

EVENTO LA NIÑA: PROPUESTA DE DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS ANOMALÍAS DE TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR EN EL ÁREA NIÑO 1+2*

LA NIÑA EVENT: PROPOSAL OF DEFINITION AND CLASSIFICATION ACCORDING TO THE SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALIES IN EL NIÑO 1+2 AREA

Grace Trasmonte¹ Yamina Silva²

RESUMEN

TRASMONTÉ G, SILVA Y. 2008. *Evento La Niña: Propuesta de definición y clasificación según las anomalías de temperatura (ATSM) en el Área Niño 1+2*.- *Inf. Inst. Mar Perú* 35(3): 199 - 207.- Utilizando criterios similares a los del ONI (Índice Oceánico de El Niño) de la NOAA (Administración de Asuntos Oceánicos y Atmosféricos de los Estados Unidos), se definió y clasificaron los eventos La Niña en función de las anomalías trimestrales corridas de la temperatura superficial del mar (ATSM) en el Pacífico ecuatorial oriental (área Niño 1+2), que tiene mayor impacto en las condiciones ambientales de la costa peruana, encontrándose que el valor umbral para la definición de un evento La Niña en dicho sector del Pacífico, es de -0,8 °C. Considerando además una duración mínima del evento de por lo menos cinco trimestres corridos consecutivos, se obtuvo en total 14 eventos La Niña desde enero de 1951 al 2007, correspondientes a los años: 1954-56, 1962, 1964, 1966, 1967-68, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1985, 1988, 1996, 1999, 2001 y 2007. La mayoría de eventos La Niña identificados mediante la presente clasificación (entre el 65% y 79% del total respectivamente), también aparecen en otras clasificaciones internacionales, como las brindadas por la NOAA, mediante su índice ONI, o de la Agencia Meteorológica de Japón (JMA) con su índice de temperaturas superficiales marinas.

PALABRAS CLAVE: eventos fríos, La Niña, temperatura de la superficie del mar, TSM.

ABSTRACT

TRASMONTÉ G, SILVA Y. 2009. *La Niña event: Proposal of definition and classification according to the sea surface temperature anomalies in EL Niño 1+2 Area*.- *Inf. Inst. Mar Perú* 35(3): 199 - 207.- Using similar criteria as the NOAA's (Atmosphere and Oceanic American Administration), with its ONI (Oceanic El Niño definition of El Niño and La Niña), it has been defined and classified La Niña events as a function of three-months running mean of Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA) in the Eastern equatorial Pacific (Niño 1+2 region), which exerts a major impact in the environmental conditions at the Peruvian coast. For La Niña definition has been found a threshold value of -0.8 °C, also considering a minimum duration of at least five running mean quarterlies. So, fourteen events were obtained since January 1951 until 2007, corresponding to years: 1954-56, 1962, 1964, 1966, 1967-68, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1985, 1988, 1996, 1999, 2001 and 2007. The majority of La Niña periods identified (between 65% and 79% respectively), are similar from another recognized classifications such as NOAA's index or the JMA (Japan Meteorological Agency) SST index.

KEYWORDS: cold events, La Niña, sea surface temperature, SST.

INTRODUCCIÓN

En términos generales, la situación de enfriamiento anómalo del océano Pacífico tropical central y oriental, por un periodo de varios meses, es lo que se conoce como evento La Niña (O'BRIAN 1998). Se entiende, que es parte de un proceso

físico de oscilación del océano Pacífico tropical, entre dos estados extremos: condición fría: La Niña; y condición cálida: El Niño. Sin embargo, la sucesión entre ambos estados no es lineal, depende de otros procesos relacionados tanto oceanográficos como atmosféricos, como son por ejemplo, la posición

de la termoclina, la extensión o el desplazamiento de la actividad convectiva o de lluvias en el Pacífico tropical, entre otros (ZEBIAK 1998).

A pesar de que hay una idea general en cuanto a lo que es La Niña, y un gran avance en cuanto a su mo-

* Trabajos de investigación del Comité Técnico de Coordinación del ENFEN, 2007

1. Instituto Geofísico del Perú, gtrasmonte@geo.igp.gob.pe

2. Instituto Geofísico del Perú, ysilva@geo.igp.gob.pe

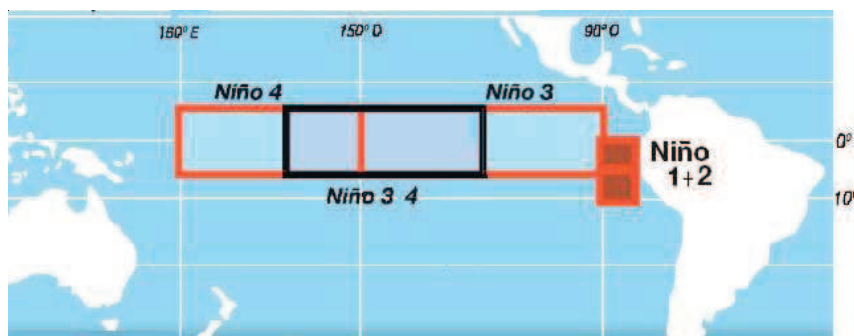


Figura 1.- Regiones Niño en el Pacífico Ecuatorial

delamiento mediante herramientas numéricas y estadísticas cada vez más sofisticadas, a la fecha aún subsisten diferentes significados, definiciones, conceptos y clasificaciones sobre ella o su contraparte El Niño, muchos de ellos asociados a los diferentes impactos que ocasionan dichos eventos en diversas partes del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, la definición de La Niña o El Niño, está en función a las temperaturas superficiales del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial central, en la zona denominada Niño 3.4 (que abarca las coordenadas: 120°W - 170°W, 5°N - 5°S (Figura 1) debido a que los cambios en esa zona del Pacífico, alteran significativamente las condiciones climáticas en varias regiones de Norteamérica (LARKIN y HARRISON 2005, BARNSTON et al. 1997, NWS 2006), pero en el caso del Perú, los mayores impactos climáticos se han dado en la costa norte, cuando se han presentado alteraciones en el sector oriental del Pacífico tropical (WOODMAN 2005), vale decir en el área conocida como Niño 1+2 (80°W- 90°W, 0°-10°S). Por otro lado existe también una relación inversa, aunque débil, entre la TSM en el Pacífico central y occidental y las lluvias en la sierra sur y central durante el verano (LAGOS et al. 2005, LAGOS et al. 2008).

