el litoral occidental Sudamericano, como se ve en la **FIGURA N°8**. El reforzamiento o intensificación de corrientes ecuatoriales del Oeste se genera bajo la mecánica de ondas ecuatoriales Kelvin, desplazando este manto o acumulación de agua cálida en el litoral sudamericano, causando en el verano austral el dramático e impactante evento “El Niño-Oscilación Sur” (ENOS), cuyas características más notables son elevar la temperatura superficial del mar en el Pacífico Oriental y la temperatura del aire en las costas de Ecuador y Perú (en especial su zona norte), produciendo gran inestabilidad en su tropósfera baja y media con intensa actividad atmosférica, por desplazamiento hacia el Este de las zonas lluviosas que normalmente se ubican sobre las zonas de aguas cálidas cerca a Australia, generándose mayores cantidades de nubes convectivas, como grandes y espectaculares regímenes hidrológicos, como durante los eventos extraordinarios 1982-1983 y 1997-1998.

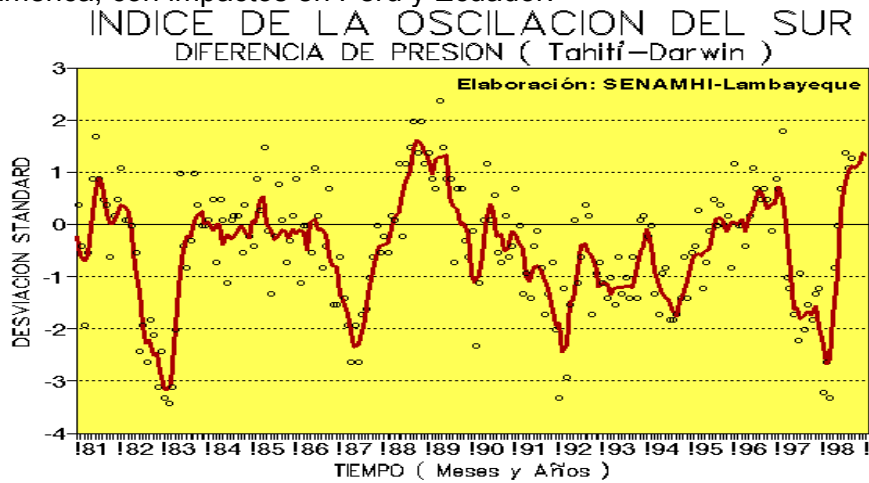
**CONDICIONES "EL NIÑO - OSCILACION SUR"**



**FIGURA N°8**

Consistente con el cambio de sentido de los Alisios, las presiones atmosféricas también cambian notablemente. Asociándose además al evento “El Niño” el término Oscilación Sur (OS), al revelar la presión atmosférica un descenso en el Pacífico oriental, o sea frente a la costa occidental de Sudamérica en que habitualmente predominan valores altos (normalmente allí la presión es mayor a la observada cerca a Australia, compatible con los Alisios del Este hacia el Oeste, pues éstos fluyen de las zonas de mayor presión atmosférica hacia las de menor presión). Simultáneamente se inicia un incremento barométrico en el Pacífico occidental y continente Australiano (en que normalmente la presión atmosférica presenta bajos valores), registrándose además un flujo de vientos del oeste hacia el este; conociéndose a esta temporal variación de la diferencia de presión a nivel del mar entre la región del Pacífico suroriental (estación meteorológica en la isla TAHITI) y la región occidental (estación de DARWIN, Australia), como OS-Oscilación Sur o Austral (ver **FIGURA N°9** en que se definen las variaciones mensuales- anuales de estos cambios en las presiones atmosféricas). Habiendo sido J. Bjerknes en 1960 quién asoció la OS a los eventos “El Niño”, denominando a estos aspectos como “El Niño-Oscilación Sur” (ENOS), pues históricamente antes la llamada OS no se asociaba a “El Niño”; generando así

esta variación barométrica los citados cambios, es decir alterando el régimen de vientos en la región ecuatorial y notablemente reduciendo su velocidad o encalmándolos: favoreciendo el avance de aguas oceánicas más cálidas a Sudamérica, con impactos en Perú y Ecuador.



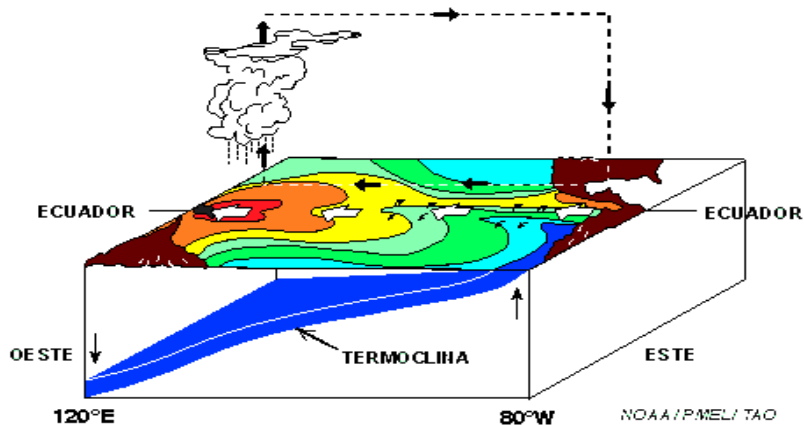
**FIGURA N°9**

En la anterior **FIGURA N°9** se aprecia que durante 1823-1824, 1877, 1925 y 1977-1978, años en que se produjeron eventos ENOS, el Índice de OS registró valores negativos, evidenciándose así que la presión atmosférica en DARWIN fue mayor a TAHITI. También se nota el carácter oscilatorio de esta diferencia de presiones, por ello a tales variaciones se le denomina Oscilación Sur pues sus mayores fluctuaciones se manifiestan en el hemisferio sur.

## 2.2 LA FASE FRIA DE LA "OSCILACION SUR" O EVENTO "LA NIÑA"

El episodio frío del océano Pacífico, o evento "La Niña", es el enfriamiento anómalo de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial central y oriental; "La Niña" el proceso opuesto a ENOS, pues las temperaturas superficiales del mar en esta región que normalmente promedian 25°C, durante el evento "La Niña" disminuyen hasta 23° y 22°C, extendiéndose las aguas más frías como una estrecha faja con una amplitud cercana a 10° de latitud sobre la línea ecuatorial, desde las costas del Perú hasta cerca de 180° de longitud en el Pacífico central (ver **FIGURA N°10**) por el reforzamiento de los Alisios.

### CONDICIONES " LA NIÑA "



**FIGURA N°10**



Nombres como anti ENOS o "El Viejo" también se usaron para referirse a este evento, más el término "Niña" se impuso; según investigaciones, eventos "La Niña" ocurrieron en 1904-1905, 1908-1909, 1910-1911, 1916-1917, 1924-1925, 1928-1929, 1938-1939, 1950-1951, 1955-1956, 1964-1965, 1970-1971, 1973-1974, 1975-1976, 1988-1989, 1995-1996 y el evento persistente 1998-2001. Similar al ENOS, "La Niña" también varía en intensidad, destacando como caso ejemplar de esa variación el intenso episodio 1988-1989 respecto al débil episodio 1995-1996: en el intenso evento 1988-1989 el enfriamiento de las aguas superficiales fue más lento, demorando dos meses para que la temperatura superficial del Pacífico disminuya 3,5°C; destacando además el desarrollo similar notado en el Pacífico Tropical a inicios del evento 1998-2001, aunque el enfriamiento se produjo aceleradamente en un mes.

En eventos "La Niña" los Alisios son más intensos que su media normal, la OS presenta valores positivos, indicando la intensificación de la presión en el Pacífico central y oriental respecto a la presión en el Pacífico occidental (ver **FIGURA N°9**); iniciando en general el desarrollo del evento a mediados de año, alcanzando su máxima intensidad a fines del mismo año y acabando su evolución a mediados del siguiente año. Según análisis históricos de caracterización de eventos "La Niña", se nota que éstos revelan una mayor variación, mientras que los eventos ENOS revelan un patrón más consistente.

Luego de una rápida culminación del evento ENOS en mayo y junio 1998, se observó el súbito enfriamiento de las aguas en el Pacífico ecuatorial central, iniciándose desde junio 1998 un nuevo evento "La Niña", caracterizado por el desarrollo de aguas más frías en el Pacífico ecuatorial central y oriental, intensos vientos alisios e intensificación de la presión atmosférica en la zona oriental del Pacífico y debilitamiento de presiones en sectores occidentales.

Además cabe anotar que, en las 2 décadas pasadas, fueron 4 ocasiones en que "La Niña" sucedió a ENOS: al excepcional intenso evento ENOS 1982-83 le continuó el débil evento "La Niña 1984-1985", a ENOS moderado 1986-87 le siguió una fuerte "La Niña" en 1988-1989, a la extensa fase cálida 1991-95 que incluyó al ENOS 1991-1993 de débil a moderada intensidad le continuó el débil episodio "La Niña" 1995-1996 y finalmente al excepcional e intenso ENOS 1997-1998 le siguió el persistente y moderado evento "La Niña" 1998-2001.

### **2.3 "EL NIÑO - OSCILACION SUR" EN LA HISTORIA DEL PERÚ**

ENOS es un especial evento inherente a la variabilidad climática interanual, que según experiencias asociadas a los actuales desarrollos de modelos y monitoreos de indicadores océano atmosféricos, su comprensión exige la reconstrucción de sus ocurrencias en el pasado; en tal sentido, en el Perú esos eventos quedaron registrados en una serie de archivos históricos y paleoclimáticos.

Condiciones climáticas ligadas a ENOS parecen haber ocurrido en la costa peruana desde el último periodo interglacial, pero recién desde hace 4500 años se tiene certeza de su ocurrencia con similares efectos a los actuales.

Testimonios como depósitos estratigráficos de inundaciones, secuencias de cordones litorales, basados en análisis Carbono 14 permitieron establecer hasta 400 años en el pasado, un registro con cerca de ocho excepcionales eventos (que ciertos autores llaman super ENSO); al respecto la etnohistoria y arqueología brindan evidencias que interrelacionadas permiten reforzar la certeza sobre ciertos eventos. Así mismo, a partir del siglo XVI los archivos históricos suministran excelentes datos para reconstruir ocurrencias ENOS hasta principios del siglo XX: la investigación de manifestaciones recientes y pasadas de esta anomalía atmósfera oceánica, implica la interrelación de diversas metodologías y de información proveniente de diversas disciplinas.

En el Simposio Internacional Paleo ENOS 1992, OSTROM, Lima-Perú, se estableció que ya en el siglo XIX se empezó a identificar a ENOS en la región de Paita (norte peruano); aumentando las investigaciones sobre esa anomalía océano atmosférica desde la presencia del excepcional ENOS 1982 - 1983.

En estudios de Thompson, Lonnie 1989 (1500 años de variabilidad climática registrada en testigos de hielo procedentes de los nevados del Sur del Perú - Quelcaya, Ohio State University, USA) los eventos ENOS se registraron en la estratigrafía de capas glaciares tropicales y subtropicales, como es el caso del nevado Quelcaya (13°56' sur, 70°80' oeste), pudiendo disponer de un registro milenario de su frecuencia y relativa amplitud; diferenciándose notablemente las características de los actuales eventos ENOS con los de siglos pasados, en parte por la acumulación de nieve que revela una baja sustancial (cerca al 20%) respecto a los últimos eventos ENOS ocurridos en el Pacífico Ecuatorial.

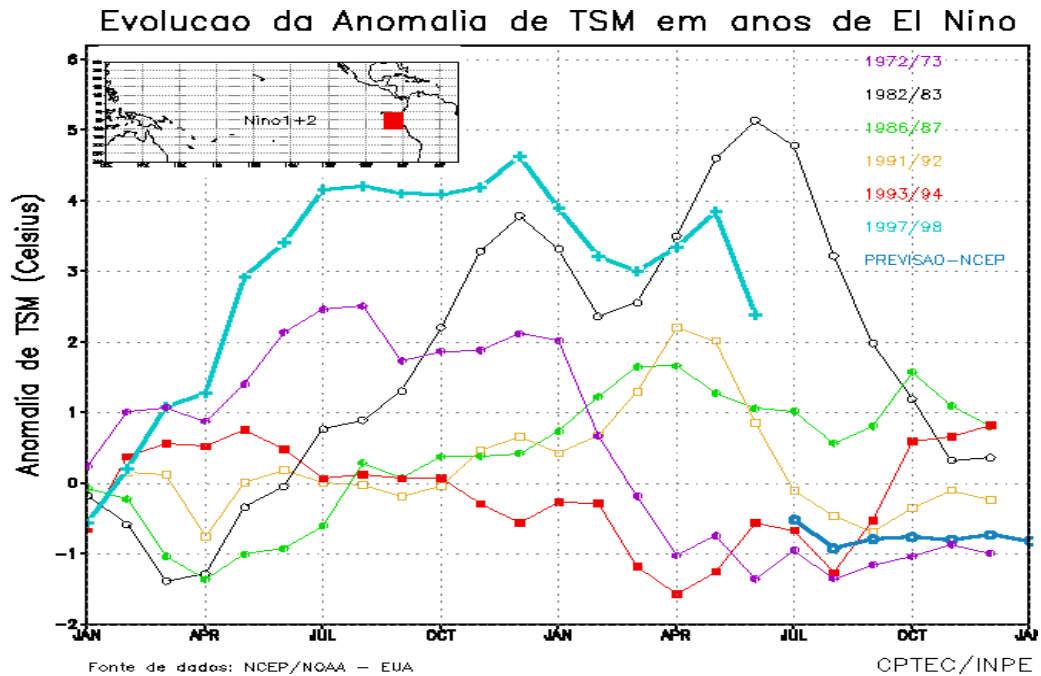
Además, no se cuenta con estadísticas de ocurrencia de ENOS durante la época prehispánica, existiendo datos con cierta consistencia sólo entre 1525 y antes de 1925, habiéndose reportado en este periodo de más de cien eventos Niños (Quinn, W. H, Neal, V. T. and S. E. Antúnez de Mayolo, 1987. El Niño occurrences over the past four and half centuries, Journal of geophysical research). En tal sentido, algunos episodios severos identificados son los siguientes: 1578, 1728, 1791, 1828, 1877-78 y 1891.

En las recopilaciones sobre precipitaciones en la costa norte del Perú, árida normalmente, se identifican eventos cálidos con excesivas lluvias durante los años 1791, 1804, 1828, 1845, 1864, 1871-1878, 1884 y 1891 (Egüiguren D. Víctor, 1894. Las lluvias de Piura - Boletín Sociedad Geográfica de Lima, Tomo IV Números 7 al 9). Otros años en que se produjeron calentamientos no tan rigurosos fueron: 1803, 1817, 1819, 1821, 1824, 1832, 1837, 1844, 1846, 1850, 1852, 1854, 1857, 1862, 1868, 1880 y 1887-1888. Además en el presente siglo, eventos ENOS se registraron en 1906-1907, 1911, 1918, 1925-1926, 1929, 1932, 1939-1941, 1943, 1951, 1953, 1957, 1965, 1969, 1972-1973, 1976-1977, 1982-1983, 1987, 1991-1993 y 1997-1998.

### III. ASPECTOS QUE CARACTERIZAN AL EVENTO “ENOS”

#### 3.1 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (TSM)

Como se indicó en la sección II, durante un evento ENOS el incremento en el transporte de agua cálida hacia la costa occidental sudamericana se traduce en la presencia de aguas sobrecalentadas por un aumento de energía termobárica, por ello las temperaturas superficiales del mar (TSM) presentan anomalías positivas que oscilan entre 2°C y 5°C sobre sus registros normales (**ver FIGURA N°11**), una profundización de la Termoclina (capa límite que separa las aguas cálidas de las frías), debilitamiento del afloramiento o surgencia marina, incremento del nivel del mar en la costa sudamericana (**ver FIGURA N°8**). Esta situación se evidencia en la marcada fase negativa del IOS (**ver FIGURA N°9**) en donde se produce una baja de presión a nivel del mar en el Pacífico ecuatorial oriental, frente a Sudamérica.



**FIGURA N°11**

#### 3.2 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL AIRE

En el Pacífico oriental ecuatorial durante los eventos ENOS, la permanencia de anomalías positivas de TSM, por almacenamiento de gigantescas cantidades de calor en el océano, determina que las altas temperaturas imperantes en el mar se propaguen hacia el aire adyacente a éste; en consecuencia, las temperaturas de las zonas costeras también se elevan: esta gran cantidad de calor liberado a la atmósfera suministra energía para el inicio de la actividad convectiva, turbulencia del aire y con ello, las lluvias.

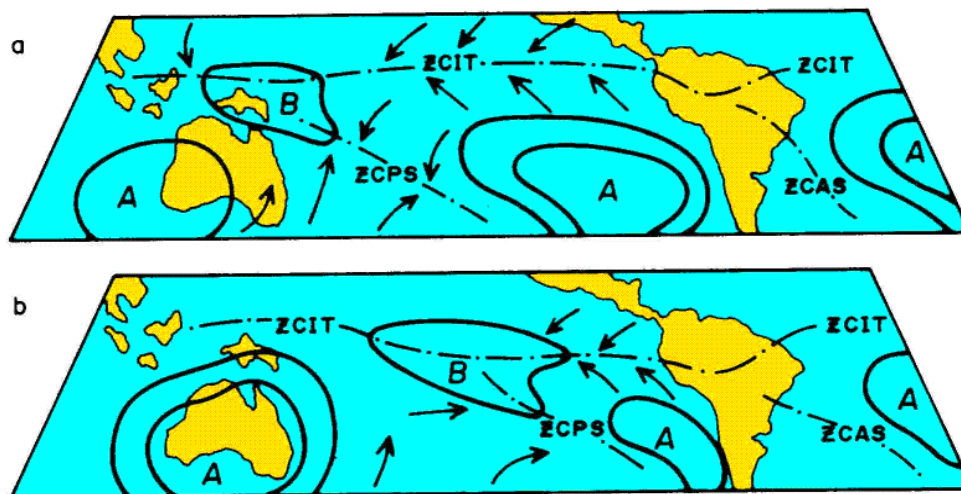
Las variaciones térmicas de las temperaturas extremas en las zonas costeras, o sea las máximas después del mediodía y especialmente las mínimas poco antes del amanecer, se relacionan muy bien con las variaciones e incrementos

térmicos oceánicas, por ello es importante analizar su evolución durante ENOS

### 3.3 PRECIPITACIONES DURANTE LOS EVENTOS “ENOS”

La elevación de la TSM hace que las masas de aire adyacentes a ésta se calienten, disminuyan de peso y por su inestabilidad, asciendan formando sistemas nubosos generadores de lluvias en el centro occidental de la costa sudamericana: mecánica pluvial de tipo convectiva. Este régimen atmosférico oceánico induce las excepcionales lluvias en el noroeste del Perú, así como el incremento térmico sobre el régimen histórico normal o habitual; también, la intensidad de las precipitaciones es proporcional a la magnitud del evento.

Existen otras variables meteorológicas que caracterizan la presencia de este evento, como el descenso de presión atmosférica y el debilitamiento o colapso de los vientos en amplias regiones del Pacífico ecuatorial oriental; el traslado de la Zona de Convergencia InterTropical (ZCIT) hacia el sur, hasta casi 07° de latitud sur; además de un debilitamiento del anticiclón del Pacífico sur (APS) y su repliegue sobre regiones subtropicales del Pacífico suroriental extremadamente australes y adyacentes o frente a la costa Chilena, por la ampliación o desplazamiento hacia el Este de las zonas de baja presión del Pacífico ecuatorial occidental y central; simultáneamente a este régimen, el sistema anticiclónico ubicado normalmente al Suroeste de Australia durante este evento se intensifica e instala sobre este continente, generando con ello una intensa fase de déficit hidropluvial e intensas sequías, coadyuvando incluso en los severos incendios forestales australianos (ver FIGURA N°12).



**POSICION DE LOS SISTEMAS DE ALTA PRESION (A), BAJA PRESION (B), ZONAS DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL(ZCIT), PACIFICO SUR (ZCPS) Y ATLANTICO SUR (ZCAS)**  
a - AÑO NORMAL  
b - EN LA FASE NEGATIVA DE LA OSCILACION SUR

Fuente: Molion, Luiz C.B. (Universidad Alagoas - Brasil)

Ajuste elaborado: Pantoja, Hugo

**FIGURA N°12**

#### IV. POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA OCURRENCIA DE “ENOS”

Teorías iniciales sobre la mecánica responsable del origen y evolución de ENOS se proponen a mediados de los 1970 (Wyrski, 1975; Mc Creary, 1976; Hurlburt et al., 1976), investigaciones primigenias que trataban de explicar que la dinámica oceánica y en particular, las ondas ecuatoriales de Kelvin y Rossby generadas en el océano, por fluctuaciones del forzamiento de vientos, ejercían gran acción en la redistribución de calor en el Pacífico ecuatorial. Demostrándose que la rápida respuesta del océano ecuatorial al forzamiento del viento y acción de las ondas ecuatoriales, de afectar zonas remotas del Pacífico tropical, eran atributos inherentes al Pacífico; Knox y Halpern (1982) y Eriksen et al. (1983) evidenciaron en datos obtenidos en el Pacífico ecuatorial sobre la respuesta de las corrientes ecuatoriales y altura de la superficie marina a cambios de corta duración de los vientos en el Pacífico ecuatorial central y occidental: estas observaciones sugerían que las ondas ecuatoriales podían causar cambios de TSM en regiones lejanas a su origen.

Otros conceptos básicos e importantes para explicar el origen y evolución de ENOS se asocian a las teorías sobre la variabilidad climática interanual en el Pacífico tropical y el acoplamiento entre el océano y la atmósfera; las teorías más avanzadas se propusieron recién en los años 1990, a pesar de no logran aún explicar íntegramente la mecánica de su origen y evolución.

El aspecto fundamental que sustenta la explicación más reciente de ENOS se basa en que la interacción entre atmósfera y océano causa inestabilidad en un sistema océano atmosférico normalmente estable, que surge cuando las anomalías de TSM genera anomalías de vientos en la superficie del mar, y ellos a su vez refuerzan el anómalo calentamiento oceánico; las anomalías de TSM y vientos empiezan a elevarse hasta que el sistema se desestabiliza: consistiendo el siguiente paso en identificar las formas de interacción del acoplamiento atmósfero oceánico en el Pacífico tropical, elaborándose así modelos atmosféricos, oceánicos y acoplados océano atmósfera. Philander et al. (1984), usando un modelo lineal simple del tipo “aguas poco profundas” para océano y atmósfera demostró la existencia de un modo de interacción inestable del sistema acoplado océano atmósfera que se desplaza hacia el Este, similar a la propagación de la onda Kelvin, con traslado de las zonas con mayor convección atmosférica en igual dirección al desplazamiento de anomalías positivas de TSM; en eventos ENOS se notó que las anomalías de TSM se propagan hacia el Oeste, por ello este modo de interacción no podría identificarse con señal de ENOS, sin embargo estas investigaciones fueron notables pues demostraron la existencia de modos inestables acoplados.

Un estudio más completo sobre modos inestables acoplados lo realizó Hirst (1986), quién usó un modelo similar al de Philander y colaboradores; los resultados indicaron la existencia de diferentes tipos de modos inestables acoplados dependientes de la combinación de los procesos que controlan la TSM, además, halló que la propagación de las anomalías de TSM en el océano no necesariamente se identifican con las ondas libres ya conocidas.

De otro lado, Zebiak y Cane (1987) realizaron un modelo acoplado océano atmosférico exclusivamente para simular anomalías interanuales de TSM en el Pacífico tropical, el cual simuló razonablemente bien las anomalías de TSM en los eventos ENOS, amplificando en el lugar adecuado y no mostrando preferencia en la dirección de propagación: así, claramente el mecanismo básico de ENOS estaba contenido en este modelo.

En publicaciones de Jin y Neelin (1993), se analizaron inestabilidades en una jerarquía de modelos acoplados, usando un modelo de circulación general oceánico acoplado a un modelo estadístico atmosférico; sus resultados indicaron por un lado que en el mar hay un modo interactivo, similar al modo de oscilación de un oscilador retardado, que es fuerte y posiblemente es el modo inestable dominante del sistema acoplado océano atmosférico, por lo menos en los modelos. También, las observaciones en el Pacífico revelaban que la relación temporal entre el nivel del mar en las islas del Pacífico occidental, los vientos zonales en el Pacífico central y TSM en el Pacífico oriental era consistente con el concepto de un oscilador acoplado (Graham y White, 1988): en resumen, la relación temporal de estas 3 variables era consistente con la solución de la ecuación de un oscilador retardado.

El concepto esencial del oscilador retardado propuesto por Schopf y Suárez (1988), Suárez y Schopf (1988) y Battisti y Hirst (1989) se asocia al retardo de propagación de las ondas Rossby, desde el lugar en que se genera el forzamiento del océano por los vientos, al borde occidental del Pacífico, y el retorno de esta señal como una onda Kelvin reflejada que se propaga hacia el Pacífico oriental: este retardo proporciona la memoria de la oscilación.

Respectivamente, en el Pacífico, la memoria de la oscilación entre la fase cálida y fría de la TSM la deben ejercer los procesos de ajuste en la capa subsuperficial oceánica, pudiendo incluso cuestionarse si la dinámica del oscilador retardado es el posible mecanismo para ENOS, siendo afirmativo este concepto si se apoya en esos simples modelos; empero, los resultados de los modelos simples no necesariamente reflejan el mecanismo de la naturaleza, creándose así la necesidad de desarrollar modelos más completos y sofisticados, trasladando además la pregunta a estos modelos.

En datos de vientos, anomalías de TSM y variabilidad de la estructura térmica del estrato superior del océano, Kessler (1990) halló que la variabilidad de la Termoclina era consistente con la teoría del oscilador retardado; si en verdad la evolución y término ENOS son compatibles con la teoría del oscilador retardado, hay inconsistencias entre esa teoría y las observaciones al inicio de ENOS. Mantua y Battisti (1994) con un modelo oceánico forzado por vientos demostraron que el oscilador explica el fin de ENOS pero no el fin del evento frío, aceptándose a la fecha que esa teoría explica el ciclo regular de ENSO, la fase positiva y negativa, con la restricción que un ciclo regular no se nota en la naturaleza; el oscilador retardado expuesto para explicar ENSO es inherente al sistema océano atmósfera, pero no es posible identificar si la causa de la oscilación reside en el océano o en la atmósfera, ni quien lo inicia: procesos inexplicados que obligan a buscar respuestas para ENOS, ligándolos a factores externos basados en dinámica retroalimentaria interna.



