

EL FENÓMENO ENSO (EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR) EN 1997-1998: ALTERACIONES CLIMÁTICAS INDUCIDAS EN EL MUNDO

*José Jaime Capel Molina**

RESUMEN

En este artículo se estudia el fenómeno ENSO (El Niño/Oscilación del Sur) en el océano Pacífico. Analizando el conjunto de alteraciones en los patrones normales de "El Niño", como elemento oceánico y la Oscilación del Sur, en su vertiente atmosférica, durante el episodio 1997-1998. Igualmente las alteraciones climáticas inducidas por El Niño en el Mundo.

Palabras Clave: Alteraciones climáticas. Climatología. ENSO. El Niño. Oscilación del Sur. Teleconexiones. Episodio 1997-1998.

SUMMARY

The 1997-1998 ENSO phenomenon: climatic alterations induced in the World

This survey addresses and investigates the ENSO (El Niño/Southern Oscillation) phenomenon in the Pacific ocean, through an analysis of a group of alterations affecting the "El Niño" normal patterns, such as the oceanic element and the Southern Oscillation, in its atmospheric slope and watershed, during the 1997-1998 event. It also emphasizes the climatic alterations induced by this "El Niño" throughout the World.

Key Words: Climatic alterations. Climatology. ENSO. El Niño. Southern Oscillation. Teleconnections. 1997-1998 Episode.

* Facultad de Humanidades. Universidad de Almería. La Cañada de San Urbano, s/n. 04120. Almería (ESPAÑA).

Las condiciones medio ambientales desérticas que prevalecen habitualmente en los litorales peruano y chileno se invierten, transitoriamente, cuando acontece el fenómeno de El Niño, con cambios oceanográficos del nivel marino, alteraciones en la flora y fauna continental y marítima y en las precipitaciones, con lluvias que pueden adquirir características de fortísimo monzón en uno de los desiertos más extremos de la tierra. Las grandes inundaciones en el golfo de Guayaquil, Piura, Tumbes y Lambayeque, durante los episodios intensos de El Niño (como ha ocurrido en 1998) provocan que todo quede sepultado bajo las aguas que inundan campos de cultivo y ciudades, dando lugar a condiciones de penuria y a un incremento de los índices de mortalidad (malaria, paludismo, tifus, enfermedades oportunistas diversas). Con anterioridad a la llegada de Francisco Pizarro a Perú, la historia Peruana está surcada de episodios de El Niño, algunos de ellos extraordinarios. Arqueólogos e historiadores están reconstruyendo sus cronologías por medio de los efectos destructivos que dicho fenómeno producía en amplios espacios y culturas del territorio.

Originariamente, El Niño designaba una débil contracorriente ecuatorial procedente del golfo de Panamá que afectaba al litoral del Ecuador y norte del Perú durante el verano austral. Se trataba de un fenómeno oceanográfico regional que interesaba ante todo a las costas del Perú y que fue identificado en el último tercio del siglo XIX por los pescadores de Paíta, a finales de diciembre, por Navidad. Sin embargo, hoy día se refiere a un fenómeno océano-atmosférico que¹ altera las condiciones normales de la zona Intertropical y, cada vez más la comunidad científica lo considera un fenómeno muy complejo y a gran escala, que si bien se configura en las aguas ecuatoriales del Pacífico, sus impactos asociados se dejan sentir en todo el globo, especialmente en los trópicos y constituye una de las principales causas de la variabilidad climática interanual del planeta. Así pues ha pasado a entenderse como una parte integrante del sistema climático terrestre y no como una anomalía climática notable, configurando todo el proceso global del clima de la Tierra. El último episodio “El Niño 1997–1998” ha sido el fenómeno climatológico más estudiado hasta la fecha, debido a la globalización de la información, por sus efectos en el desarrollo de la vida marina, la sociedad, la economía, los recursos naturales e impactos medioambientales de gran significación en la cuenca del océano Pacífico y Sudamérica y por las alteraciones que está provocando en el sistema climático terrestre. El Niño representa uno de los más extraordinarios ejemplos de la estrecha interacción océano-atmósfera, entendiéndose como parte integrante del Sistema Climático Terrestre, ya que, aunque se configura en las latitudes ecuatoriales del océano Pacífico, altera las condiciones medioambientales normales de la zona Intertropical y sus impactos asociados afectan a escala planetaria. Tanto los científicos como la sociedad en general se ven sorprendidos cuando acontece un episodio de El Niño. El interés que este fenómeno ha despertado en la historia reciente ha ido evolucionando desde los principios del siglo XX, en cuanto a la preocupación de cómo incidiría en la población de aves marinas y producción de guano, como fertilizante, de su incidencia en la producción de harina de pescado, hasta el interés que suscita, hoy día, por sus impactos en el sistema climático. Los episodios de 1972–1973 y sobre todo el de 1982–1983, fueron momentos claves en la proliferación y globalización de estudios por parte de científicos de todo el mundo. La rápida sucesión de episodios cálidos de ENSO (El Niño–Oscilación del Sur) acontecida desde 1970 hasta

ahora y las numerosas anomalías climáticas asociadas con dichos episodios, ha suscitado un creciente interés entre los usuarios potenciales de la información de ENSO, como las compañías de seguros, los ministerios de agricultura y pesca, los comerciantes, los corredores de bolsa, las compañías eléctricas y las agencias de seguridad pública, entre otros (GLANTZ, 1977 a). En cualquier caso no se debe olvidar que tales alteraciones forman parte del ciclo natural de oscilaciones en el sistema oceánico-atmosférico terrestre (MARCOS VALIENTE, 1998).

La génesis y evolución de El Niño 1997-1998 y el acceso a la información de las variables oceanográficas y meteorológicas antes señaladas, vía INTERNET, ha proporcionado a los estudiosos del clima una oportunidad única y emocionante, investigando semana tras semana, la evolución de este episodio extraordinario como en un laboratorio. En este contexto el aumento de la variabilidad del clima sobre la tierra, desde el comienzo de la década de los años setenta hasta nuestros días, es coincidente con tres episodios de los cuatro más intensos de nuestro siglo (CAPEL MOLINA, 1999 a).

El episodio de 1997-1998 es "El Niño" más estudiado hasta la fecha. Dicho episodio se inició en febrero de 1997 después de un largo periodo, casi dos años de duración, en los que predominaron anomalías negativas de la temperatura en la superficie del Pacífico Ecuatorial. En la fase de su inicio tuvo un papel preponderante la actividad atmosférica intraestacional que se generó en el Índico y en el Pacífico Occidental, manifestada en la forma de vientos del Oeste que ocasionaron en el océano la propagación hacia el Este de anomalías térmicas a nivel de la termoclina (ondas Kelvin). Las ondas Kelvin se propagan a lo largo del Ecuador que le sirve de guía de onda hasta incidir sobre Sudamérica, tardando entre dos y tres meses.

APROXIMACIÓN AL FENÓMENO ENSO

Al conjunto de alteraciones en los patrones normales de la circulación de la atmósfera y del océano se le conoce como el fenómeno ENSO, cuyas siglas proceden del acrónimo inglés (El Niño y Oscilación del Sur) que fue generalizado por Rasmusson y Carpenter en 1982. La caracterización del fenómeno varía según los autores y las regiones del mundo. No obstante, la mayor parte de los investigadores consideran que el fenómeno ENSO constituye como una oscilación de varios meses de amplitud que afectan al conjunto del océano Pacífico Intertropical (WYRTKI, 1975). En una primera fase, los vientos alisios intensos apilan las aguas calientes ecuatoriales hacia el Pacífico oeste, con temperaturas superiores a 28°, desencadenando una intensa convección y lluvias copiosas. Los vientos alisios del Este tienden a debilitarse, e incluso llegar a colapsarse, e invierten su rumbo, soplando entonces del Oeste sobre Indonesia y Pacífico central, observándose, a modo de efecto de péndulo, una afluencia de agua anormalmente caliente sobre las costas occidentales de América del Sur y en el Pacífico tropical oriental. Diversos autores caracterizan el fenómeno global (ENSO) a partir de las anomalías de viento, de la presión atmosférica o de la temperatura superficial marítima. Los índices más clásicos son el Índice de la Oscilación del Sur (IOS) que se calcula como la diferencia normalizada de presión a nivel de la superficie entre la isla de Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia), así como otros índices que representan las anomalías de la TSM, en los sectores

Niño 1+2; Niño 3; Niño 3.4; Niño 4. Para el estudio de "El Niño" internacionalmente se han seleccionado distintas áreas del océano Pacífico que se identifican con diferentes sectores que representan del mismo en donde se lleva a cabo un promedio de las variables meteorológicas y oceanográficas y los valores obtenidos se utilizan como índices climáticos globales: Area Niño 1+2, entre 0° y 10° S y entre 80° y 90° W (Pacífico Ecuatorial Oriental). Area Niño 3.4, entre 5° N y 5° S y entre 170° W y 120° W. Area Niño 3, entre 5° N y 5° S y entre 90° y 150° W (Pacífico Ecuatorial Central), la de mayor extensión. Area Niño 4, entre 5° N y 5° S y entre 150° W y 150° E (Pacífico Ecuatorial Occidental). Otros autores caracterizan e identifican a ENSO por sus consecuencias locales como la aparición de sequías, inundaciones o malas cosechas (FRANCOU y PIZARRO, 1985; CAVEDES y WAYLEN, 1987). Finalmente otros definen a ENSO como la relación del fenómeno El Niño y de la diferencia negativa del Índice de Oscilación del Sur (TAPLEY y WAYLN, 1990; KAHYA y DRACUP, 1993).