La relación entre la TSM en el Pacífico oriental y central no siempre es directa, como ocurrió por ejemplo en el verano 2008, cuando, mientras se observaba un enfriamiento pronunciado en el Pacífico central, en la parte oriental se observaba un calentamiento,

o durante el verano 2002 cuando ocurrió una situación opuesta, calentamiento en el Pacífico central y enfriamiento en el oriental.

Paralelamente a ello, es importante considerar que en éstos últimos años han ido surgiendo nuevas corrientes que han empezado a distinguir el desarrollo de eventos cálidos (o fríos) tipo El Niño (La Niña) bien diferenciados según sea su origen: en el sector oriental, por ejemplo "El Niño de la Lengua Fría", en el sector occidental el llamado "El Niño de la Piscina Cálida" o en el sector central "El Niño Modoki" o "Pseudo Niño" (WENG et al. 2007, KUG et al. 2009). Por lo que se está cuestionando la efectividad de los índices basados por ejemplo en las áreas Niño 3.4 y Niño 4 para poder identificar al "clásico o canónico" Evento El Niño de desarrollo en el Pacífico oriental, que, a nuestro entender, es el que ocasiona mayor impacto costero en el Perú.

Bajo este contexto, una de las mayores preocupaciones desde hace algunos años del Comité Técnico del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN Perú), es tener una definición de El Niño y La Niña que sea aplicable al Perú. Esta definición debería ser simple, de cálculo rápido y con datos de fácil accesibilidad. En el 2007, durante el desarrollo de un evento frío, el Comité Técnico del ENFEN realizó sucesivas reuniones de carácter extraordinario, con participación de algunos invitados de otras instituciones, con el propósito de caracterizar de dicho evento y evaluar sus impactos.

El objetivo del presente estudio es proponer una definición y clasificación de La Niña para el Perú, utilizando información de TSM del Pacífico ecuatorial oriental (área Niño 1+2).

El uso de un índice solamente térmico se justifica considerando que numerosos estudios y evidencias observacionales sugieren que la mayoría de eventos El Niño o La Niña, pueden ser identificados mediante las anomalías térmicas en el Pacífico tropical, cuando éstas presentan la suficiente magnitud (intensidad), duración (persistencia) y extensión espacial que permitan un acoplamiento con la atmósfera (BARNSTON 2005).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE DEFINICIONES DADAS PARA LA NIÑA

La AGENCIA METEOROLÓGICA DEL JAPÓN (JMA, siglas en inglés) desde inicios de la década de los 90 definió a La Niña utilizando las anomalías de TSM (ATSM) del Pacífico ecuatorial centro-oriental, un promedio dentro del área llamada Niño 3 (coordenadas: 150°W - 90°W, 4°N - 4°S, luego ampliada a los 5°N y 5°S), tal que la anomalía mensual tomada como promedio corrido de 5 meses (incluyendo dos meses antes y dos meses después del mes), presente un valor de $-0,5^{\circ}\text{C}$ ($+0,5^{\circ}\text{C}$ en el caso de El Niño), por un periodo consecutivo de 6 ó más meses (JMA 1992). En la sección Anexos (Tabla A), se muestran los eventos La Niña presentados en el periodo 1949-2007, según criterios de la JMA, en las cuales las anomalías fueron calculadas en relación al periodo base 1971-2000 (JMA 2008).

Utilizando el procedimiento dado por la JMA, TRENBERTH (1997), y algunos autores más, dieron la pauta para una definición más cuantitativa de un evento El Niño o La Niña en los Estados Unidos. En este caso calculó las ATSM de las regiones Niño 3 y Niño 3.4 relativas al periodo base climatológico 1950-79. Periodo

base que consideró representativo del registro de la centuria pasada, mientras que el periodo posterior a 1979, lo consideró con un sesgo "cálido" dominado por eventos El Niño. Así mismo adoptó el criterio de promedios corridos de 5 meses, los 6 meses de duración, el valor umbral de $+0,5^{\circ}\text{C}$ para El Niño y $-0,5^{\circ}\text{C}$ para La Niña, en el área Niño 3, aunque propuso y trabajó con un valor umbral igual a $+0,4^{\circ}\text{C}$ y $-0,4^{\circ}\text{C}$, para el área Niño 3.4. Según lo considerado, encontró como La Niña los años: 1950-51, 1954-56, 1964-65, 1970-72, 1973-74, 1974-76, 1984-85, 1988-89 y 1995-96.

A partir del 2002, la ADMINISTRACIÓN DE ASUNTOS OCEÁNICOS Y ATMOSFÉRICOS DE LOS ESTADOS UNIDOS (NOAA), a través del Centro Nacional del Tiempo (NWS, siglas en inglés) desarrolló una definición operativa para El Niño y La Niña, considerándose en este caso La Niña, como un fenómeno del océano Pacífico ecuatorial, caracterizado por una desviación negativa de anomalía en la TSM (periodo base 1971-2000) en la región Niño 3.4, menor o igual en magnitud a $-0,5^{\circ}\text{C}$ (en el caso de El Niño el valor umbral es $+0,5^{\circ}\text{C}$), promediada en el curso de tres meses consecutivos.

En setiembre del 2003, dicha definición fue aceptada en consenso, por los expertos del gobierno federal y de varios centros de investigación norteamericanos, y empieza a ser utilizada en forma operativa, para observar y predecir las condiciones de El Niño y La Niña.