Al respecto, una teoría propuesta es la actividad volcánica superficial, en que erupciones volcánicas serían causa inicial de ENSO, estableciendo que una gran erupción duplica su posibilidad de ocurrencia; basados en estadísticas relacionadas a sustancias derivadas de erupciones volcánicas que afectarían el clima mundial al liberarse billones de toneladas de cenizas en la atmósfera alta, al reflejar el calor del sol; observaron además indicadores geológicos - polvo en suspensión sobre el centro del hielo polar, anillos de árboles y crecimiento del coral, reflejan cambios en el clima- comparándolos con datos de las mayores erupciones, obteniendo la respuesta significativa que ENOS empieza luego de una gran actividad volcánica en los trópicos. Esos estudios indican que la fina capa de ceniza volcánica inicia el proceso, al quedar en la tropósfera una fina capa de "partículas aerosolizadas" que enfría la atmósfera terrestre por algunos décimos de grado, siendo el efecto regional distinto al existir una compleja interacción entre temperaturas de la atmósfera y las amplias masas de agua; enfriándose el resto del planeta y calentándose levemente el Pacífico tropical, en parte por la conducción de calor a partir de las aguas cálidas: siendo esa pequeña elevación suficiente para iniciarse ENOS, que es muy susceptible a pequeños cambios térmicos en la superficie marina; según el estudio, el evento normalmente ocurre en los tres primeros años luego de una gran erupción volcánica tropical, luego ocurriendo en los tres años siguientes el efecto inverso, el llamado evento "La Niña".

Otra teoría similar que viene dejando de ser abstracta es el incremento de la geodinámica interna en la cuenca oceánica del Pacífico, pues la actividad volcánica de los últimos años aportaría grandes volúmenes de magma submarino en regiones del Pacífico (convirtiéndose en fuentes de calor para calentar alguna región oceánica, que transportaría a las capas superiores del océano, produciendo efectos similares a los de las corrientes calóricas superficiales), fuentes de calor submarinas que generarían diferencias térmicas en regiones subsuperficiales del océano alterando el campo de presión, incidiendo además en las corrientes marinas; pudiendo contribuir así en el recurrente incremento térmico marino para el inicio del ENOS.

Sobre este incremento de la geodinámica interna, en el universo hay muchas explosiones y fuentes de luz de alta energía constituidos por rayos X, ultravioleta, alfa, beta y gamma con temperaturas mayores a un millón de grados Celcius, que cual bombillas cósmicas se prenden y apagan cada cierto tiempo, inyectando flujos electromagnéticos a los diferentes confines del universo y la tierra: hace más de 3 décadas la NASA puso en órbita el satélite "Vela" detectando explosiones de rayos gamma desde el espacio que por décadas fueron misterio para astrónomos, registrando explosiones entre 2 a 3 veces al día desde confines del universo, sin tendencia a agruparse, los astrónomos dedujeron que no provenían de nuestra galaxia. Ahora bien, en febrero 1997, mediante potentes telescopios se ubicó una explosión de rayos gamma en un objeto estelar visible cuya emisión de radio y flujo energético llegó a la tierra luego de varios días, indicándonos la gran distancia en años luz, en que el evento ocurrió; luego el 14 de diciembre 1997 se produjo otra explosión de rayos gamma, considerada la explosión más potente nunca antes observada en la tierra, proveniente de una galaxia lejana a 10000 millones de años luz de nuestra galaxia, cuya intensidad liberó una colosal energía jamás registrada hasta ese entonces, similar a la luminosidad de más

de 100 Supernovas (una explosión de supernova alcanza la luminosidad de 100 soles juntos, equivalente a la explosión luminosa de toda una galaxia).

Es necesario recordar que a fines de marzo 1997 se inició el evento ENOS 1997-1998, con su mayor intensidad en diciembre 1997 y subsiguientes meses, coincidente con el periodo de gran explosión de rayos gamma procedente del cosmos (febrero y diciembre 1997), flujo energético que activó a otro flujo electromagnético del interior de la tierra, provocando gran actividad volcánica submarina que originó el evento ENOS Tectónico 1997-98, como se postula en la hipótesis El Niño Tectónico (Campoblanco Díaz, Honorio. El fenómeno "El Niño" bajo una concepción geológica. 1998). Así, sismos, terremotos asociados a inyecciones de flujos electromagnéticos extremos, movilizan con mayor fuerza e intensidad los flujos magmáticos expansivos del interior de la tierra, que tratan de fugar a la superficie terrestre a través de las fracturas y aberturas existentes en el "Círculo de Fuego" del Océano Pacífico y otras latitudes; de igual forma al efecto que se produce cuando se agita una botella de vino o champaña, cuyo líquido escapa a través de la zona de descompresión (corcho) con gran fuerza y energía, pese a la insignificante presión y temperatura de su contenido interior, nada comparable con la enorme presión (decenas de millones de atmósferas) y temperatura de 4000 a 5000°C del interior de la tierra: este principio de descompresión magmática, explica los mecanismos de la presencia y ocurrencia de erupciones volcánicas frecuentes en el "Cinturón de Fuego" (zonas de descompresión) del océano Pacífico, generando los eventos ENOS Tectónicos muy intensos y frecuentes en dicho cinturón, como los ocurridos durante los períodos 1925, 1982-1983 y 1997-1998.

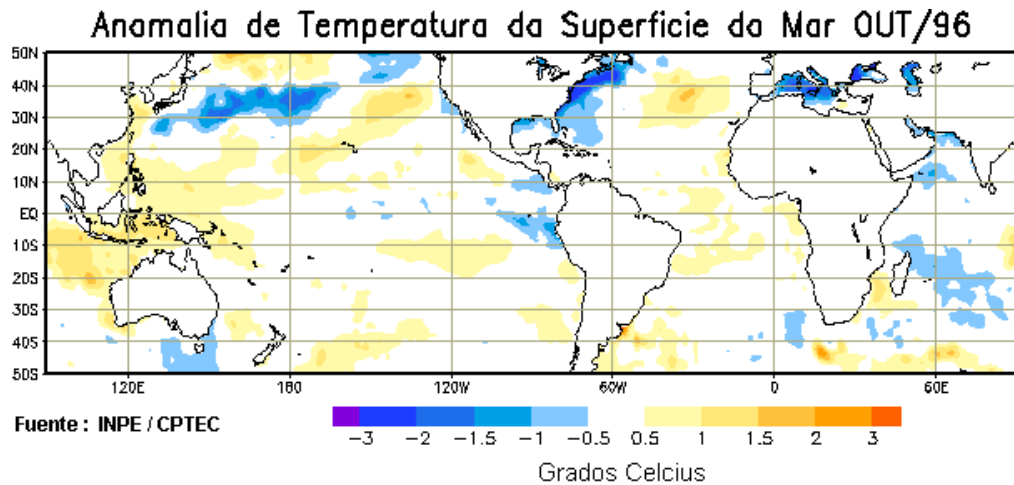
Otra posibilidad sería que este tipo de eventos al originarse por causas externas al sistema océano atmosférico, se asociaría obviamente al Sol como fuente de energía principal para que funcione el sistema climático, por ello se observó que los ENOS más intensos coinciden con periodos de actividad solar poco común, o sea, fases fuera del máximo solar en los que ocurre un elevado número anómalo de manifestaciones de actividad solar, tales como ráfagas y manchas solares; así, el análisis de registros ENOS desde 1726 han permitido estudiar la distribución de estos acontecimientos a lo largo de veintidós ciclos solares, considerando sin embargo que clasificar un determinado evento ENOS en siglos pasados es difícil. Habiendo los investigadores para reconstruir la serie de ENOS, tenido que recurrir a hechos anecdóticos, estadísticas sobre cosechas y campañas militares, descripciones de misioneros y exploradores, entre otras.

Al estudiar la serie ENOS respecto al número de manchas solares, se halló que ENOS se asoció no con el número de manchas sino con sus cambios, o sea, con los gradientes en el número de manchas, además hallándose que los eventos tienden a ocurrir cerca al mínimo de actividad solar: pareciendo ser que este fenómeno es uno más de los resultados de las relaciones terrestres-solar, que incluso podría asociarse a las variaciones de la velocidad de rotación terrestre y las variaciones de la intensidad de la radiación solar.

## V. DESARROLLO DE “EL NIÑO OSCILACION SUR 1997 - 1998” EN EL SISTEMA ACOPLADO OCEANO ATMOSFERICO

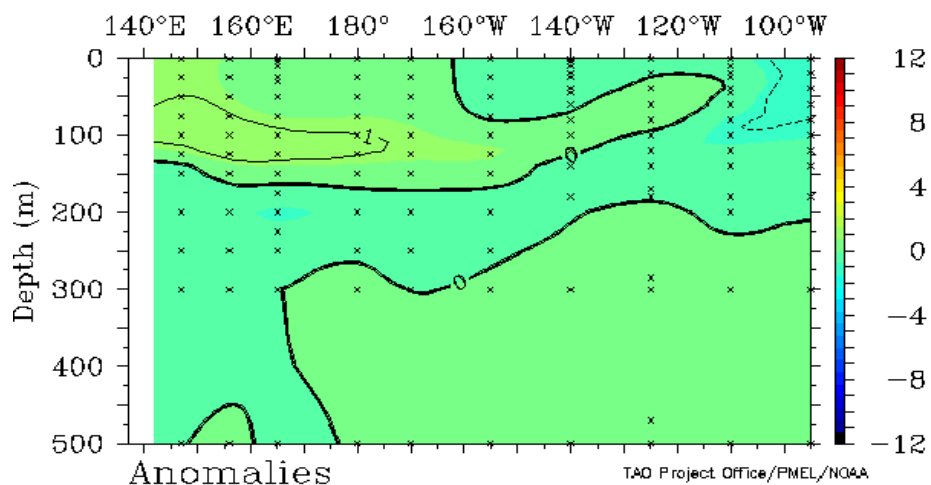
### 5.1 EL SUBSISTEMA OCEANOGRAFICO

Previo a la fase preparatoria del ENOS 1997 - 1998, en octubre 1996 una estructura de agua cálida oceánica subtropical actuaba frente a la costa norte de Chile y sur del Perú, con anomalías positivas de 0,5 a 1,5°C (**ver FIGURA N°13**); notándose además presencia de aguas cálidas con anomalías de hasta +2°C entre 50 y 200 metros del estrato subsuperficial de las longitudes 140° este a 165° oeste, mientras que entre los 5° norte y 5° sur de los 80° oeste o frente a la costa centro occidental de Sudamérica aún persistían aguas frías con anomalías negativas de -2°C por debajo de su promedio normal (**ver FIGURA N°14**), extendidas hacia el oriente del Pacífico ecuatorial: producto del evento frío 1995-1996, extendido hasta enero 1997 y en menor grado, febrero 1997, último mes de esta fase fría.



**FIGURA N°13**

Monthly Mean TAO/TRITON Temperatures (°C)  
October 1996 2°S to 2°N Average



**FIGURA N°14**

Seguidamente, la fase preparatoria ENOS 1997-1998 respectivamente se inicia a comienzos del año 1997 con el debilitamiento y cese de los alisios en el Pacífico ecuatorial central y occidental, desplazándose la “piscina cálida” del pacífico occidental hacia el Este por el cese de los vientos alisios. Así, en marzo de 1997 la TSM se elevó en el Pacífico ecuatorial por ese ingreso de aguas ecuatoriales, presentando anomalías positivas de 2°C entre la costa de Sudamérica e islas Galápagos (**ver FIGURA N°15**), producto de la onda Kelvin oceánica (generada en el mes de diciembre 1996) derivada de la presencia de vientos oeste en el Pacífico occidental, aunque en el Pacífico central y oriental aún se notaban fuertes vientos del Este. Notándose a profundidades menores a 100 metros, entre 5°N y 5°S (frente a la costa sudamericana), un núcleo de agua cálida con 3°C sobre su promedio; mientras que entre 140° este y 160° oeste, la columna de aguas cálidas notablemente se incrementó, configurando núcleos con anomalías positivas de hasta +5°C, más o menos hacia las profundidades de 150 metros, entre 160° este y 180° (**ver FIGURA N°16**).

De mayo a julio del año 1997 las anomalías positivas de TSM notablemente se elevaron en todo el Pacífico ecuatorial, reforzándose las condiciones del evento cálido ENOS 1997-1998; entre agosto y mediados de setiembre de 1997 anomalías de TSM mayores a 5°C cubrieron un área que se extendió desde la costa de Sudamérica a las cercanías de islas Galápagos, anomalías de 4°C hasta 120°oeste y mayores a 2°C hasta 160°oeste (**FIGURA N°15**). Observándose a profundidades de 120 metros un notable incremento de la columna de agua cálida en el Pacífico oriental (80°W), registrando anomalías positivas hasta de 8°C; notándose en el Pacífico occidental, al oeste de los 180° la presencia de aguas ligeramente frías con anomalías negativas de 1°C (**FIGURA N°16**).

En noviembre y diciembre, luego de un receso temporal por la variación estacional de la primavera, la TSM se volvió a incrementar; registrándose el máximo desarrollo del evento en diciembre de 1997, al cubrirse todo el Pacífico ecuatorial con masas de agua con temperaturas entre 28° y 29°C (las más altas TSM) que constituyeron anomalías positivas mayores a 5°C en el Pacífico ecuatorial oriental y central: logrando superar a las generadas en el máximo desarrollo del evento ENOS 1982-1983 (**ver FIGURA N°15**). Frente a la costa sudamericana, subsuperficialmente (entre la superficie y los 200 metros) se siguió observando la columna de aguas cálidas, incrementándose las anomalías positivas hasta 11°C; mientras que entre los 140°este y 165° oeste siguió la presencia de aguas frías, registrándose anomalías negativas de 5°C a profundidades de 100 a 150 metros (**ver FIGURA N°16**). Además, al mismo tiempo que las masas de agua de 29°C se trasladaban al Este, las nubes convectivas que normalmente se ubican en el Pacífico occidental, también se desplazaban hacia el Este; desplazamiento que produjo intensas lluvias en primera instancia en las islas del Pacífico central y posteriormente a partir de mediados del año 1997 sobre la costa occidental sudamericana.

## REGIMEN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN EL PERIODO 1997 - 1998

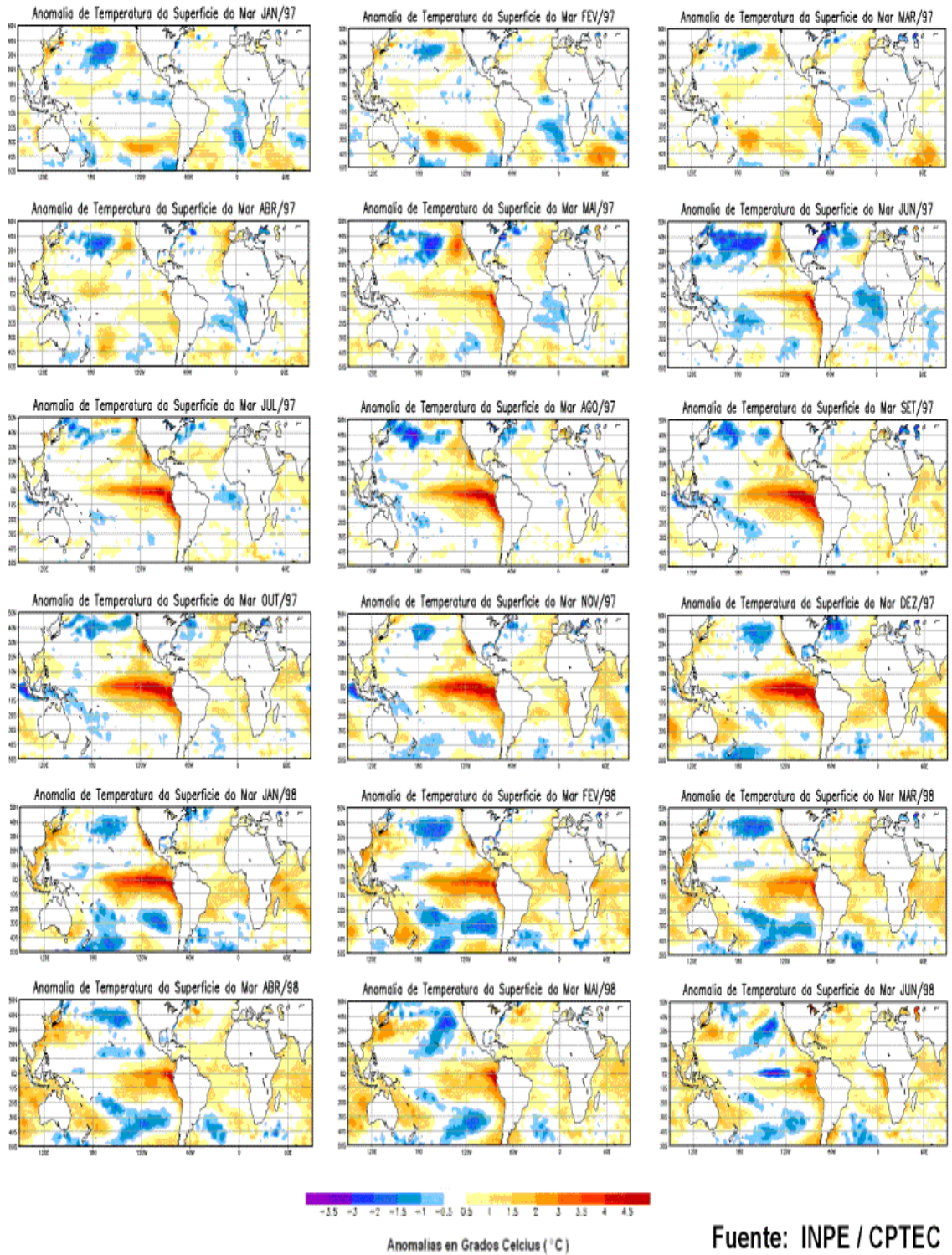
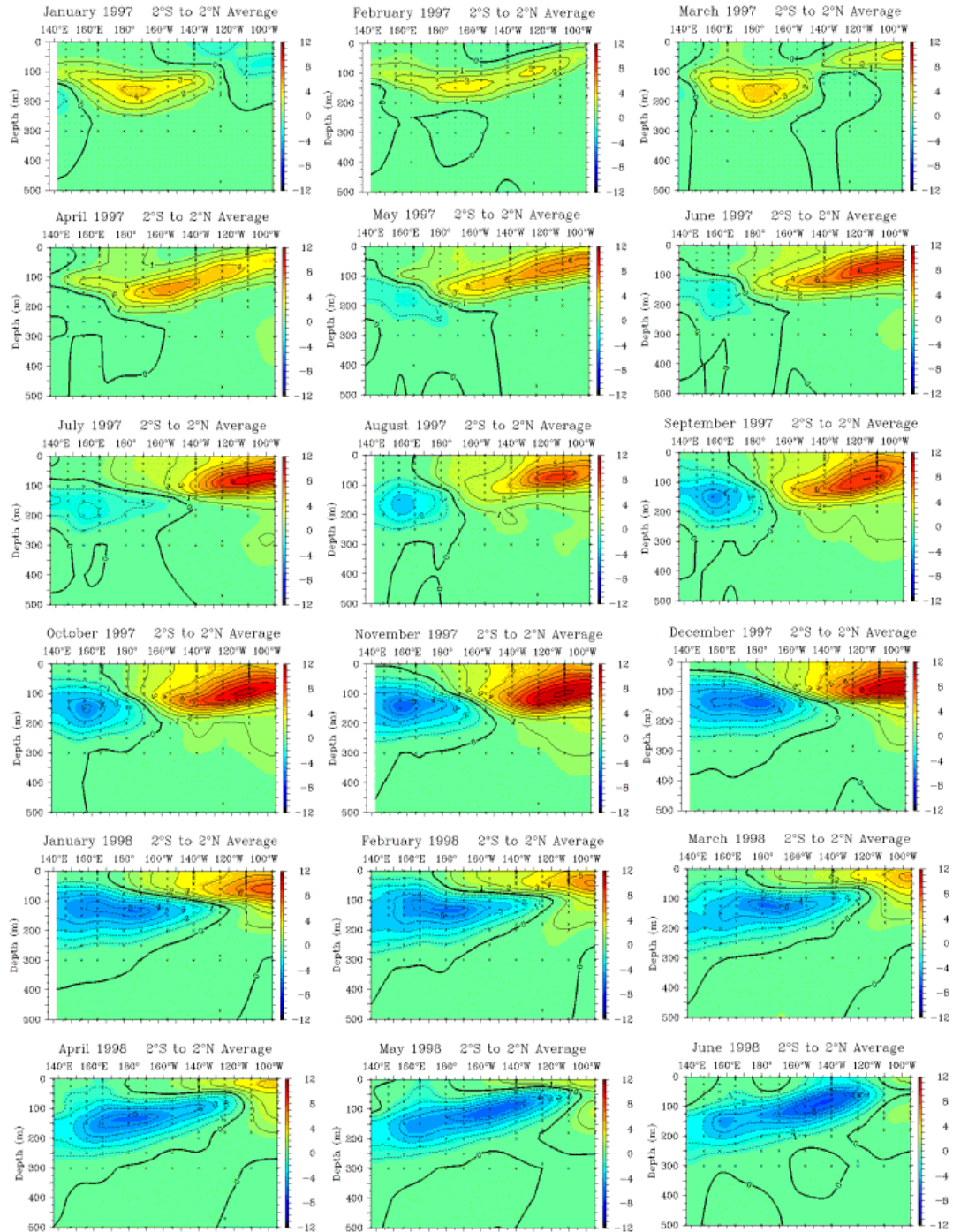


FIGURA N°15



### REGIMEN DE LA TEMPERATURA SUBSUPERFICIAL DEL MAR EN EL PERIODO 1997 - 1998

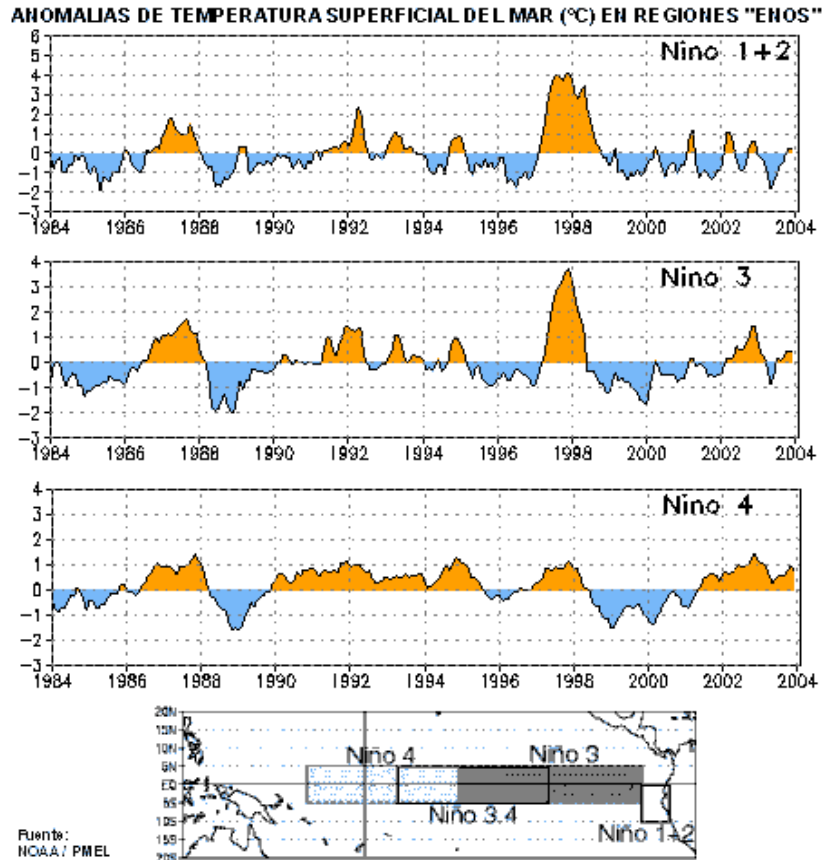


Fuente: NOAA - PMEL

**FIGURA N°16**

Para el monitoreo y estudio del evento ENOS el océano Pacífico ecuatorial se divide en regiones (áreas Niño 1+2, Niño 3 y Niño 4), correspondiéndole a la zona adyacente a las costas peruano ecuatorianas la región Niño 1+2. En tal sentido, durante diciembre 1997 en las zonas establecidas se registraron las anomalías más altas de 4,5°C, 3,9°C y 1,1°C, las áreas Niño 1+2, Niño 3 y Niño 4 respectivamente (ver FIGURA N°17).





**FIGURA N°17**

Además en la información analizada se evidencia, durante el relajamiento de los alisios a inicios de 1997, la presencia de una serie de ráfagas de vientos oeste paulatinamente con mayor intensidad a lo largo de la faja ecuatorial; episodios que se pueden considerar como manifestaciones de la Oscilación de Madden y Julian (ondas en la atmósfera con períodos de 30 a 60 días originadas en el océano Índico). Ráfagas de vientos que estimularon en el océano ondas Kelvin ecuatoriales propagadas hacia el Este, atravesando el Pacífico de uno a dos meses; siendo el efecto de estas ondas profundizar la Termoclina en el Pacífico oriental: la profundización de la Termoclina a fines de 1997 alcanzó 90 metros, elevando el calentamiento del mar en el Pacífico oriental. A inicios de 1998, las anomalías de vientos oeste en el Pacífico central empezaron a disminuir, simultáneamente las anomalías de vientos del Este empezaron a desarrollarse en el Pacífico occidental: iniciándose el término del evento durante mayo 1998, cuando los alisios y la profundidad de la Termoclina se normalizan, culminando el ENOS en junio 1998.

Luego, en el verano austral 1998, la TSM empezó a mostrar una sostenida disminución en cobertura e intensidad, configurando anomalías positivas mayores a 3°C, inferiores a las observadas en diciembre 1997 (**ver FIGURA N°15**). En el estrato subsuperficial (entre la superficie y 130 metros) aún se mantuvo la columna de aguas cálidas, registrándose anomalías positivas de 7°C, aunque con menor espesor y menor magnitud respecto a diciembre 1997; mientras que las aguas frías subtropicales con temperaturas de 6°C

por debajo de su media normal (sobre 130° oeste) mostraron un avance hacia la costa sudamericana, aminorando además su cobertura (**ver FIGURA N°16**).

Posteriormente desde inicios del otoño, la TSM siguió registrando anomalías positivas de 3°C, pero cubriendo menor área (**ver FIGURA N°15**). Mientras que a profundidad la “piscina de aguas cálidas” aún presentaba anomalías de 4°C; continuando el ingreso de aguas frías (alcanzando 130° oeste) que presentó sus máximos núcleos de anomalías negativos de 4°C entre los 170° este -165° oeste y entre 140° oeste - 120° oeste (**ver FIGURA N°16**).

