

ESTUDIO SOBRE
INDICES ATMOSFERICOS
EXPERIMENTALES CON
FINES DE PRONOSTICO
DE EL NIÑO FASE II

INDICE

1.	RESUMEN	2
2.	INTRODUCCION	3
3.	DESARROLLO DEL INDICE	4
3.1.	CALCULO DEL INDICE OSCILACION DEL SUR-ECUATORIAL (IOSec).....	4
3.2.	RELACIÓN ENTRE EL IOSec y LA ATSM EN EL PACÍFICO TROPICAL.....	5
3.3.	ANALISIS DE LA DISPERSION DEL IOSec Y LA ATSM EN LA REGION NIÑO 3.4	7
3.4.	DETERMINACION DE UMBRALES EN LA ATSM E IOSec PARA EL MONITOREO Y DETECCION DE LAS FASES DEL ENSO.....	8
3.5.	EJERCICIO DE APLICACIÓN DEL ÍNDICE PARA EL DE MONITOREO DEL ENSO: EVENTO EL NIÑO 1997-1998.	10
3.6.	DETERMINACIÓN DE EVENTOS EL NIÑO Y LA NIÑA PASADOS, BAJO LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE ACOPLADO OCEANO-ATMOSFÉRICO: IOSEC-ATSM (NIÑO 3.4).....	17
4.	CONCLUSIONES	18
5.	BIBLIOGRAFIA	19
6.	ANEXOS	20
A)	MONITOREO DE EL NIÑO 1994-1995 (INTENSIDAD: DEBIL)	20
B)	MONITOREO DE EL NIÑO 2009-2010 (INTENSIDAD: MODERADO)	20
C)	MONITOREO DE EL NIÑO 1972-1973 (INTENSIDAD: FUERTE).....	21
D)	MONITOREO DE EL NIÑO 1972-1973 (INTENSIDAD: FUERTE).....	21
E)	MONITOREO ACTUAL DE EL NIÑO 2015-2016 (INTENSIDAD: MUY FUERTE)	22
F)	MONITOREO DE LA NIÑA 1964-1965 (INTENSIDAD: DEBIL).....	22
G)	MONITOREO DE LA NIÑA 1998-1999 (INTENSIDAD: MODERADA)	23
H)	MONITOREO DE LA NIÑA 1973-1974 (INTENSIDAD: MODERADA)	23

ÍNDICE ACOPLADO OCÉANO-ATMOSFÉRICO: RELACIÓN ENTRE EL IOS ECUATORIAL Y LA ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (REGIÓN NIÑO 3.4)

Christian Barreto Schuler^{1*}, Cristian Febre Pérez¹

¹Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI, Lima 11, Perú

Email: *cbarreto@senamhi.gob.pe, cfebre@senamhi.gob.pe

1. RESUMEN

El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) como parte de la variabilidad climática, principalmente sobre el océano Pacífico, tiene grandes repercusiones en el clima mundial, los cuales son más notorios durante episodios fuertes de La Niña y/o El Niño. En función del mecanismo de Bjerknes, para monitorear este tipo de evento climático, fueron analizados la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) y El Índice Oscilación del Sur Ecuatorial (IOSeq); este último se computó usando datos de presión atmosférica a nivel del mar, tomando como referencia los cuadrantes: Pacífico Ecuatorial Oriental (80°W-130°W, 5°N-5°S), e Indonesia (90°E-140°E, 5°N-5°S). Datos del reanalysis NCEP/NCAR y ERSST.V4 fueron empleados.

Las correlaciones entre las medias móviles de cada tres meses del IOSeq y la ATSM, muestran fuertes correlaciones inversas en el área Niño 3.4 (≤ -0.7); lo cual indica, principalmente, una alta relación entre el balance de presiones en el ecuador, la intensidad de los vientos alisios como respuesta de lo anterior, y el calentamiento del océano Pacífico (Jin-Yi Y, et al; Lettau B, 1973). Para ampliar el análisis, monitoreo y determinación de eventos La Niña y el Niño, las variables IOSeq y ATSM en la región Niño 3.4 fueron estudiados en un diagrama de dispersión, bajo el cual fue posible identificar las fases del ENSO con claridad; los umbrales para la restricción de las fases cálidas y/o frías del ENSO fueron determinados a partir de valores estadísticos. Bajo el uso de esta nueva metodología, se catalogaron los años Niño y Niña ocurridos desde 1951, realizándose (a modo de ejemplo) el ejercicio de monitoreo de El Niño 1997-1998, complementándolo con el análisis de las condiciones oceánicas y de circulación atmosférica durante ese periodo.

2. INTRODUCCION

Unas de las más importantes oscilaciones climáticas en la cuenca del Pacífico es El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), la cual tiene un principal efecto sobre las temperaturas superficiales del océano Pacífico ecuatorial. El ENSO presenta tanto una fase cálida y otra fría, en donde la temperatura superficial del mar sobre el Pacífico ecuatorial (centro-oriental) se encuentra por encima o por debajo de lo normal, respectivamente; cabe señalar que las fases del ENSO no solo modulan las anomalías de temperatura superficial del mar (TSM), sino también los patrones de circulación en la atmósfera, repercutiendo en zonas de déficits de lluvias y/o excesos en diferentes partes del globo. Cada fase del ENSO posee una periodicidad de 3 a 8 años (Bjerknes, 1969; Díaz y Markgraf, 1992; Kuball, 2007).

Distintos índices son empleados para el seguimiento del ENSO, como son el IOS, ONI, ICEN, etc., la mayoría de ellos basados en la anomalía de la temperatura superficial del mar (ATSM) tanto de la región Niño 3.4, Niño 1+2, etc (Figura 1 y 2). Sin embargo, dado que el fenómeno de El Niño involucra distorsiones tanto en el océano como en la atmósfera, en el presente trabajo se muestran los resultados del desarrollo de un índice para seguimiento del ENSO basado en variables oceánicas (ATSM) y atmosféricas (IOSec).

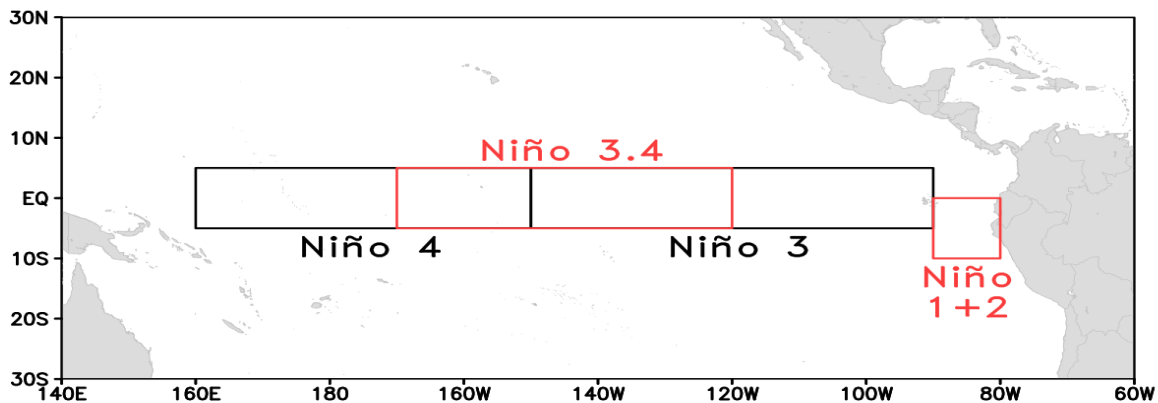


Figura 1. Regiones principales de monitoreo de las fases del ENSO, basados en la ATSM.

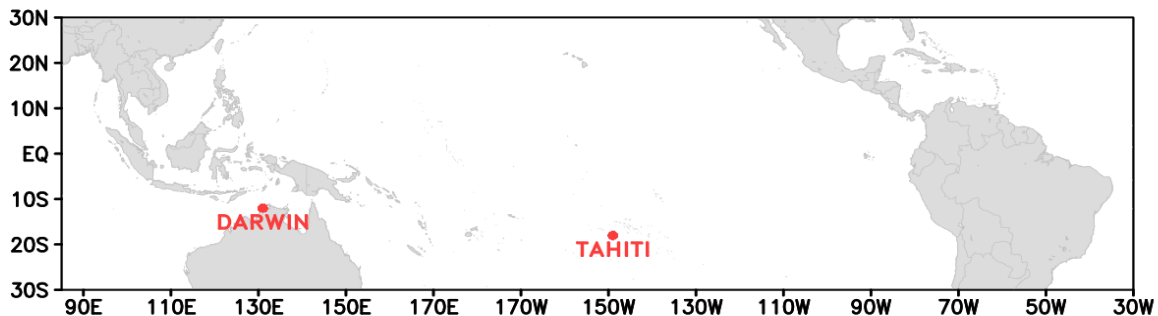


Figura 2. Ubicación de Tahití y Darwin; las presiones atmosféricas en estos lugares son empleados para el cálculo del IOS y por ende en el monitoreo del ENSO.