Posteriormente, entre febrero y abril 2005, la NOAA, por acuerdo, extiende su definición a los países de América del norte, América central y el Caribe (25 países), adoptando el nombre de ONI (Índice El Niño Oceánico), el cual es la serie de promedios corridos de tres meses de las anomalías de TSM en la región 3.4; por otro lado, reconoce una persistencia de la anomalía de al menos cinco trimestres consecutivos, lo cual

se mantiene hasta la fecha. Esta definición sobre El Niño/La Niña es la que actualmente está más difundida a nivel internacional y tiene una mayor acogida entre los medios de comunicación. Eventos La Niña, según este índice, se presentan en la Tabla B del capítulo Anexos.

El INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN PARA EL CLIMA Y SOCIEDAD (IRI, siglas en inglés), ha utilizado el criterio de los cuartiles para la definición de El Niño / La Niña (25% de la muestra más frío para La Niña y el 25% de la muestra más caliente para El Niño, en tanto que el 50% de la distribución restante, representa la condición neutra), utilizan información de promedios trimestrales corridos de la TSM en el área Niño 3.4, entre el periodo 1950 a la fecha, calculando dichos valores umbrales para cada trimestre (IRI 2007); así, por ejemplo, para definir condiciones La Niña en el trimestre noviembre - diciembre - enero, se utiliza el valor umbral $-0,70^{\circ}\text{C}$, y para el trimestre enero-febrero-marzo se utiliza $-0,55^{\circ}\text{C}$.

MATERIAL Y MÉTODOS

DATOS UTILIZADOS

Se trabajó con información mensual de TSM y sus anomalías, proveniente del Centro de Predicción Climática de la NOAA (CPC/NOAA), áreas: Niño 1+2 (0°N - 10°S / 90°W - 80°W), y Niño 3.4 (5°N - 5°S / 170°W - 120°W), disponibles en: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>, para el periodo enero 1950 a setiembre 2008 (Figura 1); la climatología utilizada es del periodo base 1971-2000.

En la definición y clasificación de La Niña se generó y trabajó con un índice de promedios trimestrales corridos (EFM, FMA, MAM, etc.) de la ATSM Niño 1+2, similar al índice ONI (que llamaremos de aquí en adelante trim_ATSM12). Para analizar la representatividad del área Niño 1+2 en el océano Pacífico oriental ecuatorial, se comparó la

información semanal del índice Niño 1+2, con información in-situ de la Boya Virgen del Carmen (5°S / 85°W) durante el periodo octubre 2006 a marzo 2007. La Boya Virgen del Carmen, pertenece al Sistema de Información y Análisis NAYLAMP, de la Dirección de Hidrografía de la Marina del Perú (DHN). Además se utilizaron datos de TSM de Puerto Chicama ($7^{\circ}42'\text{S}$, $79^{\circ}27'\text{W}$) del periodo enero 1950 a diciembre 2005, proveniente también de la DHN; Puerto Chicama es la estación costera peruana con la serie histórica más antigua.

MÉTODOS

Los índices oceanográficos fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS versión 13, realizándose inicialmente una estadística descriptiva de los índices utilizados.

Para la definición de La Niña se realizó un análisis de frecuencia del índice trimestral ATSM12, se ordenó de menor a mayor y se calcularon los percentiles 25 y 75. El valor del percentil 25 fue usado como valor umbral para la definición de La Niña (es decir se consideró como La Niña, aquellos valores que se encuentran en el 25% más frío de la muestra). Además, para ser consideradas como La Niña deberían tener una persistencia mínima de cinco trimestres corridos consecutivos, definición similar a la utilizada por la NOAA para el índice ONI. La ventaja de usar percentiles para la definición y clasificación, radica en el hecho de que son valores determinados por información histórica, y no se necesita que sea información con distribución simétrica alrededor de cero, como es el caso de los índices trim_ATSM12 (HANLEY et al. 2003).

En el caso de la clasificación de los eventos La Niña se utilizaron tres criterios o propiedades: (1) valor promedio de todo el evento, (2) persistencia o duración del evento y (3) el valor máximo obtenido

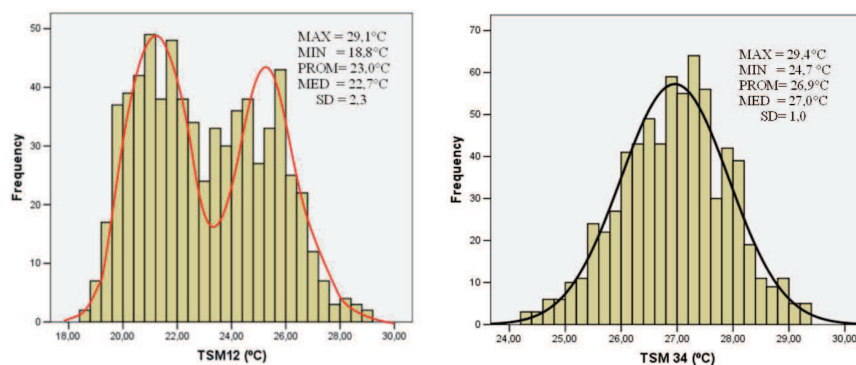


Figura 2.- Distribución de frecuencias de la TSM (°C) en las regiones Niño 1+2 (izquierda) y Niño 3.4 (derecha). Periodo 1950-2007. En líneas continuas se presentan los ajustes correspondiente a las distribuciones bimodal (roja) y normal (negro). En la esquina superior de cada grafico se presentan los principales estadísticos de las series.