Estos episodios de anómalo calentamiento oceánico, con temperaturas de 28° a 30°, se ven asociados a masas de aire ricas en vapor de agua, con un espesor de hasta 12 km y una abundante nubosidad convectiva. La temperatura absoluta del agua debe ser como mínimo de 28°. Su capacidad higrométrica puede originar lluvias intensas en islas y archipiélagos del área ecuatorial del Pacífico Central y Oriental. Todo ello va asociado a un desplazamiento anómalo hacia el sur de la ZCIT entre 2° y 5° S, en la costa occidental de Sudamérica. En Ecuador y sobre el territorio peruano, se desencadenan, hasta aproximadamente 7° S, intensas precipitaciones propias de la Convergencia Intertropical. El Niño tiene repercusiones a macroescala, provocando cambios meteorológicos, oceanográficos y biológicos en todo el globo terráqueo (PINTO, 1985). Desde que comienza hasta que finaliza, el calentamiento anómalo de las aguas superficiales del Pacífico Ecuatorial – la anomalía puede alcanzar hasta 12° (ARNTZ y FAHRBACH, 1996) –, va asociado a una alteración del patrón de la presión atmosférica, en las capas bajas de la atmósfera entre los flancos Este (donde desciende) y Oeste (donde asciende) del Pacífico Ecuatorial, conocido como Oscilación del Sur. Los primeros pasos para la comprensión del fenómeno ENSO se dieron hacia 1897 con H. H. Hildebrandsson que utilizó datos de la presión atmosférica registrados durante una década por casi 70 observatorios repartidos por los cinco continentes, percatándose de que existían ciertas conexiones entre las tendencias interanuales de algunos observatorios ubicados a grandes distancias. A comienzos del siglo XX, en 1902, W. J. S. Lockyer confirmaba el balanceo de la presión entre Sudamérica e Indonesia, sin embargo el paso decisivo lo daría en 1923 el meteorólogo sir Gilbert Walker, quien sería el primer científico que a través de su investigación sobre la circulación atmosférica del cinturón ecuatorial, evidenció la existencia de una oscilación masiva de la presión atmosférica entre ambos flancos del Pacífico Ecuatorial y su relación con las lluvias de verano del monzón indio, a través de un cambio zonal a gran escala, que es definitiva un enlace transpacífico de sistemas béricos (RAMAGE, 1986). Con posterioridad Walker cuantificó el fenómeno definiendo el Índice de Oscilación del Sur (IOS), atinente al parámetro meteorológico de la presión atmosférica. Los índices son positivos cuando la diferencia entre el Pacífico Oriental y Pacífico Occidental es más alta de lo normal y negativo cuando es inferior a lo habitual. Los índices positivos corresponden a presiones muy bajas en el sector occidental del Pacífico tropical (fase positiva de la Oscilación del Sur).

lación del Sur) y viceversa. Como las grandes variaciones del campo de presión afecta a la atmósfera de toda la tierra, cualquier lugar del planeta debe de verse influenciado en su climatología por las condiciones atmosféricas y oceánicas que rigen en el Pacífico tropical (ERICKSON, 1991). Un cuarto de siglo más tarde, se produce un nuevo paso con los trabajos de (BERLAGE, 1957) que “profundizó en el estudio de las relaciones entre la Oscilación del Sur y las sequías en Indonesia” (MARCOS VALIENTE, 1999). Posteriormente en 1966 Jacob Bjerknes, de la Universidad de Ucla, dio un nuevo paso en la explicación del fenómeno, sugiriendo que El Niño iba asociado a dichas fluctuaciones de la presión atmosférica (Oscilación del SUR). Así pues, hace referencia ENSO a la relación entre El Niño–Oscilación del Sur. En Latinoamérica a este fenómeno se le conoce indistintamente como ENSO, ENOS o como FENOS (Fenómeno El Niño–Oscilación del Sur) ó FEN (Fenómeno El Niño). El IOS es un punto de referencia para el estudio de las anomalías climáticas en diferentes escenarios del planeta. Estos cambios de la presión atmosférica en el Océano Pacífico redundan en fluctuaciones del viento. “El Niño” sería la consecuencia de la incidencia de los vientos alisios del NE y SE sobre el Pacífico Ecuatorial Central; las fluctuaciones del viento provocan una perturbación en el océano que se propaga como una onda hacia el Este, y el Niño se inicia durante la transición que se produce entre un sistema de circulación a otro (WYRTKI, 1975). En el primer sistema de circulación, los vientos alisios de componente Este (NE y SE) en el Pacífico ecuatorial, presentan una gran regularidad e intensidad, igualmente muestra una gran intensidad la corriente cálida Sur Ecuatorial, que dirigiéndose de Este a Oeste, se desplaza a varios grados de latitud Norte. Todo ello lleva consigo el apilamiento de aguas cálidas en el sector Occidental del Pacífico Ecuatorial y el nivel del mar está alrededor de 40 cm más alto en el Oeste, al mismo tiempo que se hunde la termoclina que se sitúa a unos 200 m de profundidad. Simultáneamente, sobre el sector oriental del Pacífico Tropical y Ecuatorial, llegan las aguas frías de la corriente de Humboldt, con un descenso notable de las temperaturas, simultáneamente los vientos del Sureste y Sur, que elevan la termoclina, que pasa a situarse a unos 50 m. La temperatura superficial del mar es casi 8° más alta en el Pacífico Ecuatorial Occidental que en el Pacífico Oriental –en las costas peruanas– debido a surgencias de aguas frías subsuperficiales (upwelling). Los dos componentes: el “atmosférico” y el “oceánico” del fenómeno suelen desarrollarse muy lentamente y pueden durar varios años. En el segundo sistema de circulación, los vientos alisios de componente Este (NE y SE) en el Pacífico ecuatorial empiezan a disminuir su intensidad, así como la corriente cálida Sur Ecuatorial, hundiéndose la termoclina en el Pacífico Tropical Oriental y la temperatura superficial se incrementa.

El episodio de El Niño tiene lugar durante el cambio brusco entre ambos sistemas de circulación. En 1997, Rodolfo Rodríguez de la Universidad de Piura, definía El Niño como el debilitamiento o inversión de los vientos superficiales a lo largo del Pacífico Ecuatorial causado por el cambio en las presiones atmosféricas; dichos vientos tienden a soplar en sentido de Oeste a Este, provocando que las aguas calientes de la superficie se acumulen en el flanco oriental del océano Pacífico alcanzando las costas de Sudamérica, con la que esta región que se vuelve húmeda y lluviosa. Al colapsar los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Occidental, cambian su dirección 180°, rolando al Oeste en niveles bajos y medios. Así pues estas anomalías de los vientos de bajo nivel van asociados con

la fluctuación que experimenta la oscilación del Sur, siendo singularmente relevantes las anomalías provocadas por los vientos procedentes del Oeste que se ubican cerca de la línea ecuatorial, desde Indonesia hasta la línea de cambio de fecha (MOREANO, 1984). El cambio brusco y drástico de la circulación superficial ecuatorial del Pacífico genera una perturbación en el Océano, conocido como ondas ecuatoriales Kelvin. Está comúnmente aceptado que en el Pacífico ecuatorial, las oscilaciones de baja frecuencia, desempeñan un papel importante en el transporte de energía y dentro de ellas, las ondas Kelvin son las responsables de este transporte (el calentamiento) desde el flanco occidental del Pacífico hacia el oriental; dicho transporte se conoce actualmente como “episodio cálido”, atribuyéndose a este mecanismo el origen de las situaciones anómalas características de los episodios de El Niño. Como respuesta a la propagación de las ondas Kelvin se eleva el nivel del mar en el Pacífico sur oriental. Tanto los puertos de las Galápagos, los de Ecuador o Norte de Perú, como el calentamiento anómalo de las aguas superficiales, las cuales originadas en el Pacífico Ecuatorial Central, se propagan hacia el Este a lo largo del ecuador geográfico y en dirección N-S (Ondas de propagación polar), constituyen unos indicadores significativos para detectar la presencia de estas oscilaciones del nivel marino.

Los eventos de magnitud extraordinaria como el de 1982/1983, tienen características de gran catástrofe por numerosos territorios (RODRIGUEZ et Al, 1993) y fue considerado hasta el episodio 1997-1998 como el más intenso del siglo. La TSM del mar peruano superó en algunos enclaves los 10° sobre sus valores normales (GARCIA y HUAMAN, 1984), causando cambios ecológicos transitorios en la flora y fauna, tanto continental como marítima. Durante aquel episodio los valores de la precipitación superaron sus promedios históricos y adquirieron características de fortísimo monzón. Entre enero y julio de 1983 llovió en las ciudades peruanas de Tumbes (3747 mm) y Piura (2386 mm) cuando sus promedios de precipitación para 30 años son de 130 y 34 mm, respectivamente. En Talara entre enero y julio se anotaron 1649 mm, cuando la lluvia media anual es de tan solo 50 mm. Durante el episodio 1982/1983 se produjeron los más altos registros del nivel del mar jamás conocidos, con anomalías positivas de 40 cm, cifras todas ellas que por si mismas hablan de la magnitud del impacto de este evento oceánico-atmosférico.

En cambio las altas presiones que acontecen sobre Darwin provocaron una severa sequía sobre la región Indo-australiana y una disminución radical de las precipitaciones, muy por debajo del promedio entre junio y septiembre sobre gran parte de Indonesia. Efectivamente “al oeste de los 180° se produce un incremento barométrico que comporta la debilitación y migración hacia el nordeste del sistema de bajas presiones de Indonesia, lo que, sumado a la modificación en la circulación atmosférica tropical, produce un reajuste de la precipitación y de la circulación de vientos en aquel sector del planeta” (MARCOS VALIENTE, 1996-1997). Al mismo tiempo, las bajas presiones de Tahití trajeron como consecuencia un incremento de las lluvias, con valores muy superiores a sus promedios mensuales en el sector central del Pacífico ecuatorial (MOREANO, 1984).

ALTERACIONES OCEÁNICAS DURANTE 1997 Y 1998

Anomalías de la TSM y SST

Los rasgos oceanográficos analizados se describen en relación a la TSM en la cuenca pacífica comprendida entre 30° N y 30° S. Los datos y cartografía analizados proceden del Centro de Cambio Climático de NOAA–AOML, que informan de la temperatura de la TSM y de la temperatura de la superficie del mar en términos de su desviación con respecto a la temperatura promedio (SST–Anomalies).

AÑO 1997. Durante los meses de enero y febrero de 1997 las condiciones térmicas fueron normales, la TSM mantuvo ligeras anomalías negativas: $-0,6^{\circ}$, 0° y $-0,4^{\circ}$ en las regiones Niño 1+2, Niño 3 y Niño 3.4, respectivamente. A partir de marzo se inició gradualmente el incremento de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Oriental, con anomalías positivas de 1° . La situación casi normal de finales de verano y comienzos de otoño se invirtió de abril a junio, adquiriendo las temperaturas del Pacífico Ecuatorial en sus sectores Oriental y Central las características de Niño intenso, con desviaciones en junio frente al litoral peruano (Niño 1+2) de $+3,9^{\circ}$. Durante el invierno austral y a lo largo de los meses de julio y agosto, las anomalías de la temperatura media continuaron incrementándose en el Pacífico Ecuatorial, alcanzando en agosto en la región Niño 1+2, $+4,2^{\circ}$ y $+3,1^{\circ}$ en la región Niño 3. El Pacífico Occidental seguía presentando unas anomalías positivas en torno a 1° desde el mes de abril y así se mantendría sin oscilaciones apreciables hasta finales de 1997.