3. DESARROLLO DEL INDICE

3.1. CALCULO DEL INDICE OSCILACION DEL SUR-ECUATORIAL (IOSec)

Uno de los primeros pasos consistió en el cálculo del IOSec, para ello se empleó la **Ecuación 1**, utilizando los valores promedios de la presión a nivel del mar en los cuadrantes del Pacífico Ecuatorial Oriental (80°W-130°W, 5°N-5°S), e Indonesia (90°E-140°E, 5°N-5°S) Figura 3. Datos del reanálisis NCEP/NCAR fueron utilizados.

$$IOSec = \frac{\Delta P}{DesvStd(\Delta P_{hist})}$$

Done:

$$\Delta P = Dif.Std(Pac.Ec.Ori) - Dif.Std(Indonesia)$$

$$Dif.Std(L) = \frac{P(L) - Phist(L)}{DesvStd((P(L) - P(L))_{hist})} ;$$

L: Es el lugar donde se está computando la operación (Pacífico Ecuatorial Oriental o Indonesia).

hist: Hace referencia a que el cálculo solo se realiza considerando el periodo histórico 1981-2010.

DesvStd(X): Desviación Standard de la variable/parámetro X.

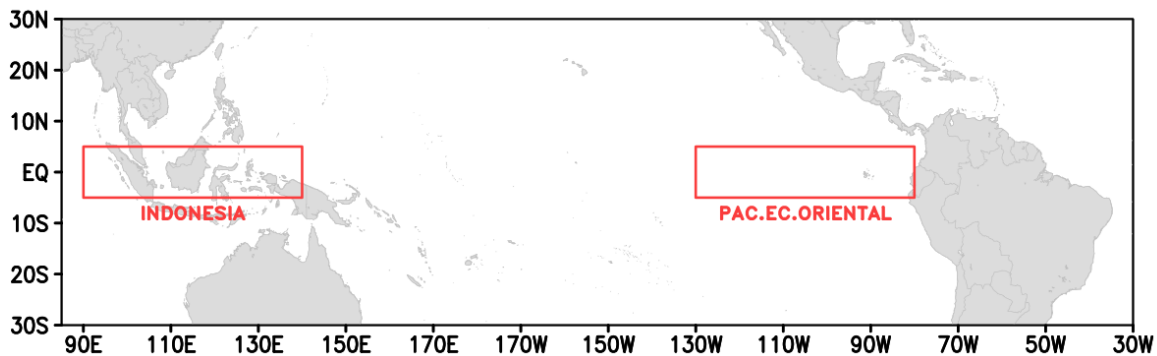


Figura 3. Ubicación de los cuadrantes: *Pacífico Ecuatorial Oriental* e *Indonesia*; las presiones atmosféricas en estos lugares son empleados para el cálculo del IOSec.

La evolución temporal de los valores del IOSec muestra menores variaciones que el IOS (el cual es calculado utilizando los datos de presión atmosférica de Tahití y Darwin). Ello se debe principalmente a que la ubicación de Tahití es más afectada a las variaciones de presión del Anticiclón del Pacífico Sur (APS) y/o a la influencia de sistemas frontales, por lo

tanto posee mayor inestabilidad al momento de determinar la señal de una de las fases del ENSO (Figura 4).

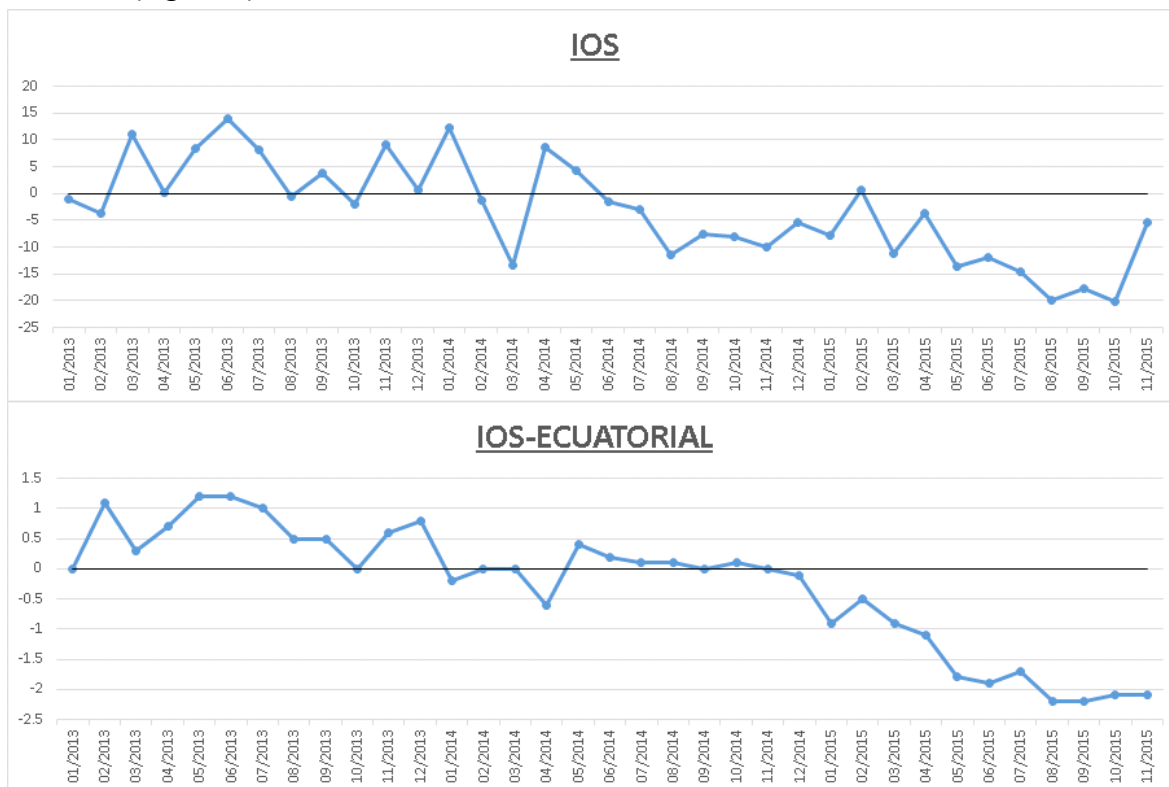


Figura 4. Evolución mensual del IOS (Fuente: Bureau of Meteorology- Australia) y el IOSec (calculado), desde Enero del 2013 a Noviembre del 2015.

3.2. RELACIÓN ENTRE EL IOSec y LA ATSM EN EL PACÍFICO TROPICAL

El análisis temporal del IOSec mostró mayor consistencia al determinar el balance de presiones atmosféricas entre el Pacífico tropical oriental y occidental, lo cual es importante, dado que el balance de presiones, traducido en gradiente bórico entre ambos polos del Pacífico (oriente y occidente), dan como resultado la intensificación y/o reducción de la intensidad de los vientos alisios, un componente clave en el monitoreo del ENSO.

Tras ello, se decidió que era necesario conocer el patrón espacial de la correlación temporal que existe entre el IOSec y la ATSM en el Océano Pacífico Tropical (Figura 5). Dado que permitiría corroborar, y acercarnos a la cuantificación, de la estrecha relación entre las variaciones del IOSec y el calentamiento en la superficie del océano. Para el cálculo de las correlaciones fue necesario suavizar ambas series, mediante la media móvil cada tres meses, a modo de reducir la variabilidad mensual y obtener series que permitan detectar mejor la señal del ENSO. Asimismo, la fuente de datos para el cómputo de las

ATSM proviene del ERSST.v4 (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 4, por sus siglas en ingles).

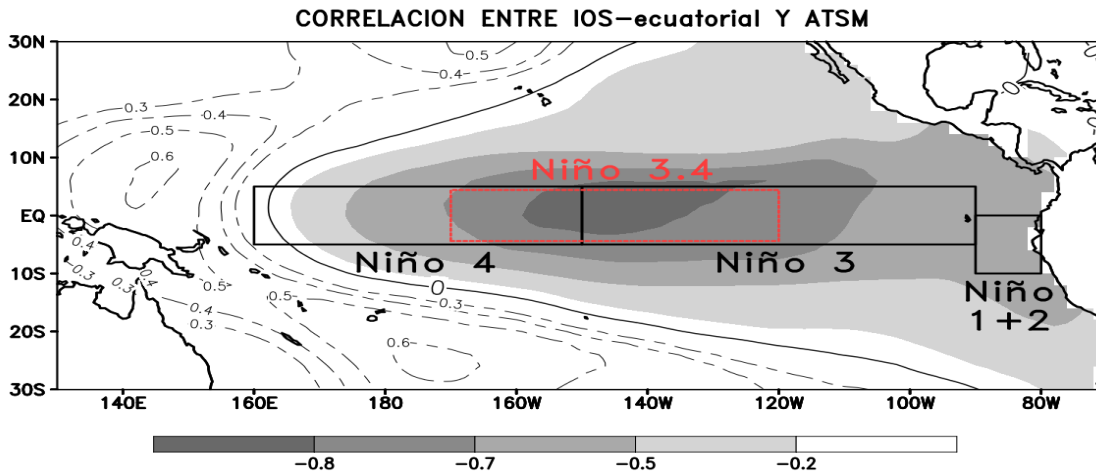


Figura 5. Distribución espacial de la correlación temporal entre las medias móviles (cada 3 meses) del IOSec y la ATSM en el Pacífico tropical.