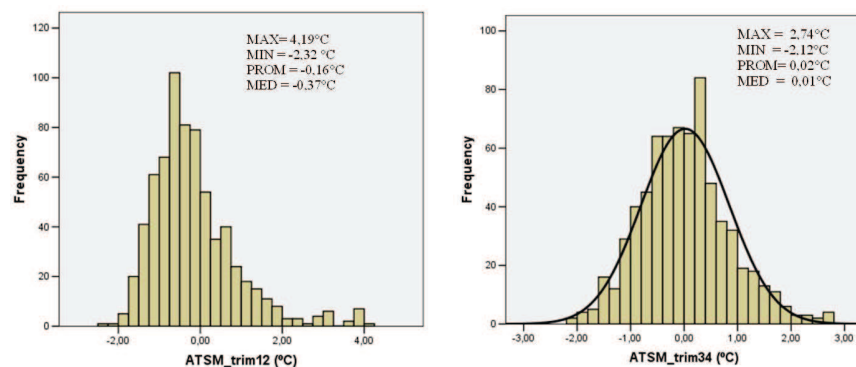


Figura 3.- Similar a Figura. 2, sólo que para promedios trimestrales corridos de ATSM (trimATSM) en las regiones Niño 1+2 (izquierda) y Niño 3.4 (derecha). Periodo 1950-2007

en cada evento. En el primer caso se promediaron todos los trim_ATSM12 que se presentaron a lo largo de todo el evento; en el segundo caso se determinó el valor del índice más intenso que se presentó en todo el evento; en el último caso se contabilizó el tiempo de duración del evento. Se comparó y analizó cada evento en relación a los demás, según los criterios utilizados, para este caso también se determinaron los umbrales de los percentiles 25 y 75 de la información por cada criterio para categorizar las intensidades de los eventos La Niña. Posteriormente se realizó un análisis de agrupamiento (cluster) mediante el método de WARD, para corroborar o mejorar la clasificación realizada mediante los percentiles.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DE LAS TEMPERATURAS, ANOMALÍAS Y PROMEDIOS TRIMESTRALES CORRIDOS DEL ÁREA NIÑO 1+2. COMPARACIÓN CON EL ÁREA NIÑO 3.4

La TSM en el Área Niño 1+2 (TSM 1+2) tiene una marcada variación mensual, desde un valor máximo en marzo (promedio 26,3 °C) hasta un valor mínimo en setiembre (promedio 20,4 °C), a diferencia del Área Niño 3.4 (TSM 3.4) cuya oscilación mensual es bastante menor, con un mínimo en enero (26,5 °C) y máximo en abril (27,7 °C).

La distribución de frecuencias de la TSM1+2 (Figura 2) presenta dos modas, una principal de 21,8 °C y

otra secundaria de 25,8 °C; tiene un promedio (PROM) de 23 °C y valores extremos: máximo (MAX) de 29 °C y mínimo (MIN) de 18,8 °C, con una mediana (MED) de 22,7 °C. Por otro lado, la TSM 3.4 presenta más bien una distribución casi normal, alrededor de 27 °C, con un MAX de 29,4°C y MIN de 24,7°C.

Analizando la serie TSM1+2 se encontró que la moda secundaria está asociada no sólo a la presencia de calentamientos extremos (eventos El Niño), sino además a calentamientos significativos durante la estación de verano, lo que se pudo verificar quitando los años cálidos más extremos de la serie (casi todos de los cuales son considerados como eventos El Niño) y aún los más fríos, sin que la distribución de frecuencias bimodal se modifique. En el análisis de la ATSM (figuras no mostradas) se observó claramente el sesgo positivo en el área Niño 1+2 debido a los Niños, presentándose anomalías máximas entre 3 y 4,5 °C, valores que no se han alcanzado en el área Niño 3.4, donde la máxima anomalía alcanzó los 2,9 °C (enero 1983); las desviaciones estándar (SD) confirman la fuerte variabilidad que predomina en el área Niño 1+2 (SD = 2,3 °C) en comparación a la región Niño 3.4 (SD = 1,0 °C), la cual es mayor (entre 1,0 y 1,3 °C) entre los meses de abril y agosto en el primer caso; y entre noviembre y enero en el segundo (valores alrededor de 1,1 °C). Se determinó también que un buen porcentaje (65%) de la muestra de TSM 1+2, presenta condiciones más frías del promedio (anomalías negativas predominantes), y sólo un 35% está en la categoría de más cálido del promedio (anomalías positivas), mientras que en la TSM 3.4 dicha proporción es 50 - 50%.

En forma similar a la ATSM, en la distribución de frecuencias de los promedios trimestrales corridos (Figura 3) en el área Niño 1+2, destaca el sesgo positivo de valores extremos cálidos asociados a los eventos Niño y la mayor preferencia a mantener condiciones por de-

bajo del valor promedio (anomalías negativas), siendo el valor central (MED) de la muestra $-0,34\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el otro caso, área Niño 3.4, la simetría alrededor del valor promedio (anomalía $0\text{ }^{\circ}\text{C}$) es más evidente, tal que si calculamos los percentiles 25% y 75%, tendremos los valores de: $-0,5$ y $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente, es decir, el 25% de la muestra más frío y más cálido de la serie iguala o supera los valores umbrales de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente, y la condición normal dada por el 50% restante de la muestra, se encuentra entre dichos valores. Estos valores se corresponden exactamente con los valores umbrales del ONI dados por la NOAA, para la definición de una condición La Niña, El Niño y Normal.

REPRESENTATIVIDAD DE LA SERIE NIÑO 1+2 EN EL OCEANO PACÍFICO ECUATORIAL ORIENTAL Y SU RELACIÓN CON LA COSTA NORTE-CENTRO DEL PERÚ

La serie de TSM del área Niño 1+2 es información básicamente estimada, de una zona donde son escasas la densidad y frecuencia de observaciones directas o in situ, por lo que, como una forma de validación del índice -ya que posteriormente va a ser utilizado en el proceso de definición y clasificación de eventos oceánicos tipo La Niña- se quiso contrastar dicha información con información in-situ, que fue recolectada mediante la boya fija Virgen del Carmen (85°W , 5°S). El periodo de información comparado fue octubre 2006 a marzo 2007. Al respecto se encontró un comportamiento muy similar entre las series (Figura 4), con un alto valor de correlación entre ellas ($r = 0,94$). La similitud se extiende a la distribución de frecuencias, con un pico principal de máxima frecuencia alrededor de los $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un pico secundario alrededor de $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ en ambas series, tal como se encontró y analizó en las series totales de TSM, presentadas en el subcapítulo anterior.