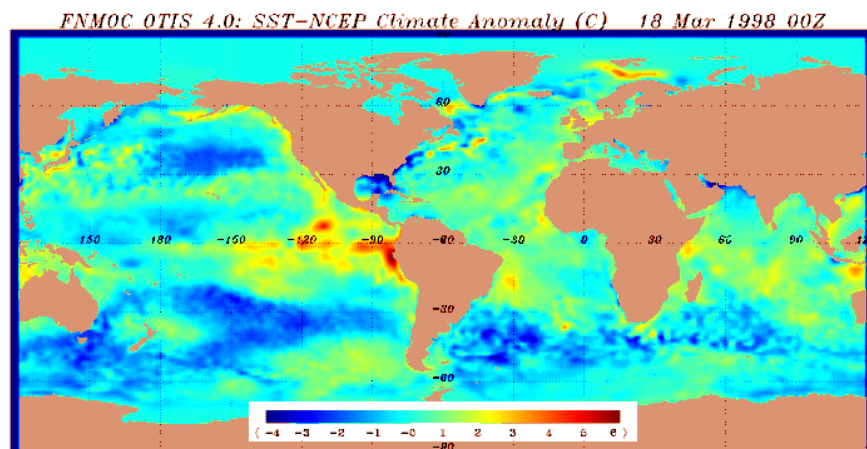
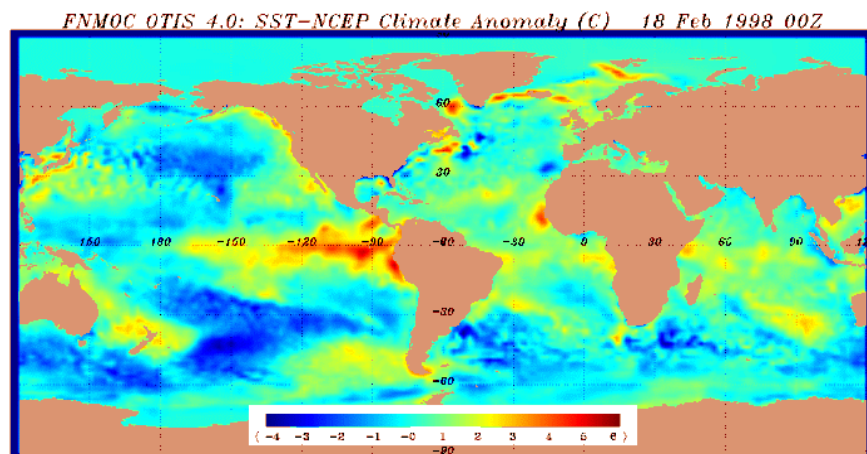
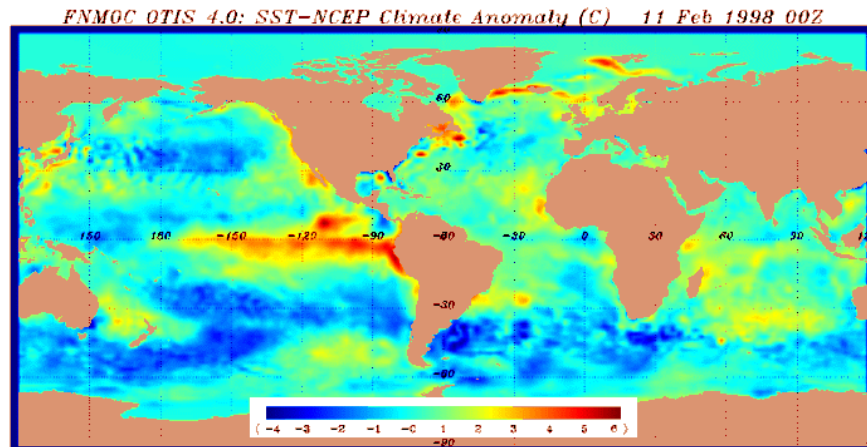
### **5.1.1 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LA REGION NIÑO 1+2**

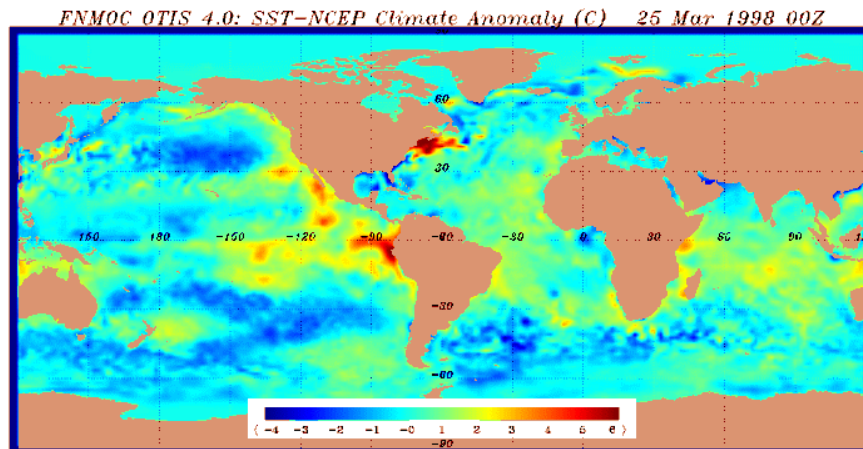
Para efectos de registros de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región Niño 1+2, faja adyacente a Perú y Ecuador, en la **FIGURA N°11** se exponen anomalías de TSM durante eventos ENOS de los últimos 30 años.

En la **Figura N°11**, régimen térmico ENOS 1997-1998, notamos que enero 1997 se inició con anomalías de -0,6°C, enfriamiento asociado a la fase de disolución del episodio “Anti ENOS 1996”; luego en febrero 1997 se apreció un rápido ascenso de +0,2°C, indicativo de la normalización térmica en esa región; continuando con esta tendencia en marzo se alcanzó +1°C, magnitud que se elevó ligeramente a +1,2°C en abril. Posteriormente en mayo aceleradamente se llegó a +2,9°C, ascenso que continuó a +3,4°C en junio y +4,1°C en julio; llegando invariablemente casi a incrementarse +4,2°C en agosto y estacionariamente +4,1°C en setiembre y octubre; elevándose luego en noviembre a +4,2°C y elevarse en diciembre 1997 excepcionalmente a +4,6°C (cabe decir que este atípico régimen no se compara a otro evento ENOS). Seguidamente durante la fase madura de este ENOS, en 1998 a pesar de la variable tendencia descendente por la transferencia energética del océano para activar los procesos convectivo pluviales se continuaron registrando niveles anómalos positivos; de allí que en enero 1998 se observó +3,9°C, en febrero se registraron +3,2°C, en marzo se promedió +3°C, produciéndose en abril y mayo 1998 un incremento en el régimen hasta promediar +3,4°C y +3,8°C respectivamente, empezándose a partir de este mes un descenso sostenido que en junio 1998 promedió +2,4°C.

Así mismo, respecto a este extraordinario almacenamiento de energía en la zona Niño 1+2, la permanencia de un océano cálido en demasía durante varios meses significaba un gran riesgo latente para las colectividades del norte peruano comprometidas con sus efectos; pues al no haberse liberado energía o enfriado significativamente el mar hasta el inicio del verano austral 1997-1998, con la natural instalación de las condiciones cálidas estivales este océano caliente se constituía en un “explosivo” que debía detonar indefectiblemente entre enero 1998 y los siguientes meses: impactos notables que ineludiblemente se llegaron a producir, luego que el mar liberara grandes cantidades de energía como se aprecia en los mapas de TSM del 11 y 18 de febrero 1998 (**ver FIGURAS N°18 y N°19**) y mapas del 18 y 25 de marzo 1998 (**ver FIGURAS N°20 y N°21**). Respectivamente los primeros mapas presentan los escenarios termo oceánicos antes de la ocurrencia de las precipitaciones más intensas en el departamento de Lambayeque (las del

14 de febrero y 23 de marzo de 1998), mientras que en los segundos mapas se muestran los escenarios con las restricciones en cuanto a extensión geográfica e intensidad de las anomalías oceánicas cálidas frente al Perú, sobre todo en su región norte.





**FIGURA N°21**

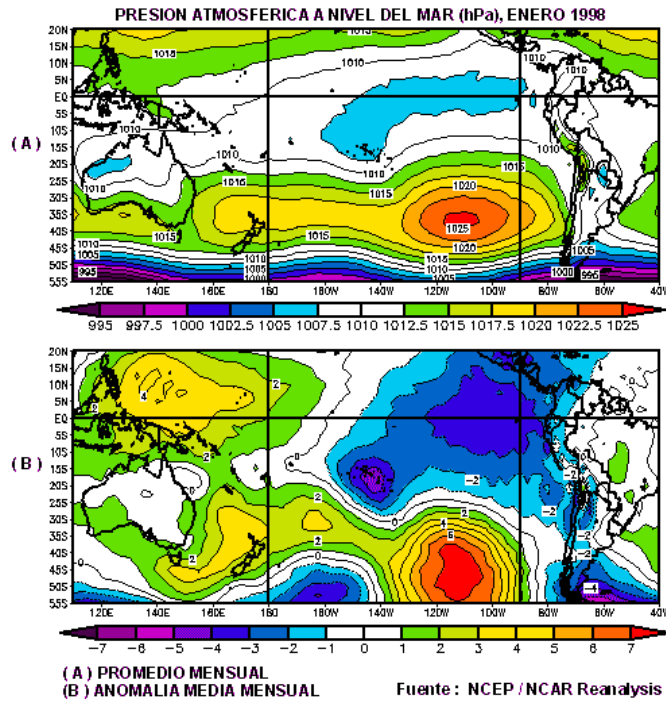
En otro orden de ideas, en la misma **FIGURA N°11**, comparando la evolución anómala de TSM de los eventos ENOS 1997-1998 y 1982-83, deducimos que el área Niño 1+2 inherente a la faja oceánica norte del Perú presentó variaciones muy típicas para cada evento. Así, el evento ENOS 1982-83 se caracterizó por la mayor amplitud y magnitud de sus anomalías positivas respecto a otros eventos, determinándose dos fases máximas anómalas durante este evento, la primera de +3,8°C en diciembre 1982 y la segunda de +5,1°C en junio 1983. De otro lado, el evento ENOS 1997 se distinguió por su temprano y acelerado desarrollo de anomalías positivas (sin precedentes similares), que sostenidamente se mantuvieron más o menos estacionarias y constantes durante toda su fase preparatoria, alcanzando su magnitud máxima en el orden de +4,6°C durante diciembre 1997; escenario que en esa fecha por la magnitud y ámbito de las anomalías térmicas oceánicas preocupaba seriamente a la comunidad científica internacional y a ciertos sectores de la comunidad científica nacional como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú, nuestro centro de labores.

## **5.2 EL SUBSISTEMA ATMOSFERICO**

### **5.2.1 PRESION ATMOSFERICA A NIVEL MEDIO DEL MAR**

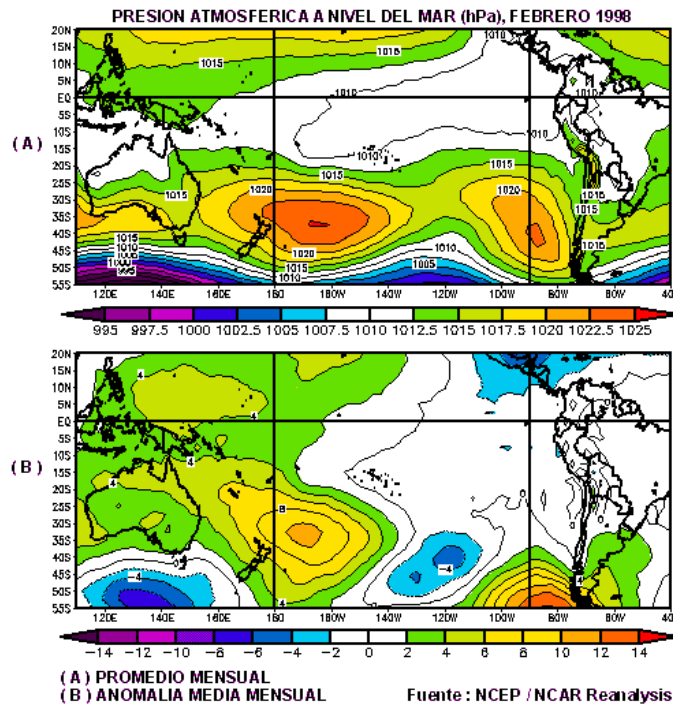
Como se citó en la sección II, a la presencia de aguas cálidas en el Pacífico ecuatorial se liga un debilitamiento del anticiclón del Pacífico sur oriental, generándose en el Pacífico oriental una notable disminución de la presión atmosférica a nivel del mar (observada en forma especial en la Isla Tahití, entre otras zonas) y un marcado aumento de presión al occidente del Pacífico (monitoreada sobre todo en Darwin - Australia, entre otras zonas).

Bajo esta consideración, en el excepcional evento ENOS 1997-1998, las observaciones del régimen temporal de anomalías de la presión atmosférica establecieron campos negativos desde marzo 1997 hasta el mes de febrero 1998; configurándose en enero 1998 frente a la costa occidental sudamericana (80° oeste a 160° este) los máximos registros de anomalías negativas cercanas a -2,5 hPa, alcanzándose además frente a la costa norte peruana anomalías negativas mayores a -3 hPa, **ver FIGURA N°22**.



**FIGURA N°22**

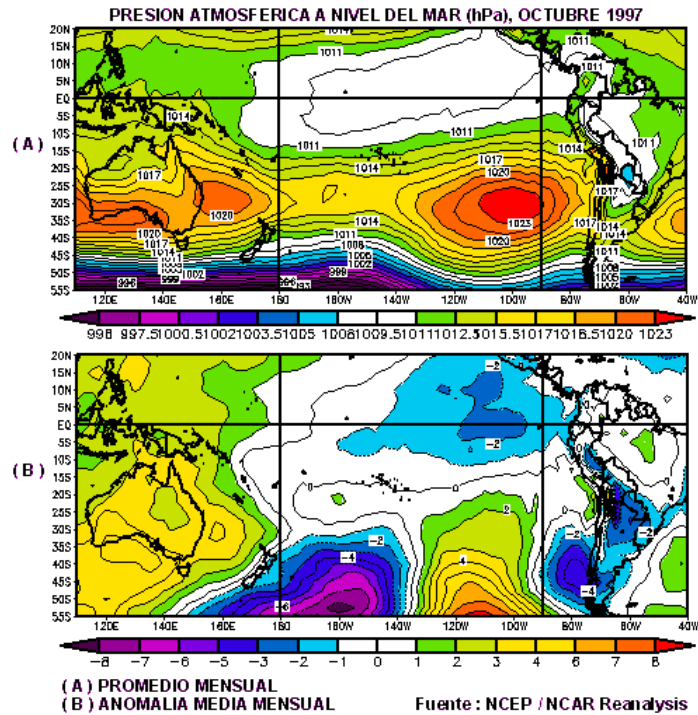
En forma opuesta, durante gran parte de ENOS 1997-1998 en el Pacifico occidental cercano a Australia (entre las longitudes 120° este a 180°) predominaron altas presiones atmosféricas, apreciadas en los campos anómalos positivos, alcanzándose en febrero 1998 los máximos registros de anomalías positivas cercanas a +4 hPa, ver FIGURA N°23; registrándose en menor medida máximos de +3 hPa en octubre 1997, ver FIGURA N°24.



**FIGURA N°23**



Mientras que la mayor intensificación de las presiones circunscritas al anticiclón del Pacífico sur oriental, frontal a las costas de Chile y Perú, se registraron en octubre 1997 (anomalías positivas mayores a +1 hPa) como se notan en la **FIGURA N°24**, coincidente con una fase de “receso temporal” del ENOS 1997-1998 observada entre octubre e inicios de noviembre 1997 en toda la costa y litoral del país, sobre todo en la costa norte peruana.



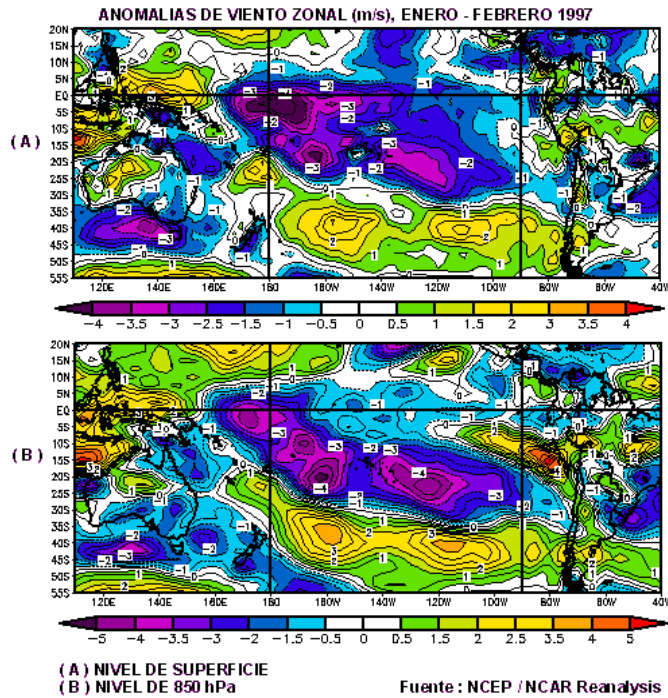
**FIGURA N°24**

### 5.2.2 CIRCULACION ECUATORIAL HASTA EL NIVEL DE 850 hPa

Con respecto a la circulación entre la superficie oceánica del Pacífico ecuatorial y el nivel isobárico de 850 hPa (aproximadamente 1500 metros sobre el nivel medio del mar), a fines del año 1996 se observó un ligero debilitamiento de los vientos ecuatoriales del Este sobre el sector occidental del Pacífico, permitiendo el desarrollo de vientos del oeste que originaron la formación de un tren de ondas oceánicas del tipo Kelvin, que alcanzaron la costa sudamericana durante el mes de marzo 1997.

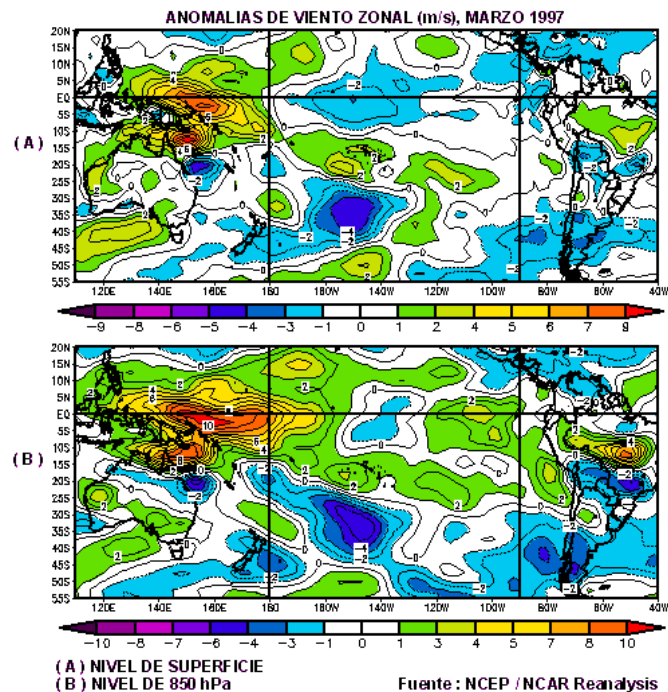
Además, asociándose al régimen de altas presiones atmosféricas durante los meses de enero y febrero 1997 en el Pacífico Sur oriental, los vientos del este ecuatoriales o alisios se presentaron ligeramente intensos sobre esta zona oriental (costa sudamericana), mientras que en el sector occidental cercano a Australia los mismos estuvieron menos intensos, **ver FIGURA N°25**.



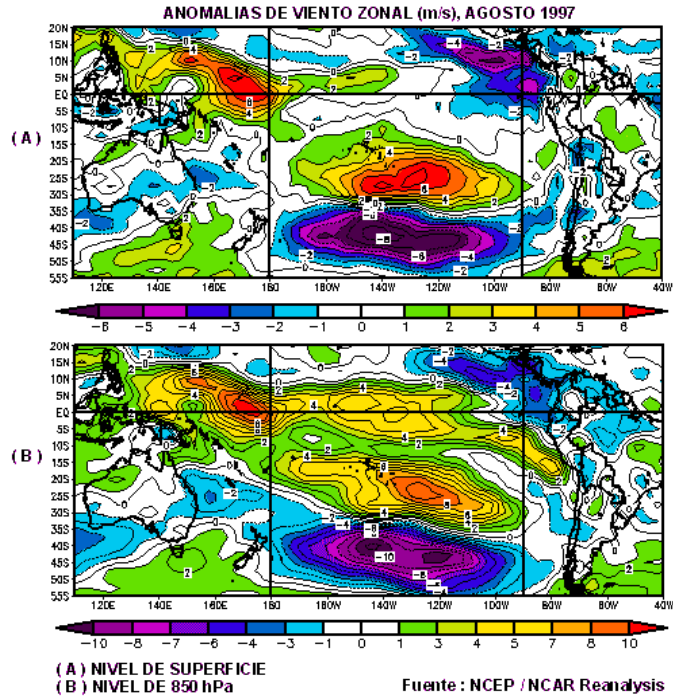


**FIGURA N°25**

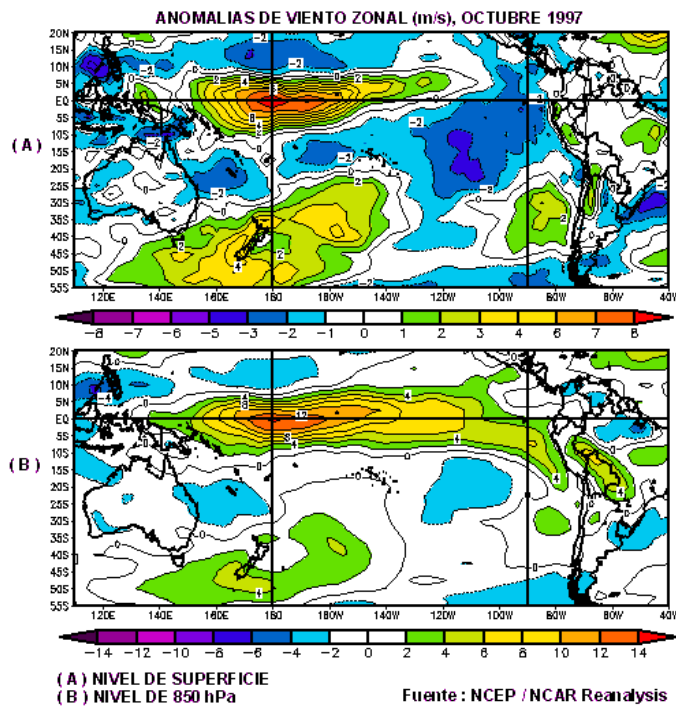
De otro lado, en los meses de marzo, agosto y octubre de 1997, los alisios presentaron un comportamiento más débil que el normal, disminuyendo en intensidad e incluso colapsando por completo durante algunos periodos; llegando a imponerse y dominar por completo los vientos de componente oeste en el Pacífico occidental, alcanzando velocidades hasta de 8 m/s, característica que condicionó el advenimiento y formación de una serie de trenes de ondas Kelvin, las cuales posteriormente llegaron a alcanzar las costas occidentales de Sudamérica ver **FIGURAS N°26, N°27 y N°28**.



**FIGURA N°26**

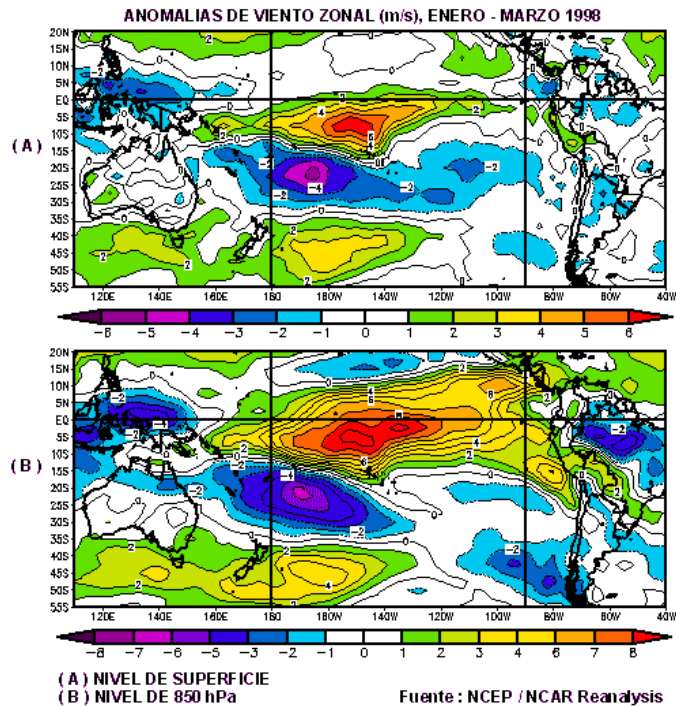


**FIGURA N°27**



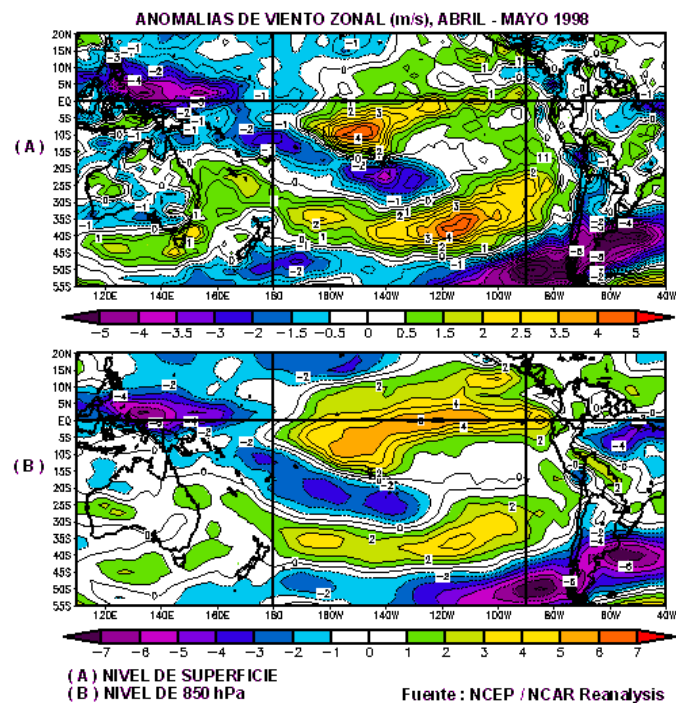
**FIGURA N°28**

Entre enero y marzo 1998, las anomalías de vientos del Este aún siguieron revelando reforzamientos en algunos sectores del Pacífico occidental, en especial a nivel de superficie, en tanto que en el Pacífico central y oriental el desarrollo de anomalías del oeste fue notable y persistente, sobre todo en 850 hPa, coadyuvando así en el ingreso de otras ondas Kelvin que llegaron a alcanzar la costa occidental de Sudamérica, ver **FIGURA N°29**.