La correlación espacial de la correlación entre el IOSec y la ATSM, nos muestra principalmente correlaciones inversas con el Pacífico central y oriental; encontrándose en la región central (Niño 3.4) las mayores correlaciones (≤ -0.7). Asimismo, el patrón espacial de correlaciones encontradas, es similar al mostrado por el primer tipo de variabilidad interanual de la temperatura superficial del mar, indicado por el primer EOF (Figura 6). La distribución de las correlaciones, corroboran la estrecha relación entre el balance de presiones en ambos lados del Pacífico (Bjerknes, 1969) y el calentamiento y/o enfriamiento de la superficie del mar. Los resultados también indican, que debido a que las correlaciones entre ambas variables en el Niño 3.4 oscilan entre -0.7 a -0.8, la variable IOSec explica de un 49% a 64%, aproximadamente, la variabilidad de las ATSM en el Pacífico central. Asimismo, se interpreta que: Una disminución persistente en los valores del IOSec (disminución de la presión atmosférica en el Pacífico oriental) tiene influencia en el calentamiento del Pacífico central y oriental.

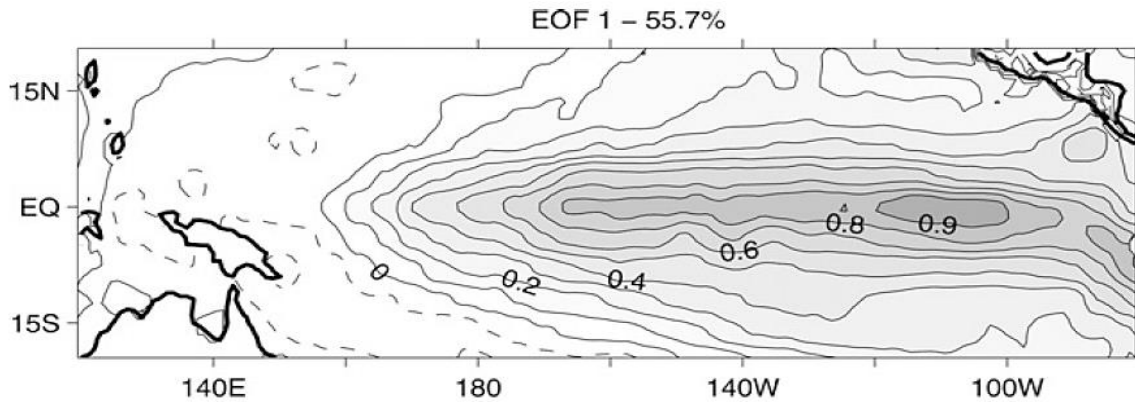


Figura 6. Patrón de distribución del primer EOF de la variabilidad interanual de la temperatura superficial del mar, usando los datos del HadISST. El número en la parte superior de la imagen indica el porcentaje de la varianza explicada por este EOF (Hsun-Ying Kao y Jin-Yi Yu, 2008).

3.3. ANALISIS DE LA DISPERSION DEL IOsec Y LA ATSM EN LA REGION NIÑO 3.4

Dado que la mayor correlación inversa entre IOsec y la ATSM se encuentra en la región Niño 3.4, se consideró los valores promedios suavizados (media móvil cada tres meses) de la ATSM en esta área y del IOsec para el realizar una profundización en el análisis de la relación entre estas dos variables mediante un diagrama de dispersión (Figura 7).

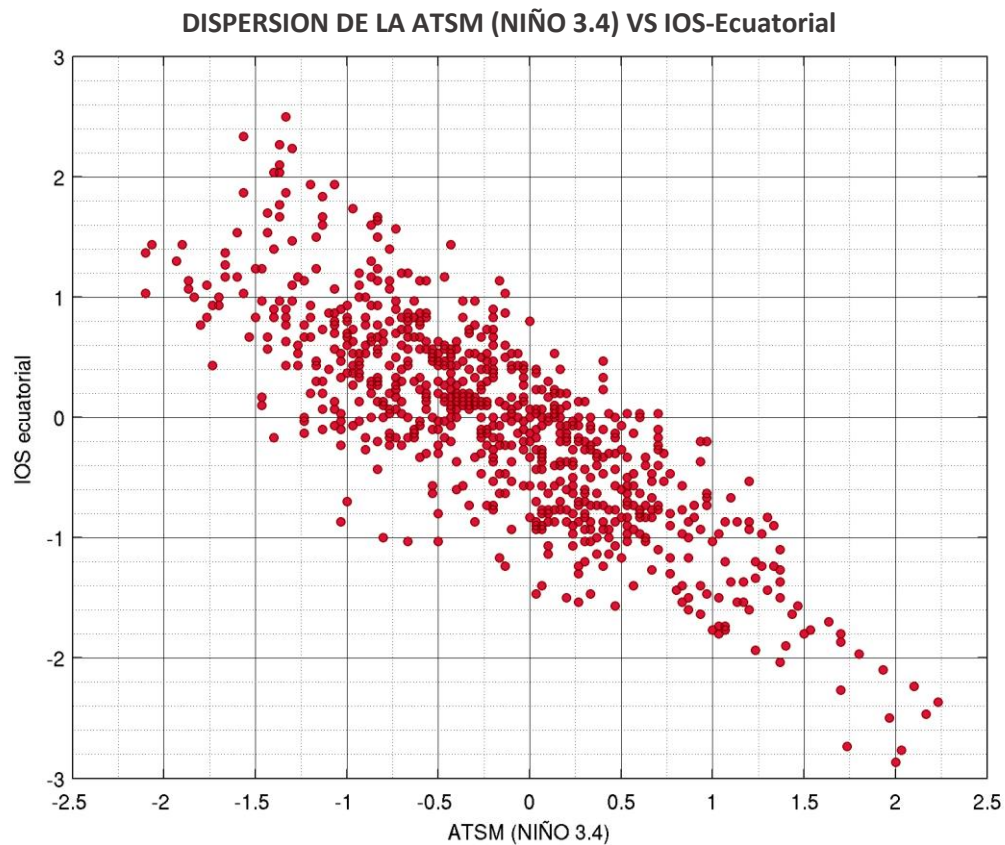


Figura 7. Diagrama de dispersión entre la ATSM en grados Celsius en la región Niño 3.4 y el IOS-Ecuatorial

El diagrama de dispersión nos permite conocer que las variaciones de los valores suavizados de la ATSM en la región Niño 3.4 oscilan entre los umbrales $+2.5^{\circ}\text{C}$ y -2.5°C , y los del IOsec entre -3 y 3 (los valores del IOsec no poseen unidades dado que son valores estandarizados). Asimismo, se observa la alta linealidad que existe entre ambas variables, tal como se pudo determinar en el análisis espacial de las correlaciones temporales; siendo posible inferir que durante periodos El Niño la dispersión de los datos se concentra en un cuadrante “inferior derecha”, con valores positivos de ATSM y valores negativos de IOsec; y viceversa durante periodos La Niña, en un cuadrante “superior-izquierda”. Los valores de la dispersión fuera de estos cuadrantes corresponderían a episodios de transición y/o condiciones neutrales del ENSO.

3.4. DETERMINACION DE UMBRALES EN LA ATSM E IOsec PARA EL MONITOREO Y DETECCION DE LAS FASES DEL ENSO

Los pasos anteriores permitieron tener un mayor panorama del comportamiento, interrelación y variabilidad de las variables ATSM e IOsec. Sin embargo, para cuestiones operativas en el seguimiento y detección de las fases del ENSO, lo cual es necesario para prever y tomar medidas necesarias anticipadas ante los efectos de El Niño o La Niña, es necesario definir umbrales en ambas variables que permitan: 1) Monitorear el ENSO, de modo que sea posible determinar el inicio, fin y evolución de un evento El Niño o La Niña; y 2) Cualificar la intensidad (débil, moderado, fuerte, muy fuerte) de los eventos del ENSO en desarrollo. Debido a esta necesidad, se determinaron los umbrales para ambas variables en función de estadísticos, los cuales se resumen en la Figura 8.