Desde agosto hasta finales de octubre, anomalías de la TSM superior a 5° se extendieron por el litoral de Sudamérica y las cercanías del archipiélago de las Galápagos, con anomalías de 4° hasta el meridiano 120° W; y las anomalías superiores a 2° se expandieron hasta 160° W.

Durante noviembre las anomalías positivas de la TSM continuaron mostrando valores altos en todo el Pacífico Ecuatorial al este de la línea de cambio de fecha, registrándose $+3,8^{\circ}$ en la región Niño 3 y de $+4,2^{\circ}$ en la región Niño 1+2. La termoclina continuó más profunda a su promedio en el Pacífico Ecuatorial. Las anomalías de la temperatura superficial superaron 10° entre 135° y 125° W, a la profundidad de la termoclina. En la costa occidental de Sudamérica y al norte del paralelo 12° S, se registraron, en intervalos cortos, máximas anomalías positivas de la TSM de hasta $4,8^{\circ}$ en Baltra y El Callao. Los promedios normales de las anomalías de la TSM en Baltra y El Callao fueron $4,4^{\circ}$ y $4,3^{\circ}$ respectivamente (LAGOS, 1997 b), y de $7,1^{\circ}$ frente al puerto de Paita (Instituto del Mar del PERÚ).

Los índices oceánicos observados en diciembre de 1997 indicaban que las anomalías estaban alcanzando los valores más altos desde que comenzó el episodio cálido de ENSO. Las anomalías de la TSM fueron del orden de $+4,5^{\circ}$ en la región Niño 1+2 y de $+3,9$ en la región Niño 3. En el Pacífico Ecuatorial occidental (región Niño 4) continuaba con anomalías positivas del orden de 1° desde el mes de abril, mientras que en la región frente a la costa de Sudamérica y al norte del paralelo de Lima, las anomalías positivas de la TSM fueron de $4,5^{\circ}$. A lo largo de la costa sudamericana y al norte de la latitud de Lima se observaron, en periodos cortos, máximas anomalías positivas de hasta $5,1^{\circ}$ en Baltra y

7,5° en El Callao, Lima. Chicama mostró las máximas anomalías de todo el litoral peruano, alcanzando un máximo de +9° la semana del 22 al 27 de diciembre de 1997 y de +8,7° en promedio para diciembre, al mismo tiempo que el nivel del mar continuó incrementándose.

Los promedios mensuales para diciembre de la anomalía de nivel del mar fueron los más altos del año 1997 y a su vez los más altos registros del nivel del mar jamás conocidos, con 41,6 cm y 33,9 cm en Baltra y El Callao, respectivamente, que son similares a las observadas en el episodio 1982–1983.

A lo largo de todo el año 1997 las temperaturas en el Pacífico Ecuatorial Occidental registraron unas mínimas oscilaciones.

AÑO 1998. Durante enero, las anomalías positivas de la TSM continuaron con valores altos, pero ligeramente inferiores a los de diciembre de 1997; no obstante, la temperatura superior a 28° se extendió a todo el Pacífico Ecuatorial. La TSM superior a +2° se situaba al Este de 170° W y superior a 4° al Este de 135° W en el Pacífico ecuatorial; mientras que en el Pacífico Ecuatorial Oriental las anomalías de la TSM disminuyeron. A lo largo de la costa de Sudamérica y al norte del paralelo 12° S las anomalías de la TSM se incrementaron, oscilando entre 6° y 8°, +8,7° registró Chicama, y el valor máximo fue de +9,6° en la costa de Pimentel. Según la NOAA/AOML, en periodos cortos se observaron máximas anomalías positivas de la TSM hasta de 4,6° en Baltra y 8° en El Callao.

Durante febrero de 1998 las masas oceánicas con temperatura superior a 28° continuaban cubriendo todo el Pacífico Ecuatorial. Las anomalías de la TSM superior a +2° se situaban al Este de 170° W y superior a +3° al Este de 140° W en el Pacífico Ecuatorial, mientras que en el Pacífico Oriental las anomalías de la TSM disminuyeron ligeramente (BAC, n° 89). No obstante, Paita registró +7,6° de anomalía positiva (29,3° de temperatura media). El nivel del mar a lo largo de la costa sudamericana y al norte del paralelo de Lima continuaba disminuyendo, después de haber logrado sus valores máximos a comienzos de diciembre de 1997. Los promedios mensuales de las anomalías del nivel del mar en Baltra y El Callao fueron de 20,2 y 14,7 cm, respectivamente.

Se mantuvo el proceso de normalización de las anomalías de la TSM en el Pacífico Ecuatorial, observándose que durante el mes de *“marzo y la primera semana de abril continuaban disminuyendo las anomalías positivas de la TSM en el Pacífico Occidental y Central. En particular, en la región Niño 4 la anomalía media de marzo fue de + 0,57°, disminuyendo a +0,2° a principios de abril; en la región Niño 3 la anomalía media fue de +2,24° durante marzo, disminuyendo levemente durante las semanas más recientes”* (ACEITUNO y MONTECINOS, 1998).

Así pues, en marzo de 1998 continuó la intensa advección de aguas subtropicales superficiales (ASS); sin embargo, en la región costera entre 11° y 14° S, aparecieron sectores de aguas de 25° a 23°, lo que era indicativo de la atenuación del calentamiento. La distribución vertical de la temperatura y la salinidad frente a El Callao reveló la presencia de aguas subtropicales hasta los 12 m de profundidad aunque con mayor intensidad que en 1983 (IMARPE, IO, n° 10, marzo 1998). La termoclina continuó revelando el impacto de El Niño y se emplazaba entre 30 y 140 m de profundidad; habiendo ascendido ésta, en promedio, en 50 m respecto a diciembre de 1997. En marzo frente a las cos-

tas de Ecuador y Perú las anomalías de la TSM fueron superiores a $+3^{\circ}$. Las anomalías superiores a $+2^{\circ}$ se encontraban al Este de 140° W. Se observaron anomalías positivas de hasta $3,4^{\circ}$ en la costa sudamericana, al norte de Lima y las máximas anomalías de la TSM variaron entre 4° y $7,5^{\circ}$. Según la NOAA/AOML se apreciaron en periodos cortos hasta $3,9^{\circ}$ y $5,4^{\circ}$ en Baltra y El Callao, respectivamente. Los promedios mensuales del valor medio de la TSM durante marzo alcanzaron $29,3^{\circ}$ ($7,6^{\circ}$ sobre la normal); no obstante la temperatura del mar descendió por debajo de los 27° en las semanas posteriores, registrándose $25,5^{\circ}$ el 25 de abril de 1998. Tal situación es coherente con los datos que revelan “una intensificación de los vientos alisios, de un descenso de la humedad relativa y de la precipitación, así como de un proceso de normalización de las temperaturas sub-superficiales” (ACEITUNO y MONTECINOS, 1998). Las temperaturas mostraron valores superiores a 28° en todo el Pacífico Ecuatorial lo que continuó favoreciendo la intensa actividad convectiva. Un dato más significativo que el de las anomalías superficiales de la temperatura es el de las subsuperficiales. Durante marzo, a lo largo del meridiano 95° W y entre 4° N y 8° S, se observaron anomalías de más de 5° (a 200 m de profundidad), que serían indicativas de lento avance hacia condiciones normales a lo largo de las costas de Perú y Ecuador, lo que siguió afectando negativamente al sector pesquero de ambos países (CORNEJO, 1998). Sin embargo la termoclina experimentó un ascenso en todo el Pacífico Ecuatorial, más definido en su sector oriental, donde en ciertos casos reapareció la termoclina estacional y la permanente (BAC, n° 90, marzo, 1998).

Durante abril de 1998 continuó la tendencia del descenso de la temperatura en la zona costera mostrando un valor medio de $23,5^{\circ}$, tendencia que se acentuó en Paita y San José. Así pues, las aguas oceánicas cálidas y del Norte en las costas de Perú se replegaron, siguiendo el proceso de normalización del ambiente físico del mar peruano. La temperatura disminuyó homogéamente en Paita, Chimbote, y El Callao. En Paita destacaron los valores máximos (29°) y mínimos (24°) que acontecieron al inicio y al final del mes (IMARPE, I.O, n° 11). A nivel subsuperficial continuó el proceso de normalización en Ecuador y Perú. Situándose la isoterma de 15° entre 110 y 100m de profundidad. De la información facilitada por el Crucero 9803-05 BIC Humboldt Etapa Sur, la muestra tomada durante la última semana de abril, reveló una termoclina frente a San Juan (14° S) ubicada entre 70 a 90 m de profundidad, configurada por 5 isotermas (15° - 19° C) con un ligero afloramiento en la región costera. Frente a Ilo el ascenso de la isoterma de 15° evidenciaba aguas características de afloramiento, con salinidades inferiores del 35 por mil.

En la costa Ecuatoriana frente a la estación de Manta, en la tercera década de abril, la isoterma de 20° continuaba alrededor de los 55 metros de profundidad, ubicación análoga a lo observado en los primeros días del mes. Igualmente se pudo observar la presencia de dos termoclinas: una termoclina superficial (a 35 m de profundidad) con un gradiente fuerte 4° en 3 metros y otra más profunda (70 m de profundidad) con un gradiente de $3,5^{\circ}$ en 5 metros, presumiblemente como consecuencia de la entrada de aguas cálidas provenientes del Norte. (Comité Nacional ERFEN, Boletín n° 14, Guayaquil, 1998). En la segunda quincena de abril y comienzos de mayo, el nivel medio del mar mostró un ascenso rápido y brusco, adquiriendo anomalías positivas de hasta $+38$ cm en La Libertad.

Durante el mes de mayo, continuó el proceso de normalización, descendiendo la temperatura en todo la región costera sudamericana. No obstante, continuaron presentándose

condiciones del episodio cálido de ENSO con anomalías positivas de la TSM en el Pacífico Oriental y Central, pero cubriendo, una menor extensión. Anomalías superior a $+2^{\circ}$ se registraron al este de 120° W y superiores a $+3^{\circ}$ al este de 90° W, alcanzando las costas de América del Sur. La temperatura superficial del mar y del aire en el litoral Ecuatoriano mostraba un ligero descenso durante la segunda quincena de mayo, registrándose $28,6^{\circ}$ y $27,5^{\circ}$ (La Libertad), respectivamente. La isoterma de los 28° englobaba el mar ecuatoriano, umbral de la convección profunda, lo que se traducía en precipitaciones tormentosas importantes. El nivel medio del mar presentó a finales de mayo y comienzos de junio un descenso rápido, con anomalías positivas de tan solo 11 cm en la estación de La Libertad.