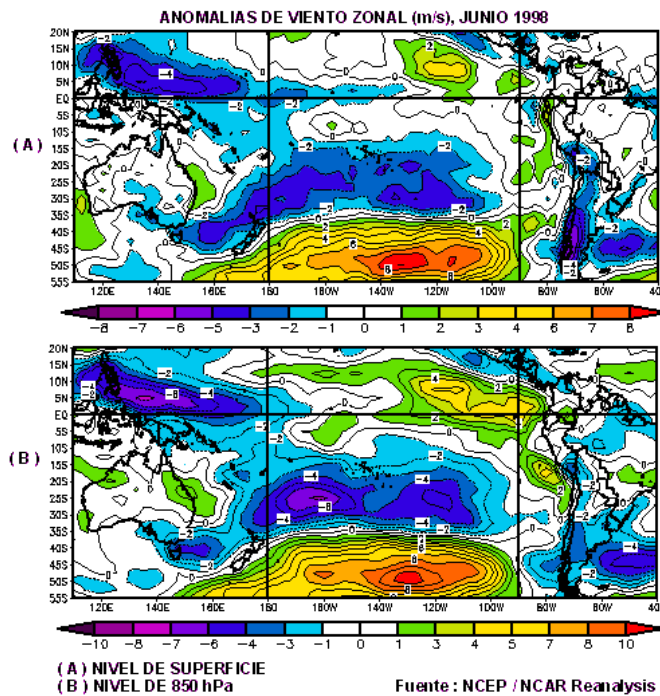
**FIGURA N°29**

Durante abril y mayo 1998, las anomalías de vientos del Este aún continuaron actuando con cierta intensidad sobre regiones del Pacífico occidental, tanto a nivel de superficie como en 850 hPa, mientras que en el central y oriental la evolución de anomalías del oeste aún persistieron pero en menor medida que los primeros tres meses de 1998, incidiendo todavía en el desplazamiento del sistema acoplado océano atmosférico sobre la costa occidental sudamericana, ver **FIGURA N°30**.



**FIGURA N°30**

En junio de 1998, a nivel de superficie se notó un notable decaimiento de las anomalías de vientos del oeste en gran parte del Pacífico ecuatorial que fueron reemplazadas por una sólida estructura de anomalías de vientos del Este, marcándose así el término de los procesos asociados al evento ENOS 1997 - 1998 y el inicio de un significativo reforzamiento de anomalías del Este en el Pacífico ecuatorial, las mismas que se empezaron asociar a la génesis de un evento anti ENOS o “La Niña”; empezándose también a imponer anomalías de vientos del Este en el nivel de 850 hPa, aunque aún notándose la presencia de anomalías oeste en regiones ecuatoriales del Pacífico oriental, y en menor medida el Pacífico central, siendo destacable también el desplazamiento del campo de anomalías oeste hacia regiones del Pacífico ecuatorial situadas al norte de la línea ecuatorial, coincidente con el advenimiento del verano del hemisferio norte, ver **FIGURA N°31**.



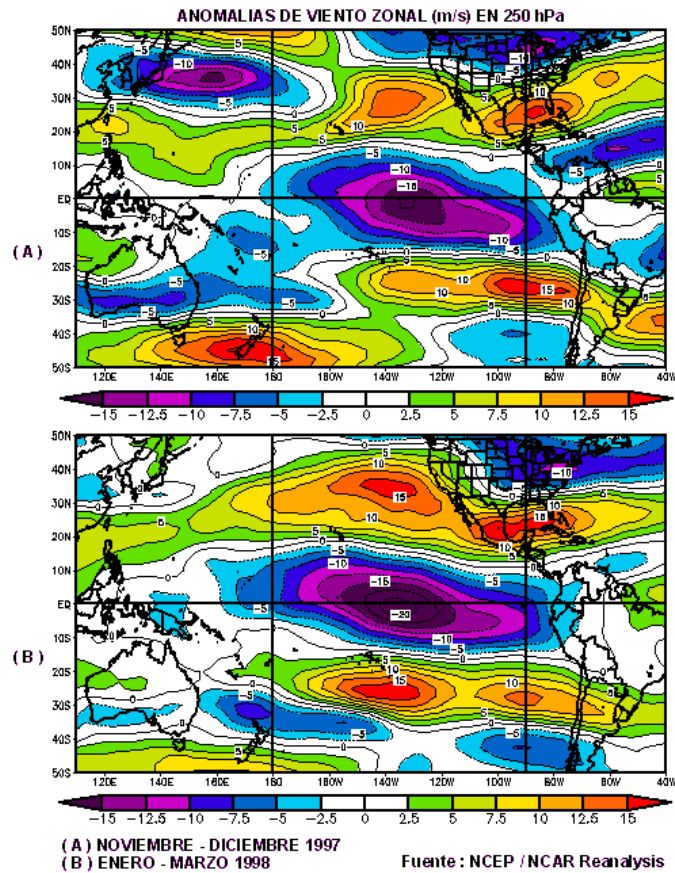
**FIGURA N°31**

### 5.2.3 VIENTO AL NIVEL DE 200 HPA (12 KM DE ALTURA)

En general durante los eventos ENOS, se estructura un Par Anticiclónico sobre el Pacífico ecuatorial a nivel de 200 hPa, en ambos hemisferios; sistemas anticiclónicos que se asocian a la inestabilidad atmosférica en bajos niveles de la atmósfera, orientándose la dirección del flujo de vientos en el hemisferio sur tangenciales a la circulación antihoraria anticiclónica inherente a las configuraciones isobárica de alta presión.

En ese orden de aspectos, la presencia de estos centros anticiclónicos en altura coadyuvaban en las precipitaciones en casi todo el Pacífico central y oriental; siendo destacable mencionar que, estos sistemas anticiclónicos se instalaron entre noviembre 1997 y marzo de 1998, en que las anomalías de

los vientos del oeste se asociaron al Par Anticiclónico y a los intensos vientos del Este en bajas latitudes, ver FIGURAS N°32.



**FIGURAS N°32**

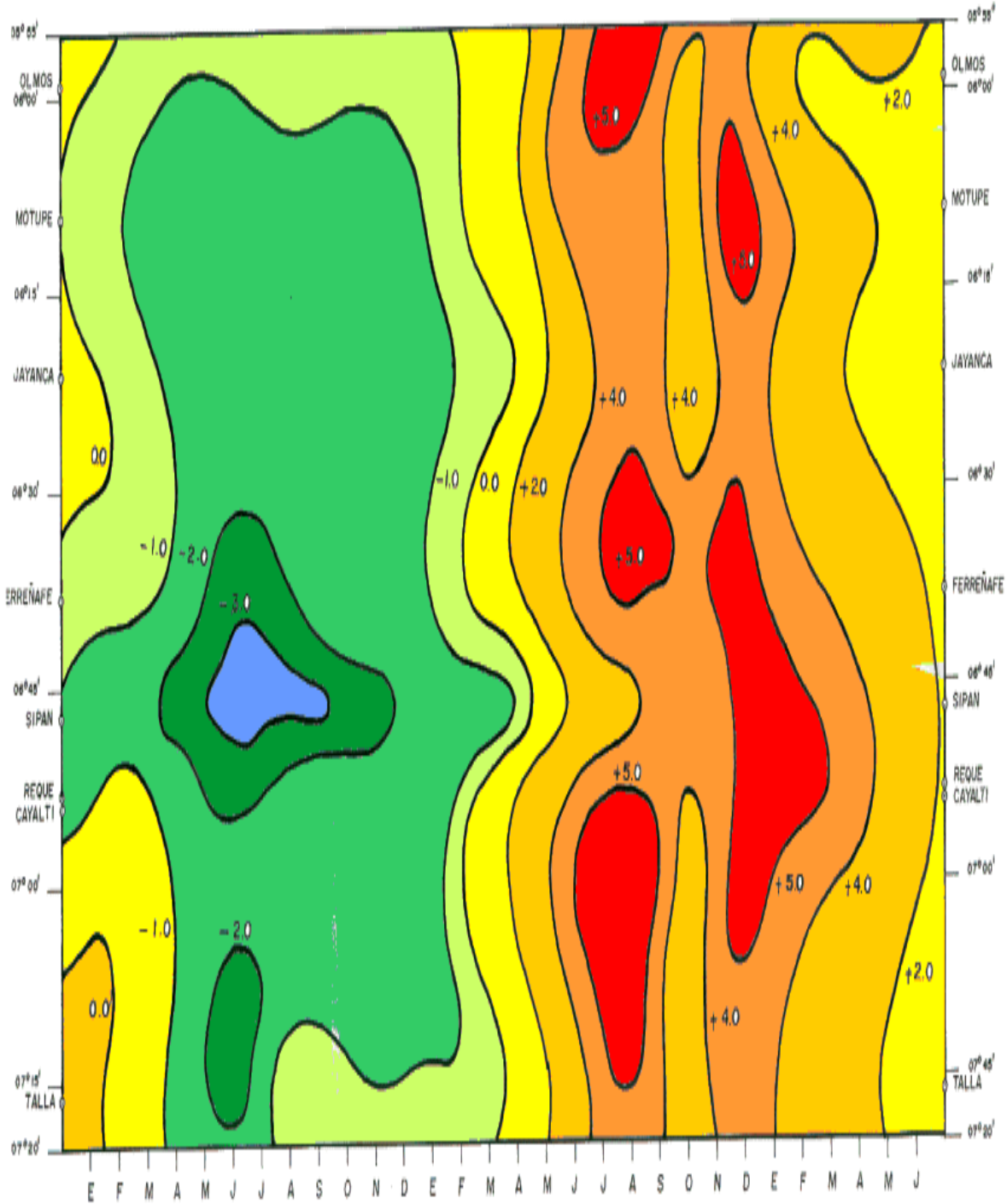
### 5.3. REGIMEN TERMICO DURANTE ENOS 1997-1998 EN LAMBAYEQUE

#### 5.3.1 ANOMALÍAS DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS 1997-1998

Ante la temprana presencia de aguas cálidas en nuestro mar, el régimen de la temperatura mínima del aire se caracterizó por su excepcional elevación, ello luego que toda la costa peruana estuviera expuesta al evento anti “El Niño” o “La Niña 1996-1997” (en enero y febrero 1997 Lambayeque aún registraba anomalías negativas de temperatura mínima o enfriamientos menores a  $-1^{\circ}\text{C}$ ), episodio que en Lambayeque concluyó los primeros días de marzo 1997 con el advenimiento de los primeros ingresos de aguas cálidas provenientes del Pacífico ecuatorial occidental (ver **FIGURAS N°33** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**); de allí que, las temperaturas mínimas en la costa Lambayecana empezaron a elevarse desde marzo 1997, aumentando gradual y significativamente el resto del año, es decir se elevaron para no volver a normalizarse o enfriarse hasta fines de julio 1998. En tal sentido, las mayores anomalías positivas o mayores calentamientos se produjeron entre junio y setiembre 1997, con anomalías hasta de  $+5^{\circ}\text{C}$  sobre sus registros climáticos normales (ver **FIGURAS N°33** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**).



# ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MINIMAS (°C) SOBRE LOS 79°45' W EN LAMBAYEQUE - PERU



MESES DE ENERO 1996 A JUNIO 1998

SENAMHI - Dirección Regional Lambayeque

FIGURA N°33

Entre octubre e inicios de noviembre 1997 se notó un debilitamiento sensible del régimen ascendente que venían observando las temperaturas mínimas, o sea su evolución fue estacionaria, incluso mermó ante la eventual actuación reforzada del anticiclón del Pacífico sur que se plegó a nuestro litoral (cabe anotar que este escenario incidió en que un sector de la colectividad de Lambayeque y nacional, particularmente ciertos profesionales, concluyeran sesgadamente por adelantado que ENOS 1997-1998 no sería intenso ni excepcional); aún así, a pesar de este “receso temporal”, las temperaturas mínimas siguieron registrando anomalías mayores a +2,5°C. Luego, conforme transcurría noviembre 1997 y con la llegada del verano astronómico, las anomalías reanudaron su extraordinaria elevación, alcanzando y superando incluso hasta fines de marzo 1998 los +5°C, sobre todo al centro y sur de Lambayeque. De otro lado, en abril 98 las anomalías de temperatura mínima aún conservaron registros cálidos cercanos a +4°C en todo el departamento, aunque en los últimos días del mismo mes se empezaron a observar anomalías cercanas a +3°C, régimen que a mediados de mayo 1998 alcanzó persistentemente +2,5°C (ver **FIGURA N°33** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**).

### **5.3.2 ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA 1997-1998**

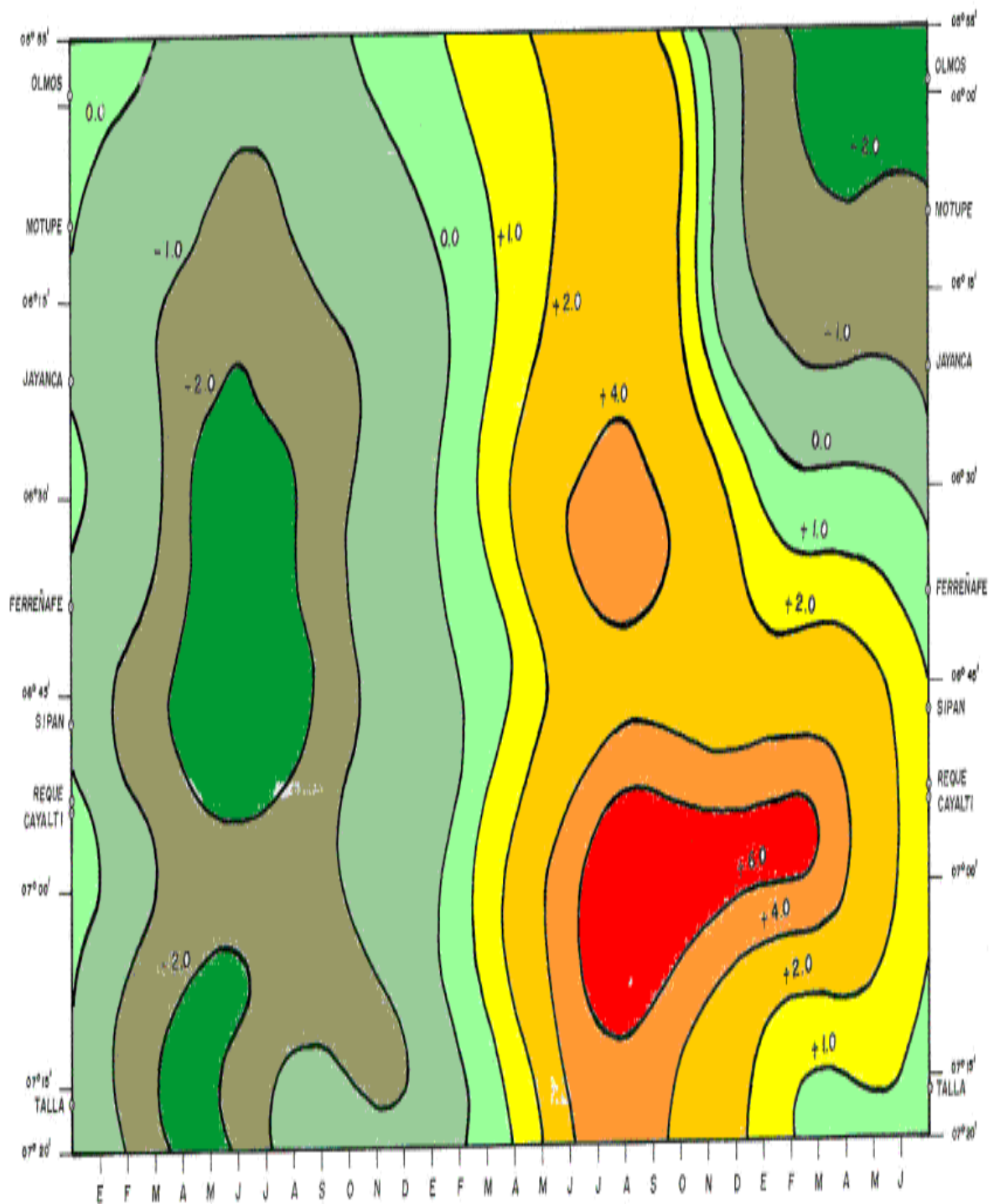
En general el régimen de anomalías observadas en las temperaturas máximas fue con ciertas variantes, muy similar al comportamiento desplegado por las temperaturas mínimas (ver **FIGURAS N°34** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**), en tal sentido, el evento “La Niña 1996-1997” influyó para que las temperaturas máximas durante enero y febrero 1997 también alcanzarán anomalías térmicas cercanas a -1°C; así mismo, las temperaturas máximas en Lambayeque iniciaron su paulatino incremento a partir de marzo 1997, pudiendo destacar las extraordinarias elevaciones térmicas o anomalías positivas como las registradas entre junio y setiembre 1997, que igualmente alcanzaron hasta +5°C sobre sus promedios normalizados.

Entre octubre e inicios de noviembre 1997, al igual que en las temperaturas mínimas aunque en menor magnitud, se estructuró un débil “receso temporal” que restringió el ascendente desarrollo de las temperaturas máximas, manteniéndose al margen de este transitorio episodio, anomalías superiores a +3°C. Siendo notable destacar distintamente al régimen desarrollado por las temperaturas mínimas que, las temperaturas máximas desde fines de noviembre 97 empezaron a configurar dos campos anómalos muy bien definidos; el primero circunscrito al norte del departamento de Lambayeque, desde Jayanca hasta los límites con el departamento de Piura y por extensión a todo el extremo costero norte peruano, y el segundo, al sur de Jayanca, es decir en el centro y sur del departamento de Lambayeque (ver **FIGURAS N°34** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**).

Al respecto, sobre el norte de Lambayeque el primer campo centralizó marcadas anomalías negativas de temperaturas máximas, descendiendo incluso debajo de -1,5°C entre febrero y abril 1998; contrariamente, en el resto de Lambayeque se observaron anomalías positivas mayores a +1°C, sobre todo en la zona cercana al litoral central Lambayecano en que se registraron anomalías positivas del orden de +5°C entre diciembre 1997 y marzo 1998 (ver **FIGURAS N°34** y **GRAFICOS** del **ANEXO N°1**).



# ANOMALIAS DE TEMPERATURAS MAXIMAS (°C) SOBRE LOS 79°45' W EN LAMBAYEQUE - PERU



MESES DE ENERO 1996 A JUNIO 1998

SENAMHI - Dirección Regional Lambayeque

FIGURA N°34

El citado régimen anómalo negativo de temperaturas máximas en el norte de Lambayeque, gradualmente se fue asociando a la gran cantidad de nubes que persistentemente se instaló en ese periodo, debido a las esporádicas incursiones de la Zona de Convergencia InterTropical y su correspondiente banda nubosa, que actuó con mayor notoriedad entre febrero y marzo 1998; de allí que ese desplazamiento nuboso que también afectó en menor medida al centro y sur del litoral Lambayecano, en cierto modo restringió la incidencia directa de radiación solar en onda corta (sobre todo al medio día y por la tarde) sobre el relieve geográfico del norte Lambayecano, definiendo un descenso en magnitud de las temperaturas máximas. Contrariamente, las temperaturas mínimas en el litoral y en la faja costera inmediata respondieron directamente a las variaciones que presentó el océano, ello pues en un evento ENOS además de almacenarse grandes cantidades de energía bajo la forma de calentamiento oceánico, se reciben aportes diurnos de energía que transitoriamente incrementan aún más nuestra faja oceánica; así, en las noches el sistema termodinámico oceánico adyacente al litoral debió liberar energía mediante procesos conductivos: por lo que las temperaturas mínimas a registrarse poco antes del amanecer incrementaron sus magnitudes elevando notoriamente sus anomalías (ver **FIGURAS N°34 y GRAFICOS N°1, N°2 y N°6 del ANEXO N°1**).

#### **5.4. REGIMEN PLUVIAL DURANTE EL EVENTO ENOS 1997-1998**

El principal aspecto durante ENOS 1997-1998 fue el excepcional incremento pluvial en la costa peruana, sobre todo la norte, con excesos que superaron incluso a la fase setiembre-abril de ENOS 1982-1983 (ver **FIGURA N°35**).

Sobre el departamento de Tumbes las lluvias se iniciaron en noviembre 1997, incrementándose en febrero 1998, totalizándose las más intensas lluvias de 701mm en la estación Tumbes, que significó 1945% de anomalía.

En el departamento de Piura las lluvias se elevaron desde diciembre 1997, totalizándose las mayores intensidades en enero 1998 sobre la parte baja y media, con totales muy superiores a sus medias normales, incluso mayores a las observadas en la fase setiembre-abril de ENOS 1982-1983 (como en las estaciones Talara y Miraflores que respectivamente totalizaron 458,7 y 773,8mm, que significaron incrementos de 26882% y 2404% respecto a sus normales); en niveles medios como Chulucanas y Mallares las lluvias mas altas se totalizaron en febrero y marzo, cifrándose respectivamente 1095,2 y 692mm. Mientras que en altos niveles, las lluvias fueron ligeramente mayores a sus normales, pero menores al ENOS 1982-83; observándose las mayores lluvias en marzo 1998, totalizándose 454mm en Ayabaca que significó el 87% sobre su normal y 416,5mm en Huarmaca que significó 74,2% sobre su normal; asimismo, en abril se siguieron registrando precipitaciones pero en menor intensidad respecto a los meses anteriores. Respecto a las máximas precipitaciones en 24 horas, la estación los Cedros (departamento de Tumbes) totalizó 193,6mm el 8 de febrero; los días 10, 19 y 22 de marzo se registraron los episodios pluviales más intensos, con 251,2mm en Malacasi, 232,2 en Talara y 201mm en Mallares (ciudad del departamento de Piura).

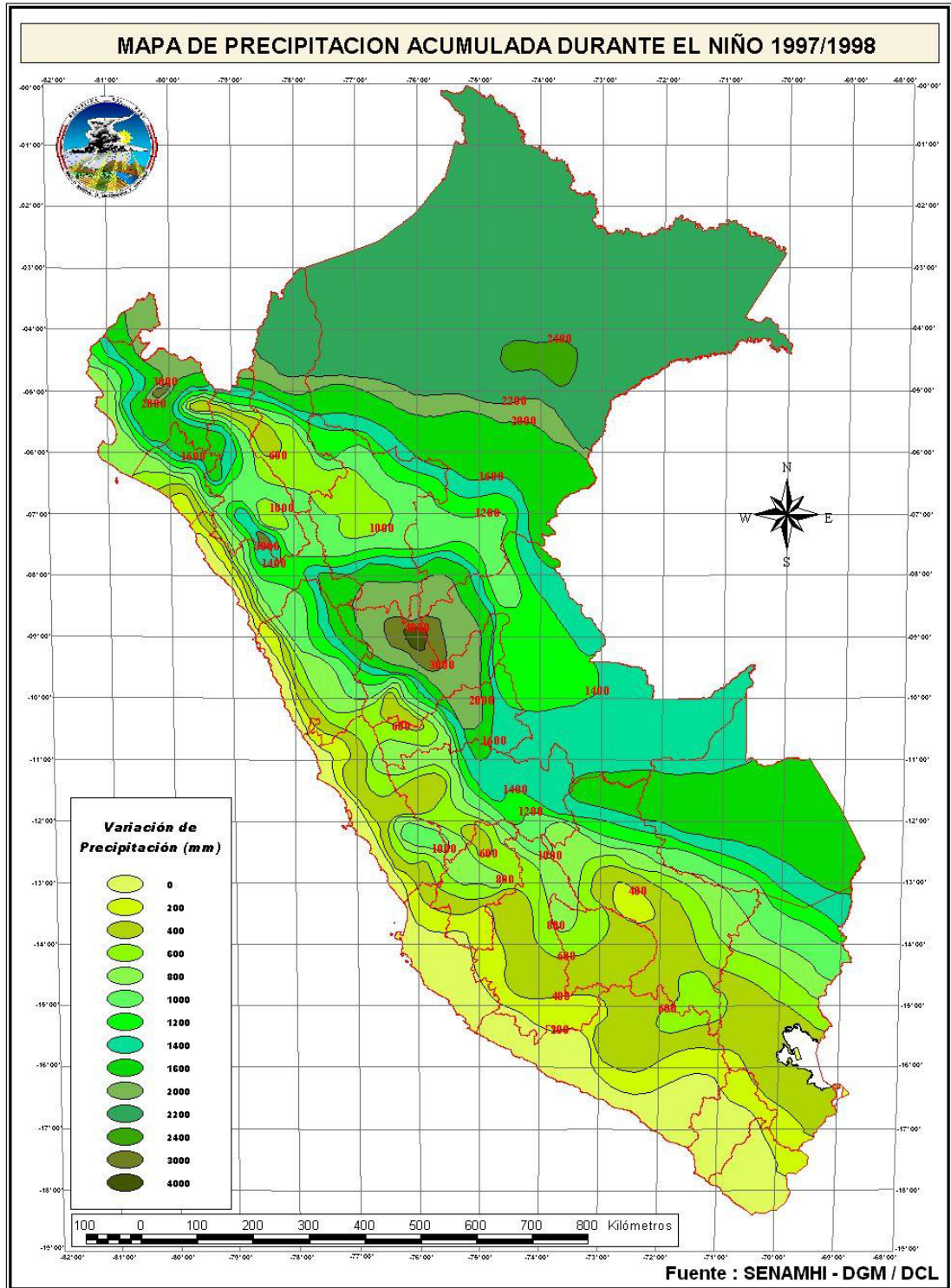
En el departamento de Lambayeque, las lluvias máximas en 24 horas del mes febrero se produjeron el día 14, totalizándose 114mm en Chiclayo, en Lambayeque 71,3mm, 72,2mm en Cayaltí y en Ferreñafe 182,8mm (cifras respectivamente superiores a sus totales normales mensuales de 2,4mm, 1,9mm, 12mm y 2,3mm); mientras que el día 24 en Oyotún se totalizaron 133,7mm, en Tinajones 70,5mm, en Motupe 151,6mm y en Puchaca 105,4mm (superando respectivamente a sus totales normales mensuales de 32,9mm, 47,9mm, 18,2mm y 54,9mm); en tanto que en Olmos el día 5 se totalizaron 135,3mm (registro ampliamente mayor a su total mensual normal de 28,2mm). Las máximas precipitaciones del mes de marzo ocurrieron el día 23, totalizándose 60,7mm en Cayaltí, en Lambayeque 40,5mm, Oyotún con 131,3mm, en Reque 49,5mm, Chiclayo con 70,5mm y en Ferreñafe 49,4mm; mientras que Tinajones el día 6 totalizó 116,3mm, además el día 10 Olmos registró la lluvia máxima de 132mm, totalizando 142,4mm el día 16 la ciudad de Motupe, también en Puchaca la lluvia máxima de 147mm se totalizó el día 21 de marzo. De otro lado, en el resto de la costa norte los totales pluviales no fueron extraordinarios, aunque siempre bastante mayores a sus normales.

La sierra peruana en general inicia su fase pluvial en setiembre, culminándola en abril del año siguiente, empero, en eventos ENOS el periodo lluvioso tiende a adelantarse, incluso con intensidades mayores a su normal, para disminuir o colapsar luego en presencia del mismo ENOS, independiente de la intensidad del evento; habiéndose notado en el extraordinario ENOS 1982-1983 una severa sequía en el suroriente del Perú (altiplano peruano boliviano), asimismo durante el moderado ENOS 1991-1992, que se prolongó hasta 1993, se observó una intensa sequía por un periodo mas prolongado.

En tal sentido, en 1997 la fase lluviosa en el sur peruano empezó en el mes de setiembre, notándose en noviembre un incremento en su frecuencia e intensidad en niveles medios y altos de los departamentos de Cuzco y Puno; elevándose el régimen pluvial en enero 1998 en Arequipa, Moquegua y Tacna con valores que superaron sus normales y a sus registros ENOS 1982-1983.