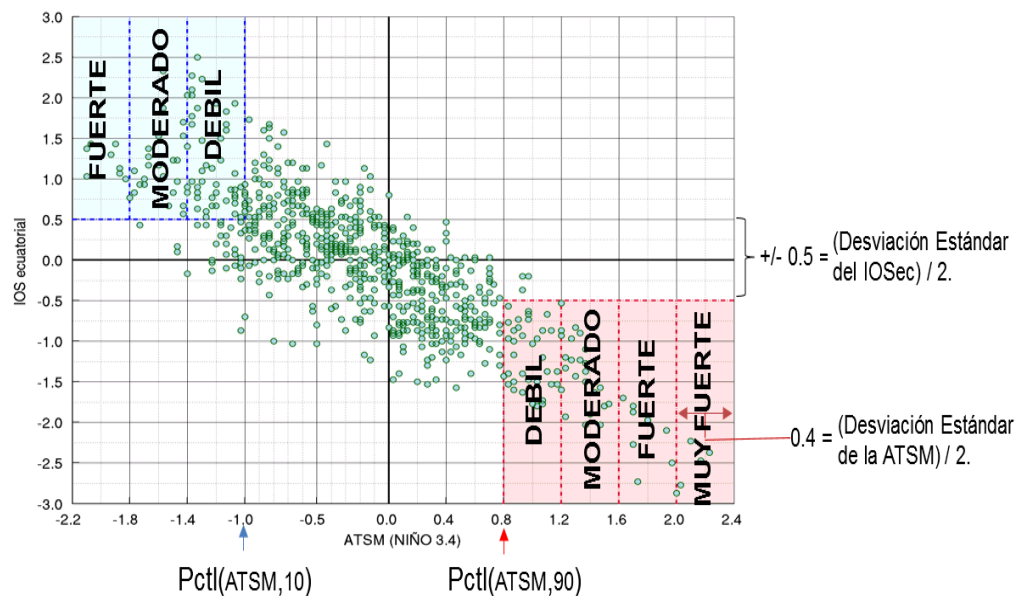


Figura 8. Determinación de umbrales para el monitoreo del ENSO en un diagrama de dispersión de las variables ATSM e IOsec.

Los umbrales para la declaración de un evento El Niño son:

1. **ATSM $\geq +0.8$** (+0.8 es el valor del percentil 90 de los valores suavizados de la ATSM).
2. **IOsec ≤ -0.5** (0.5 es el valor de la mitad de la Desviación Estándar de los valores suavizados del IOsec).
3. La determinación de la magnitud de los eventos El Niño se da en función a la siguiente caracterización:

Débil: $+0.8 \leq \text{ATSM} < +1.2$

Moderado: $+1.2 \leq \text{ATSM} < +1.6$

Fuerte: $+1.6 \leq \text{ATSM} < +2.0$

Muy Fuerte: $\text{ATSM} \geq +2.0$

* La intercalación entre la calificación de una magnitud a otra es cada 0.4 a partir del valor de +0.8 (0.4 es el valor de la mitad de la Desviación Estándar de los valores suavizados de la ATSM).

Los umbrales para la declaración de un evento La Niña son:

1. **ATSM < -1.0** (-1.0 es el valor del percentil 10 de los valores suavizados de la ATSM).
2. **IOsec $\leq +0.5$** (0.5 es el valor de la mitad de la Desviación Estándar de los valores suavizados del IOsec).
3. La determinación de la magnitud de los eventos El Niño se da en función a la siguiente caracterización:

Débil: $-1.4 < \text{ATSM} < -1.0$

Moderado: $-1.8 < \text{ATSM} \leq -1.4$

Fuerte: $\text{ATSM} \leq -1.8$

* La intercalación entre la calificación de una magnitud a otra es cada 0.4 a partir del valor de +0.8 (0.4 es el valor de la mitad de la Desviación Estándar de los valores suavizados de la ATSM).

Finalmente, los puntos que se encuentran fuera de estos umbrales hacen referencia a periodos de transición y/o condiciones neutrales del ENSO.

3.5. EJERCICIO DE APLICACIÓN DEL ÍNDICE PARA EL MONITOREO DEL ENSO: EVENTO EL NIÑO 1997-1998.

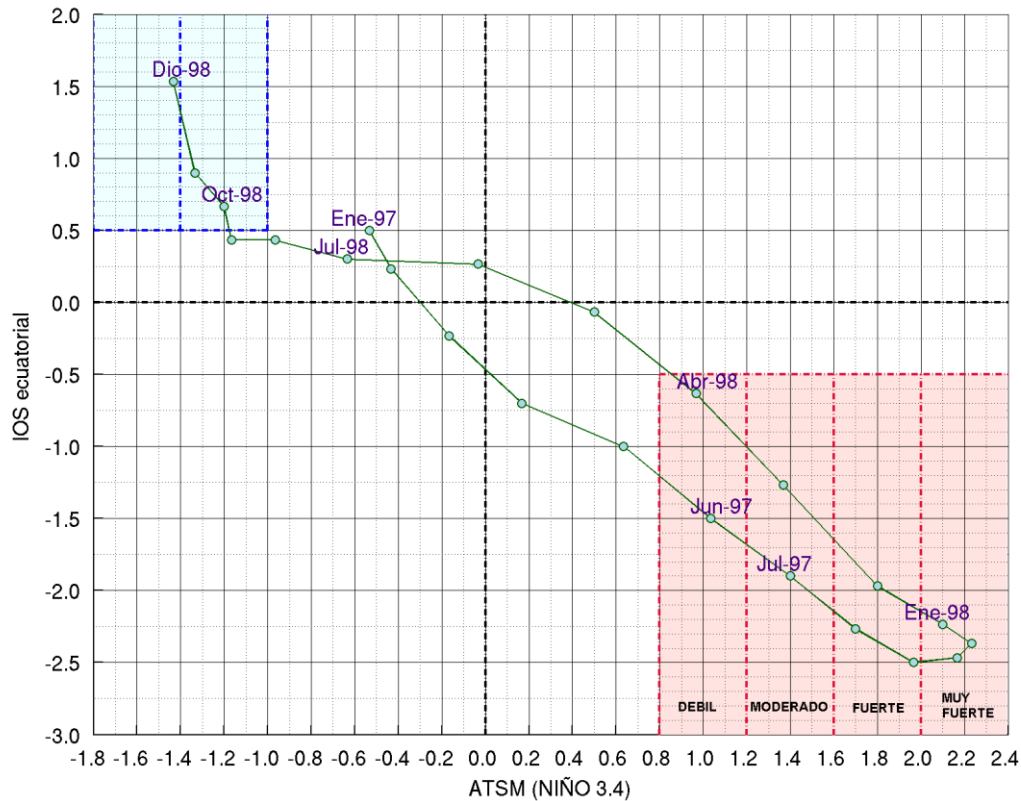


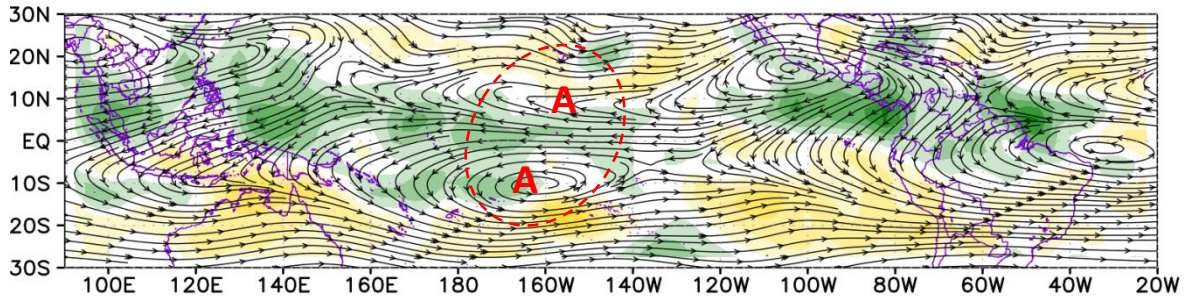
Figura 9. Monitoreo del evento El Niño 1997-1998 bajo los parámetros IOSec Y ATSM (Niño 3.4).

Bajo la aplicación del monitoreo de las variables IOSec y ATSM (Niño 3.4), se determina que el evento El Niño comenzó en junio de 1997 y culminó en abril de 1998, con un pico máximo en diciembre de 1997, llegando a la categoría de **Niño “Muy Fuerte”**. Tras el desacople de las condiciones atmosféricas y oceánicas para la ocurrencia de El Niño, se pasó a un periodo de transición del ENSO con condiciones neutras hasta Octubre de 1998, donde inició el evento La Niña de 1998-1999, mostrándose condiciones frías en la superficie del Océano Pacífico central y oriental (Figura 10).