La relación entre la TSM 1+2 y la TSM en Puerto Chicama es bas-

TSM Virgen del Carmen vs NINO 1+2

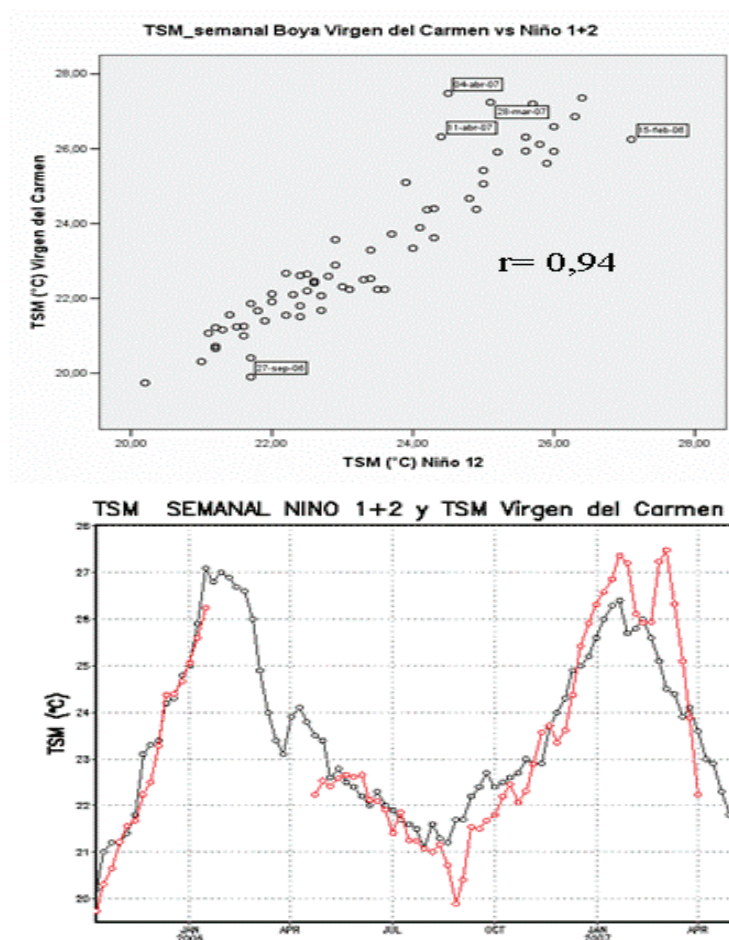


Figura 4: Comparación de la TSM semanal de: área Niño 1+2 (0° - 10°S , 90°W - 80°W), línea negra, y la Boya Virgen del Carmen (5°S , 85°W), en línea roja. Periodo: octubre 2006 a marzo 2007

Tabla 1.- Coeficiente de correlación entre la TSM en la región Niño 1+2 vs TSM en otras regiones del Pacífico ecuatorial y Puerto Chicama. Periodo: 1950 – 2005

Puerto Chicama	Niño 3	Niño 3.4	Niño 4
0,95	0,90	0,74	0,53

tante alta y en comparación con las de las otras áreas del Pacífico ecuatorial, es la más alta, con una correlación de 0,95 (Tabla 1), lo que también se puede evidenciar espacialmente (Figura 5), explicando en promedio más del 80% de la variabilidad de la zona; esto indicaría que un impacto en las condiciones térmicas en el océano

Pacífico ecuatorial oriental muy probablemente encuentre correlato directo con las condiciones térmicas entre el centro y norte de la costa peruana.

DEFINICIÓN DE EVENTOS LA NIÑA

Determinado los percentiles 25% y 75% de la serie utilizada, se obtuvieron los valores $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Según ello (Figura 6), una condición fría estaría dada por valores de trim_ATSM12 menores o iguales a $-0,8^{\circ}\text{C}$, los cuales podríamos asociarlos a eventos La Niña y por el contrario, valores mayores o iguales a $+0,3^{\circ}\text{C}$ de ese mismo

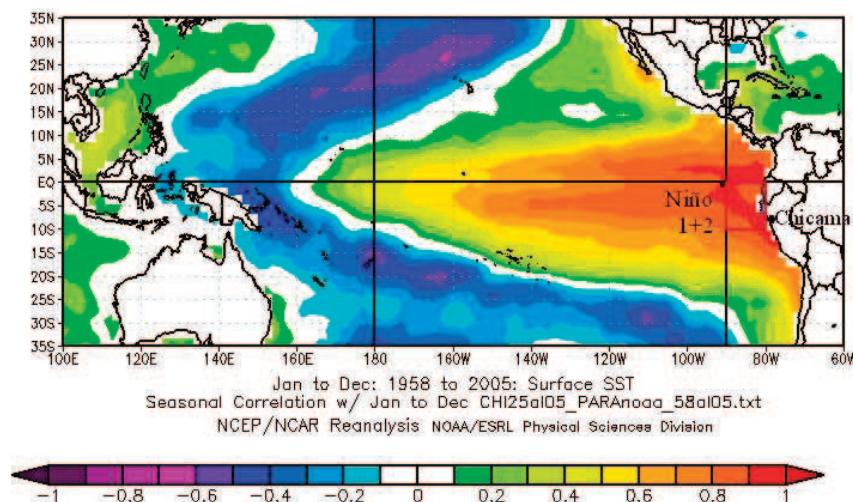


Figura 5.- Mapa de correlación entre TSM Puerto Chicama y TSM en el océano Pacífico Tropical. Periodo Enero 1958 a Diciembre 2005