Produciéndose así lluvias máximas entre noviembre 1997 y enero 1998 en Sicuani, Urubamba y Huancané, entre otras zonas; reduciéndose en forma gradual las precipitaciones desde marzo 1998, tanto en niveles medios como niveles altos de la sierra sur. La precipitación acumulada en zonas medias y altas de Cuzco y Puno cifraron valores menores con respecto a su régimen normal, pero mayores a las registradas en ENOS 1982-1983; destacando en Arequipa, Moquegua y Tacna sus acumulados pluviales de 1997-1998 que superaron ligeramente a sus normales y a sus acumulados ENOS 1982-1983. Observándose además deficiencias de 9,8% y 29%, respectivamente en las localidades de Sicuani y Laraqueri en el departamento de Puno.

En zonas amazónicas de Tingo María, Aguaytía, Puerto Maldonado, Iquitos y Rioja, las lluvias acumuladas durante ENOS 1997-1998 fueron ligeramente menores a sus totales de ENOS 1982-1983, ocasionalmente igualando y/o excediendo ligeramente a sus totales mensuales normales; también, en Tingo María la lluvia acumulada en la fase pluvial setiembre 1997-mayo 1998 superó en 1,2 veces a su régimen normal acumulado, en tanto que las lluvias totales de la fase 1982-1983 superaron en 1.3 veces a su régimen normal.



**FIGURA N°35**

#### 5.4.1 ANOMALÍAS DE PRECIPITACIONES SETIEMBRE 1997 - AGOSTO 1998 EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

En el contexto general para el departamento de Lambayeque, el régimen de precipitaciones del año hidrológico 1997-1998, o sea entre setiembre 1997 y agosto 1998, evaluado de acuerdo con los porcentajes de precipitaciones anómalas respecto a sus promedios climáticos normales apreciado en el mapa correspondiente (ver **FIGURA N°36**), las zonas con porcentajes positivos expresan superávit o excesos de lluvias acumuladas durante esos meses, mientras que las áreas negativas agrupan déficit pluviales.

En la **FIGURA N°36**, Anomalías pluviales en porcentaje, se observa que el departamento de Lambayeque en casi toda su extensión presentó notables superávit de precipitación, excepto su extremo Este (zonas alto andinas de Cueva Blanca e Incahuasi) en que su régimen fue más o menos normal. En esta caracterización, se notó en Lambayeque un campo anómalo pluvial superior a 1500 % sobre sus valores normales, respectivamente centralizados sobre el norte y centro; determinándose en esta jurisdicción dos núcleos con excepcionales precipitaciones: el primero y más intenso con excesos mayores a 2500 % y cercanamente a 3000 % establecido sobre el Noroeste del departamento, circunscrito por las ciudades de Ferreñafe, Jayanca, Motupe, Olmos, el litoral Lambayecano y los límites con el departamento de Piura, y el segundo con magnitud de 2500 % situado sobre Chiclayo, Reque y alrededores. Además sobre el extremo Sureste, las localidades de Nueva Arica, Oyotún, El Espinal y su periferia registraron excesos superiores a 2000% sobre sus promedios esperados normales.

Notando la configuración adoptada por las excepcionales anomalías al norte y centro de Lambayeque, este extraordinario régimen se aunó al excepcional desplazamiento hacia el sur (extremo norte costero peruano) de la banda nubosa asociada a la zona de convergencia intertropical y la formación de nubes convectivas de tormenta generadas en estas zonas (configurando incluso una estructura nubosa de doble banda) además del calentamiento oceánico intenso frente a la costa norte, que al reforzarse y persistir entre enero - marzo 1998 contribuyó a fortalecer el proceso de brisa oceánica e inestabilidad atmosférica causando incluso en la costa norte peruana una especial "situación de monzón" (ver **GRAFICOS del ANEXO N°2 y FIGURAS N°37 y N°38**). Realizándose al margen de la escorrentía superficial, obras de ingeniería preventivas que permitieron encauzar y reforzar riberas fluviales, igual que la respectiva derivación fluvial hacia zonas áridas e inhabitadas en esa parte de Lambayeque, para que los efectos de desbordes fluviales no inunden zonas urbano rurales (como en el excepcional ENOS 1982-1983): ajustándose muy bien la configuración de las anomalías pluviales a la extensión que ocupó el Lago "La Niña", extendido desde el Suroeste del distrito de Mórrope hasta el departamento de Piura (ver **IMAGENES NOAA** de marzo, abril y mayo 1998).

Es importante destacar además que, en Lambayeque la fase lluviosa más intensa inherente al evento ENOS 1997-98 se produjo entre enero y marzo 1998 (ver **GRAFICOS del ANEXO N°2**), pudiendo notar que estas magnitudes pluviales superaron notablemente al ENOS 1982-1983 en esos

mismos meses; aunque al finalizar la fase 1997-1998 su total acumulado superó moderadamente al episodio 1982-83, que totalizó las mayores cantidades de lluvias entre febrero y mayo de 1983, incluso aisladamente en ciertas localidades se siguieron registrando precipitaciones hasta junio 1983.

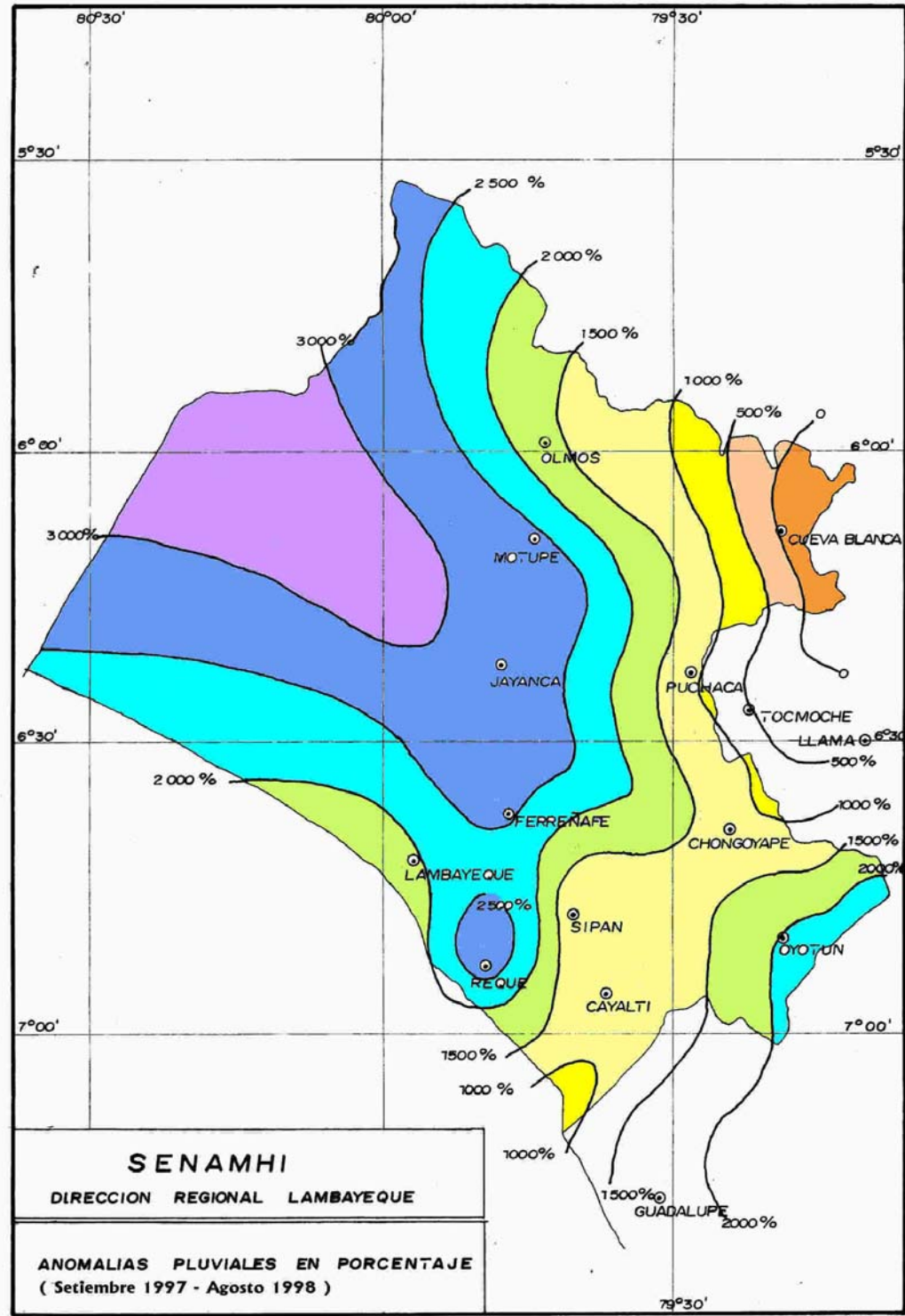


FIGURA N°36



### 5.4.2 EVOLUCION DE LA BRISA OCEANICA O MONZON SOBRE LA COSTA NORTE Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE EN “ENOS”

Las intensas lluvias en el departamento de Lambayeque entre diciembre 1997 y abril 1998, en especial febrero y marzo 1998, dependieron de varias condiciones, sobre todo la zona de convergencia intertropical e intensidad del calentamiento oceánico frente a la costa al almacenar grandes cantidades de energía durante 1997 y verano austral 1998; reforzándose así el proceso de brisa oceánica (con características de monzón) e inestabilidad atmosférica, al predominar altas temperaturas en el norte peruano y con ello, nuestra costa.

#### COMPONENTE DE VIENTO ZONAL (m/s), 14 DE FEBRERO 1998

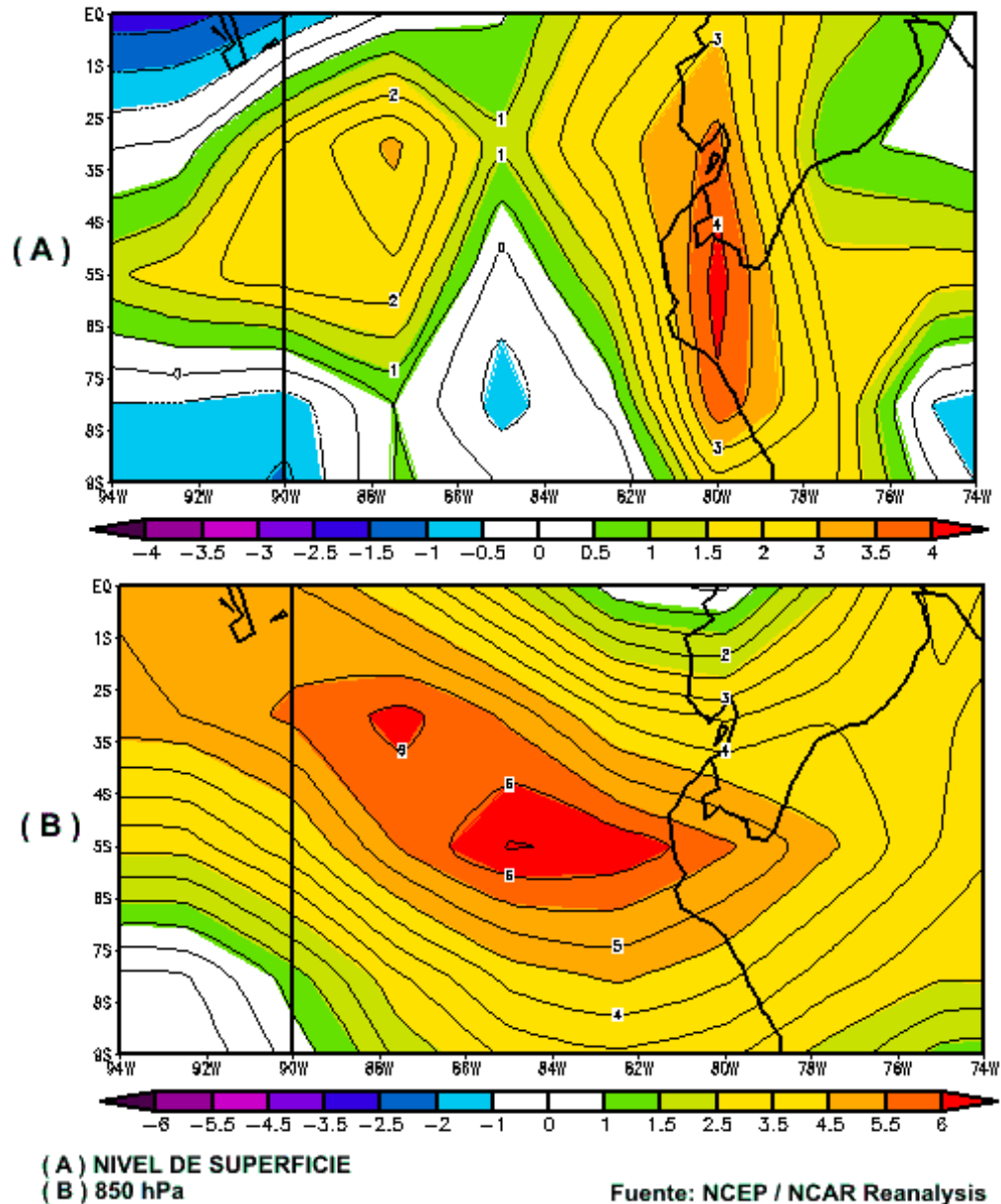
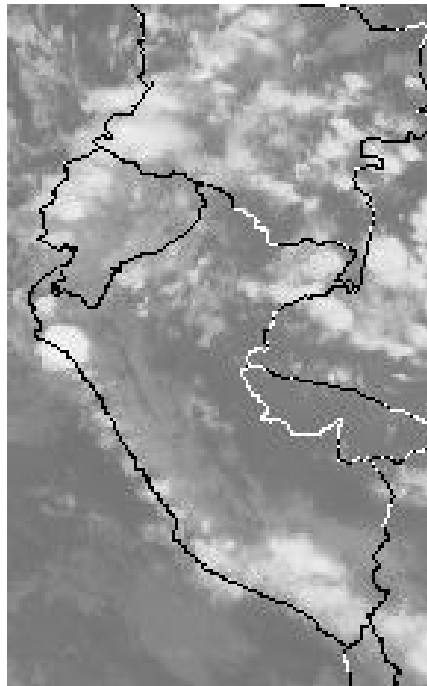


FIGURA N°37

Estas lluvias producidas en el verano 1998 en gran parte del departamento de Lambayeque, costa norte peruana y costa sur ecuatoriana, constituyeron

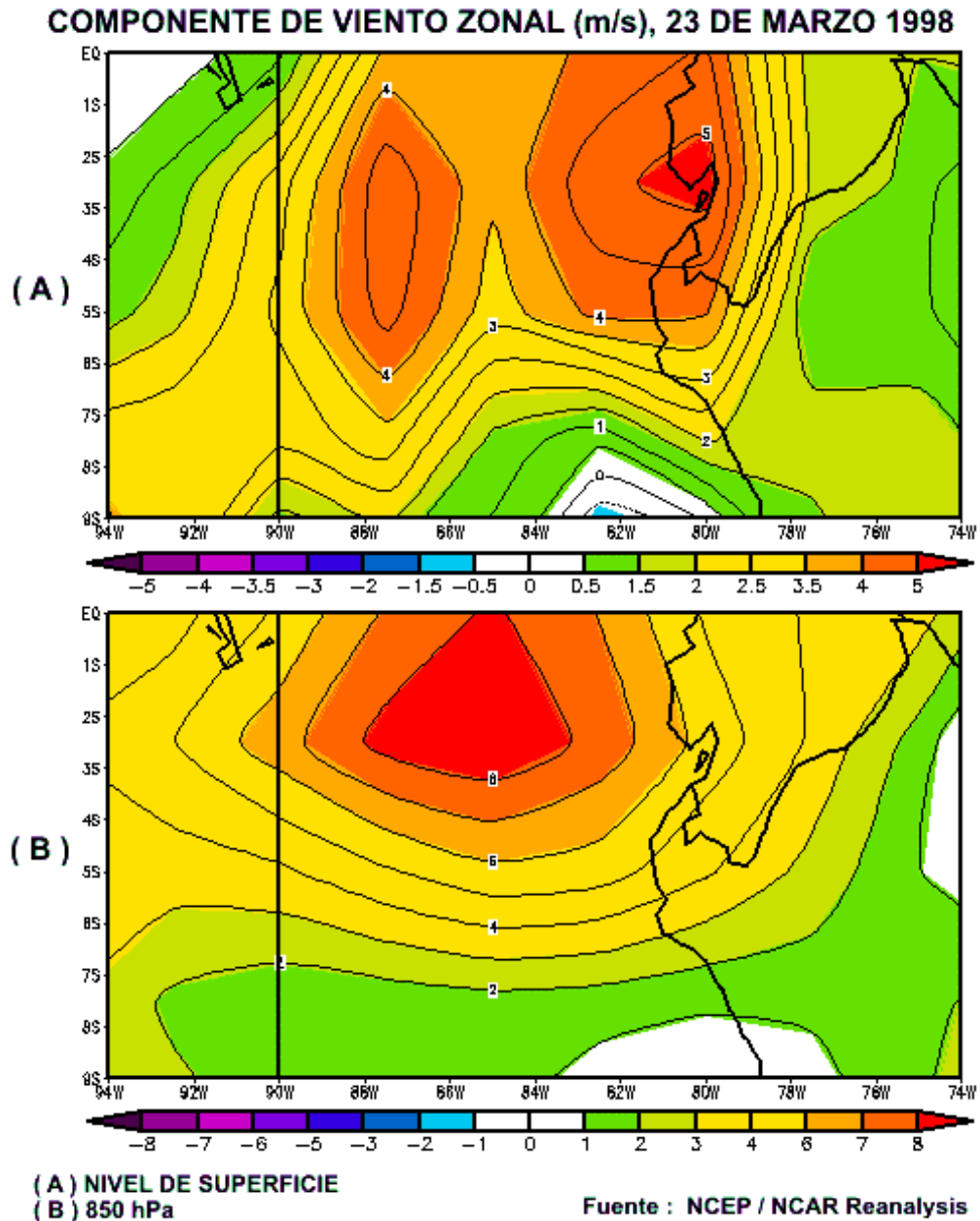
el producto de una anómala situación a gran escala además; particularmente asociando su distribución en Lambayeque y nuestra costa norte a episodios de menor escala o locales, destacando las brisas de monzón generadas entre el mar y la costa de Lambayeque así como, las brisas producidas sobre bajos niveles de la atmósfera adyacente a las laderas occidentales de los contrafuertes de la cordillera noroccidental del Perú: en que durante el día, en especial entre mediodía y media tarde, iniciaban un movimiento del mar hacia el continente, y, desde bajos niveles de la atmósfera adyacente a la costa hacia medios y altos niveles de las cuencas hidrográficas configuradas geomorfológicamente por las altas estructuras de montaña (ver **FIGURAS N°37 y N°38**, e **IMAGEN GOES 08 (Infrarroja) – 14 Febrero 1998, 7:00 p.m.**, en que se nota la dinámica de viento zonal para uno de los episodios pluviales más intensos en Lambayeque), que en su interacción, forzamiento radiativo y termodinámica local coadyuvaron a la intensificación de episodios pluviales e hídricos por la tarde, noche, madrugada y amanecer del día siguiente; eventos hidroluviales fuertes en especial en niveles medios de las cuencas hidrográficas Lambayecanas, producto de la intensificación anómala de las estacionales brisas oceánicas ante el debilitamiento de los Alisios en esta parte de nuestra costa norte, adquiriendo magnitud de brisa del tipo monzón.



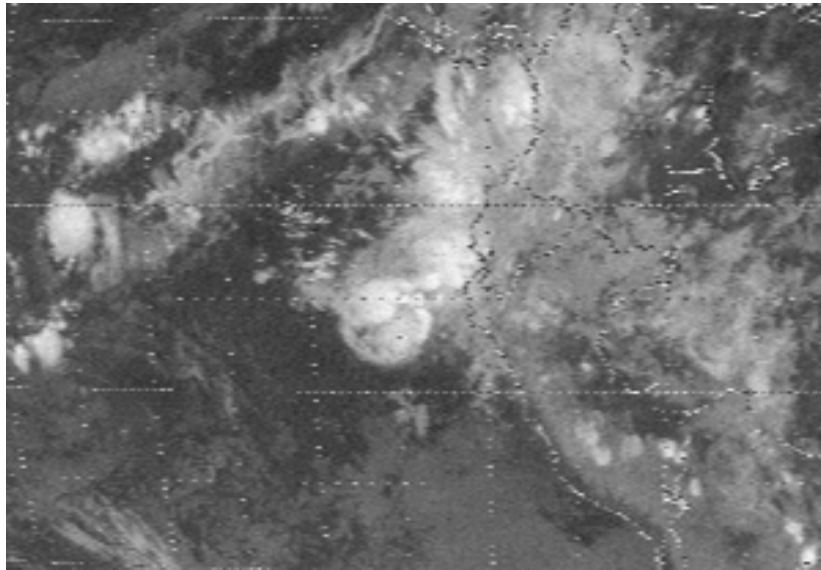
**IMAGEN GOES 08 (Infrarroja) – 14 Febrero 1998, 7:00 p.m.**

Respecto a las zonas Lambayecanas en que las lluvias ocurrieron desde el medio día y tarde, por calentamiento superficial y condensación de humedad que conllevó al desarrollo nuboso y posteriores lluvias, cabe decir que, sobre el océano adyacente a la costa norte y departamento de Lambayeque, los Complejos Convectivos de Mesoescala (CCM) se llegaron a generar sobre extensas superficies de agua con temperaturas excepcionalmente cálidas que por la dinámica zonal ecuatorial desarrollaron un transporte de vapor de agua, humedad y masas nubosas hacia el Este; CCM que hacia media tarde

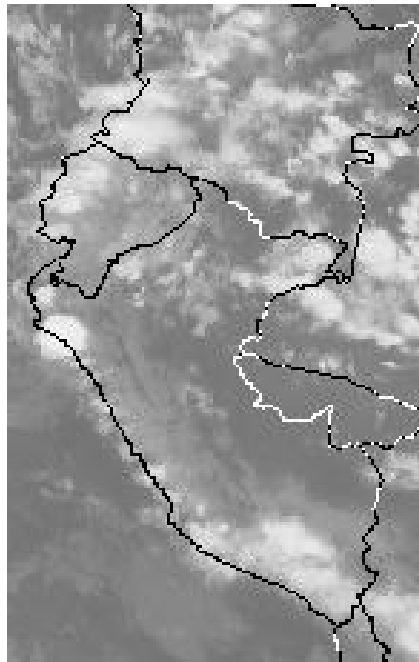
ingresaban al norte peruano y Lambayeque (con una capa de suelo húmedo), y que al hallar la base de la troposfera baja o estrato adyacente a la superficie extremadamente cálida húmeda e inestable por los intercambios de energía y especiales procesos termodinámicos, lograban suministrar suficiente humedad para el desarrollo de excepcionales procesos convectivos y eventos hidroluviales, coadyuvados por el modelado terrestre de compleja topografía (ver **FIGURAS N°37 y N°38, e IMAGENES GOES 08 (Infrarrojas) del 23 Marzo 1998 a las 7:00 a.m. y 3:00 a.m. del 24 Marzo 1998**). Cabe añadir además que, el régimen pluvial pudo también estar dominado por procesos particulares no asociados a la circulación global ecuatorial.



**FIGURA N°38**



**IMAGEN GOES 08 (Infrarroja) – 23 Marzo 1998, 7:00 a.m.**



**IMAGEN GOES 08 (Infrarroja) – 24 Marzo 1998, 3:00 a.m.**

En tal sentido, cabe destacar la estrecha relación entre las pendientes de las configuraciones geomorfológicas de las estribaciones occidentales andinas y niveles medios de la cordillera noroccidental peruana con el transporte de vapor de agua desde el mar peruano adyacente a la costa norte del Perú; los cuales permitieron que los principales mecanismos descritos contribuyeran en el forzamiento y sostenimiento de los sistemas de lluvia a mesoescala, de tal forma que sus efectos puedan ser adecuadamente representados en los análisis ya presentados (mapas de TSM, convección ligada a transporte de vientos zonales, CCM asociados a frentes de brisas marina o monzones y otros aspectos diurnos ligados a influencias topográficas, entre otros).

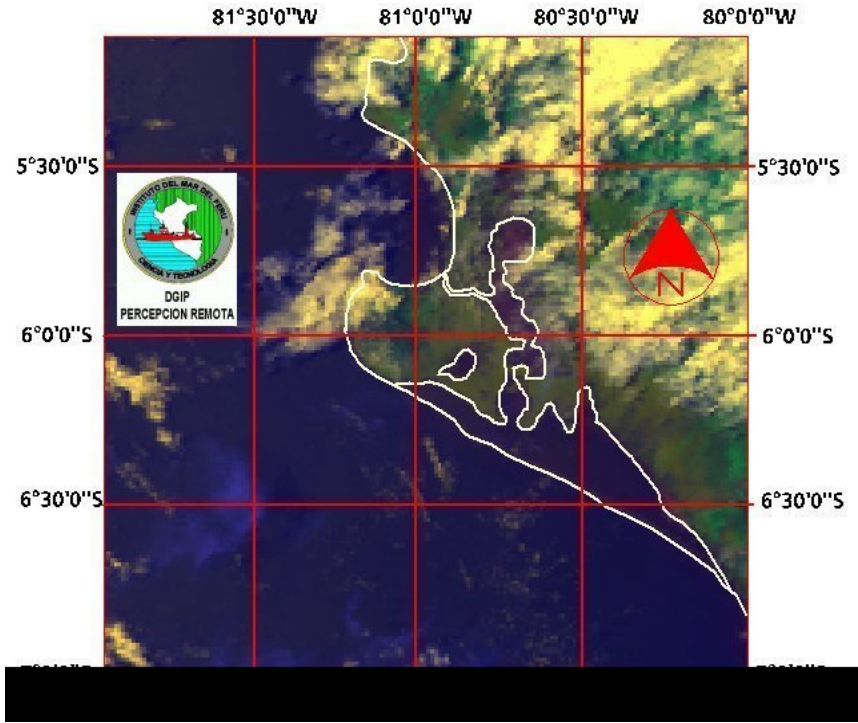
## VI. IMPACTOS DE LOS EVENTOS EL NIÑO - OSCILACION SUR EN EL PERU

Globalmente, el calentamiento del océano Pacífico y la variación del régimen pluvial en toda la región tropical y en muchas otras latitudes del planeta son los primeros impactos de ENOS, durando entre 6 y 18 meses y dependiendo de su intensidad; iniciándose normalmente con el verano y culminando al inicio del invierno del primer o segundo año, con fuertes lluvias en la costa norte sólo en verano, pudiendo extenderse hasta el otoño, mientras que el calentamiento oceánico y aire puede persistir hasta el invierno del segundo año. Totalmente descartándose la presencia de lluvias en invierno, aún cuando exista un gran calentamiento del mar y aire, pero sí restringiendo la producción agrícola pues el desarrollo fisiológico y metabolismo de ciertos cultivos como el limón, mango, uva y olivo, entre otros se afectan por el aumento térmico. Notándose luego de la culminación de ENOS la presencia de condiciones más frías que sus promedios en todo el Pacífico ecuatorial y el mar frontal a la costa peruana; apreciándose durante la presencia de estos eventos fríos un déficit pluvial en la costa norte, que según la intensidad del evento, alcanza nivel de sequía.