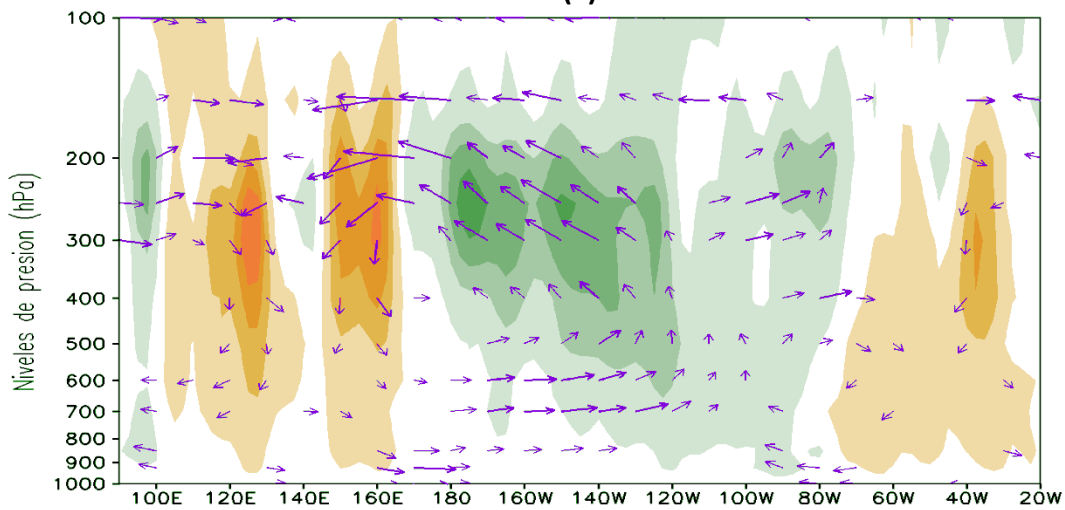
Parte del análisis incluye la diferenciación de los patrones océano – atmosféricos espaciales a escala mensual que dominaron durante las etapas iniciales de la fase cálida y fría del ENSO, con un principal enfoque a la región tropical del Pacífico (30°S – 30°N). Entre los campos atmosféricos estudiados en las secciones a, b, c, d, e y f se definen los siguientes: 1) Flujo de viento y divergencia en 200 hPa, 2) Anomalía de viento divergente entre 5°S-5°N (Walker), 3) Anomalía de viento zonal a 850 hPa, 4) Anomalía de Radiación

de Onda Larga (ROL), 5) Anomalia estandarizada de presión reducida a nivel del mar (PRMSL), 6) ATSM ($^{\circ}\text{C}$).

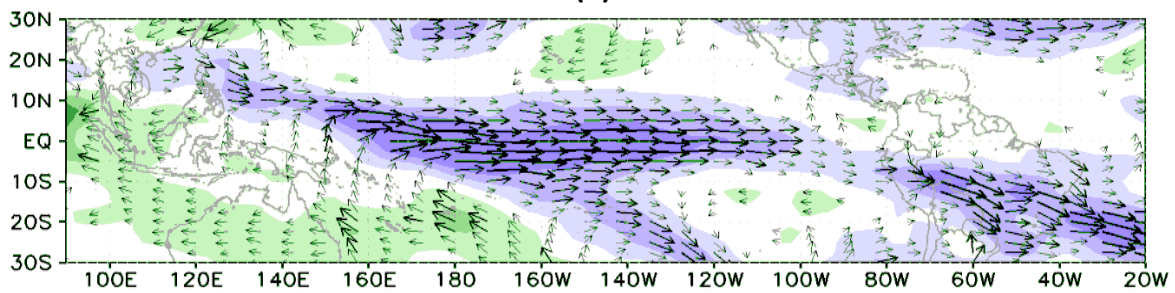
Durante la fase cálida del ENSO (Fig. 9, sección superior izquierda), en el periodo inicial correspondiente a junio del año 1997, el “acople océano-atmosférico positivo” favoreció el desarrollo de El Niño 1997 – 1998 caracterizado como muy fuerte.



(a)



(b)



(c)

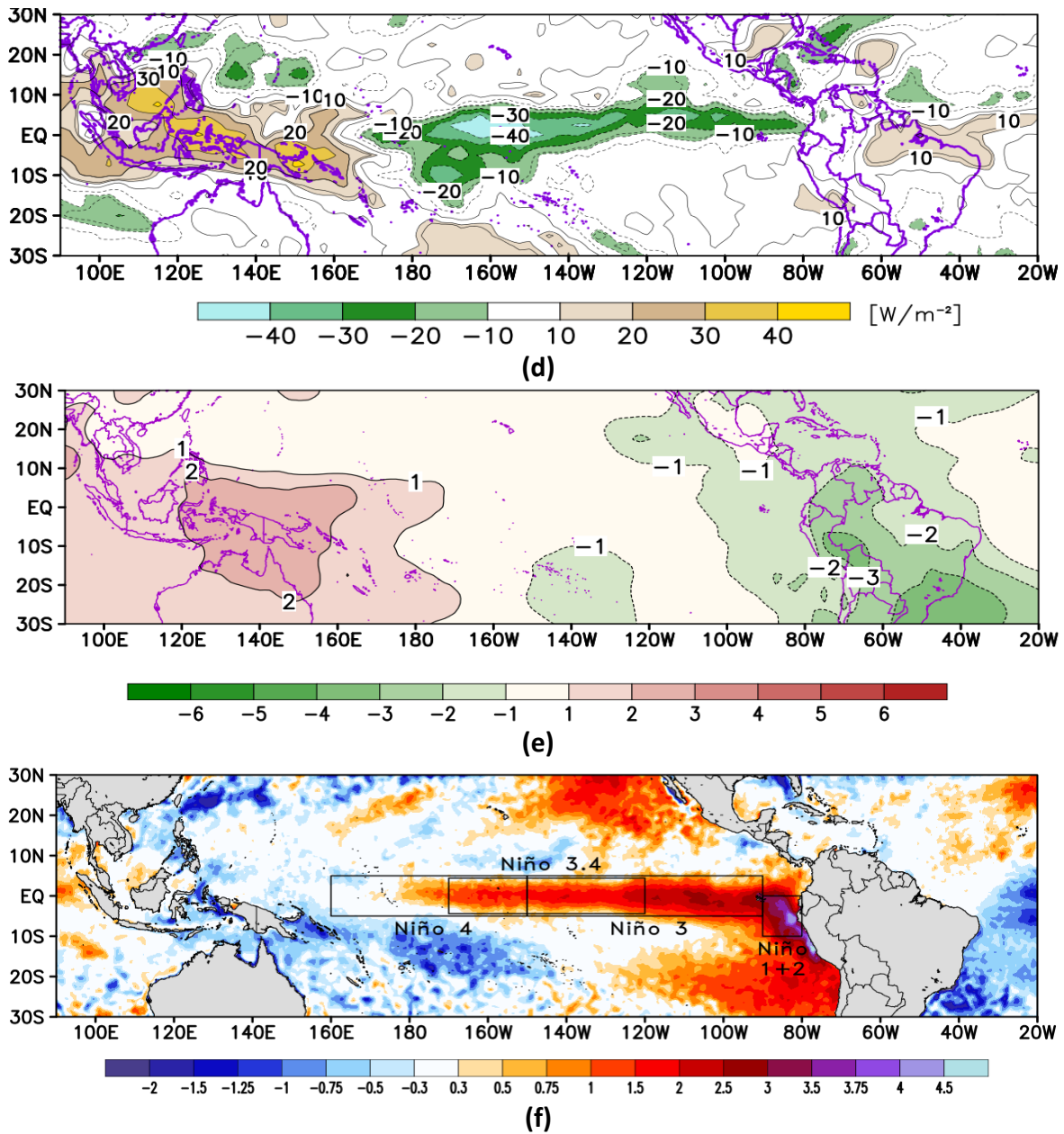


Figura 10. Análisis espacial de las componentes atmosféricas (a, b, c, d y e) y oceanográficas (f) embebidas en la fase inicial del el Niño 1997 – 1998.