En la primera semana de junio de 1998, la TSM mostraba un descenso a lo largo de la costa del Perú, con excepción de El Callao. Los máximos decrementos de la temperatura se observaron entre Paita y Chicama, con $20,6^{\circ}$ y $19,^{\circ}$, respectivamente y anomalías de tan sólo $+2,6^{\circ}$ en Paita y de $+1,7^{\circ}$ en Chicama. Por otra parte, el índice multivariado, a 9 de junio de 1998, confirmaba la decadencia del episodio de ENSO 1997–1998 en todo el Pacífico Ecuatorial. Si se compara con los últimos 5 episodios históricos de El Niño (1965–1966; 1972–1973; 1982–1983; 1986–1987; 1991–1992) la tendencia del decaimiento del fenómeno era manifiesta.

En junio continuó el proceso de decaimiento de El Niño en toda la zona ecuatorial del océano Pacífico, presentándose anomalías negativas de la TSM en el Pacífico Ecuatorial Central; no obstante, en la costa sudamericana las aguas superficiales indicaban anomalías aún positivas. Se registraron anomalías de la TSM durante junio de $0,7^{\circ}$ (región Niño 4), de $-0,2$ (región Niño 3), de $-0,7$ (región Niño 3.4) y de $+2,6$ (región Niño 1+2).

A nivel subsuperficial en el Pacífico Ecuatorial continuaba progresando el desplazamiento hacia la costa sudamericana de una masa importante de agua fría con anomalías negativas de hasta -5° logrando alcanzar los 120° W. Tanto la corriente fría de Humboldt como los afloramientos de aguas frías profundas frente al Perú contribuían a la recuperación de las condiciones normales oceánicas en las costas occidentales de América del Sur.

Durante julio el área con TSM por debajo de lo normal continuaba expandiéndose en el Pacífico Ecuatorial Central, evolucionando las condiciones oceánicas hacia un episodio frío de ENSO (La Niña). Las estaciones de Baltra y El Callao evidenciaban el inicio de dicho episodio, con una anomalía media cercana a $+0,6^{\circ}$ en ambas estaciones, donde el nivel del mar estuvo unos 5 cm por debajo del valor medio, como aprecia la información facilitada por el laboratorio AOML/NOAA (Boletín Climático, julio 1998, Universidad de Chile). En las costas occidentales de Sudamérica y en el Pacífico Oriental, durante ese mes, continuaron las anomalías positivas de la TSM ($+2^{\circ}$), mientras que el Pacífico Ecuatorial Occidental y Central mostraba una clara evidencia de evolución hacia condiciones de episodio frío ($-0,1^{\circ}$ en la región Niño 3; de -1° en el región Niño 3.4 y de $-0,4^{\circ}$ en la región Niño 4).

B. ANOMALÍAS ATMÓSFERICAS DURANTE 1997 Y 1998

El Índice de Oscilación del Sur representa el cambio de altas a bajas presiones que se origina en los polos de la célula de Walker durante los episodios cálidos de El Niño y

puede considerarse como la componente atmosférica del fenómeno. Aunque el Índice de Oscilación del Sur, basado en la anomalía de la diferencia en las presiones atmosféricas medias mensuales entre Tahití y Darwin, es utilizado internacionalmente por la comunidad científica como indicador cuantitativo del fenómeno, posee, no obstante, a algunas deficiencias inherentes a su propia definición. Sobre todo, debido al hecho de que las anomalías de la presión atmosférica en dos observatorios concretos no tienen siempre que reflejar las condiciones meteorológicas de la atmósfera en un espacio geográfico tan extenso como lo es el Dominio Ecuatorial y Subecuatorial (entendiendo por tal, la región oceánica entre 10° N y 10° S).

Por todo ello suelen analizarse diversos índices que desde otras perspectivas suelen reflejar y aclarar el comportamiento del fenómeno ENSO.

Durante 1997 y 1998, el Índice de Oscilación del Sur mostró valores negativos, inferiores a los registrados durante el episodio de 1982-1983. Mientras que durante el episodio de 1982-1983 las regiones sinópticas próximas a Tahití y Darwin contribuyeron de un modo equiparable a determinar la intensidad del fenómeno, en el evento de 1997-1998, el IOS presenta unos valores muy por debajo de los de 1982-1983, y la casi total intensidad del mismo fue provocado, únicamente, por la presión atmosférica en Darwin, ya que en Tahití la presión prácticamente se ha mostrado inalterable y con valores, grosso modo, casi normales. Durante el año 1997 el Índice de Oscilación del Sur (IOS) mostró sus valores más bajos en junio (-2,7) y agosto (-2,1), incrementándose a partir de septiembre. En octubre se anotaba (-1,8) y a finales de año (-1,2), a consecuencia de las altas presiones en Darwin (Pacífico Occidental). Sin embargo a comienzos del año 1998 se incrementaba negativamente (-3,3 en enero), valor equiparable al observado en 1983 y continuó con rangos negativos inferiores al promedio en febrero (-2,7). Por tercer mes consecutivo el Índice de Oscilación del Sur mostraba un fuerte valor negativo (-3,6), el más bajo desde que se inició el fenómeno en marzo de 1997. Durante junio y julio el IOS exhibía ya valores positivos hasta alcanzar +1,3° en julio. Las anomalías de la presión atmosférica a nivel del mar observada en Tahití y Darwin fueron de -3,0 mb y 2,6 mb, respectivamente (BAC, nº 90, 1998).

En la actualidad, un índice, muy utilizado por la NOAA como indicador de la intensidad del fenómeno de El Niño es el viento (dirección e intensidad) en el Pacífico Ecuatorial. Se han definido índices que actúan como indicadores de la intensidad de los alisios en tres sectores del Pacífico Ecuatorial entre 5° N y 5° S: Región Occidental (135° E y 180° W); Región Central (175° W y 140° W) y Región Oriental (135° W y 120° W). (Un índice de Vientos: 0 significa condiciones normales, mientras que valores positivos indican vientos anómalos del Este y valores negativos vientos anómalos del Oeste)

Durante 1997 y hasta marzo de 1998 los valores han sido de rango similar al episodio de 1982-1983; tanto en las regiones Central, Occidental como Oriental del Pacífico ecuatorial.

Durante marzo de 1998, las anomalías negativas de los vientos alisios han disminuido ligeramente en el Pacífico Ecuatorial Oriental, continuando inalterable en el Pacífico Ecuatorial Central respecto a febrero, mientras que en el Pacífico Ecuatorial Occidental

* Facultad de Humanidades. Universidad de Almería. 04071 La Cañada (Almería) España.

los vientos estaban dentro de sus valores normales (BAC, n° 90). Se observaron vientos anómalos del Oeste a mediados y finales de marzo en el Pacífico Ecuatorial, al oeste de 130° W, que se han visto fortalecidos por anomalías en la estructura vertical de la atmósfera y concretamente en los vientos de niveles altos. No obstante, a partir de mediados de marzo, “*coherente con la disminución de las anomalías de la TSM los vientos alisios han aumentado en intensidad a lo largo del Pacífico Ecuatorial (entre 160° E y 100° W)*” (ACEITUNO y MONTECINOS).

Otro índice que refleja otra de las características de la componente atmosférica del episodio cálido de ENSO, es la denominada Radiación Emergente en Onda Larga (“Outgoing Longwave Radiation” OLR). Este índice presenta una correlación alta con los procesos convectivos asociados a la ZCIT y por consiguiente con las anomalías estimadas de la precipitación, muy especialmente en los territorios sudamericanos de Ecuador y Perú (donde el fenómeno se manifiesta de manera paradigmática, por ser su epicentro). Tal parámetro se obtiene a través de los satélites meteorológicos norteamericanos y su uso se ha generalizado como una excelente señal de la precipitación en Perú y Ecuador. Los valores negativos de este índice (OLR) representan anomalías positivas de precipitación, mientras que sus valores positivos indican anomalías negativas de precipitación.

FLUCTUACIÓN DE LA ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT) EN EL OCEANO PACÍFICO Y AMÉRICA DEL SUR

Sobre el océano Pacífico la ZCIT se sitúa en el hemisferio Boreal a 10° N en promedio, fluctuante a lo largo del año, desplazándose hacia la línea equinoccial máxima en el verano y hacia el Polo Norte durante el invierno del hemisferio Austral.

Durante los meses de enero y febrero de 1997 la ZCIT sobre el Pacífico Central y Oriental dio signos de poca actividad, a consecuencia de la persistente anomalía negativa de la temperatura superficial del mar. A partir de marzo, como respuesta al calentamiento, la Convergencia comenzó a intensificarse, activando el desarrollo de una banda secundaria intermitente en el Pacífico Sur, al mismo tiempo que los vientos alisios fueron debilitándose en el sector ecuatorial pacífico. Durante el mes de abril la ZCIT mostró una intensidad muy moderada y una débil actividad pluviométrica, posibilitando el desarrollo de una segunda banda de nubosidad convectiva entre el Ecuador y 2° S, y entre los meridianos 85° y 105° W, manteniéndose ininterrumpidamente hasta mediados de mayo. Simultáneamente el Índice de Oscilación del Sur convergía rápidamente hacia valores negativos. Esta bifurcación de la ZCIT con descenso de un ramal al Sur de la línea ecuatorial, que crea perturbaciones semipermanentes, suele ir asociada a los fenómenos de El Niño (ROVALINO, 1984).

Como respuesta al calentamiento del Pacífico Ecuatorial, en su sector oriental y central, una de las regiones de mayor precipitación de la Tierra (Pacífico Ecuatorial Occidental) se desplazaba desde Indonesia hacia el meridiano de cambio de fecha, y, simultáneamente, una nueva celda de precipitación aparecía frente al litoral de Ecuador y norte de Perú. La convección atmosférica encima del océano se da con temperaturas del agua por encima de 27° o 28°, lo que trae consigo un desplazamiento de celdas singulares de la circulación de Walker hacia el Pacífico Tropical Sureste y el movimiento ascendente

de convección generalizada que le caracterizan. Por fortuna el calentamiento superficial marítimo, a pesar de su intensidad (superior a 4° C), debido a la época del año en que se ha presentado, la atmósfera ha podido mitigar el impacto de dicho calentamiento y no ha provocado lluvias intensas en las costas de Ecuador y noroeste de Perú, como se espera habitualmente cuando el fenómeno ENSO ocurre dentro de la estación de lluvias, diciembre a abril. Hay que tener en cuenta que 4° ó 5° de anomalía térmica positiva en el Pacífico Tropical Oriental posee un significado diametralmente diferente en diciembre/enero, que en julio/agosto.