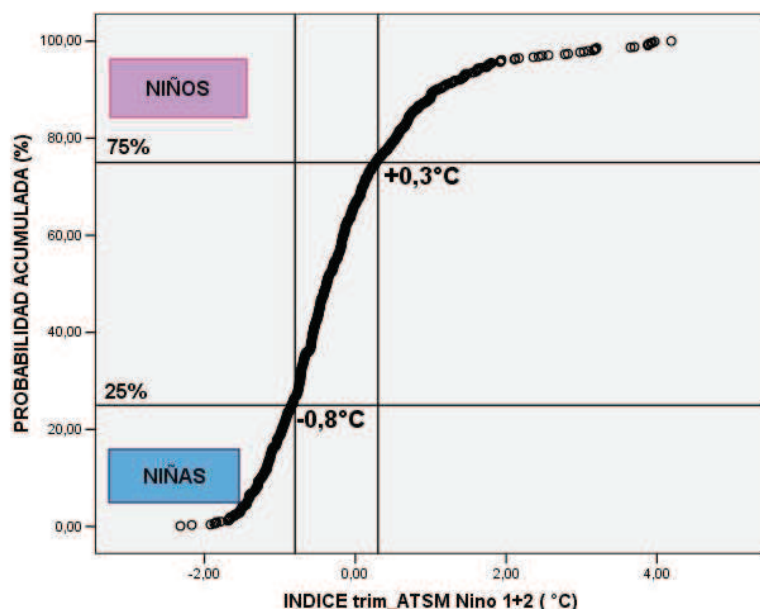


Figura 6.- Determinación de valores umbrales para la definición de La Niña / El Niño, utilizando promedios trimestrales corridos de ATSM (trimATSM) en la región Niño 1+2

índice, podríamos asociarlos a eventos El Niño, y entre ambos valores definimos las condiciones "normales".

Pero además, incorporando el criterio de persistencia, se obtuvo en total 14 eventos La Niña desde enero de 1951⁽¹⁾ a la fecha, correspondientes a los años: 1954-56, 1962, 1964, 1966,

1967-68, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1985, 1988, 1996, 1999, 2001 y 2007; los cuales se detallan en la Figura 7 y en la Tabla 2.

Al respecto, se observa la mayor duración de un evento La Niña durante el periodo 1954-56 (26 trimestres corridos), y en contraposición los más cortos en

1962, 1966 y 2001 (con duraciones de 6 a 7 trimestres). El valor promedio más alto de la anomalía se presentó durante La Niña 2007 (-1,65°C). La máxima intensidad de anomalía registrada se dio en La Niña 1954-56 (valor trimestral de -2,3 °C), seguido de los eventos 2007 (-2,1°C), 1975-76 (-1,9 °C) y 1964 (-1,8 °C) y la más baja temperatura trimestral en La Niña 1999 (-1,2 °C). Así mismo, una mayor frecuencia e intensidad de los eventos La Niña se presentó en la década de los años 60 y 70, en comparación, por ejemplo, a los últimos 20 años de información.

Si se compara la lista obtenida de eventos La Niña, con aquellas otras definidas por la NOAA y la JMA, encontramos algunas semejanzas, así como también diferencias, siendo las principales las que a continuación se detallan.

TRIM_ATSM12 vs ONI

Con ambos índices se tienen igual número de eventos La Niña (14 en total), considerando también el evento del 2007 y desde el año 1951. Tienen en común 11 eventos La Niña: 1954-56, 1962, 1964, 1967-68, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1985, 1988, 1999 y 2007, que por lo general presentan diferentes periodos de inicio, final o de duración entre sí, con desfases de uno a más trimestres. La Niña 1954-56 es el periodo frío de máxima duración histórica en ambas clasificaciones.

El ONI presenta además otros años La Niña, que no se obtienen con el trim_ATSM12, en los años 1983, 1995, y en algunos periodos como entre mediados y finales de 1998 y finales del 2000.

TRIM_ATSM12 vs JMA ÍNDICE

Diferente número de eventos (según Trim_ATSM12 14 y 13 según el JMA). La Niña 1954-56 fue para ambos casos el periodo frío de máxima duración histórica y

1 Durante 1950 también se presentó un periodo frío cuya intensidad y persistencia pueden ser catalogados como La Niña, pero que no fue considerado en la Tabla por cuanto no se pudo definir su fecha de inicio.