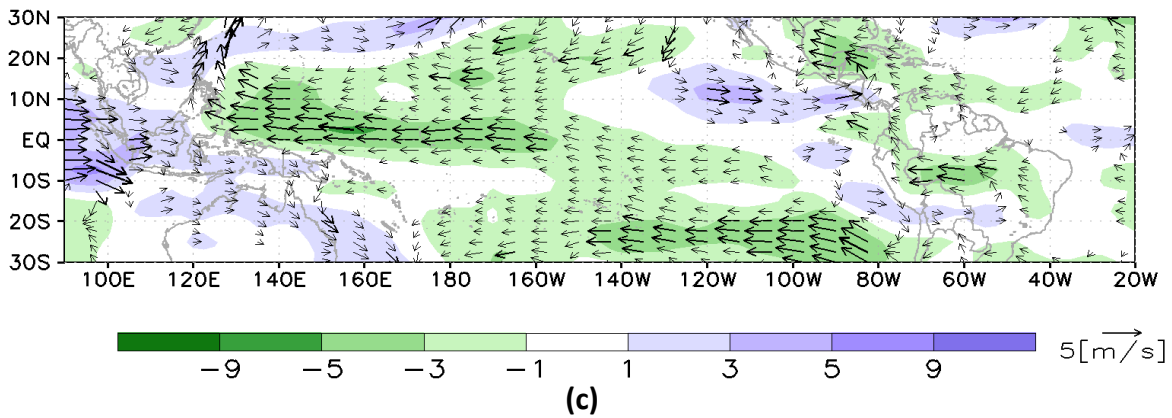
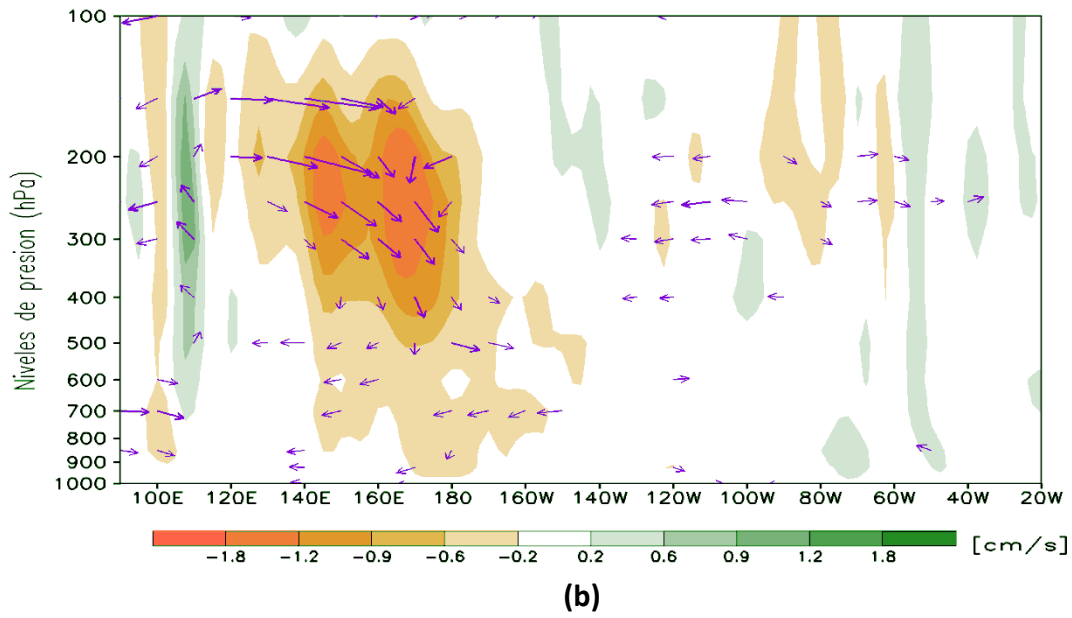
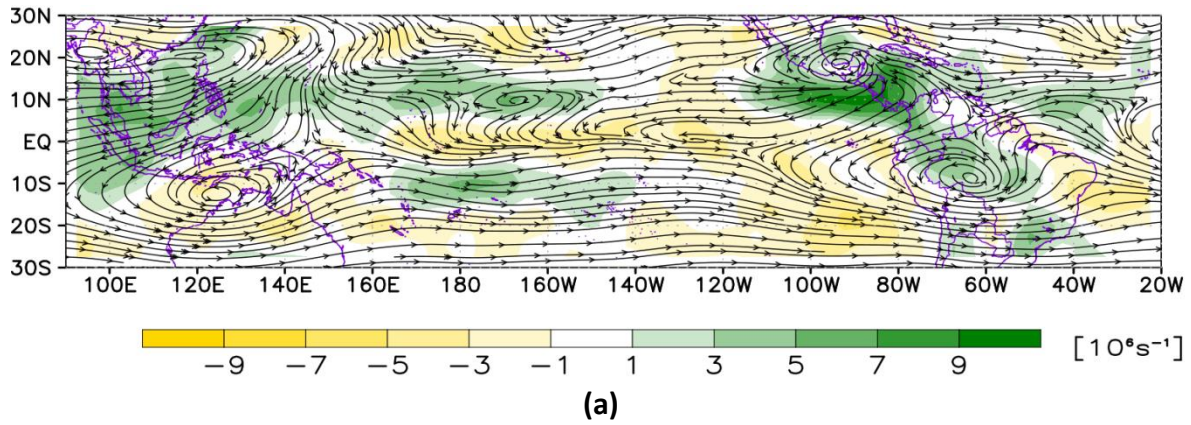
De la Fig. 10, es notorio ver que el acoplamiento océano – atmosférico ya se venía desarrollando a lo largo del Pacífico ecuatorial, en acuerdo a la etapa inicial del índice desarrollado, viéndose las siguientes características relevantes:

- ❖ El calentamiento oceánico superficial estuvo centrado al flanco oriental del Pacífico, con valores máximos de ATSM en el Pacífico ecuatorial central-oriental (180 – 80°W) y la costa occidental de Sudamérica. Por otro lado, hacia el Pacífico occidental, anomalías negativas predominaron con extensión hacia la zona de

convergencia del Pacífico Sur. La distribución del calor oceánico hacia latitudes medias moduló el paso de tren de ondas rápidas de gran extensión hacia Sudamérica (Fig. 10, f).

- ❖ La expansión de las anomalías positivas/negativas de la presión reducida a nivel del mar (PRMSL, por sus siglas en inglés) en ambos flancos (oriental/occidental) del Pacífico como respuesta a inestabilidad/estabilidad de baja atmósfera relacionada a la expansión/compresión adiabática anómala desde alta troposfera para el trópico (Fig. 10, e).
- ❖ Fase negativa de la oscilación de Madden – Julian (MJO), la cual se expresó como el confinamiento de dos circulaciones anticiclónicas (Dipolo de altura) a 200 hPa con apoyo de divergencia de viento maximizada sobre el Pacífico occidental (aprox. 160°E – 130°W). La persistente fase divergente en alta atmósfera estimuló la convección a largo del Pacífico ecuatorial. Fuerte expansión troposférica intensificó la dorsal al norte de Sudamérica, dado el calentamiento exacerbado en el Pacífico ecuatorial central-oriental, con extensión 0-10S/120W-40W. Esta configuración estuvo asociada a una circulación anticiclónica del hemisferio norte ubicada en la costa de oeste de California (Fig. 10, a).
- ❖ Fuerte ascenso vertical de viento anómalo se observó sobre el Pacífico ecuatorial, confluyentes entre 140W – 95W. Señal que permitió el fortalecimiento de la convección libre, disminuyendo la cortante de viento y debilitando la configuración de la circulación ecuatorial (Walker) normal, la cual debió mostrar descensos fuertes. Esta convección proyectada hacia el flanco ecuatorial oriental del Pacífico forzó la inversión de los alisios en dirección oeste en la sección posterior a la zona de máxima convección (160E – 120W) y menguó el rol del viento del este característico en invierno, viéndose como un patrón de anomalías de viento del oeste en troposfera baja a 850 hPa con un máximo centrado entre 160E – 160W. Estos pulsos del oeste generaron fuertes ondas Kelvin cálidas que incursionaron hacia la costa noroccidental de Sudamérica (Fig. 10, b y c).
- ❖ Las anomalías negativas de ROL se posicionaron en gran parte de la línea ecuatorial representando a la interacción del calentamiento del mar y liberación de energía en forma de radiación, manifestándose como altas concentraciones de precipitación. Por otro lado, al norte de Australia, se dieron condiciones deficientes en lluvias, vistos como anomalías de ROL positivos (Fig. 10, d).

Seguidamente, en la fase fría del ENSO (Fig. 9, sección superior izquierda), para octubre del año 1998, el “acoplamiento océano – atmosférico negativo” estuvo relacionado a condiciones dinámicamente estables, intensificándose los patrones normales durante la Niña de 1998 – 1999. Las principales señales estuvieron asociadas con:



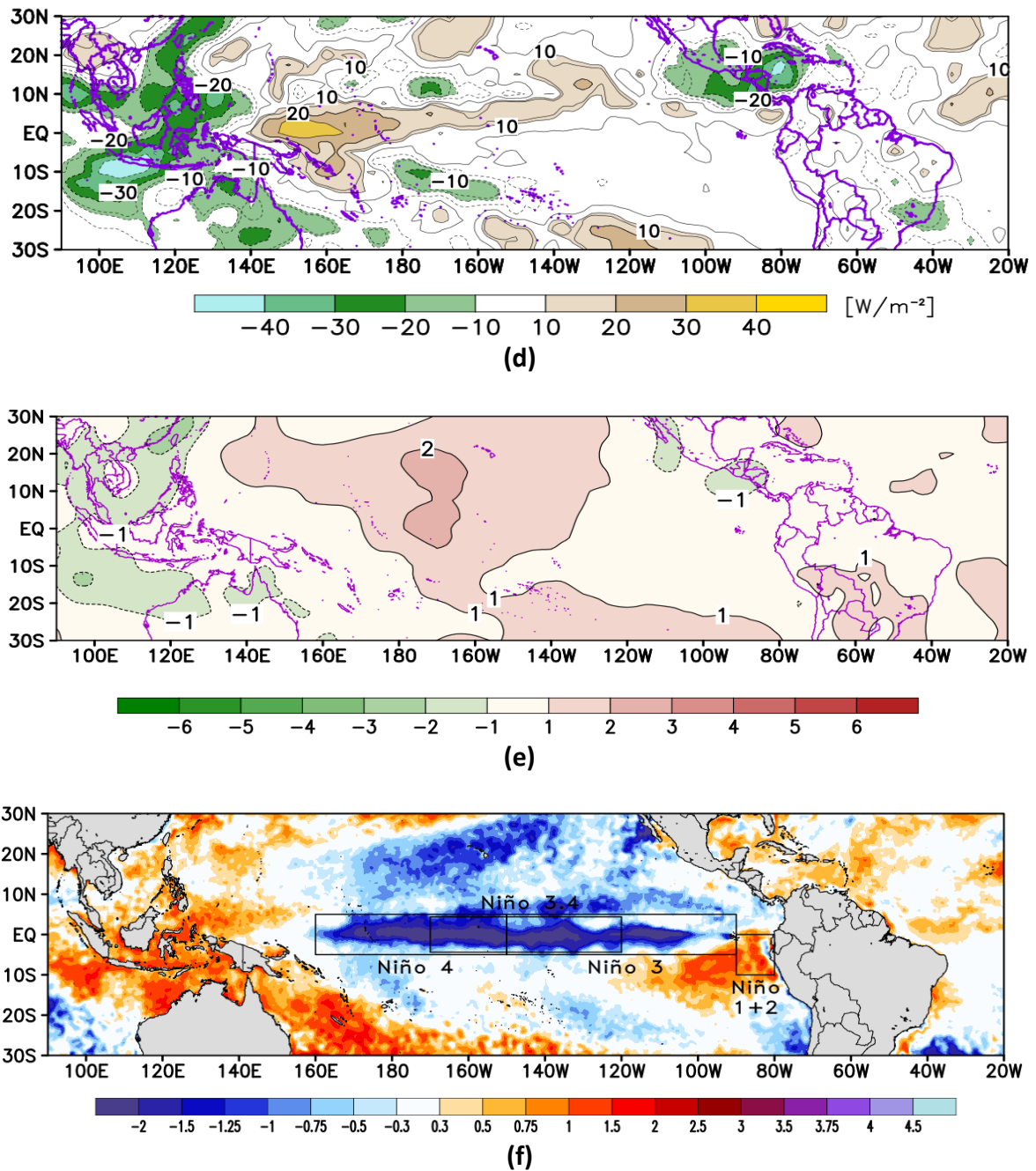


Figura 11. Análisis espacial de las componentes atmosféricas (a, b, c, d y e) y oceanográficas (f) embebidas en la fase inicial de la Niña 1998 – 1999.

De la Fig. 11, se evidencia un acople océano – atmosfera negativo, con lo que se suprime la convección a lo largo de la línea ecuatorial. Durante el periodo inicial de la Niña se vieron las siguientes características:

- ❖ El patrón espacial mensual de la ATSM mostraba claramente un enfriamiento en todas las regiones de monitoreo, excepto en el Niño 1 + 2 donde predominaron anomalías positivas; al igual que en el extremo occidental correspondiente al extremo occidental del Pacífico. Este enfriamiento estuvo asociado al reforzamiento de la lengua fría ecuatorial. Presentándose, además, aguas costeras frías localizadas estuvieron relacionadas con el ingreso de aguas subtropicales superficiales (Fig.11, f).
- ❖ Estabilidad atmosférica en gran extensión sobre la cuenca del Pacífico, viéndose fortalecido el anticiclón tropical del sureste de Sudamérica, así como, el anticiclón del Pacífico norte (180-160W/0-20N), los cuales reforzaron los alisios del este en superficie. Este incremento de la surgencia de aguas frías costeras en el litoral peruano se asoció a la advección de aguas subtropicales frías del sur (30S), a través, del incremento del viento meridional (Fig.11, e).
- ❖ A escala sub-estacional, la MJO se vio más activa que en años normales. En el Pacífico ecuatorial, fuerte convergencia de viento se evidenció como una dorsal en niveles altos de la atmósfera. En Sudamérica, la alta de Bolivia se mostró aun configurada y sirvió de bloqueo a los flujos del oeste entrantes del Pacífico (Fig.11, a).
- ❖ Fuerte descenso vertical de viento (subsistencia reforzada) en la atmósfera media-alta, que fortaleció la difluencia de viento en superficie e intensificó los vientos alisios, vistos como anomalías de viento del este (140E – 140W). Este comportamiento del viento en troposfera baja, fue favorecido por la mayor actividad de Walker en superficie, inhibiendo la formación de Kelvin cálidas de hundimiento (Fig. 11, b y c).
- ❖ Las anomalías positivas de ROL se posicionaron en gran parte de la línea ecuatorial, con mayor liberación de energía en forma de ROL entre 150E - 170W, debido a proyección de las anomalías de viento del este hacia el Pacífico ecuatorial occidental. Por otro lado, debido al calentamiento del mar en el extremo oeste del Pacífico (noroeste de Australia), fuertes anomalías negativas de ROL estuvieron asociadas a gran cobertura nubosa; escenario similar en Centro América (Fig. 10, d).

3.6. DETERMINACIÓN DE EVENTOS EL NIÑO Y LA NIÑA PASADOS, BAJO LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE ACOPLADO OCÉANO-ATMOSFÉRICO: IOSEC-ATSM (NIÑO 3.4).

La determinación de los eventos históricos El Niño y La Niña se realizan a partir del año 1950, dado que los datos del ERSST.v4 inician en dicho año. Los eventos El Niño/La Niña identificados con el modo de monitoreo planteado son mostrados en la Tabla 1 y 2.

AÑO INICIAL	MES	AÑO FINAL	MES	DURACION (MESES)	MAGNITUD
1957	NOVIEMBRE	1958	MARZO	5	MODERADO
1965	AGOSTO	1966	ENERO	6	MODERADO
1972	AGOSTO	1973	FEBRERO	7	FUERTE
1982	AGOSTO	1983	MAYO	10	MUY FUERTE
1986	NOVIEMBRE	1987	DICIEMBRE	14	MODERADO
1991	OCTUBRE	1992	MAYO	8	FUERTE
1994	NOVIEMBRE	1995	ENERO	3	DEBIL
1997	JUNIO	1998	ABRIL	11	MUY FUERTE
2002	JULIO	2003	ENERO	7	MODERADO
2009	NOVIEMBRE	2010	MARZO	5	MODERADO

Tabla 1. Eventos históricos El Niño.

AÑO INICIAL	MES	AÑO FINAL	MES	DURACION (MESES)	MAGNITUD
1950	ENERO	1950	MARZO	3	MODERADO
1955	JULIO	1956	ENERO	6	FUERTE
1964	JUNIO	1964	NOVIEMBRE	6	DEBIL
1970	AGOSTO	1971	OCTUBRE	15	MODERADO
1973	JUNIO	1974	ABRIL	11	FUERTE
1975	JUNIO	1976	ENERO	8	FUERTE
1988	JUNIO	1989	ABRIL	11	FUERTE
1998	OCTUBRE	1999	FEBRERO	5	MODERADO
1999	JULIO	2000	MARZO	9	MODERADO
2007	OCTUBRE	2008	MARZO	6	MODERADO
2010	AGOSTO	2011	FEBRERO	7	DEBIL

Tabla 2. Eventos históricos La Niña.

4. CONCLUSIONES

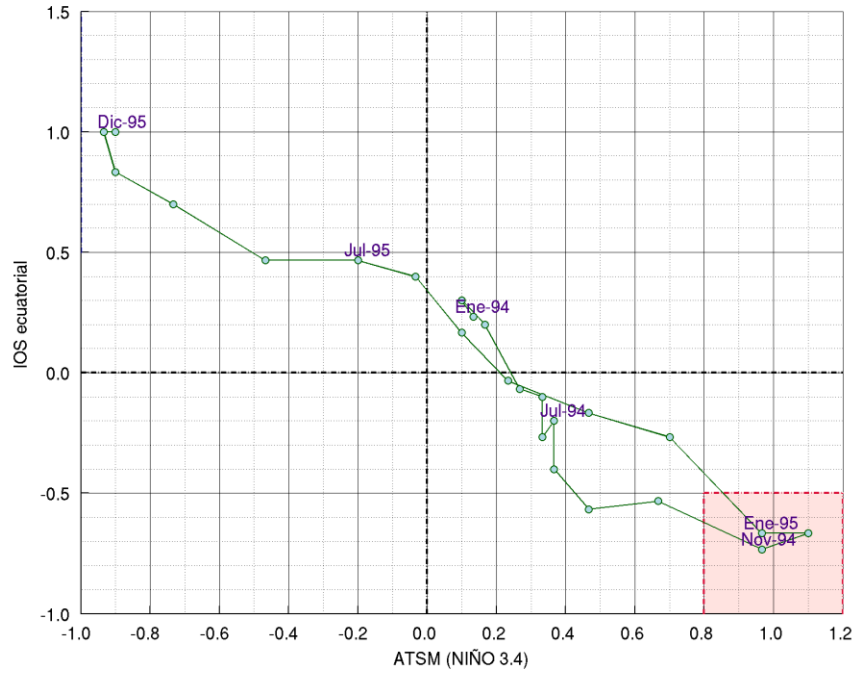
1. La metodología desarrollada para el monitoreo del ENSO, mediante el IOsec y la ATSM (Niño 3.4), permite hacer seguimiento del acople océano-atmósfera, pudiéndose identificar el inicio y fin de los eventos El Niño/La Niña.
2. El análisis de los eventos El Niño y La Niña pasados, permiten determinar que cada vez que se sobrepasen los umbrales establecidos, las condiciones océano-atmosféricas del estado ENSO correspondiente, persisten por los menos tres meses.
3. Tras determinar el inicio de un evento El Niño y/o La Niña bajo los parámetros establecidos; es posible observar durante su periodo de duración, tanto en océano y atmósfera, patrones característicos asociados a la fase del ENSO correspondiente.