Durante el invierno y la primavera australes la ZCIT mostraba un desarrollo de moderado a intenso y un anómalo desplazamiento al Sur en el Pacífico Ecuatorial Central, situándose 3° al sur de su posición habitual (10°N), y en el flanco septentrional de las aguas cálidas ecuatoriales, e incluso ocasionalmente de manera aislada entre 3° y 10° N. Los procesos convectivos asociados a la ZCIT en la región del Pacífico Ecuatorial Central se intensificaron como lo corroboraba el índice de radiación de onda larga emergente entre 160° W y 160° E, comparable a lo observado durante los episodios de El Niño de 1982 y 1992 (BAC, n° 85). A finales del mes de octubre de 1997 se notaba un anómalo desplazamiento al sur de la ZCIT, en el sector central del Pacífico Ecuatorial a los 180W donde alcanza 1°N. Hacia el oeste, entre las longitudes 160° y 130° W, las células convectivas alcanzaban 5°N y hacia el Este entre 130° y 90°W la ZCIT continuaba en su posición habitual. Llama la atención como el anticiclón subtropical marítimo del Pacífico Sur se hallaba desplazado muy al Sur emplazándose a los 40° S y 90°W. Los vientos asociados con el anticiclón marítimo estaban muy limitados en su extensión, ya que su radio de acción alcanzaba únicamente lo 120° W y no a los 150°W como es lo habitual (LAGOS, et Al, 1993 a)

En junio los vientos alisios colapsaron en toda la región del Pacífico Ecuatorial, incluso los vientos cambiaron de dirección, soplando de componente Oeste. Igualmente, la Oscilación del Sur continuó disminuyendo hasta -2,3° (unidades estandarizadas). Las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial y Central continuaron siendo más intensas de lo habitual, y se siguieron manteniendo las características que acontecieron en mayo (LAGOS, 1997 a). Después de haber disminuido en julio, el índice de la Oscilación del Sur incrementó su anomalía negativa, que fue de -2 en agosto, igualando el valor alcanzado en junio (CORNEJO Y SANTOS 1997). La fase cálida del fenómeno ENSO se caracteriza por anomalías positivas de la superficie del mar y valores negativos del Índice de la Oscilación del Sur; por consiguiente, estos valores indican la presencia de un episodio de ENSO de magnitud muy fuerte.

El índice de Oscilación del Sur (IOS) mostró sus valores más bajos en junio (-2,3) y agosto (-2,1), y aumentó a partir de septiembre. En Octubre se anotó (-1,8) y (-1,4) en noviembre, incrementándose paulatinamente hasta finales de 1997 (-1,2).

En noviembre y diciembre se dieron anomalías negativas altas de los vientos alisios en el Pacífico Ecuatorial Oriental y Central, mientras que en el sector Occidental del Pacífico Ecuatorial las anomalías fueron ligeramente positivas. Los procesos convectivos asociados a las ZCIT se intensificaron considerablemente desde comienzos de noviembre a finales de diciembre de 1997 (LAGOS, 1997 b). El índice de radiación de onda larga emergente entre 160° W y 160° E fue de 0,0 en noviembre y de 1,1 en diciembre.

Las anomalías observadas de la presión atmosférica, a nivel del mar, en Tahití y Darwin fueron de 0,3 mb y 2,7 mb, respectivamente; mientras que en diciembre dichas anomalías de la presión fueron negativas en Tahití (-0,8mb), decreciendo considerablemente en Darwin (1,1mb) (LAGOS, 1998).

En América del Sur, la ZCIT, se presentó de manera puntual sobre Venezuela y Colombia, provocando abundante nubosidad convectiva y aguaceros en la Amazonia septentrional. El desplazamiento de la ZCIT interesa a la distribución habitual de las áreas de precipitación convectivas, y en consecuencia áreas marítimas o continentales resultan con exceso de pluviometría y otras áreas con sequías devastadoras. Cuando la ZCIT ocupa posiciones muy anómalas, es decir, muy al norte, provoca sequías y cuando está muy al sur, ocasiona un fuerte incremento de las lluvias. Tal desplazamiento anómalo hacia el Sur de la ZCIT – hasta 8°S en la costa peruana – está inducido por el debilitamiento de los alisios del Sureste, dando lugar a los episodios de El Niño (BJERKNES, 1961).

Durante los meses de enero y febrero de 1998 en pleno verano austral, la actividad convectiva, evaluada a través del OLR, mantuvo su fase negativa (-0,4 y -0,1) en enero y febrero, respectivamente. Por lo que la ZCIT sobre el Pacífico Oriental osciló entre 2° N y 5° S, es decir, con una intensidad moderada, ocasionando precipitaciones significativas en Ecuador y norte de Perú. En la primera semana de febrero, sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental la ZCIT alcanzó esporádicamente hasta 10° S, con una intensa actividad convectiva. Las imágenes de radiación de onda larga mostraba que la ZCIT comúnmente delimitada por las isóneas de 240 watios por metro cuadrado se encontraba expandida sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental y Central, afectando a las costas de Perú, Ecuador y Colombia, con precipitaciones más intensas en el Ecuador (isónea de 200 watios por metro cuadrado). De ahí que las lluvias en el norte costero peruano superaran sus promedios pluviométricos, registrándose 342 mm en Tumbes, 119 mm en Talara y 124 mm en Piura (ENFEN, Nota de Prensa, n° 006/1998).

Durante el mes de marzo continuaron la intensificación de los procesos convectivos y las precipitaciones en el Pacífico Ecuatorial Oriental y Central. El índice de radiación de onda larga emergente entre 160° W y 160° E fue de 0,5. El ramal sur de la bifurcación de la ZCIT se mostraba lento en su ascenso hacia el Norte, habiendo ocupado en la primera semana del mes hasta 8°. La coincidencia simultánea de la fase de madurez del fenómeno y el punto más crítico de la estación húmeda en Ecuador, acaecidos en el primer trimestre de 1998, ocasionaron que la TSM alcanzase los 30°, lo cual redundó en lluvias generalizadas y persistentes sin precedentes en toda la costa ecuatoriana (BAC, n° 90, 1998). Las imágenes de radiación de onda larga indicaban que la ZCIT se situaba expandida sobre el Pacífico Ecuatorial Central y Oriental, interesando a las costas de Colombia, Ecuador y norte de Perú (con índices entorno a 200 watios por metro cuadrado), con precipitaciones mayores en Ecuador y noroeste peruano.

Hasta finales de febrero de 1998 se mantuvo con gran persistencia el contraste entre las anomalías positivas de radiación infrarroja emergente sobre el Pacífico Ecuatorial Occidental (Indonesia y áreas próximas), lo cual evidenciaba un escaso desarrollo de nubosidad convectiva y las precipitaciones que conlleva, y por tanto un déficit pluviométrico que se prolongaba por espacio de cinco meses. Mientras que las anomalías negativas de la radiación infrarroja emergente en el Pacífico Ecuatorial al Este del meridiano de

cambio de fecha, la nubosidad convectiva y las precipitaciones fueron superiores a lo normal. No obstante, la disminución de la magnitud de las anomalías negativas del RIE en esta zona se producía al mismo tiempo que el debilitamiento general de la intensidad de El Niño (ACEITUNO y MONTECINOS, 1998). En cambio durante marzo de 1998, el RIE en el Pacífico Ecuatorial próximo a la línea de cambio de fecha, presentó un valor positivo de +0,5, el primero desde que se inició el episodio en marzo de 1997, lo que venía a confirmar el proceso de normalización del sistema atmósfera–océano en el Pacífico Ecuatorial.

Durante el mes de abril los vientos alisios prevalecieron más débiles que la media en el Pacífico Ecuatorial en sus sectores Oriental y Central. La ZCIT mostró una actividad entre moderada e intensa, ubicándose entre 0° y 6° S durante la primera semana de abril, ocasionando precipitaciones fuertes en la costa norte de Perú y litoral Ecuatoriano. En la segunda quincena de abril la ZCIT se ubicó entre 5° N y 5° S, desplazándose a latitudes más septentrionales, como es habitual en esta época del año (otoño austral). Durante el mes de mayo, la ZCIT se situó en el Pacífico Oriental entre 5° N y 2° S. Las precipitaciones registradas en mayo en la costa norte peruana, para los observatorios de Tumbes, Talara, Piura y Chiclayo fueron de 180, 3, 6,1 y 0,9 mm, respectivamente: lluvias ocasionadas por los desplazamientos latitudinales hacia el Norte de la ZCIT. En mayo, los vientos ecuatoriales de bajo nivel estaban muy próximos a lo normal, lo que favorecía la activación de los afloramientos ecuatoriales, así como el descenso rápido de la TSM a valores casi normales. El índice de radiación de onda larga emergente (OLR) entre 160° E y 160°W fue de -0,2, situándose la ZCIT entre 3° y 5° N., lo que provocó una disminución ostensible de las lluvias de origen convectivo en el Pacífico Ecuatorial Oriental.

Durante el mes de junio la ZCIT continuó ascendiendo hacia el norte, como corresponde siempre que acontece el solsticio de junio, presentándose como una franja ancha con núcleos aislados de moderada actividad convectiva en el hemisferio Boreal, entre 4° y 7° N. Durante los meses de julio y agosto, el eje relativo de la ZCIT se hallaba entre 8° y 10° N.

ALTERACIONES CLIMÁTICAS A CONSECUENCIA DE EL NIÑO 1997–1998

La mayor parte de las variabilidades interanuales observadas en el ámbito Intertropical y una parte significativa de la variabilidad del ámbito Extratropical de ambos hemisferios están relacionadas y enlazadas con el fenómeno ENSO (El Niño/Oscilación del Sur). Las alteraciones que el fenómeno ENSO acarrea sobre la circulación atmosférica, no se limitan a la cuenca Pacífica sino que, al originar un aporte adicional de energía en forma de calor latente hacia la circulación atmosférica meridiana, la célula de circulación Norte–Sur de Hadley experimenta una notable alteración, reforzándose en intensidad (RASMUSSESON, 1991; TRENBERTH, 1991; DIAZ y KILADIS, 1992; ENFIELD, 1992; MARCOS VALIENTE, 1999).

En la **Zona Intertropical** el fenómeno de 1997–1998 fue asociado con alteraciones importantes de las precipitaciones, de las temperaturas y presión atmosférica. Durante 1997 se produjeron sequías intensas en el sur del Perú (sector andino) y lluvias copiosas en los Andes septentrionales y departamentos marítimos de Ecuador, especialmente en

Guayaquil, con desbordamientos y grandes crecidas de los ríos Guayas, Daule y Esmeraldas en noviembre y diciembre. Se observaron alteraciones climáticas en la costa occidental de Sudamérica, anotándose anomalías térmicas de hasta 7° en Lima par el mes de diciembre de 1997 y de 8° en Paita en enero de 1998.