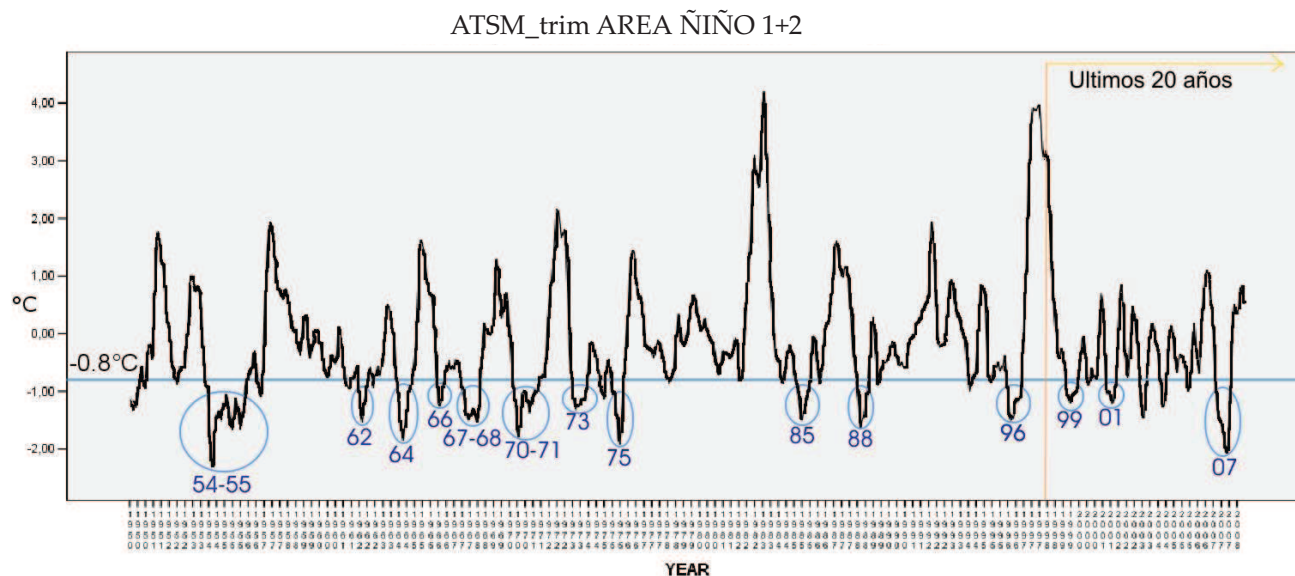


Figura 7.- Periodos La Niña, según promedios trimestrales corridos de ATSM en la región Niño 1+2

similar duración (alrededor de 25 trimestres consecutivos). Tienen 10 eventos La Niña en común: 1954-56, 1964, 1966, 1967-68, 1970-71, 1973-74, 1975-76, 1985, 1988 y 2007, que también pueden tener entre sí similares o diferentes periodos de inicio, final y de duración, con desfases de 0 a varios trimestres. Además existen periodos La Niña no comunes entre ambos, como los años: 1962 (dado por trim_ATSM12), 1978 (JMA), 1995 (JMA) y 2001 (trim_ATSM12).

Tabla 2.- Periodos La Niña definidos según promedios trimestrales corridos de ATSM en la región Niño 1+2. Periodo: Ene. 1951 – Feb. 2008

Inicio del evento (trimestres)	Fin del evento (trimestres)	Duración (prom. corr. 3 meses)
def 1954	efm 1956	26
efm 1962	jja 1962	06
efm 1964	ond 1964	10
fma 1966	jas 1966	06
jja 1967	mjj 1968	12
mam 1970	jja 1971	16
amj 1973	efm 1974	10
mjj 1975	def 1976	08
efm 1985	son 1985	09
amj 1988	nde 1989	08
mam 1996	nde 1997	09
amj 1999	nde 2000	08
mjj 2001	nde 2002	07
mam 2007	nde 2008	09

CLASIFICACIÓN DE EVENTOS LA NIÑA

Una tarea más complicada resultó la clasificación por categorías de los eventos La Niña. Una primera aproximación de tipo operativo, se hizo utilizando el valor en sí del índice trim_ATSM12, mediante los cuartiles, quedando las siguientes intensidades (Figura 8):

DÉBIL con anomalías entre $-0,8^{\circ}\text{C}$ y $-0,99^{\circ}\text{C}$;

MODERADA con anomalías entre $-1,0^{\circ}\text{C}$ y $-1,39^{\circ}\text{C}$;

FUERTE con anomalías entre $-1,4^{\circ}\text{C}$ y $-2,3^{\circ}\text{C}$; intensidades de

MUY FUERTE se puede corresponder con el percentil 95, es decir trim_ATSM12 mayores o iguales a $-1,7^{\circ}\text{C}$.

Una clasificación más completa se elaboró tomando en cuenta más de un criterio, también en base al índice definido, como fueron:

- (a) intensidad promedio de todo el evento,
- (b) intensidad máxima presentada a lo largo de todo el evento y
- (c) duración del mismo.

Por cada criterio, se analizó y comparó entre sí, el comportamiento de los 14 eventos encontrados, distribuyéndolos desde la condi-

ción más débil o baja hasta la más fuerte o más alta históricamente registrada. La separación de clases se realizó utilizando también cuartiles, fue así como se encontraron eventos que se mantenían en una misma categoría para dos o los tres criterios considerados. Paralelamente se trabajó con técnicas estadísticas de agrupamiento (Cluster), con la información de los eventos determinados, que ajustó mejor los resultados de cada categoría. Finalmente se determinó la siguiente clasificación:

Niñas Débiles: 1966, 1999 y 2001.

Niñas Moderadas: 1962, 1964, 1970-71, 1973-74, 1975, 1985, 1988-89 y 1996.

Niñas Fuertes: 1954-56, 1967-68 y 2007.

CONCLUSIONES

1.- Se propone un índice trimestral_ATSM con información del área Niño 1+2 (océano Pacífico oriental), encontrándose el valor umbral de $-0,8^{\circ}\text{C}$ para la definición del evento La Niña en el océano Pacífico ecuatorial oriental.

2.- Se clasificó al evento La Niña, según la: intensidad promedio, intensidad máxima y persistencia del evento en:

Débiles: 1966, 1999 y 2001.

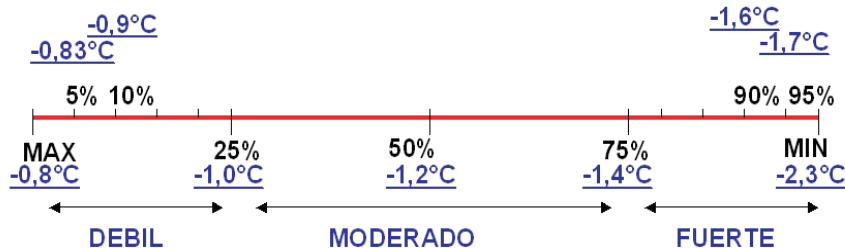


Figura 8.- Intensidades de eventos La Niña según promedios trimestrales corridos de ATSM en la región Niño 1+2

Moderadas: 1962, 1964, 1970-71, 1973-74, 1975, 1985, 1988-89, 1996 y 1999.