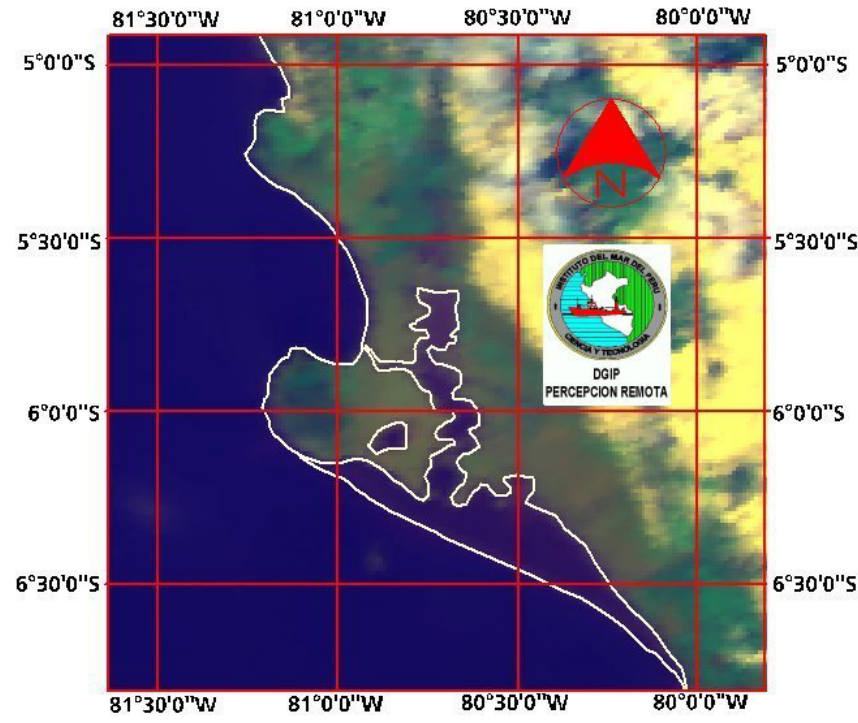
En el Perú, la elevación térmica oceánica causa notables cambios en sus ecosistemas marinos, mientras que en territorio continental los impactos se relacionan a intensas precipitaciones, inundaciones y olas de calor, sobre todo en la costa norte (ver **IMAGENES NOAA 14, de marzo, abril y mayo 1998**, en que se nota la gran área que alcanzó el lago "La Niña" en la costa de Lambayeque y Piura durante las lluvias del verano 1998); intensas lluvias en la vertiente occidente de los andes occidentales, adyacente a la costa norte y central, en que se elevaron los caudales causando desbordes e inundaciones. Eventualmente en el altiplano o sureste andino, las lluvias son deficitarias alcanzando niveles críticos de sequía: impactos hidroclimáticos que simultáneamente producen severas catástrofes. Orientándose gran parte de las actividades productivas de primer orden al sector agrícola, implicando ello el óptimo uso de recursos naturales como el agua y suelo, recursos que restringen el desarrollo socioeconómico por su vulnerabilidad ante las extremas variaciones del clima como inundaciones y sequías: dependiendo directamente la productividad agrícola del régimen climático. Siendo los valles costeros (que recorren transversalmente sus ríos de este a oeste) las principales zonas en que se realizan estas actividades socioeconómicas, las más productivas del país; mientras que en la sierra estas actividades se realizan en su gran parte en valles y laderas interandinas, dedicadas a cultivos de subsistencia y pastos naturales para ganadería; realizándose en la amazonía en sus zonas de selva alta, donde las eventuales lluvias apoyan el riego de las campañas agrícolas.

Ante la presencia ENOS las intensas lluvias en la costa norte generan desbordes fluviales, inundaciones, huaycos (riada, aluvión o lavas torrenciales) y deslizamientos de tierra, destruyendo cultivos; mientras que en la sierra sur se genera déficit pluvial y sequías, restringiendo la producción. Intensas lluvias ligadas al incremento térmico del mar y cambios en la circulación atmosférica, alterándose la distribución de vapor de agua en la troposfera baja; incidiendo el aumento térmico oceánico en el incremento térmico del aire en toda la costa, produciéndose cambios en la composición florística y fauna de los ecosistemas.

NOAA 14 - 25/03/98 - 14:47

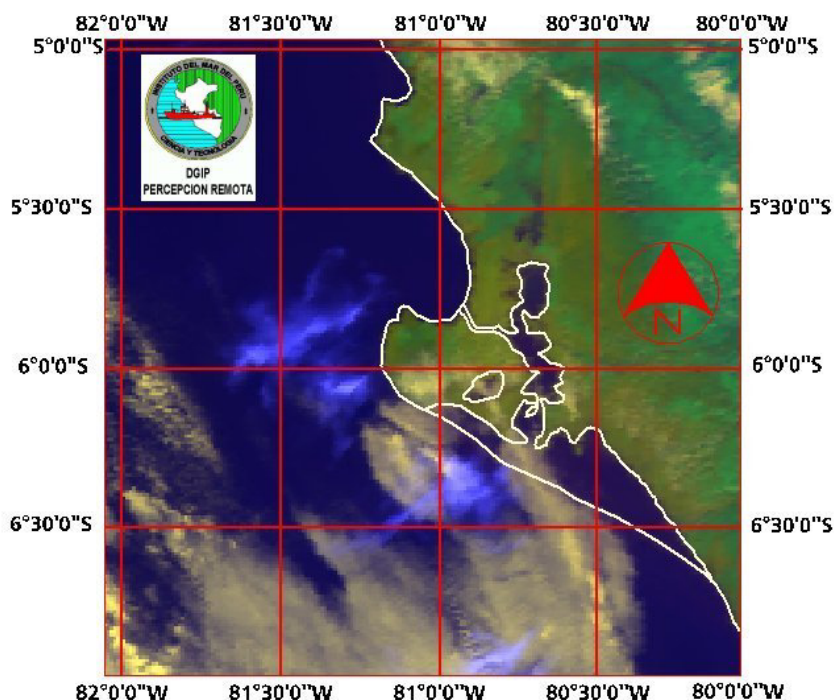


NOAA 14 - 24/04/98 - 14:17





### NOAA 14 - 24/05/98 - 15:29



En la pesca los impactos ENOS se evidencian en la reducción de nutrientes, ante el traslado de agua cálida del Pacífico ecuatorial occidental al Pacífico ecuatorial central mediante la deriva de ondas oceánicas hacia Sudamérica generadas en el Pacífico ecuatorial central y occidental por colapso de los alisios: el arribo de esas ondas profundiza la termoclina en nuestra costa norte, expandiéndose luego al sur, paralelo a la costa; con la termoclina muy profunda se inhibe la surgencia marina adyacente a nuestra costa impidiendo el ascenso de agua fría del fondo marino donde existe gran cantidad de nutrientes, reduciéndose su disponibilidad en niveles superficiales del mar: aminorando la producción de fitoplancton e impactando negativamente en la cadena alimenticia. Al restringirse el ascensor de nutrientes a la superficie, se reduce la producción primaria disminuyendo la disponibilidad de alimentos para las poblaciones naturales, que ligada al incremento térmico superficial del mar, fuerza a los peces instalados en áreas costeras primero a profundizarse y luego a migrar hacia el sur en busca de aguas más frías y nutrientes, siendo inaccesibles a las actividades pesqueras.



Vista del Lago "La Niña" (Mórrope), nótese la similitud al paisaje marino

## **VII. IMPACTOS ENOS 1997-98 EN EL DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE**

El evento ENOS 1997-1998, uno de los más intensos del siglo 20, impactó notablemente en la colectividad y sobre gran parte de los principales sectores económicos del departamento de Lambayeque por sus severos daños. Al llover intensamente en sus costas y niveles medios altoandinos, entre diciembre 1997 y abril 1998, e incrementarse los caudales en todos los ríos, se generaron excepcionales inundaciones, conjuntamente al resto de cuencas hidrográficas de la costa norte. En tal sentido, de los informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática se deduce que los impactos ENOS 1997-1998 fueron significativamente menores al ENOS 1982-1983 por la solidez fiscal y las actividades de prevención ejecutadas.



**Vista aérea de la Panamericana norte (zona de Mórrope) junto al Lago "La Niña"**

### **7.1 IMPACTOS EN LA AGRICULTURA Y OTROS EFECTOS ASOCIADOS**

El evento ENOS 1997 - 1998 y sus impactos iniciales con sus efectos más adversos en la agricultura se empezó a notar desde fines de marzo 1997 con el gran aumento de la temperatura del aire, que persistió todo el año 1997, incluso hasta abril 1998. Asociándose el incremento de la evapotranspiración a la modificación del ciclo evolutivo de las plantas y su desarrollo fisiológico, como los procesos de floración y otros, generándose así una merma en la productividad: por ejemplo, el bajo rendimiento del limón, mangos, algodón, caña de azúcar, maíz, menestras y otros cultivos de pan llevar; incremento térmico que además favoreció la proliferación de insectos, aparición de

enfermedades y plagas que impactaron los cultivos, contribuyendo a reducirse la producción y áreas de cultivo. Ver cuadro siguiente sobre **Áreas perdidas y afectadas por principales cultivos durante la campaña agrícola 1997 – 1998, (Período: Agosto 1997- Marzo 1998).**

Zonas geográficas Regiones - Subregiones	Superficie (Ha)		
	Pérdida	Afectada	Total
<b>NORTE</b>	29 694	27 351	57 045
Tumbes	4 483	506	4 989
Piura	6 844	4 234	11 078
Lambayeque	6 885	8 372	15 257
La Libertad	6 328	10 972	17 300
Cajamarca	4 882	3 063	7 945
Cajamarca	3 212	1 759	4 971
Chota	1 469	1 304	2 773
Jaén-San Ignacio-Pucará	201	-	201
Amazonas	272	204	476
Chachapoyas	37	127	164
Bagua-Utcubamba	235	77	312
<b>CENTRO</b>	13 929	41 812	55 741
Ancash	1 538	1 661	3 199
Lima	2 777	1 832	4 609
Ica	652	2 309	2 961
Huánuco	2 948	7 598	10 546
Pasco	1 847	3 550	5 397
Junín	1 307	9 522	10 829
Huancavelica	2 860	15 340	18 200
<b>SUR</b>	16 356	59 640	75 996
Arequipa	543	853	1 396
Moquegua	143	68	211
Tacna	376	4 185	4 561
Ayacucho	8 491	19 543	28 034
Apurímac	1 813	19 353	21 166
Abancay	1 244	13 155	14 399
Andahuaylas	569	6 198	6 767
Cusco	3 312	8 758	12 070
Puno	99	6 880	6 979
Madre de Dios	1 579		1 579
<b>ORIENTE</b>	13 070	2 343	15 413
San Martín	7 966	1 137	9 103
Loreto	2 923	-	2 923
Ucayali	2 181	1 206	3 387
<b>TOTAL NACIONAL</b>	73 049	131 146	204 195

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA-Direcciones Regionales y Sub Regionales, mayo 1998

En el sector avícola si bien se notó un incremento productivo por la demanda del mercado, el estrés calórico que sufrieron las aves por altas temperaturas influyó en la reducción de rendimientos y aumento de la tasa de mortalidad.

También, las excepcionales lluvias impactaron positiva y negativamente en la agricultura y ganadería: al caer sobre suelos desérticos que favorecieron la aparición de pastos y bosques, permitiendo la proliferación de varias especies de flora y fauna; teniendo en poco tiempo en ciertas zonas mucho forraje para ganado, semillas y flores para aves, abejas y otros. Incidiendo en forma positiva en la abundancia de pastos en esas zonas y sobre los incrementos y rendimientos del ganado en general. Alimentando además la Napa freática en zonas planas con el aumento de las reservas de agua en el subsuelo. Al caer las lluvias sobre las áridas e inestables laderas de las cuencas causaron deslizamientos y "huaycos", de gran potencial destructivo en infraestructuras de riego, destruyendo terrenos agrícolas, cultivos y la producción pecuaria.

El cuadro siguiente consolida los **Impactos positivos y negativos del ENOS 1997 - 1998 en la agricultura peruana.**

<b>Efectos negativos</b>	<b>Efectos positivos</b>
Inundaciones produjeron la pérdida de siembras y cosechas, reducción de la producción y productividad.	Regeneración natural de pastos y bosques secos, mejorando el alimento para el ganado.
Lluvias intensas, "huaycos", crecidas y desbordes destruyeron infraestructuras de riego: daños en bocatomas, canales principales y secundarios, drenes, reservorios, así como en los caminos rurales y otros.	Incremento de la Napa freática: permite la instalación de especies forestales en zonas áridas.
Desbordes fluviales inundaron tierras de cultivo y centros poblados.	Mayor disponibilidad de agua en reservorios y represas.
Alteración fisiológica de las plantas por efecto de la tropicalización del clima causó la baja de la producción y productividad en el campo.	
Sanidad: fiebre carbonosa en ganado vacuno.	
Aparición de plagas y acentuación de otras.	

**Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)**

Entre los notables impactos por el excepcional aumento fluvial en ríos del departamento de Lambayeque se tuvo: reducción de áreas de cultivo en fajas adyacentes a los ríos por intensa erosión de las zonas ribereñas, y ampliación de los cauces fluviales, incluso ampliando sus cauces de máxima inundación; desbordes de ríos sobre áreas agrícolas, afectando directamente a los cultivos y causando en muchos casos su pérdida, destruyendo además sus suelos y perdiéndose áreas de cultivos o restringiendo la campaña agrícola siguiente. Destrucción de infraestructura de riego como bocatomas, canales de captación, acueductos, etc. por causa de máximas avenidas, impidiendo el riego de los cultivos durante varios meses o semanas. Un positivo impacto de las excepcionales crecidas para el agro en el corto plazo fue el incremento del volumen de agua acumulada en los reservorios y presas en los valles de la costa norte, usadas en su mayoría para riego y en ciertos casos, para generar electricidad y abastecer al consumo humano.

El cuadro siguiente sintetiza los **Principales efectos o amenazas y tipos de impacto agrícolas, en cuencas y departamentos de la costa norte.**

Departamentos	Cuencas y Ríos	Efectos o Amenazas	Impacto sobre la Agricultura
TUMBES	Tumbes Zarumilla	Tropicalización del clima durante 1997	. Alteración fisiológica de los cultivos; acorte del período vegetativo y menor rendimiento,
		Desbordamientos e inundaciones (24 veces en el verano en Tumbes-Piura)	. Pérdidas de cultivo por exceso pluvial directo. . Pérdidas de cultivos en áreas aledañas a los cauces desbordados. . Pérdida de tierras por arrastre. . Inundación de áreas de cultivo en Cerro Blanco, la Canela, Corrales.
		Avalanchas de lodo y barro	. Daños a las infraestructuras mayores de riego y drenaje (el Valle más afectado fue Tumbes). . Pérdida o afectación de suelos agrícolas por sedimentación. . Daños a carreteras (vía Tumbes-Piura) y (3) puentes, e incomunicación (febrero y mayo).
PIURA	Piura Chira San Lorenzo	Tropicalización del clima en todo el departamento de Piura durante 1997	. Alteración fisiológica de los cultivos y, por tanto, de la productividad (mango) que impidió la floración y fructificación normales en Alto Piura, Chulucanas y Morropón. . Fuertes lluvias afectaron la floración de cultivos (limón).
		Desbordes de ríos inusuales, durante el evento hubo 24 inundaciones (en Tumbes - Piura)	. Afectación áreas agrícolas aledañas. . Pérdida de cultivos.
		Avalanchas de lodo	. Daños a infraestructura mayor de riego y drenaje Sistema Poechos y San Lorenzo. . Daños a canales y otras obras de riego y drenaje en Chira. . Valles más afectados en infraestructura: San Lorenzo, Medio y Bajo Piura, Chira, Alto Piura. . Pérdida de suelos por sedimentación. . Daños a vialidad de la zona e incomunicación.
		Recarga de acuíferos y de embalses	. Disponibilidad del recurso para próximas siembras.
		Recarga de lago la Niña (junto a ríos La Leche, Motupe, Olmos y Cascajal)	. Recarga de acuíferos.
LAMBAYEQUE	La Leche Cascajal Lacramarca	Desbordes de ríos e inundaciones	. Pérdida de cultivos por desbordes de ríos. . Pérdida de tierras por ampliación del cauce de los ríos. . Daños a infraestructura mayores de riego y drenaje (Tinajones, Zaña, Olmos). Valles más afectados en infraestructura La Leche, Cascajal, Chancay - Lambayeque, Zaña. . Afectación de puentes y vialidad agrícola.
		Lluvias intensivas e inundaciones de zonas planas	. Pérdida de cultivos por exceso de lluvias directas.
		Recarga del lago la Niña (Desviación de los ríos Motupe y La Leche hacia el desierto Mórrope mediante canal)	. Incremento de disponibilidad de agua de acuíferos.
		Anómalos cambios en el clima, sequía de 1997	. Plagas y enfermedades (afectaciones a la caña: aumento de floración, reducción período de maduración, disminución de sacarosa y de los rendimientos de azúcar).

**Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)**

Al notarse los mayores impactos agrícolas en la costa norte por la mayor actuación de anomalías térmicas, pluviales y presión atmosférica, sobre todo por las excepcionales lluvias en los primeros meses del año 1998, producida en muchos casos en zonas agrícolas con obras de riego en los valles: gran parte de las áreas de cultivo e infraestructuras de riego cerca a los ríos se afectaron por el intenso aumento de las descargas fluviales, aunándose al problema las características hidrográficas, sobre todo las fuertes pendientes fluviales y el corto recorrido de los ríos. Otro aspecto decisivo para los fuertes impactos fueron los suelos no consolidados en gran parte de cuencas altas y medias, coadyuvantes a la génesis de huaicos y deslizamientos que destruyeron una serie de infraestructuras, cauces fluviales y áreas agrícolas, así como la permanente colmatación de canales y obras de regadío: fenómenos de geodinámica externa que caracterizaron a la costa norte y departamento de Lambayeque.

El predominante relieve plano y poco ondulado fue otro decisivo factor para los extraordinarios impactos, como inundaciones y azolvamientos en zonas agrícolas, por la directa incidencia de las permanentes lluvias durante todo el período, el transporte de sedimentos y su deposición en topografías planas de las zonas bajas; lluvias permanentes que también generaron la aparición de enfermedades y plagas que afectaron los cultivos: situación determinante para que en la costa norte se ubicaran la mayor cantidad de tierras afectadas (30% del total nacional), perdiéndose totalmente la mitad de ellas, sobre todo centralizadas en los departamentos Piura, Lambayeque y La Libertad, siendo estas zonas las que registraron mayores pérdidas económicas; también destruyéndose o afectándose gran parte de las infraestructuras de riego de los departamentos Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, al igual que muchas vías y puentes por las máximas avenidas fluviales y los deslizamientos de lodos que destruyeron importante infraestructuras que limitaron el transporte, sobre todo a la zona norte de la sierra. Reduciéndose además la producción en el ciclo de cosechas en la mayoría de cultivos (limón, caña de azúcar, arroz en cáscara, mango, algodón en rama y menestras entre otros).

## **7.2 IMPACTOS EN TRANSPORTE, VIAS DE COMUNICACIÓN Y OTROS**

Como se indicó, los mayores impactos viales se produjeron en la costa norte, con el inicio de la fase hidroluvial, entre el mes de diciembre 1997 y fines de abril de 1998.

Desde la segunda quincena de diciembre de 1997 la Panamericana Norte, en el departamento de Tumbes empezó a afectarse por la activación de quebradas que la cruzan, cortes viales que aún eran reparables; sin embargo, a fines del mes de enero 1998 se produjeron grandes y severos daños en tramos muy amplios que impidieron el tránsito entre Tumbes y Piura por un lapso de tres meses, lo cual obligó a establecer un servicio aéreo especial entre ambas ciudades.





**Colapso del km 822 de la Panamericana norte por acción del río La Leche**

A mediados de febrero 1998 se cerró el tránsito Piura - Lambayeque por cortes muy extensos en la vía Panamericana, zona Mórrope, debido al cruce del río La Leche que incrementó su caudal y lo mantuvo alto durante varias semanas (sin cauce definido en su zona baja y que normalmente vierte sus aguas al desierto); extendiendo su recorrido en ENOS 1997-1998, cruzando la carretera y destruyendo varios kilómetros de ella, y así, por varias semanas el tránsito debió desviarse por la vía Motupe-Chulucanas-Piura, pero, debido al colapso de uno de los puentes, también se vio cortada esta comunicación.



**Vista aérea del km 822 de la Panamericana norte cortada por el río La Leche**

En la misma Panamericana, el 01 de marzo 1998, el tránsito al extremo norte se interrumpió, por el colapso del puente Reque - Lambayeque. También interrumpiéndose otras vías que afectaron seriamente el tránsito entre la costa y sierra, como la vía Piura-Chulucanas, Huancabamba por la caída del puente Carrasquillo y la vía Trujillo-Tembladera-Contumazá por cortes viales.



**Niños bañistas con sus flotadores, veraneando en el río semanas previas al colapso del Puente Reque, que se aprecia en toda su magnitud**



**Vista aérea del Puente Reque, nótese la fractura de sus estructuras a la margen izquierda del río y a la margen derecha los pilares centrales**



**Emergencia ante caída del Puente Reque el 1 de marzo 1998, Chiclayo**

Seguidamente se muestran las carreteras y puentes que sufrieron mayores daños, **Cuadro de Impactos sobre la red vial en el departamento de Lambayeque y sus cuencas afectadas por el evento ENOS 1997-1998.**

Departamento	Cuencas	Tipo de afectaciones	Localización de afectaciones
LAMBAYEQUE	Río Motupe - La Leche	Erosión y colapso Erosión de puente Erosión de puente Erosión de puente Erosión de puente Erosión de puente Colmatación y erosión	Puente Motupe Puente Zurita Puente Mórrope Puente Salas Puente Anchovira Alcantarillas Motupe I, II y otras Puente Vilela
	Chancay-Lambayeque	Carretera erosionada Carretera erosionada Carretera erosionada Erosión y bloqueo de vía Colapso de puente Erosión de puente	Chiclayo - Puente Cumbil Pomalca - Sipán Chiclayo - Ferreñafe Ferreñafe - Incahuasi Puente Reque - Panamericana Puente Virú - C. Panamericana
	Río Zaña	Erosión de taludes	Cayaltí - Oyotún

Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)

### 7.3 IMPACTOS EN LOS CENTROS POBLADOS URBANO RURALES

Los notables y numerosos impactos generados en muchas viviendas y ciudades de la costa norte peruana durante el evento ENOS 1997-1998, tienen su origen primigenio en los irracionales e incontrolados procesos de urbanización que caracterizan a los asentamientos poblados y sus actividades económicas, así como en el tipo de materiales y la calidad de las viviendas predominantes en estos sectores socio económicos poblacionales. En tal sentido, el factor prioritario para el asentamiento de esos centros poblados se asocia fundamentalmente a la presencia del agua, lo cual explica como la mayoría de estos centros se han desarrollado cerca a ríos, quebradas o el mismo litoral; de allí que sobre las zonas costeras impactadas por ENOS 1997-1998 se ubican importantes ciudades como Tumbes, Talara, Sullana, Piura, Chiclayo, Lambayeque, incluso Trujillo, Chimbote e Ica, entre otras, muchas de las cuales presentan una o varias de estas características.



**Calles del puerto de Pimentel inundadas luego de fuertes lluvias y colapso de los sistemas de agua y alcantarillado, 1998. Lambayeque**



Colapso de una parte del Muelle de Puerto Etén por maretaos. Lambayeque

En tal sentido, en el siguiente Cuadro se asocian las **Emergencias a los impactos en viviendas** en el evento “ENOS” (diciembre 1997 - junio 98).

Departamento	Total emergencias	N° de fallecidos	N° de damnificados	Viviendas		Hectáreas afectadas
				Destruídas	Afectadas	
<b>Total</b>	<b>637</b>	<b>289</b>	<b>639 097</b>	<b>62 895</b>	<b>75 855</b>	<b>56 731</b>
Amazonas	43	3	3 438	336	796	1 982
Ancash	66	21	9 718	466	1 598	881
Apurímac	6	-	1 331	-	270	950
Arequipa	18	33	2 871	220	790	139
Ayacucho	7	-	1 186	93	126	35
Cajamarca	28	25	12 737	1 029	3 028	892
Cuzco	29	24	8 079	1 048	668	429
Huancavelica	23	4	4 353	207	408	292
Huanuco	19	14	6 714	286	848	745
Ica	13	2	32 608	6 131	620	960
Junín	14	-	2 921	175	364	20
La Libertad	76	27	71 627	12 089	1 792	461
Lima	42	8	7 993	788	1 055	548
Loreto	37	-	140 576	5 697	17 183	34 707
<b>Lambayeque</b>	<b>60</b>	<b>73</b>	<b>74 196</b>	<b>14 920</b>	<b>10 268</b>	<b>1 340</b>
Madre de Dios	1	-	60	-	10	-
Moquegua	2	-	198	33	-	100
Pasco	13	12	10 453	251	1 525	2 759
Piura	62	33	220 460	16 892	30 629	42
Puno	16	4	4 650	492	120	1 478
San Martín	30	1	8 746	711	1 247	3 197
Tacna	17	2	884	91	20	968
Tumbes	12	3	12 308	850	2 415	3 706
Ucayali	3	-	990	90	75	100

De otro lado, en el departamento de Lambayeque, los impactos más críticos y persistentes ocurrieron en la provincia del mismo nombre, Lambayeque.



**Camioneta atrapada por inundación en la zona de Mocce-Lambayeque**

Así, en la provincia de Lambayeque, gradualmente por el severo régimen hidrológico y en especial por las torrenciales lluvias, se fueron destruyendo las ciudades de Illimo, Pacora, Mochumí, Jayanca, Túcume, Mórrope y otros centros poblados pequeños de sus inmediaciones; lluvias que similarmente a Tumbes y Piura empezaron a precipitar desde mediados de diciembre hasta fines de abril: impactos que se intensificaron por los continuos desbordes de los ríos La Leche y Motupe, asociándose en menor grado a estos desbordes los serios impactos en las ciudades de Motupe, Olmos, Chóchope, Salas y Lambayeque, en esta misma provincia.



**Complejo habitacional “Mocce”, ciudad de Lambayeque, luego de las intensas lluvias e ingreso de antiguos torrentes**

En la provincia de Chiclayo, en que se ubica la capital del mismo nombre y otras ciudades de menor extensión, las lluvias también se iniciaron desde mediados de diciembre 1997, con sus mayores impactos en febrero y marzo 1998; produciéndose las mayores lluvias torrenciales entre el 10 y 14 de febrero y el 23 de marzo, que por su excepcional intensidad destruyeron muchas viviendas precarias. Situación del 14 de febrero que se agravó por el



desborde de los drenes existentes en la ciudad, colmatados y sin capacidad para transportar todo el caudal fluvial: constituyendo el desastre de Chiclayo, como uno de los 5 más notables del evento. Siendo otras ciudades impactadas significativamente de la provincia Pícsi, Zaña y Chongoyape.