En el flanco occidental de Bolivia, Venezuela, Colombia, Guayanas y cuenca del río Amazonas, archipiélago de las Filipinas, Pakistán, Tailandia, Laos, Camboya, extremo meridional de China, Malasia, Australia e Indonesia se registraron intensas sequías. América Central padeció una fuerte carencia hídrica que ha originado que se ampliara la estación seca. En Panamá la sequía ha provocado la restricción en el calado de los buques que pueden cruzar el canal (febrero de 1998). Honduras soportó altas temperaturas y una fuerte sequía, lo que propició cuantiosos incendios forestales; Guatemala se ha visto igualmente sacudida por los incendios y las altas temperaturas. El Salvador y Nicaragua soportaron una fuerte sequía que se extendió a la vertiente pacífica de Costa Rica.

Otros ejemplos de estas manifestaciones inducidas por El Niño fueron: la intensa y larga sequía, los gigantescos incendios de Indonesia durante agosto–septiembre y una alta contaminación atmosférica a consecuencia del humo al quemarse la densa cobertura vegetal (perdiéndose casi un millón de Has. de pluvsilva ecuatorial). Así mismo, también tuvieron lugar incendios en la Amazonia, en su flanco septentrional, a causa de las altas temperaturas y la prolongada sequía. Las aguas anormalmente cálidas del Pacífico Tropical Central y Oriental contribuyeron a la formación de ciclones tropicales muy fuertes que afectaron al archipiélago de Hawai. Por otro lado, los intensos ciclones tropicales que se desarrollaron en las cercanías del golfo de Tehuantepech –Linda, Nora y Pauline– afectaron a los estados pacíficos de México, sobre todo a Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima, Baja California y Sonora. En cambio, sobre el Océano Atlántico disminuyó ostensiblemente el número de tormentas tropicales (solo 7); tres de los cuales se convirtieron en ciclones tropicales “huracanes”. En el Pacífico Occidental disminuyeron en 1997 los ciclones tropicales, desapareciendo en la práctica sobre las Islas Filipinas, Laos y Camboya, mientras que aumentaron considerablemente en el Pacífico Central, registrándose un total de 8 (frente a los 2 de 1996).

Durante el mes de enero de 1998 anomalías de precipitación con rango superior a 200 mm acontecieron en la costa de Ecuador y norte de Perú, Pacífico Ecuatorial Central (entre 130° WW y 170° E) y Africa Oriental (Kenia, Norte de Zanzania, norte de Madagascar y Mozambique).

Durante febrero de 1998 el centro y noroeste de la Península de Florida fueron afectados por la presencia de al menos 6 tornados, con vientos superiores a 340 km/h. En Bolivia durante el mes de febrero el deslizamiento de una ladera sepultó a 100 personas en el municipio minero aurífero de Mokotoro, a consecuencia de intensas lluvias. Según la Dirección de Defensa Civil medio millón de personas fueron afectadas por inundaciones, sequías y heladas desde noviembre de 1997 hasta la segunda quincena de febrero de 1998, produciéndose emigraciones de miles de campesinos de Potosí hacia las ciudades, debido a que las sequías inducidas por El Niño destruyeron sus cultivos (*El Comercio*, Lima, 28–II–1998).

En Africa Oriental, más de un millón de personas se vieron afectadas por graves inundaciones y pasaron a depender de la ayuda de emergencia de la comunidad internacional,

tras nuevas e intensas lluvias en amplios territorios de la región en noviembre de 1997. Unas 2.000 personas murieron en Somalia, Etiopía y Kenia ahogadas o debido a enfermedades provocadas por las inundaciones como la malaria y el cólera, a consecuencia de El Niño, según fuentes facilitadas por la Organización de Naciones Unidas para Asuntos Humanitarios, Nairobi, Kenia (29/XI/1997).

En los Andes Centrales peruanos (departamento de Cusco), un gigantesco embalse provocado por un alud originado en el mítico nevado Salcantay y que desembocó en el río Vilcanota por la quebrada de Aobamba, sepultó el 27 de febrero de 1998 la Central Hidroeléctrica de Machu Picchu, una de las 15 más grandes del Perú (diseñada para generar 110 megavatios). El desastre natural no fue producto de las lluvias, sino por las altas temperaturas de El Niño que ha provocado el aceleramiento del deshielo del glaciar Salcantay.

En el desierto litoral peruano las ciudades de Ica, Trujillo, Lambayeque, Talara y Paita sufrieron inundaciones catastróficas. Según un balance efectuado hasta el 20/febrero/1998 por el Centro de Prevención de Desastres de Lima (PREDES), en Perú serían 304.937 las de personas afectadas por "El Niño" de las cuales 135.724 damnificados se concentraron en la ciudad sureña de Ica, tras la gran inundación de enero; en segundo lugar la ciudad de Lambayeque con 45.945 individuos, seguida de Tumbes con 44.875 personas, Piura con 22.300 personas afectadas y La Libertad con 13.430 personas. Perdieron la vida 203 personas, 19.000 viviendas fueron destruidas y se vieron afectadas 106.900. Se destruyeron 43.440 Has. de cultivo, de las que el 40% se ubican en el departamento de Tumbes.

A consecuencia de las grandes lluvias durante el primer trimestre de 1998 provocadas por El Niño, a finales de marzo se había formado en el desierto de Sechura (noroeste de Perú) un gigantesco espejo de agua dulce de 6000 kilómetros cuadrados de superficie y 2 m de profundidad, conocido en medios periodísticos como "La Niña". El gigantesco lago, el segundo más extenso del Perú después del lago Titicaca (8300 kilómetros cuadrados), se configuró después de que las pequeñas lagunas Las Salinas, en Lambayeque, y Ramón, en Piura, se unieran al recibir la enorme descarga de los ríos La Leche, Cascajal, Olmos, Motupe y Piura (El Comercio, Suplemento Comercial, 3-mayo-1998, Lima). Dichos ríos excepcionalmente llegan al mar y son responsables de las lagunas y lagos que se forman. Cuando las lluvias son torrenciales y copiosas (como ocurrió durante El Niño de 1982-1983 ó bien durante El Niño 1998) los lagos y lagunas se llegan a unir formando un gran complejo que los piuranos conocen como las Lagunas de Sechura. (WOODMAN, 1998). Este enorme reservorio de agua dulce de vida efímera (1 a 2 años), cambia rápidamente sus condiciones mediambientales y químicas, debido a la disolución de las sales sobre las que se forma, no pudiéndose utilizar a los pocos meses de su formación; en cambio, si aparecen recursos piscícolas (Liza, Bagre y Camarón de río) que son explotados antes de su evaporación final (en torno a 2 m al año).

Mientras que en los Trópicos los impactos del fenómeno ENSO son manifiestos, sus efectos en la **Zona Extratropical** (latitudes Templadas y Frías) son más variables debido a que la circulación atmosférica en las regiones extratropicales pueden anular las influencias de ENSO de los trópicos. No obstante, "*cambios sistemáticos en la corriente en chorro y en las rutas de las tormentas tienden a ocurrir generalmente*" (TRENBERTH, 1997), lo que posibilita su predicción, aunque con cierto nivel de incertidumbre.

Las señales inducidas por El Niño parecen mucho más eficaces en el continente norteamericano que en Asia y Europa donde las correlaciones indican un alto grado de incertidumbre. En América del Norte, las precipitaciones fueron muy superiores al promedio en toda la vertiente del Pacífico, incluyendo las costas de Alaska. Singularmente intensas fueron en los estados de Oregón, Washington y California. Entre diciembre de 1997 y marzo de 1998, las perturbaciones del Frente Polar Pacífico, asociadas a un Jet Stream "El Niño" que discurría a muy baja latitud, provocaron violentas tormentas, intensos vientos y lluvias torrenciales que asolaron las costas de California y Baja California (México), con olas de hasta 10 metros y unos daños en infraestructuras valorados en más de 500 millones de dólares, así como la pérdida de más de 30 vidas humanas, en California, Tijuana y Rosarito, mientras el Nordeste de EE.UU soportó uno de los inviernos más suaves de los últimos 30 años, con anomalías positivas para el mes de enero superior a 4° en Nueva York y Boston, debido a un inusual traslado hacia el norte del Jet Stream, lo que impedía el avance hacia el Sur del aire ártico. Fuertes precipitaciones cayeron en todo el flanco Sur y Sureste de EE.UU e intensas nevadas fuera de la temporada invernal se dieron en el SW de USA (octubre de 1997), con 56 cm de nieve en Denver, paralizando la ciudad. Asimismo, intensas lluvias se han dado en febrero y marzo de 1998 en Uruguay y el Sureste del Brasil. En el NW de Uruguay, se registraron en 24 horas, hasta 360 mm.

El Niño durante 1997 provocó inundaciones en Europa (Polonia, Portugal, España e Italia), Asia (Oeste de la India) y América del Sur, especialmente en el Sureste del Brasil, Río Grande del Sur. Algunos autores consideran que el reciente incremento de las lluvias en España es una evidencia de la señal de El Niño (CAVESTANY, 1997). Para Nicolás Graham el otoño tan húmedo de 1997 en la P. Ibérica fue provocada por El Niño.

CONCLUSIONES

En el contexto del calentamiento térmico global de la atmósfera, admitido por la comunidad científica, ¿qué papel representa El Niño? Su ciclo está cambiando respecto a su periodicidad que nunca fué rigurosa, sino caótica, y se presenta cada vez con mayor asiduidad, sobre todo, en lo referente a los episodios extraordinarios. Desde los años setenta se han dado tres eventos muy fuertes en tan sólo 25 años: 1972-1973; 1982-1983 y 1997-1998. El índice multivariado de ENSO que representa (según el Centro de Pronóstico Climático de USA, NOAA/CIRES) un promedio para todo el océano Pacífico Tropical de la temperatura superficial del mar, temperatura del aire, viento, nubosidad y presión al nivel del mar, revela que a partir de 1975 se han producido más episodios cálidos de El Niño y menos episodios fríos de La Niña, conocido también por "El Antiniño" e incluso como "El Viejo" (Perú). Los eventos de magnitud extraordinaria como el de 1982/1983, tienen características de gran catástrofe para numerosos territorios (RODRIGUEZ et Al, 1993) y fue considerado hasta el episodio 1997-1998 como el más intenso del siglo. La TSM del mar peruano superó en algunos enclaves los 10° sobre sus valores normales (GARCIA y HUAMAN, 1984), causando cambios ecológicos transitorios en la flora y fauna, tanto continental como marítima. Durante aquel episodio los valores de la precipitación superaron sus promedios históricos y adquirieron características de fortísimo monzón. Entre enero y julio de 1983 llovió en las ciudades peruanas de Tumbes (3747

mm) y Piura (2386 mm) cuando sus promedios de precipitación para 30 años son de 130 y 34 mm, respectivamente. En Talara entre enero y julio se anotaron 1649 mm, cuando la lluvia media anual es de tan solo 50 mm. Durante el episodio 1982/1983 se produjeron los más altos registros del nivel del mar jamás conocidos, con anomalías positivas de 40 cm. Cifras todas ellas que por si mismas hablan de la magnitud del impacto de este evento oceánico-atmosférico. En cambio las altas presiones que acontecen sobre Darwin provocaron una severa sequía sobre la región Indo-australiana y una disminución radical de las precipitaciones, muy por debajo del promedio entre junio y septiembre sobre gran parte de Indonesia. Al mismo tiempo, las bajas presiones de Tahití trajeron como consecuencia un incremento de las lluvias, con valores muy superiores a sus promedios mensuales en el sector central del Pacífico ecuatorial (MOREANO, 1984).