Fuertes: 1954-56, 1967-68 y 2007

3.- Si se quisiera agregar una condición de Niña "muy fuerte", se podría utilizar el percentil 95 de la clasificación. Esto se observó para dos o más categorías sólo en el evento 1954-56.

4.- La mayoría de eventos La Niña identificados por la presente clasificación (entre 65% y 79% del total) también aparecen en otras clasificaciones internacionalmente reconocidas, como las brindadas por la NOAA, mediante su índice ONI, o de la JMA con su índice térmico.

Agradecimientos.- A la Dirección de Hidrografía de la Marina del Perú (DHN) por brindar la información de la boya Virgen del Carmen, y a todos los miembros del Comité Técnico del ENFEN, por sus importantes aportes en las diferentes reuniones que se tuvo, lo cual enriqueció la presente investigación. Las autoras desean también expresar su agradecimiento a los revisores que con sus comentarios y sugerencias ayudaron a mejorar la presente publicación. La Figura 5 fue

obtenida a través de la NOAA/ Esrl Physical Sciences Division, Boulder Colorado, página web en: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>.

REFERENCIAS

- BARNSTON A, CHELLIAH GM, GOLDENBERG SB. 1997. Documentation of a highly ENSO-related SST region in the equatorial Pacific. *Atmosphere-Ocean*, 35, 367-383.
- JMA (Japan Meteorological Agency). 1993. Copias del Curso Meteorology II. Set.- Dic., Tokio- Japón.
- JMA (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY). 2008. El Niño Monitoring and Outlook. In: http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/el_nino/index/sstindex/base_period_7100/Nino_3/5rmean
- HANLEY D, BOURASSA M, O'BRIAN J, SMITH S, SPADE E. 2003. A Quantitative Evaluation of ENSO Indices. *J. Climate*, 16(8), 1249-1258.
- IRI (INTERNACIONAL RESEARCH INSTITUTE AND SOCIETY). 2007. En: http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/note_ensoprob.html
- KUG J, JIN F, AN S. 2009. Two-types of El Niño events: Cold Tongue El Niño and Warm Pool El Niño. *J. Climate*, 22, 1499-1515.
- LARKIN N, HARRISON D. 2005. On the definition of El Niño and associated seasonal average US. *Geophysical Research Letters*, Vol.32, L13705, doi: 10.1029/2005GL022738.
- LAGOS P, SILVA Y, NICKL E. 2005. El Niño y la precipitación en los Andes del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica de Lima Vol. especial 6* Alberto Giesecke Matto, p. 7-23
- LAGOS P, SILVA Y, NICKL E y MOSQUERA K. 2008. El Niño related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences* 14, 231-237.
- NWS (National Weather Service/ NOAA). 2006. What are El Niño, La Niña and ENSO?. Public Fact Sheet. 4 pp.
- O'BRIAN J. 1998. Problems associated with Definitions of La Niña. In: A La Niña Summit: A review of the Causes and Consequences of Cold Events. Executive Summary of the workshop held 15-17 July 1998 in Boulder, Colorado. Environmental and Societal Impacts Group, NCAR, Boulder, Colorado.
- SMITH T, REYNOLDS R, PETERSON D, LAWRIE J. 2007. Improvements to NOAA's Historical Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). Conditionally accepted by J. Climate. 48 pp.
- Trenberth K. 1997. The Definition of El Niño. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 178, 2771-2777.
- WENG H, K. ASHOK K, BEHERA S, RAO S, YAMAGATA T. 2007. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer. *CLIMATE DYNAMICS*, 10.1007/s00382-007-0234-0.
- Woodman R. 2005. Modelo Estadístico de Pronóstico de las Precipitaciones en la Costa Norte del Perú. *Sociedad Geológica del Perú*, volumen especial N°6 en homenaje al Ing. Alberto Giesecke, 25- 34.
- Zebiak S. 1998. The Identification of differences in forecasting El Niño and La Niña. In: A La Niña Summit: A review of the Causes and Consequences of Cold Events. Executive Summary of the workshop held 15-17 July 1998 in Boulder, Colorado. Environmental and Societal Impacts Group, NCAR, Boulder, Colorado.

ANEXO

Tabla A.- Eventos La Niña según Índice Niño 3, de la Agencia Meteorológica del Japón (JMA). Climatología 1971-2000. Enero 1949 - Julio 2008

Inicio del evento (5 meses corridos, centrado en)	Fin del evento (5 meses corridos, centrado en)	Duración (prom. corr. 5 meses)
julio 1949	diciembre 1950	18
marzo 1954	marzo 1956	25
abril 1964	enero 1965	10
octubre 1966	marzo 1967	06
julio 1967	abril 1968	10
mayo 1970	enero 1972	21
mayo 1973	abril 1974	12
setiembre 1974	marzo 1976	19
abril 1978	setiembre 1978	6
mayo 1984	enero 1986	21
abril 1988	junio 1989	15
julio 1995	abril 1996	10
agosto 1998	marzo 2000	20
mayo 2007	marzo 2008	11

Tabla B.- Eventos La Niña según Índice ONI (Índice Oceánico El Niño).- Administración de Asuntos Oceánicos y Atmosféricos de EUA (NOAA). Climatología 1971- 2000. Enero 1951 - Agosto.2008

Inicio del evento (trim)	Fin del evento (trim)	Duración (prom. corr. 3 meses)
mam 1954	efm 1957	34
aso 1961	mam 1962	8
mam 1964	efm 1965	12
son 1967	mam 1968	7
jja 1970	def 1972	19
amj 1973	jja 1974	15
aso 1974	amj 1976	21
son 1983	def 1984	5
ond 1984	mjj 1985	12
amj 1988	amj 1989	13
aso 1995	fma 1996	7
jja 1998	mjj 2000	24
son 2000	efm 2001	5
jas 2007	amj 2008	9