**Inundación, intersección de la Panamericana norte y Av. Leguía en Chiclayo**



**Inundación del estadio "Elías Aguirre" Chiclayo, febrero 14-15 1998**



**Colegio de Chiclayo inundado por excepcionales lluvias de febrero 1998**





**Inundación de una calle en el Barrio “Chino” en Chiclayo por fuertes lluvias**

Respecto a la provincia de Ferreñafe, se produjeron impactos por causa de las lluvias y los desbordes de canales de drenaje. Afectándose los distritos de Ferreñafe, Pueblo Nuevo, Mesones Muro, Pítipo, Incahuasi; registrándose en los dos primeros el mayor número de viviendas destruidas. Así mismo, el impacto de las lluvias y la activación de quebradas por el persistente e intenso régimen hidrológico, determinó la ocurrencia de otras situaciones de riesgo como la ruptura de canales de drenaje, sobre todo el canal Taymi que originó inundaciones sobre las ciudades de Ferreñafe y Picsi.



**Distrito Picsi-Ferreñafe (Lambayeque) totalmente inundado luego de las excepcionales lluvias y fracturas en canales de regadío, 14-15 febrero 1998**

A continuación el siguiente Cuadro detalla los **Impactos más relevantes sobre los centros poblados durante el evento ENOS 1997-98**

Departamento	Cuenca	Por efecto de ríos		Por efecto de otras amenazas
		Ríos	Amenazas	
Lambayeque	Motupe – La Leche	La Leche	<p><b>Pueblos ribereños de ríos La Leche y Motupe</b></p> <p>Crecida de los ríos Motupe y La Leche destruye los pueblos Jayanca, Pacora, Illimo, Túcume, Mochumi y Mórrope, y en menor grado, las ciudades de Motupe, O!mos, Chóchope, Salas y Lambayeque.</p>	<p><b>Lambayeque</b> Lluvias producen inundación en las partes bajas de la ciudad.</p> <p><b>Mocse</b> Lluvias, producen inundación en la ciudad por desbordamiento de dos drenes.</p> <p><b>Chiclayo, Picsi, Zaña y Chongoyape</b> Lluvias torrenciales causan destrucción de muchas viviendas precarias de la provincia de Chiclayo y causan grandes daños en las ciudades de Picsi, Zaña y Chongoyape. En Chiclayo, desbordes de drenes y gran desastre, inundación de zonas bajas de la ciudad.</p>
	Espacio Intercuenca	Quebrada Río Loco y Vichayal	<p><b>Ferreñafe</b> Lluvias y activación de quebradas desbordan canal de drenaje Taymi, que inunda la ciudad de Ferreñafe.</p> <p><b>Picsi</b> Lluvias y activación de quebrada Vichayal, genera rotura del canal Taymi, causando inundación de la ciudad.</p>	

Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)

## 7.4 IMPACTOS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

El gran impacto producido por ENOS sobre los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado alcanzado en el evento 1982-1983, durante el evento 1997-1998 se redujo significativamente en virtud a las previsiones integrales y oportunas adoptadas en 1997. Incluyéndose entre otras obras preventivas 1997 y parte de 1998, la protección y reforzamiento de obras de aducción, conducción y almacenamiento de agua potable en los respectivos sistemas de las ciudades del norte peruano, afectadas antes por ENOS.



**Sectores de la ciudad de Chiclayo inundados por torrenciales lluvias del 14-15 febrero 1998, colapso de alcantarillas y casas derrumbadas**



**Calle de Chiclayo totalmente inundada luego de las lluvias del 14 - 15 de febrero 1998 y el colapso del sistema de alcantarillado. Se observa la abertura que abrió en una casa el torrente de agua y desagües**

En lo referido a las poblaciones afectadas, las (EPS) Empresas Prestadoras de Servicios estimaron que éstos alcanzaron a 3'263,702 habitantes, distribuidos espacialmente por zonas de prestación del servicio según el siguiente Cuadro sobre **Poblaciones afectadas por los impactos ENOS 1997 - 1998 en las distintas Empresas Prestadoras de Servicios (EPS)**.

<b>Departamentos</b>	<b>Empresas Prestadoras de Servicios de agua y alcantarillado</b>	<b>Población</b>
Tumbes	EMFAPA Tumbes	178 794
Ancash	SEDA Chimbote	281 769
Junín - Pasco	Selva Central	16 051
Cuzco	SEDA Cuzco	150 000
Piura	EPS Graú S.A.	664 257
Piura	Provincia Sechura	60 000
<b>Lambayeque</b>	<b>EPSEL</b>	<b>665 659</b>
Cajamarca	SEMDACAJ	109 415
La Libertad	SEDALIB	269 820
Ancash EPS Chavin S.A.	EPS Chavín	99 825
Amazonas	SEMAPA	273 443
Huancavelica	Huancavelica	32 619
Ica	EMAPICA	s/d
Moquegua	ESAMO	75 132
Puno	SEDA Juliaca	180 622
Puno	EMSA Puno	98 296
Arequipa	SEDAPAR	100 000
<b>Total habitantes</b>		<b>3 263 702</b>

--	--	--

Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)

## 7.5 IMPACTOS EN EL SECTOR SALUD Y MEDIO AMBIENTE

En el departamento de Lambayeque y norte peruano el factor decisivo para el incremento de enfermedades e impactos fue el exceso de lluvias desde fines de 1997 y primer trimestre 1998, ligado a las persistentes temperaturas altas de 1997-1998 que coadyuvaron al desarrollo de vectores y condiciones de saneamiento propicias para el establecimiento de enfermedades.

Deslizamientos y huaicos, como desbordes fluviales e inundaciones y lluvias intensas impactaron directamente en las infraestructuras de agua potable y alcantarillado, generando muchos episodios propicios para la multiplicación de muchas enfermedades. Asociándose esa crítica situación a la escasez de agua potable por colapso de los sistemas de agua potable, elevándose así el consumo de agua no apta para consumo humano, obligando a racionamiento y almacenamientos domiciliarios, muchos de ellos en depósitos inadecuados y sin tapa que se convirtieron en nidos de vectores para procesos virales como el cólera, tifoidea y diarreas, aunados al inapropiado manejo de alimentos que exacerbó esta situación. Escasez de agua que se produjo tanto en zonas urbanas, conurbanas y rurales.

También, en muchos refugios temporales para damnificados, las condiciones sanitarias fueron muy deficientes; proliferando enfermedades como el cólera, tifoidea, salmonelosis y otras por la inadecuada manipulación de alimentos en comedores de emergencia, por presencia de microorganismos patógenos. Coadyuvando además, la proliferación de la venta ambulatoria de alimentos en la vía pública, carreteras y otras zonas afectadas por los desastres.

El desborde de aguas servidas a la vía pública por reboce de los sistemas de alcantarillado que sirvieron como sistemas de evacuación de aguas pluviales, así como el colapso de algunas lagunas de tratamiento de aguas servidas, generó condiciones insalubres en Lambayeque departamento y favoreció el desarrollo de focos contaminantes, vectores (zancudos, roedores, etc.) y de cuadros virales como malaria, dengue, enfermedades dérmicas y a los ojos.

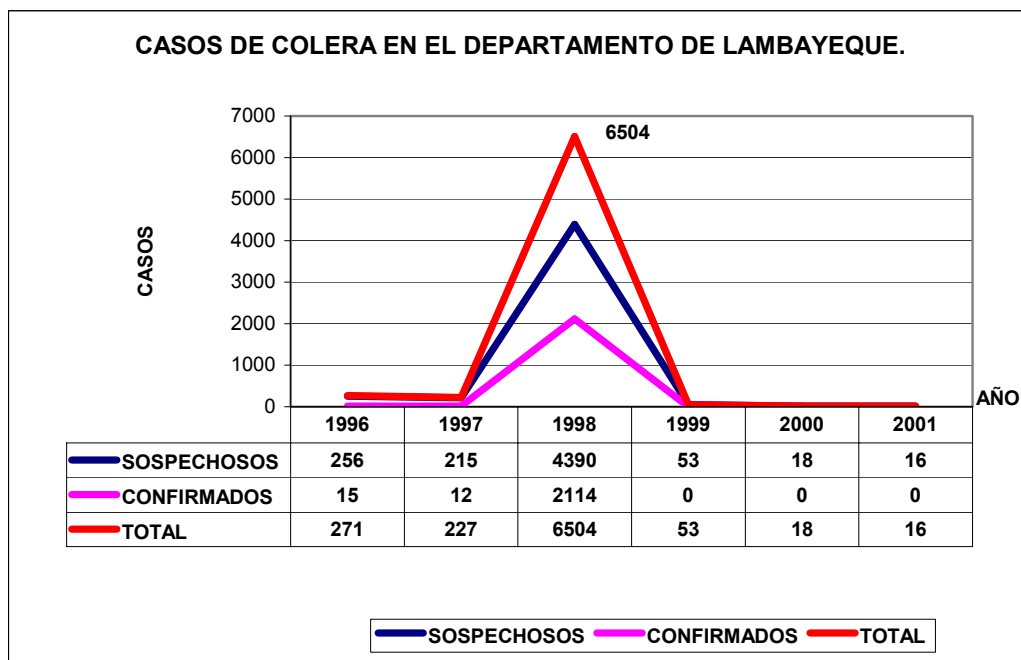
El colapso de infraestructuras de salud repercutió seriamente en la reducción de atenciones a la población, tanto en las emergencias como en las rutinas diarias del servicio. Además, la destrucción de carreteras de acceso a los centros de salud y atención de emergencias, restringió el acceso al servicio así como la rehabilitación de la infraestructura dañada cuando ésta se afectó.

Además de estos impactos por las intensas lluvias, se produjeron daños en viviendas de materiales endebles (barro, caña, cartones, madera) que obligó a sus ocupantes a dormir a la intemperie sin buena cobertura y hacinados, bajo rigores del clima y agua-humedad directa (incrementándose el riesgo de enfermedades respiratorias agudas y neumonías), añadiéndose la mala calidad del aire por desechos y remoción de escombros que contribuyeron a la aparición de muchas infecciones. Aliándose varios aspectos al incremento

de cuadros diarreicos, siendo el más notable la dificultad para la limpieza pública aunada a inundaciones, exceso de agua pluvial, interrupción de vías de acceso al quedar enlodadas pues se carece de adecuadas pistas y el colapso de rellenos sanitarios; aglomerándose la basura en vías públicas y botaderos a cielo abierto, que por inundaciones y estancamiento de aguas pluviales y residuales causó la proliferación de vectores (propiciando estas condiciones sanitarias la infestación de roedores con el riesgo de brotes epidémicos de peste bubónica y leptospirosis, entre otros); siendo vital su presencia en los campos de cultivo para reforzamiento de esta típica peste del post “Niño”, al desplazarse en masa desde las zonas de cultivo inundadas hacia zonas ocupadas por damnificados que realizaban una mala disposición de sus residuos sólidos y líquidos, causando el desarrollo de esos vectores y enfermedades masivas entre ellos que luego se transmitieron a la población.

### 7.5.1 CÓLERA

Las enfermedades diarreicas agudas -EDAs como el cólera se incrementaron desde finales de 1997 en varias localidades, debido al incremento térmico del aire e insuficiente disponibilidad de agua potable y saneamiento, incrementada ampliamente luego de las inundaciones, obligando a la adopción de drásticas medidas en el control de la calidad del agua, manipulación de alimentos, etc.

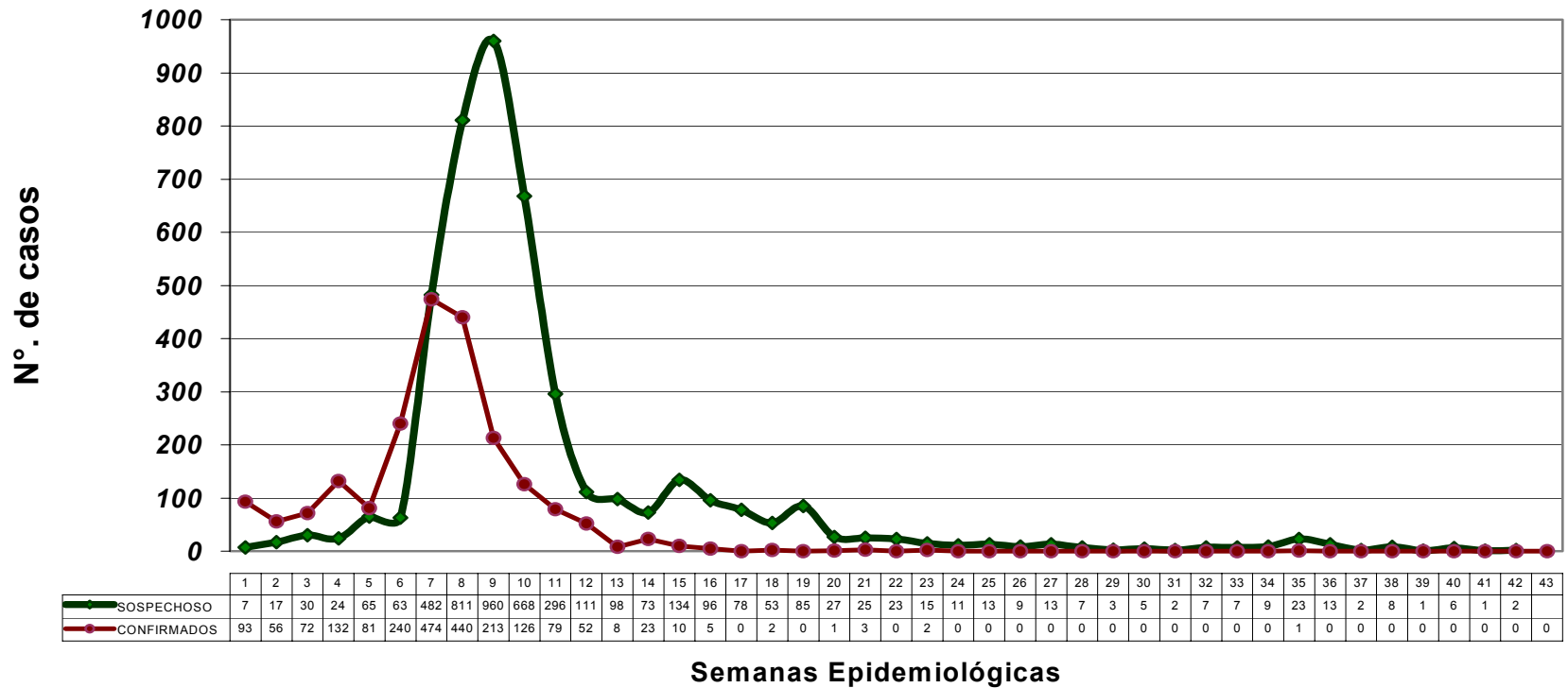


La Dirección de Salud Lambayeque tuvo en 1997 un número importante de casos, notificándose 227 casos (12 confirmados y 215 sospechosos), registrándose el mayor número en la provincia de Chiclayo. A fines de 1997 se empezó a elevar el número de casos, y en las 09 primeras semanas epidemiológicas de 1998 se reportaron 960 sospechosos de cólera, concluyéndose ese año con 6504 casos de cólera (2114 confirmados y 4390 sospechosos), mayormente en las provincias de Chiclayo y Lambayeque, que afectó mayormente al grupo etáreo mayor de 05 años; agravándose la

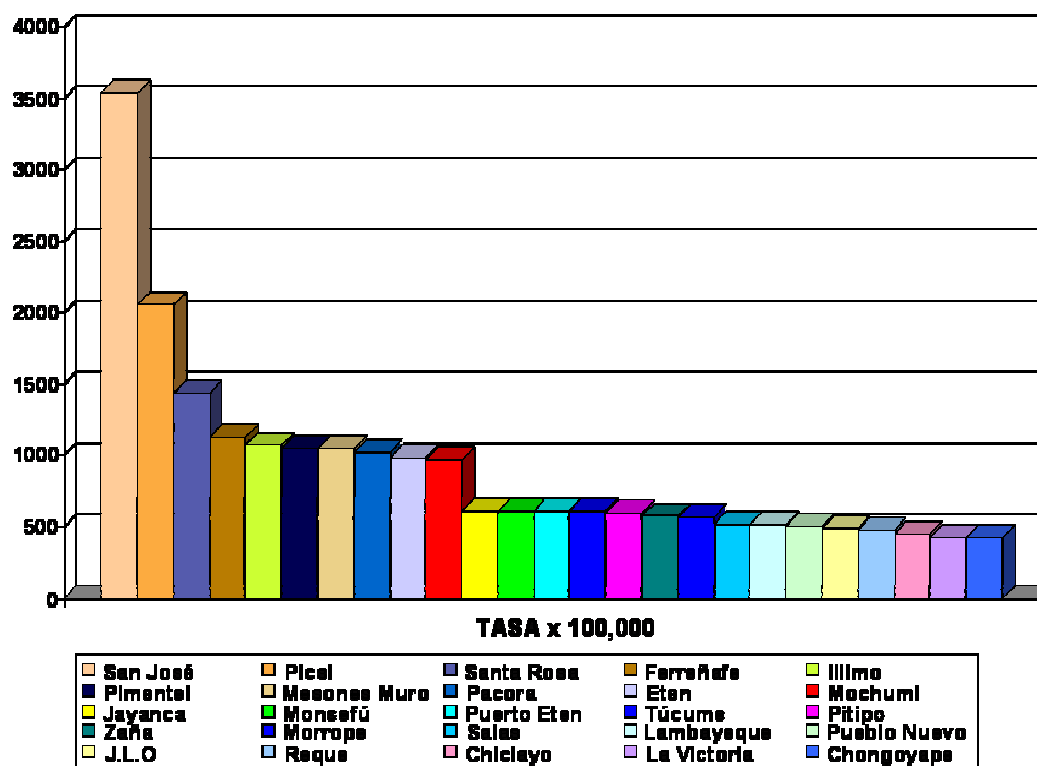
situación sanitaria por las intensas lluvias del 14 y 15 de febrero de 1998 en que colapsaron los servicios de agua y desagüe.



**COMPORTAMIENTO DE COLERA**  
**SOSPECHOSOS Y CONFIRMADOS S.E. 01 -42 (04 Ene- 24 de Oct- 1998)**  
**DISA LAMBAYEQUE - Of. de Epidemiología**



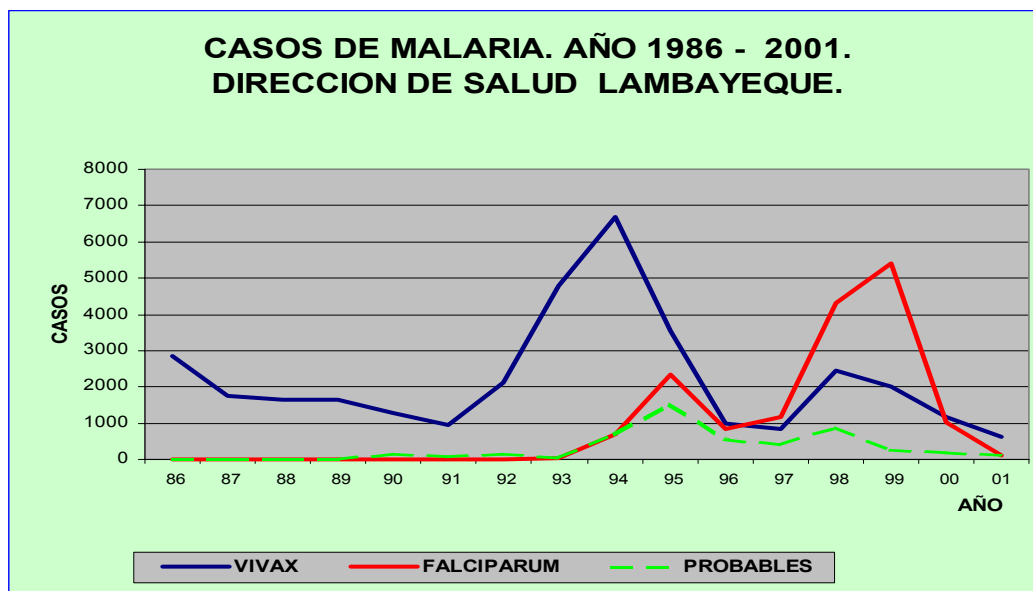
**Reportes de distritos afectados por sospechas de cólera (Tasas de incidencia). Lambayeque 1998**



**7.5.2 MALARIA**

Luego de las inundaciones generadas en el evento ENOS 1997-1998 por las excepcionales lluvias y el persistente establecimiento de grandes cantidades de charcos, ligadas a las altas temperaturas y alta humedad del aire, se formaron muchos focos que incubaron los criaderos del mosquito “manta blanca”, observándose rebrotes de malaria o paludismo durante el desarrollo del ENOS. Siendo relevante decir que en los años 1990 la "Malaria falciparum" alcanzó niveles muy altos, constituyéndose 1996 como el año más crítico en que se superaron 200 mil casos a nivel nacional: persistiendo sostenidamente en el departamento de Lambayeque entre 1994 y 1997 por encima a 750 casos por año, incrementándose el número sobre los 4000 casos por año en la intensa fase 1998 y alcanzando su máximo desarrollo en 1999, para luego decaer a 1000 casos en el año 2000 y su notable descenso hasta algunos casos aislados en el año 2001 (ver siguiente Cuadro).

Destacando igualmente en nuestro departamento de Lambayeque la “Malaria vivax”, se sostenidamente persistió entre los años 1986 y 2001 con casos mayores a 800 por año, habiéndose observado su máxima incidencia entre 1993 y 1995 con cifras superiores a 4000 casos por año, y un incremento superior a 2000 casos por año entre 1998 y 1999 (ver siguiente Cuadro).



### 7.5.3 INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS

En los primeros tres meses de 1998 los casos registrados de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs) se incrementaron significativamente respecto a sus niveles normales para el mismo período, explicado ello en parte por los inoportunos e inadecuados diagnósticos y el exclusivo suministro de medicamentos gratuitos hasta conseguir la recuperación de los pacientes.

En el año 1998 la mayor incidencia de las IRAs (incluyendo la neumonía), se registraron durante el pleno desarrollo del evento ENOS, alcanzando su máxima intensidad y coincidiendo con la fase de emergencia del cólera. Así mismo, si comparamos cifras del año 1998 con las de años anteriores se observa un incremento de casi el 100%, episodios inusuales si consideramos que se presentaron en los meses de verano, en que por lo general y normalmente son los meses en que se registran menores incidencias.

### 7.5.4 ENFERMEDADES DE LA PIEL

En gran parte de las poblaciones afectadas por inundaciones se reportaron enfermedades de la piel, principalmente en la población infantil; correspondiendo los casos más frecuentes a infecciones, excoriaciones y heridas superficiales, dermatitis alérgica, piodermatitis, hongos, entre otras. Luego de las inundaciones en los centros poblados, en que las poblaciones se expusieron prolongadamente por varios días a los charcos de agua, incluso a las aguas mezcladas con desagües, se presentaron muchos casos de dermatitis infecciosas por varias semanas pues existieron grandes dificultades para el restablecimiento de los servicios de agua potable.

Asimismo, el incremento de las olas de calor, la escasez de agua, los malos hábitos de higiene se constituyeron en factores condicionantes para la presencia de afecciones a la piel (estafilocócicas, estreptocócicas, micóticas,

pediculosis), afectando a los grupos etéreos en general y acentuándose en las zonas urbano marginales y de litoral, llegando a alcanzarse 171 casos por día con una incidencia de 17.09 / 100,000 habitantes durante el año 1998.

### **7.5.5 ENFERMEDADES OCULARES**

Debido al polvo contaminado en suspensión luego de secarse las aguas, en las zonas inundadas se desarrollaron muchos casos de conjuntivitis virales, exacerbado por la remoción de escombros que contaminaron el aire, cargándose incluso de partículas de polvo provenientes del lodo mezclado con aguas residuales de la población. Cuadros clínicos que se acentuaron entre enero y abril 1998 en el departamento de Lambayeque, y entre mediados de febrero y fines de marzo en las zonas urbano rurales de las ciudades de Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, luego de las torrenciales lluvias y las catástrofes hidrometeorológicas asociadas al colapso de una serie de infraestructuras de distintos sectores de servicios y productivos, alcanzando incluso niveles epidémicos controlados.

Respecto a las anteriores patologías virales y bacterianas, además de los impactos en una serie de importantes sectores en la fase céntrica del verano 1998 por el intenso régimen ENOS en la costa y vertiente occidental norte, en que sufrieron serios impactos gran parte de zonas urbanas y urbano rurales Lambayecanas, destacando entre ellas la contaminación del aire que incidió en el incremento de estas patologías sobre grandes poblaciones. Que por la excepcional producción pluvial y descomunal elevación de caudales en ríos, canales y drenes, destruyeron parcial y totalmente muchas viviendas de adobe y materiales ligeros, permitiendo la emisión de grandes cantidades de polvo, tierra y otros materiales particulados; que aunados al colapso de los sistemas de alcantarillado y otros sistemas de drenaje por su saturación y reboce, provocaron aniegos en zonas urbanas y marginales Lambayecanas: colapso de viviendas, vías de comunicación y redes de alcantarillado que exacerbaron la contaminación del aire por material particulado en suspensión de origen cloacal y residuos fecales de gran impacto en la salud (notado en el alto incremento de cuadros diarreicos agudos, cólera, malaria, neumonía, infecciones respiratorias agudas, conjuntivitis y dermatitis). Emisión de contaminantes y material particulado que por causa de la natural radiación solar y altas temperaturas, ingresaron a la atmósfera mediante los procesos de evaporación y su respectiva mezcla horizontal y vertical ante el natural incremento de vientos y procesos convectivos en la atmósfera: condiciones que se sobre activaron por la extrema persistencia de elevadas anomalías de temperaturas, humedad del aire y lluvias en la costa de Lambayeque.

### **7.5.6 DENGUE**

Estos cuadros febriles tuvieron una irregular tendencia en el último quinquenio de los años 1990, reportándose en 1998 un número de 988 casos sospechosos, de los cuales se confirmaron clínicamente un bajo porcentaje en los laboratorios, circunscribiéndose sólo a los departamentos de Piura, Tumbes, y algunos casos aislados en el departamento de Lambayeque.

De otro lado, la incidencia de otro tipo de enfermedades como la peste y la rabia no llegaron a registrar un incremento destacable.

### 7.5.7 IMPACTOS EN INFRAESTRUCTURAS DEL SECTOR SALUD

Daños a infraestructuras de salud se presentaron en gran número, destacando notablemente en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad; destacando los impactos en los establecimientos de salud por las lluvias e inundaciones, que sufrieron daños en sus infraestructuras físicas y en su equipamiento, a pesar de lo cual, siguieron funcionando en toda la crítica fase ENOS. Traduciéndose los daños principales en las filtraciones en los techos, grietas de paredes y fisuras, destrucción de canaletas, caída de muros de contención y daños en su mobiliario y equipos por causa de las lluvias e inundaciones.