Esta tendencia de calentamiento manifiesto, podría estar enmarcado dentro de la variabilidad natural del clima. Los modelos climáticos demuestran cambios en ENSO con el calentamiento global; pero dichos modelos no simulan a ENSO con suficiente fidelidad para tener confianza en los resultados. ¿Cómo va evolucionar El Niño, acelerándose o relictándose? Son preguntas que difícilmente tienen una respuesta convincente y absoluta debido a los conocimientos actuales sobre la interacción atmósfera-oceano. Para algunos expertos de la Organización Meteorológica Mundial, El Niño tiende a acelerarse con la influencia de las actividades humanas, pues la emisión de gases con efecto invernadero modifica la temperatura superficial de los océanos.

No cabe duda que El Niño, constituye un foco de atención permanente por parte no solo de la comunidad científica sino de toda la sociedad, donde los medios de comunicación social, especialmente prensa y televisión lo han divulgado hasta la saciedad. Los artículos sobre El Niño y sus impactos medio ambientales y económicos han aparecido en publicaciones de muy amplia difusión, como *Le Nouvel Observateur*, *The New York Times*, *Los Angeles Times*, *ABC*, *Reader's Digest*, *National Geographic*, *Newsweek*, *Time* y *Business Week*, hasta el punto de que cualquier fenómeno meteorológico cotidiano —como la caída de un aguacero, una racha de viento intenso, un chubasco de nieve en primavera, un tornado ó que se alcance 40°C a la sombra— suele atribuirse, sin pudor alguno, por efecto inductor de El Niño. Sin embargo, todo ellos son meteoros habituales que acompañan a la marcha diaria del tiempo atmosférico, a lo largo de las estaciones astronómicas. Y por extraño que parezca, también constituyó un tema de conversación para el gran público español, especulándose acerca de la influencia directa de El Niño en el verano tan húmedo que padeció España en 1997 y en la fría primavera de 1998, con intensas nevadas en el mes de abril. Sin embargo, no existe una respuesta absoluta, ni afirmativa, ni negativa. En cualquier caso no hay correspondencia directa entre el fenómeno de El Niño y el clima de la Península Ibérica, como hemos podido comprobar para algunos observatorios que poseen registros meteorológicos alongados desde mediados del siglo XIX, como ha sido el caso de Santiago de Compostela, Murcia o Madrid (Retiro) para parámetros como las temperaturas y precipitaciones, cuando se utilizan las diversas cronologías más divulgadas (QUINN, 1987; MABRES, 1993; WOODMAN, 1985).

BIBLIOGRAFÍA

- ACEITUNO, P. y MONTECINOS, A. (1993): "Stability analysis of the relationship between the Southern Oscillation and rainfall in South America". *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 22, pp. 53–64.
- BERLAGE, H. P. (1957): "Fluctuations in the general atmospheric circulations of more than one year, their nature and prognostic value". *Mededelingen en Verhandelingen*, 69 Instituto Meteorológico del Reino de Holanda.
- CADET, D. Y GARNIER, R. (1988): "L'oscillation australe et ses relations avec les anomalies climatiques globales". *La Météorologie*, 21, pp. 4–18.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1998): "El Niño, un fenómeno imprevisible". *Diario ABC*, Madrid, 14 de Enero, pág. 40.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1998): "El Niño 1997–1998 y su impacto climático global". *Rev. Papeles de Geografía*, Universidad de Murcia, nº27, enero–junio, pp.15–40.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1998): "Francisco Pizarro y el Fenómeno de El Niño". *NIMBUS, Revista de Climatología, Meteorología y Paisaje*. 1–2.Universidad de Almería, enero–junio, pp.171–177.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1999 a): El Niño y el Sistema Climático Terrestre. Ed. Ariel, Barcelona, 154 páginas.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1999 b): "Las secuelas de El Niño sobre el Planeta". *Diario ABC*, Madrid, 31 de Marzo, pág. 40.
- CAVESTANY, J. (1997): "El Niño más terrible." PAIS SEMANAL, nº1.108.21/Diciembre de 1997.
- CAVIEDES, C. N. (1997): "Respuestas de la Pluviosidad en Sudamérica al Fenómeno EL NIÑO" En, *Seminario Internacional sobre las consecuencias climáticas e hidrológicas del ENSO a escala regional y local*". Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 26/29 Noviembre de 1997. Quito, Ecuador.
- CHARLES, C. D. et Al. (1997): "Interaction between the ENSO and the Asian monsoon in a coral record of tropical climate". *Science*, 277 (15 August), pp. 925–928.
- DIAZ, H. F. Y KILADIS, G.N. (1992): "Atmospheric teleconnections associated with the extreme phases of the Southern Oscillation". En: DIAZ, H. F. Y MARKGRAF, V. (1992): *El Niño, Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 7–28.
- ENFIELD, D. B. (1989): "El Niño, Past and Present". *Reviews of Geophysics*, Vol. 27 (1), Miami, pp. 159–187.
- ENFIELD, D. B. (1992) : "Historical and prehistorical overview of El Niño/Southern Oscillation". En: DIAZ, H. F. Y MARKGRAF, V. (1992):*El Niño, Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 95–117.
- GLANTZ, M. H.; KATZ, R. y NICHOLLS, N. (eds), (1991): *Teleconnections Linking world climate anomalies*: Cambridge University Press. Cambridge.
- KILADIS, G. (1997): *Teleconexiones asociadas con ENOS. A Colloquium on El Niño–Southern Oscillation (ENSO): Atmospheric, Oceanic, Societal, Environmental, and policy perspectives*, 20 July– 1 August 1997, Boulder, Colorado, USA.

- LAGOS, P. (1997 b): “Condiciones climáticas en el mar y en la costa asociada con El Niño 1997–1998.” Instituto Geofísico del Perú, *Boletín de Alerta climático*, n°86 y n°87
- LAITA, M. y GRIMALT, M. (1995): “¿Podría estar apareciendo indicios del cambio climático en variables dinámicas del Mediterráneo Occidental?” *Rev. de Meteorología Boletín de la A.M.E.*, Madrid, n°18/19, Enero/mayo, pp. 23–24.
- MABRES, A. et Al. (1993): “Algunos apuntes históricos adicionales sobre la cronología de EL NIÑO”. *Bulletin de l’Institut Français d’Etudes Andines*, 22(1), pp. 395–406.
- MARCOS VALIENTE, O. (1996–1997): “La cara oculta de El Niño: Anomalías climáticas y ecológicas en el Pacífico Occidental”. *Revista de Geografía*, Vol. XXX–XXXI, Universidad de Barcelona, pp.97–110.
- MARCOS VALIENTE, O. (1998): “El Niño: Síntesis de procesos oceánicos, atmosféricos, biológicos, hidrológicos, geomorfológicos y socioeconómicos en el Pacífico Oriental”. *Cuadernos Geográficos*, 28, Universidad de Granada, pp.175–198.
- MARCOS VALIENTE, O. (1999): “Evolución en el estudio del fenómeno ENSO (El Niño–Oscilación del Sur): de anomalía local a la predicción de variaciones climáticas globales”. *Investigaciones Geográficas*, Enero–Junio n° 21, Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante, pp 5–20..
- MARTIN, L. et Al. (1993): “Southern Oscillation signal in South American Paleoclimatic dat of the last 7000 years”. *Quaternary Research*, 39, pp. 338–346.
- MORNER, N. A. (1994): “Actuales eventos El Niño–ENSO y antiguos eventos Super–ENSO”. *Bulletin de l’Institut Français d’Etudes Andines*, Lima, Grafic Pacific Press, pp. 3–12.
- NASH, M. J. (1997): “El Niño of the century?”. *Time*, 150 (18 August), pp. 56–58.
- NASH, M. J. (1998): “La cólera de El Niño. El sistema atmosférico del siglo desata estragos en todo el mundo”. *Rev. Time (para Latinoamérica)*, febrero, 16.
- NIGAM, S. (1994): “On the dynamical basis for the Asian summer monsoon rainfall–El niño relationship” *Journal of Climate*, 7 (11), pp.1750–1771.
- ORTLIEB, L. (1995): “Eventos El Niño y episodios lluviosos en el desierto de Atacama, el registro de los últimos dos siglos”. *Bulletin de l’Institut Français d’Etudes Andines*, Lima, Vol. 24 (3), pp.519–537.
- QUINN, W. (1994): The large–scale ENSO event, the El Niño and other important regional features. *Bulletin de l’Institut Français d’Etudes Andines*, Grafic Pacific Press, Lima, pp.13–34.
- QUINN, W. y VICTOR, T. (1983): “Long–term variations in the Southern Oscillation, El Niño, and Chilean subtropical rainfall”. *Fishery Bulletin*, 81 (February), pp. 363–374.
- QUINN, W. et Al. (1987): “El Niño, Occurrences Over the past four and Half Centuries” *Journal of Geophysical Research*, 92 (C13), (15 December), pp. 14.449–14.461.
- RAMAGE, Colin S. (1986): “EL NIÑO” *Investigación y Ciencia*, n°119, Agosto, pp. 40–48.
- RASMUSSEN, E. M. (1984): “EL NIÑO: the ocean–atmosphere connection”, *Oceanus* 27, pp. 5–12.
- RASMUSSEN, E. M. (1991): “Observational aspects of ENSO cycle teleconnections”. En, GLANTZ, M. H.; KATZ, R. y NICHOLLS, N. (eds), (1991): *Teleconnections*

- Linking world climate anomalies. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 309–343.
- RASMUSSEN, E. M. y CARPENTER, T. H. (1982): “Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño” *Monthly. Weather. Review.* 110, pp.354-84.
- RASMUSSEN, E. M. y HALL, M. (1983): “El episodio cálido principal del Pacífico del 1982–1983”. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, 4, Volumen 32, Octubre, Ginebra, pp. 340–346.
- SASEENDRAN, S.A. et Al. (1997): “Rainfall distribution in India during EL NIÑO years”. En, *Seminario Internacional sobre las consecuencias climáticas e hidrológicas del ENSO a escala regional y local*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 26/29 Noviembre de 1997. Quito, Ecuador, pp. 303–305.
- SHEN, G. T. (1994): “Reconstruction of El Niño history from reef corals”. *Bulletin de l’Institut Française d’Etudes Andines*, I, Grafic Pacif Press, Lima, pp. 125–158.
- TRENBERTH, K. (1991): “General characteristics of El Niño–Southern Oscillation”. En, GLANTZ, M. H.; KATZ, R. y NICHOLLS, N. (eds), (1991): *Teleconnections Linking world climate anomalies*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 13–42.
- TRENBERTH, K. (1997 a): El sistema de El Niño–Oscilación del Sur. A Colloquium on El Niño–Southern Oscillation (ENSO): Atmospheric, Oceanic, Societal, Environmental, and policy perspectives, 20 July– 1 August 1997, Boulder, Colorado, USA.
- TRENBERTH, K. (1997 b): Enos y las variaciones antropogénicas del clima. A Colloquium on El Niño–Southern Oscillation (ENSO): Atmospheric, Oceanic, Societal, Environmental, and policy perspectives, 20 July– 1 August 1997, Boulder, Colorado, USA.
- WALKER, G.T. (1923): “World Weather” I. Mem. Indian Meteorol., Dep. 24, pp.75–131.
- WALKER, G.T. y BLISS, E.W.(1932): “World Weather” V. Mem R. Met. Soc., 4, pp. 53–84.
- WYRTKI, K.(1975): “EL NIÑO: The dynamic response of the equatorial Pacif ocean to amospheric forcing” *J.Phys. Oceanogr.* 5, pp.572–584.
- WOODMAN, R. (1985): “Recurrencia del fenómeno EL NIÑO con intensidad comparable a la del NIÑO 1982/1983”. *Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental, El Fenómeno EL NIÑO*, Lima, pp.301–332.
- WOODMAN, R. (1998): *Los lagos de Sechura*. Instituto Geofísico del Perú, Lima, 1 de abril.

Figura 1: Anomalías observadas de la TSM en los distintos sectores de El Niño en el Pacífico tropical. Periodo 1979-1999. (Fuente: CPC/NCEP/NOAA)

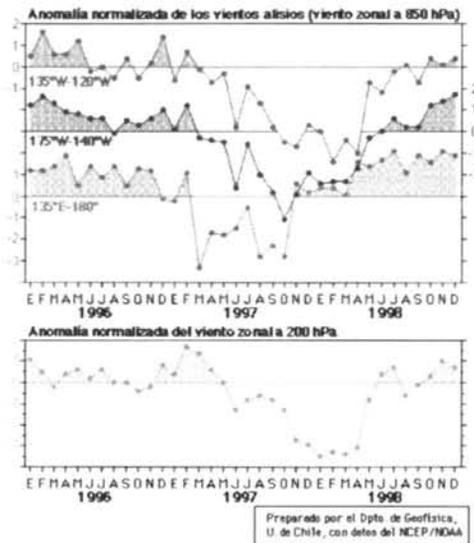


Figura 2: Medias y anomalías de la temperatura superficial del mar durante el verano austral (diciembre de 1997/FEBRERO DE 1998) En grados Celsius, en el Pacífico ecuatorial. (Fuente: CPC/NCEP/NOAA)

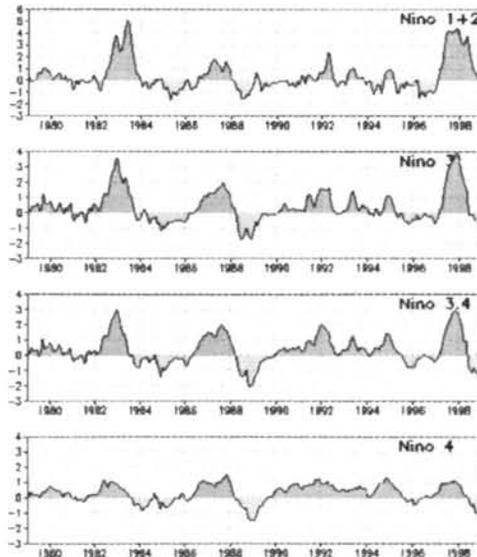


Figura 3: Anomalía mensual normalizada de la componente zonal del viento a 850 hPa (vientos alisios) en tres regiones de la franja ecuatorial: 135° E–180°, 175° W–140° W y 135° W–120° W (panel superior). Y anomalía mensual normalizada del viento zonal a 200 hPa en la franja ecuatorial, en la región 165°W–110°W (panel inferior). Realizado por el Dpto de Geofísica, Universidad de Chile. (Fuente: NCEP/NOAA).

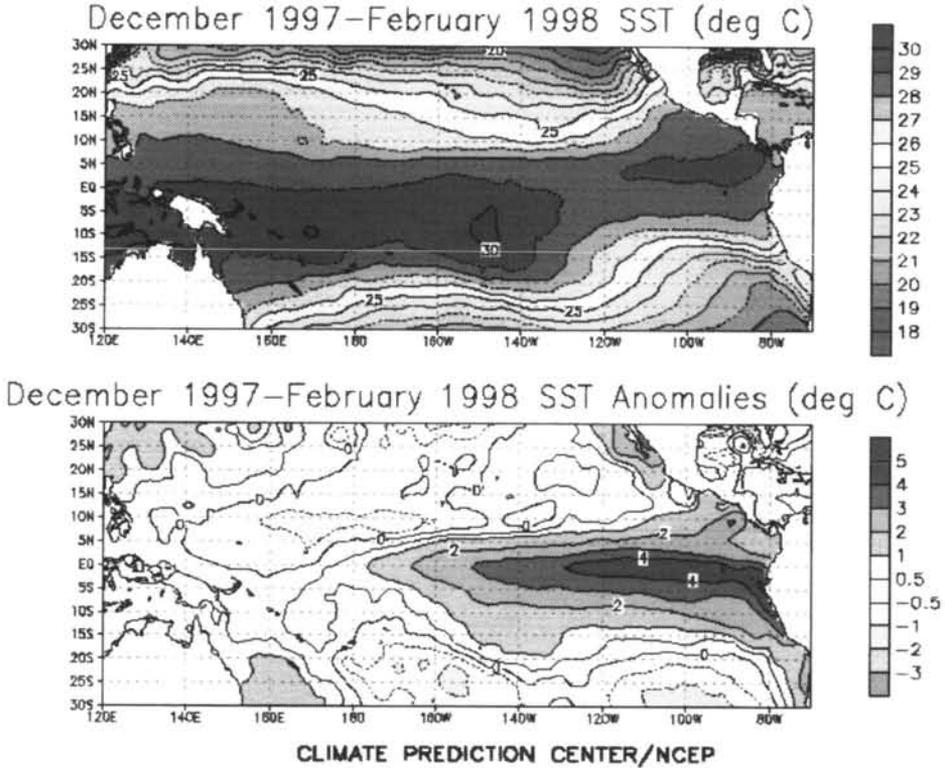


Figura 4: Imagen total en canal infrarrojo del satélite meteorológico GOES-8, del 27 de febrero de 1998, a las 17:45 UTC. Se aprecia la bifurcación de la ZCIT sobre el Pacífico Ecuatorial Oriental y las bandas de nubes convectivas asociadas. El ramal meridional de la bifurcación mostraba un desplazamiento anómalo hacia el Sur (8° S) en las costas occidentales de Sudamérica, afectando al noroeste de Perú.

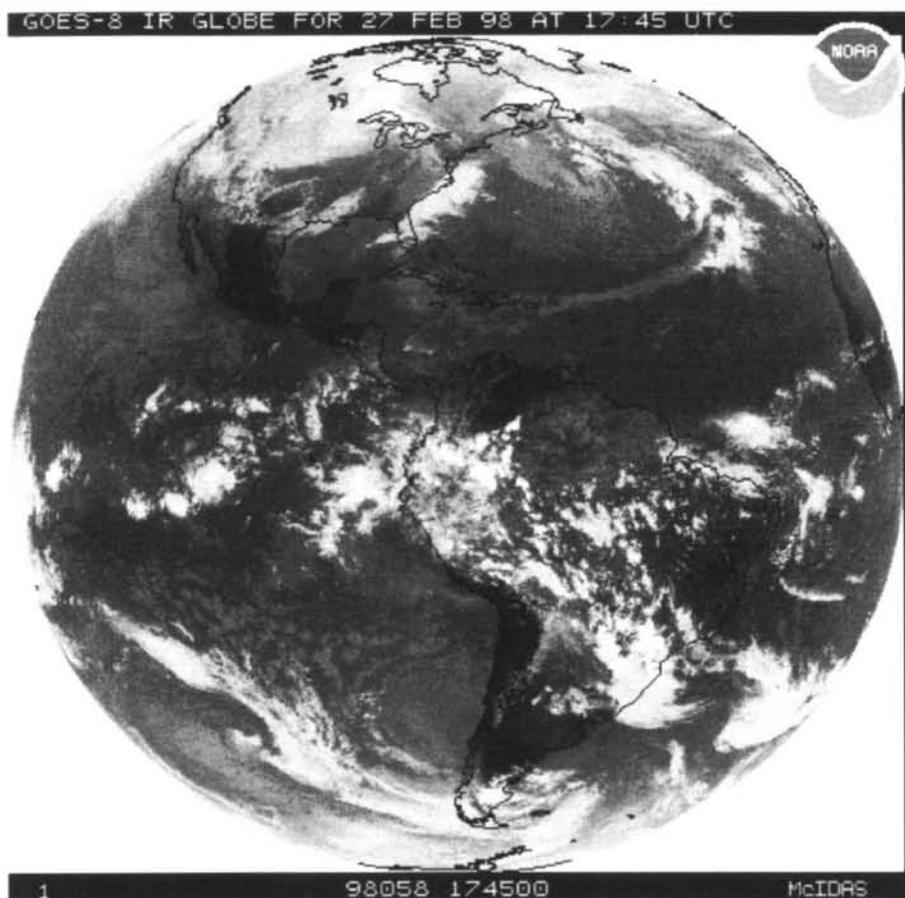


Figura 5: La ciudad de Ica en el desierto litoral peruano se vio sometida a una severa inundación en enero de 1998, a consecuencia de El Niño. El desbordamiento de río Ica a su paso por la ciudad, afectó al 90% de las viviendas del área urbana capitalina.
(Fuente: Diario "El Comercio", Lima, 31/I/1998)