En el Perú fueron afectados 557 establecimientos, de los cuales cerca del 60% se localizaron en la costa norte, correspondiendo gran parte de ellos (el 62,5%) a puestos de salud. Siendo el departamento de Piura el más afectado al registrar 172 locales dañados (incluyendo las direcciones de salud de Piura y Sullana), el departamento de La Libertad con 75 y el departamento de Lambayeque con 67 establecimientos.

#### Establecimientos de salud afectados por “ENOS” 1997 - 1998

Dirección de salud	Establecimientos de salud				
	Puestos	Centros	Hospitales	Otros	Total
Andahuaylas	1	-	-	-	1
Ancash	17	6	1	2	26
Arequipa	18	9	-	-	27
Cajamarca	17	12	1	-	30
Cuzco	11	18	-	-	29
Huancavelica	1	1	-	-	2
Ica	4	2	1	-	7
La Libertad	54	18	3	-	75
Lambayeque	30	36	1	-	67
Lima norte	5	1	-	-	6
Lima este	24	6	-	-	30
Lima sur	39	17	6	-	62
Pasco	7	-	-	-	7
Piura	89	30	1	-	120
Sullana	26	26	-	-	52
Tumbes	5	10	1	-	16
<b>TOTAL</b>	<b>348</b>	<b>192</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>557</b>

Fuente: Ministerio de Salud – Direcciones Regionales

El siguiente Cuadro muestra la distribución espacial y el número total de establecimientos que se afectaron durante el excepcional evento El Niño Oscilación Sur (ENOS) 1997-1998.

#### Costos en establecimientos de salud afectados por “ENOS” 1997- 98

Dirección de salud	Establecimientos de salud				
	Puestos	Centros	Hospitales	Otros	Total (N.Soles)
Andahuaylas	145 000	-	-	-	145 000
Ancash	1 687 954	1 102 689	290 000	34 642	3 115 285
Arequipa	514 712	1 207 648	-	-	1 722 360
Cajamarca	2 609 568	3 820 067	290 000	-	6 719 635
Cuzco	1 336 594	5 485 200	-	-	6 821 794
Huancavelica	145 000	290 000	-	-	435 000
Ica	11 562	770 911	38 304 000	-	39 086 473
La Libertad	2 598 423	3 447 077	1 435 753	-	7 481 253
Lambayeque	1 038 389	6 101 079	77 292 000	-	84 431 468
Lima norte	17 280	407 409	-	-	424 689
Lima este	249 362	456 821	-	-	706 183
Lima sur	1 976 047	1 137 172	855 856	-	3 969 075
Pasco	114 450	-	-	-	114 450
Piura I	3 947 631	4 971 420	263 951	-	9 183 002
Piura II	1 603 754	3 992 191	-	-	5 595 945
Tumbes	620 112	1 417 583	1 089 091	-	3 126 786
<b>TOTAL</b>	<b>18 615 838</b>	<b>34 607 267</b>	<b>119 820 651</b>	<b>34 642</b>	<b>173 078 398</b>

Fuente: Ministerio de Salud – Direcciones Regionales

#### 7.6. IMPACTOS SOCIOECONOMICOS

Complementariamente a la visión socioeconómica de los impactos ENOS 1997-1998 en el país, los daños tuvieron una connotación especial en la costa norte y sobre todo en el departamento de Lambayeque que constituyó el gran escenario de los impactos socioeconómicos; registrándose incluso serias amenazas nacionales, incluso la amazonía, sin embargo los impactos en la costa norte superaron ampliamente a los producidos en todo el Perú.

En el siguiente Cuadro se consolidan los tipos de impactos socioeconómicos registrados en cada cuenca hidrográfica, hasta el nivel de distrito, denotando una serie de daños en varias de las cuencas Lambayecanas.



Cuencas	Impactos Socio Económicos		
	Asociado a los ríos		Asociado a otras amenazas
	Ríos	Sectores Impactados	
Chancay Lambayeque	Reque	<p><b>DESBORDES E INUNDACIONES</b></p> <p><b>Agua potable y saneamiento</b>  . Daños a redes de abastecimiento de las poblaciones La Victoria, Oyotún, Olmos, San José, Nueva Arica por inundación del río.  . Afectación de emisores y colectores de Chiclayo y sus distritos por inundaciones.</p> <p><b>Asentamientos humanos</b>  . Destrucción de viviendas precarias en Chiclayo, Pícsi, Ferreñafe, Pueblo Nuevo, Mesones Muro, Zaña y Chongoyape, Mocse.</p> <p><b>Infraestructura vial</b>  . Erosión y bloqueos en carreteras; Chiclayo-Puente Cumbil, Pomalca-Sipán, Chiclayo-Ferreñafe, Ferreñafe-Incahuasi. Colapso de puentes Reque y Virú en la vía Panamericana.  . Caída de taludes, bloqueos y erosión de plataforma en carretera Chongoyape-Llama-Santa Cruz (vía Chiclayo).</p>	<p><b>A LLUVIAS</b></p> <p><b>Agricultura</b>  . Anegamiento de cultivos por exceso de lluvias.</p> <p><b>Asentamientos humanos</b>  . Lluvias excesivas inundan áreas bajas de la ciudad de Lambayeque.  . Exceso de lluvias causan desbordes de 2 drenes e inundan la zona de Mocse.  . Lluvias intensas desbordan y rompen canal Tayrni e inundan ciudades de Ferreñafe, Pícsi y Chiclayo.</p> <p><b>Salud</b>  En todo el departamento de Lambayeque:  . Aumento de enfermedades diarreicas agudas.  . Afectación de 67 C. Salud.</p>
Motupe La Leche	La Leche	<p><b>DESBORDES E INUNDACIONES</b></p> <p><b>Agricultura</b>  . Pérdida de áreas de cultivo por ampliación de cauce fluvial e inundación de áreas agrícolas.  . Daños a infraestructura mayores de riego y drenaje en poblaciones de Tinajones, Olmos y en el valle La Leche.  . Daños en puentes y vialidad agrícola.</p> <p><b>Asentamientos Humanos</b>  . Inundaciones continuas y destrucción de las ciudades de Mochumí, Mórrope, Jayanca, Illimo, Pacora y Túcume y en menor grado Motupe, Salas y Lambayeque.</p> <p><b>Infraestructura vial</b>  . Socavación de bases en los puentes Zurita, Mórrope, Salas, Anchoyira y Vilela.  . Erosión y colapso del puente Motupe.  . Colapso de alcantarillas Motupe I, II y otras.  . Erosión de carretera Chiclayo-Puente Cumbil.  . Erosión y derrumbes en vía Jaén-Ocallí y Jaén-San Ignacio.</p> <p><b>Recarga de lagunas</b>  . Recarga de laguna la Niña con aguas del río Motupe en el desierto de Mórrope.</p>	<p><b>A LLUVIAS</b></p> <p><b>Agricultura</b>  . Incremento y propagación de plagas y enfermedades.  . Pérdida de cultivos por lluvias intensas.</p>
	Espacio Inter - cuencal Cascajal  Quebradas activas: Río Loco, Vichayal y Chicayal	<p><b>DESBORDES E INUNDACIONES</b></p> <p><b>Agricultura</b>  . Pérdida de cultivos por inundación  . Daños en la infraestructura de riego en los Valles de Olmos, Cascajal.</p> <p><b>Infraestructura vial</b>  . Erosión de puente Cascajal por quebrada del mismo nombre.</p>	

Fuente: Fenómeno El Niño 1997 – 1998. Memoria, retos y Soluciones (CAF)

En el cuadro anterior se nota la alta y variada concentración de impactos socioeconómicos en las cuencas Lambayecanas, al activarse no sólo ríos principales y muchas quebradas que causaron violentos impactos sobre asentamientos humanos, actividades productivas y de servicios, sino también una serie de amenazas por su posición costera y cercanía a la cordillera

andina (marejadas, vientos, oleajes, deslizamientos de lodo, derrumbes, erosión, etc.), que multiplicaron los impactos espacial y sectorialmente. Conduciendo estos dos aspectos (variedad de amenazas y de impactos socioeconómicos) a calificar a la costa norte y departamento de Lambayeque como de una altísima prioridad en las políticas de prevención relacionadas con el manejo del evento ENOS. Debiendo considerar a futuro para reducir las vulnerabilidades y manejo de riesgos, la tipificación de amenazas y los tipos de impactos producidos en cada una de las cuencas afectadas, los cuales deberán también constituirse en una base testimonial valiosa para priorizar y orientar los esfuerzos a realizarse particularmente para cada caso.



**Hundimiento de Cisterna con combustible por colapso de una pista y alcantarillas en una calle del barrio Campodónico en Chiclayo**



**Dstrucción de vivienda en el centro de Chiclayo por intensas lluvias**

## VIII. CONCLUSIONES

El excepcional almacenamiento de energía en la zona Niño 1+2 y permanencia de un océano cálido en extremo por varios meses significó un gran riesgo para la costa norte peruana, pues al no liberarse energía o significativamente enfriado hasta el inicio del verano austral 1997-1998, con la natural instalación de las condiciones cálidas estivales el océano se constituyó en una “carga energética” que detonó indefectiblemente entre enero 1998 y siguientes meses.

ENOS 1997-1998 se distinguió por el temprano y acelerado desarrollo de anomalías positivas en la temperatura superficial del mar en el área Niño 1+2 (sin precedentes), que sostenidamente se mantuvieron estacionarias en toda su fase preparatoria, alcanzando su anomalía máxima de +4,6°C en diciembre 1997, distinto a ENOS 1982-83 que observó dos fases anómalas máximas, la primera de +3,8°C en diciembre 1982 y la segunda de +5,1°C en junio 1983.

En ENOS 1997-98 el régimen de anomalías de la presión atmosférica configuró campos negativos desde marzo 1997 hasta febrero 1998, determinándose en enero 1998 frente a la costa occidental sudamericana (80° oeste a 160° este) las máximas anomalías negativas cercanas a -2,5 hPa, alcanzándose frente a la costa norte peruana anomalías negativas más intensas que -3 hPa,

La mayor intensificación de las presiones circunscritas al anticiclón del Pacífico sur oriental, frontal a las costas de Chile y Perú, se registraron en octubre 1997 (anomalías positivas mayores a +1 hPa), coincidente con una fase de “receso temporal” de ENOS 1997-1998 observada entre octubre e inicios de noviembre 1997 en toda la costa y litoral peruano, sobre todo en la costa norte peruana.

A las altas presiones atmosféricas enero y febrero 1997 en el Pacífico Sur oriental se asociaron los vientos del este ecuatoriales o alisios, que estuvieron más intensos en esta zona oriental (costa de Sudamérica), mientras que en el sector occidental cercano a Australia los mismos estuvieron menos intensos.

En marzo, agosto y octubre 1997 los alisios presentaron un régimen más débil que el normal, disminuyendo en intensidad e incluso colapsando totalmente por algunos periodos, imponiéndose y dominando por completo los vientos oeste en el Pacífico occidental, alcanzando velocidades hasta de 8 m/s, característica que condicionó el advenimiento y formación de algunas ondas Kelvin que posteriormente alcanzaron las costas occidentales de Sudamérica.

Entre enero y marzo 1998 las anomalías de vientos del Este aún revelaron reforzamientos en ciertos sectores del Pacífico occidental, sobre todo a nivel de superficie, mientras que en el Pacífico central y oriental las anomalías del oeste fueron notables y persistentes, sobre todo en 850 hPa, coadyuvando así en el ingreso de ondas Kelvin que alcanzaron la costa occidental de Sudamérica.

En abril y mayo 1998 las anomalías de vientos Este aún actuaron con intensidad en regiones del Pacífico occidental, tanto a nivel de superficie como a 850 hPa, mientras que al centro y oriente la evolución de anomalías oeste aún persistieron pero en menor grado que los primeros tres meses de 1998, aún incidiendo en el estacionamiento del sistema acoplado océano atmosférico sobre nuestra costa.

En junio 1998 a nivel superficial se notó un gran decaimiento de las anomalías de vientos oeste en gran parte del Pacífico ecuatorial, reemplazadas por un sólido campo de anomalías de vientos del Este, marcándose así el término del evento ENOS 1997-98 y el inicio de un notable reforzamiento de anomalías del Este en el Pacífico ecuatorial, que se empezaron asociar a la génesis de un evento anti ENOS o “La Niña”. Empezándose a imponer anomalías de vientos del Este al nivel de 850 hPa, notándose aún la presencia de anomalías oeste en regiones ecuatoriales del Pacífico oriental y en menor medida en el Pacífico central, destacando el movimiento de las anomalías oeste hacia regiones del Pacífico ecuatorial al norte del ecuador, coincidente con el verano septentrional.

Las temperaturas mínimas en la costa Lambayecana se empezaron a elevar desde marzo 1997, aumentando gradual y notablemente el resto del año, no volviéndose a normalizar o enfriar hasta fines de julio 1998. Produciéndose las mayores anomalías positivas o calentamientos entre junio y setiembre 1997, con anomalías hasta de +5°C sobre sus registros climáticos normales

Las temperaturas máximas en Lambayeque iniciaron su gradual incremento desde marzo 1997, pudiendo destacar las extraordinarias elevaciones térmicas o anomalías positivas como las registradas entre junio y setiembre 1997, que igualmente alcanzaron hasta +5°C sobre sus promedios normalizados.

Las anomalías negativas de temperaturas máximas al norte de Lambayeque se ligaron a la gran cantidad de nubes que se instalaron en verano, por eventuales incursiones de la ZCIT y su respectiva banda nubosa de gran actuación en febrero y marzo 1998, afectando en menor grado al centro y sur Lambayecano, restringiendo la incidencia directa de radiación solar en onda corta (al medio día y por la tarde) en su zona norte, determinando la baja de temperaturas máximas. Contrariamente, las temperaturas mínimas en litoral y faja costera inmediata respondieron directamente a las variaciones del océano, pues en ENOS además de almacenarse gran cantidad de energía como calentamiento, se recibieron aportes diurnos de energía que transitoriamente calentaron aún más el mar superficial, por ello en las noches el mar adjunto al litoral liberó energía mediante procesos conductivos: elevándose las anomalías de temperaturas mínimas.

Durante ENOS 1997-1998 el departamento de Lambayeque observó anomalías de precipitación mayores a 1500% sobre sus normales históricas en sus zonas norte y central, respectivamente con excesos mayores a 2500% (sobre Reque, Chiclayo y alrededores) y 3000% (circunscrito por las ciudades de Ferreñafe, Jayanca, Motupe, Olmos, litoral Lambayecano y límites con el departamento de Piura), registrando además la zona sureste (ciudades de Nueva Arica, Oyotún, El Espinal y su periferia) excesos mayores a 2000% sobre sus normales.

En ENOS 1997-98 se observó un máximo desplazamiento hacia el sur (extremo norte costero peruano) de la Zona de Convergencia InterTropical y su banda nubosa asociada constituida por nubes convectivas (estructurándose además una doble banda) sostenidas por el intenso calentamiento oceánico frente a nuestra costa norte, que al reforzarse y persistir de enero a marzo 1998 fortaleció las brisas oceánicas e inestabilidad atmosférica causando incluso en nuestra costa norte una especial “situación de monzón”.

La fase pluvial más intensa ENOS 1997-98 en Lambayeque departamento se produjo de enero a marzo 1998, superando notablemente estas magnitudes pluviales al ENOS 1982-1983 en el mismo periodo, aunque al concluir la fase 1997-1998 su total acumulado superó moderadamente al evento 1982-83, el cual totalizó sus mayores precipitaciones de febrero a mayo 1983, siguiendo incluso registrando aisladamente en ciertas localidades lluvias hasta junio 1983.

Las brisas de monzón del mar a la costa de Lambayeque y las producidas en la baja troposfera adyacente a las laderas occidentales andinas, entre mediodía y media tarde iniciaban un movimiento del mar al continente, y, desde niveles bajos de la atmósfera costera hacia medios y altos niveles de las cuencas hidrográficas. Notándose en la dinámica de viento zonal de los episodios más intensos en Lambayeque que, su actuación, forzante radiativa y termodinámica local coadyuvaron a la intensificación de episodios hidroluviales por la tarde, noche, madrugada y amanecer del día siguiente, sobre todo en niveles medios de las cuencas Lambayecanas, por la anómala intensificación de las brisas oceánicas por el debilitamiento de los Alisios en esta parte de la costa norte.

En zonas Lambayecanas en que las lluvias ocurrieron desde medio día y tarde, los CCM o Complejos Convectivos de Mesoescala se generaron sobre amplias superficies de agua extremadamente cálida que por la dinámica zonal ecuatorial desarrollaron un transporte de vapor de agua, humedad y masas nubosas hacia el Este. CCM que a media tarde ingresaban al norte peruano y Lambayeque (con un suelo muy húmedo), y al hallar adyacente a la superficie aire cálido húmedo e inestable por intercambios energéticos y especiales procesos termodinámicos, recibieron suficiente humedad para el desarrollo sostenido de excepcionales procesos convectivos e hidroluviales, coadyuvados por la compleja topografía.

Instar a instituciones del estado y organismos no gubernamentales a examinar los mecanismos y medios posibles para reducir las grandes pérdidas causadas por eventos ENOS y otros desastres hidrolimáticos, evaluando las necesidades de los respectivos sectores y jurisdicciones, para ampliarse, perfeccionarse o actualizarse, sirviendo para elaborar estrategias y alcanzar objetivos sectoriales.

Todo lo expuesto deberá servir para depurar los programas de prevención de desastres naturales derivados de eventos ENOS y episodios hidrolimáticos extremos, bajo la dirección del Instituto nacional de defensa civil con la intervención de los gobiernos regionales, municipales, instituciones estatales, sector privado, universidades y organismos no gubernamentales, entre otros.

Existiendo características biogeofísicas especiales, con condiciones climáticas y meteorológicas del trópico húmedo y regiones ecuatoriales ligadas al ENOS, así como especiales manifestaciones ambientales, debe contarse con un marco legal acorde a la realidad, haciendo efectiva y eficaz la legislación y normas facilitando su aplicación bajo directivas y procedimientos a nivel local, regional y nacional.

Establecer una labor coordinada entre instituciones de ciencia y tecnología y los organismos ligados a la seguridad física, defensa civil y gestión de recursos naturales y medio ambiente, de forma que el suministro oportuno de información técnica científica en armonía con el marco legal, permita establecer oportunos y adecuados procedimientos para atender eventos hidrometeorológicos extremos.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Considerando el gran avance en el acopio de información océano atmosférica en la actualidad, se recomienda generar campos de viento, temperatura y humedad a las escalas temporales y espaciales necesarias en las zonas Niño 1+2, de forma que sea posible definir la estructura media de la troposfera y su variabilidad a escalas mensual, diaria y sinóptica; explicando la organización convectiva, dinámica, microfísica y variabilidad diaria del ciclo evolutivo de los sistemas pluviales en las zonas de las brisas oceánicas del monzón peruano.

Investigar los regímenes ligados a la variabilidad intraestacional convectiva en las fases enero - marzo en nuestra costa norte y sus interacciones con las precipitaciones en el resto del Perú y Sudamérica, según las influencias del océano y la actuación de los sistemas meteorológicos en superficie y altura, en correspondencia con la compleja configuración topográfica en el noroccidente peruano.

Fomentar la cooperación técnica en sectores político administrativos y de gestión, realizando estudios climáticos e hidrológicos de eventos de intensidad extrema en zonas críticas asociadas a los impactos de los ENOS sobre una serie de sectores afectados, los cuales permitan entender mejor su desarrollo y régimen para usarse como aspectos referenciales de los recursos clima y agua, para un diseño más seguro de obras civiles y otras construcciones a fin de minimizar a futuro sus posibles impactos en el ambiente.

Es vital que en los programas para mitigar eventos ENOS y rehabilitaciones, intervengan coordinadamente la banca privada y estatal, los ministerios de vivienda, transporte y comunicaciones, colegios profesionales de Arquitectos e Ingenieros, la empresa nacional de construcciones y edificaciones, y el servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción, para cautelar el cumplimiento de las normas de construcciones urbano rurales pues la banca sólo concede préstamos si se cumple con los requisitos apropiados y si la inspección técnica es rigurosa. Considerando además que la banca también proporciona préstamos para la recuperación a estos desastres, por ello su función es trascendental en este contexto. Debiendo considerarse aspectos similares para la recuperación de la producción y el sector agrario, interviniendo coordinadamente los ministerios de la producción y agricultura.

Existiendo condiciones favorables en nuestro espacio geográfico y riesgo latente para la ocurrencia de perturbaciones y desastres asociados al ENOS y otros eventos hidrometeorológicos de intensidad extrema, de gran impacto en el sistema ambiental, se requieren implementar programas idóneos de educación meteorológica e hidroclimática y ambiental dirigido a los sectores trabajo y educación (a nivel primario, secundario, tecnológico o superior). Debiendo ambos sectores en serias labores de información e instrucción propender a crear conciencia sobre eventos meteorológicos e hidroclimáticos generadores de desastres naturales de gran impacto ambiental.



## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Adler, R. F. A Comparison of the general circulation of the northern and southern hemispheres based on satellite, multi channel radiance data. Monthly Weather Review 103, 1975
2. Baldicero, Molion Luiz Carlos. La amazonía y el clima del globo terrestre. Copias Curso: Aspectos Meteorológicos y oceanográficos del fenómeno El Niño, Guayaquil - Ecuador. Julio 1989.
3. Baldicero, Molion Luiz Carlos. Climate variability and its effects on Amazonian hidrology. Revista Geofísica, 1990.
4. Baldicero, Molion Luiz Carlos. Volcanes y Climas. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú, 2000.
5. Campoblanco Díaz, Honorio. El fenómeno "El Niño" bajo una concepción geológica. Tesis para optar el Grado de Magíster. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú, 1998.
6. Cavalcanti, I. F. A. and Kousky, V. E. Influences of the sea breeze circulation in the N - NE coast of South America. 2º Congresso Meteorologico Brasileiro, Pelotas, R. S. Outubro 82, Vol. 4. Río de Janeiro, 1982.
7. Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES). Edición Especial "Prevención", Travesuras de "El Niño": Un fenómeno que no tiene cuando acabar año 4 - N°9, agosto 1997 y "Evaluaciones 1997-1998".
8. CONCYTEC, Revista N° 1 - 1999. Pronóstico de "El Niño" por Douglas Gantenbein, páginas 76 a la 78.
9. Corporación Andina de Fomento – CAF. El fenómeno El Niño 1997-1998 Memoria, retos y soluciones, Volumen V: Perú
10. Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center. Optimum Thermal Interpolation System (OTIS) - Sea Surface Temperatures (SST). <https://www.fnmoc.navy.mil/PUBLIC/OTIS/otis.html>
11. García Villanueva, Jerónimo. Principios físicos de climatología. Ediciones Universidad Nacional Agraria, La Molina - Lima, 1994.
12. Gill, A. E. Atmosphere ocean dynamics. Academic Press Inc. NCAR. USA, 1982
13. Guedes, R. L. and Silva Diaz, M.A.F. The observed synoptic scale structure in the presence of mesoscale convective complexes over South America. 2<sup>nd</sup> Meeting of the Brazil - USA Cooperative Program on the Role of convection in the Amazon region, Sao Jose dos Campos. S. P. Sao Paulo - Brasil, 1985.

14. Gutman, G. J. and Schwerdtfeger, W. The rol of latent heat for the development of a high pressure system over the sub tropical Andes in summer. Meteorologishe Rundsch. N°18. Darmstadt, 1965 (copias traducidas).
15. Handler, P. & Andsager, K. 1989, Volcanic aerosols. El Niño and the Southern Oscillation, Uníversity of Illinoiis, Urbana-Champaign.
16. Información sobre el evento ENOS 1997-1998 del Ministerio de Salud, elaborada en conjunto con la oficina de Defensa Nacional y Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud, 1998.
17. Instituto peruano de investigaciones pesqueras-INPESCA. Fenómeno El Niño: Predicción Climática y Prevención Pesquera. Julio 1997.
18. Instituto del Mar del Perú - Unidad de Percepción Remota y SIG. Análisis de temperatura superficial del mar, imágenes satelitales y otros productos.
19. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. <http://www.cptec.inpe.br/>
20. Kreuels, R., Fraedrich, K. and Ruprecht, E. An aerological climatology of south america. Meteorologishe Rundsch. N°28. Darmstadt, 1975 (copia traducida).
21. Ledesma Jimeno, Manuel. Turbulencia atmosférica. Gráfica Cervantes S.A., Salamanca - España. Salamanca, 1981.
22. Morel, P. and Debois, M. Mean 200 mb circulation in the S.H. observed from Eole ballon flights. Journal atmospheric Science, N°31 - 1974.
23. Necco V., Gustavo. Curso de cinemática y dinámica de la atmósfera. Editorial Universitaria de Buenos Aires. B. Aires - Argentina, 1980.
24. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - CIRES, Climate Diagnostic Center. Atmospheric Variables Plotting Page. <http://www.cdc.noaa.gov/HistData/>
25. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - CIRES, Climate Diagnostic Center. CDC's El Niño/Southern Oscillation (ENSO) Information. <http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/>
26. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Home Page. <http://www.cdc.noaa.gov/>
27. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - PMEL, Realtime TAO Buoy Data Display. <http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/realtime.html>
28. NOAA - National Centers for Environmental Prediction. Sea Surface Temperature, Anomalies.

29. Pantoja Tapia, Hugo. Aspectos atmosféricos vinculados a fenómenos de geodinámica externa durante febrero 1989 en el Perú. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima - Perú, 1991.
30. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Dirección Regional Lambayeque (Chiclayo-Perú). Análisis, mapas y datos normalizados.
31. SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque. Comportamiento termo pluviométrico en la región Nororiental del Marañón, eventos "El Niño Oscilación del Sur" 1972-73, 1975-76, 1982-83, 1986-87, 1991-92, 1997. Chiclayo - Perú, 1997.
32. SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque. Descripción Agroclimática del departamento de Lambayeque. Chiclayo - Perú, 2001.
33. SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque. El niño-Oscilación sur 1997-1998: su impacto sobre las anomalías termopluviométricas en Lambayeque. Chiclayo - Perú, 1998.
34. SENAMHI - Dirección General de Meteorología / Dirección de Climatología y Proyecto Algarrobo - Centro de Documentación e Información de los Bosques Secos (CEDIBS). Fenómeno El Niño en la Costa Norte del Perú. Por Valverde Bocanegra M.Trebejos Varillas y Chang Chang Fun J.Lima-Perú, octubre 1991
35. SENAMHI. Fenómeno "El Niño 1997/98". Lima - Perú, 1999.
36. Trenberth, K. E. The role of eddies in maintaining the westerlies in the S. H. winter. Journal Atmospheric Science, N° 44 - 1987.
37. Uccellini, L. W. and Jonson, D. R. The coupling of upper and lower tropospheric jet streams and implications for the development of severe convective system. Monthly Weather Review N° 107, 1979.
38. Van Loon, H. Meteorology of the southern hemisphere. Meteorological Monographs Vol. 13 - N° 35, A. M. S. 1972.