5. BIBLIOGRAFIA

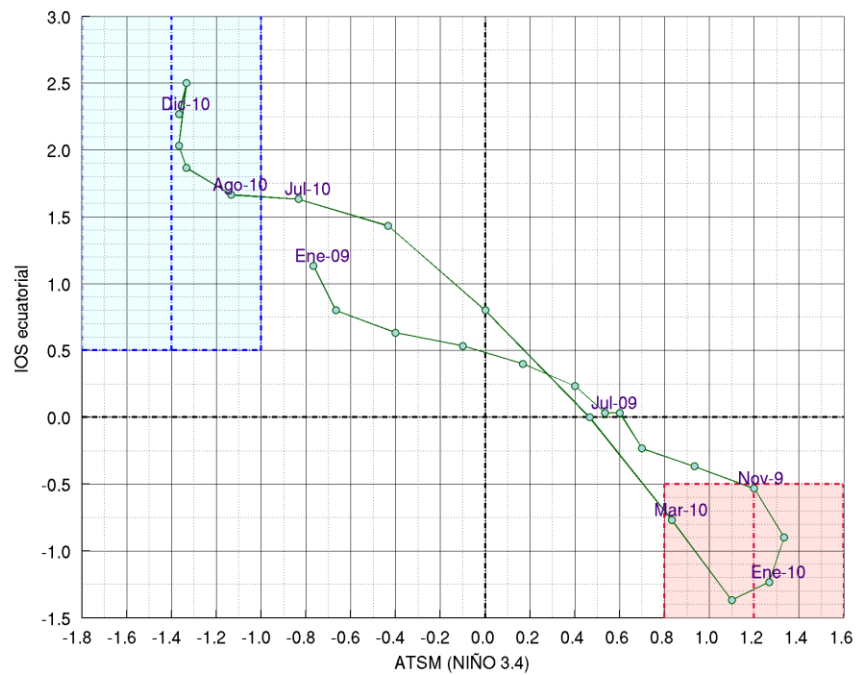
1. Aceituno, P. 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review*, 116, p. 505-524. Part II Upper air Circulation. *Journal of Climate*, 2, p. 341-355.
2. Bjerknes, J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Weather Rev.*, 97, 163-172.
3. Diaz, H.F. and Markgraf, V. 1992. El Niño, historical and paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge University Press.
4. Enfield, D.B. 1989. El Niño, past and Present. *Review of Geophysics*, 27, pp. 159-187.
5. Kuball, C.D. 2007. Diagnosis of the Pacific Decadal Oscillation in Global Climate Models. Iowa, Ames 16 pp.
6. Ramusson, E.M. 1985. El Niño and variations in climate. *American Scientist*, Vol. 73, pp. 168-177.
7. Rebert, J.P. and Donguy, J.R. 1988. The Southern Oscillation Index since 1882. *Intergovernmental Oceanographic Commission technical series*. Time series of ocean measurements, Vol. 4, Unesco, pp. 49-53.
8. Trenberth, K.E. 1984. On the evolution of the Southern Oscillation. *Monthly weather Review*, Vol. 115, No. 12, pp. 3078-3096.

6. ANEXOS

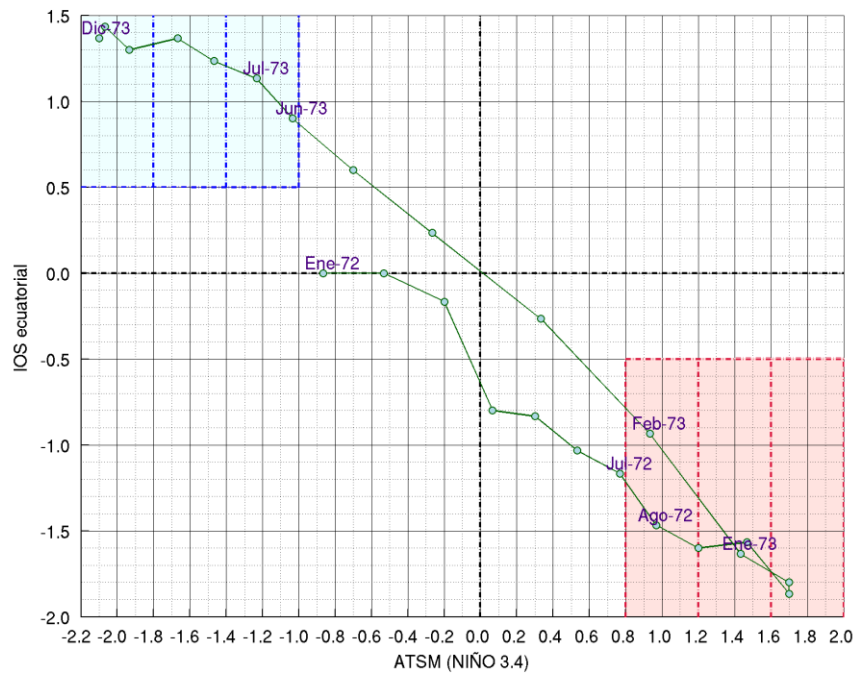
A) MONITOREO DE EL NIÑO 1994-1995 (INTENSIDAD: DEBIL)



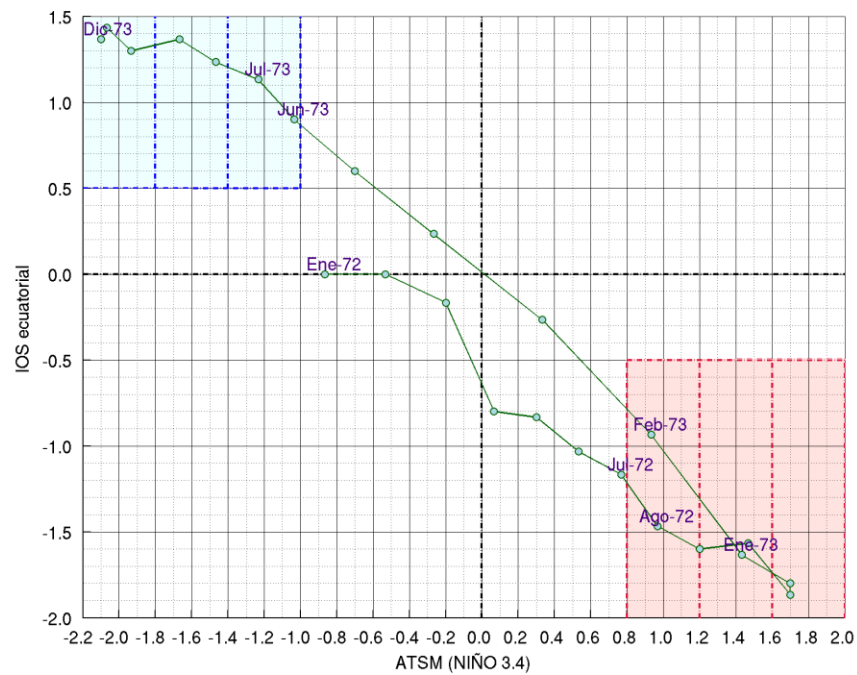
B) MONITOREO DE EL NIÑO 2009-2010 (INTENSIDAD: MODERADO)



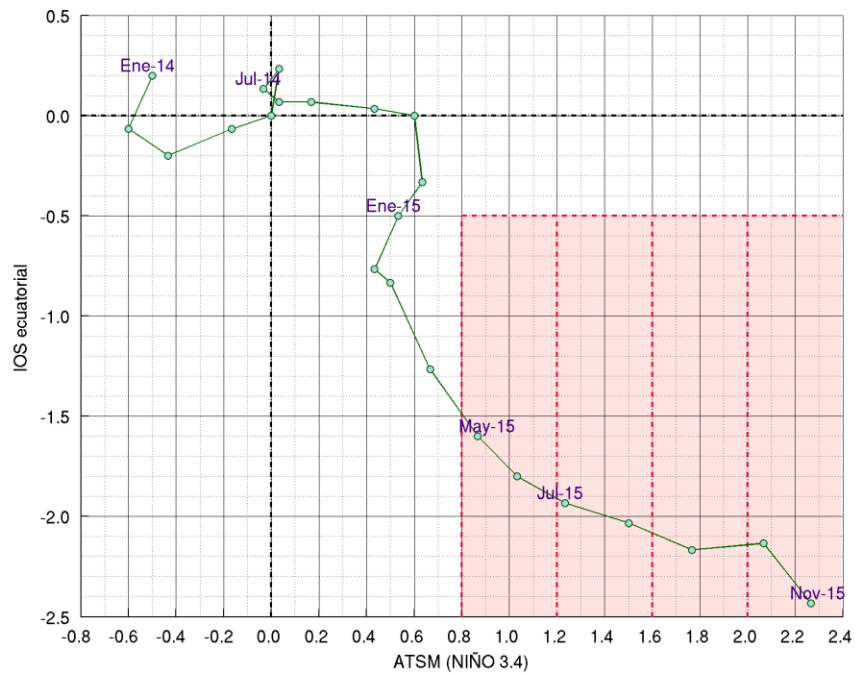
C) MONITOREO DE EL NIÑO 1972-1973 (INTENSIDAD: FUERTE)



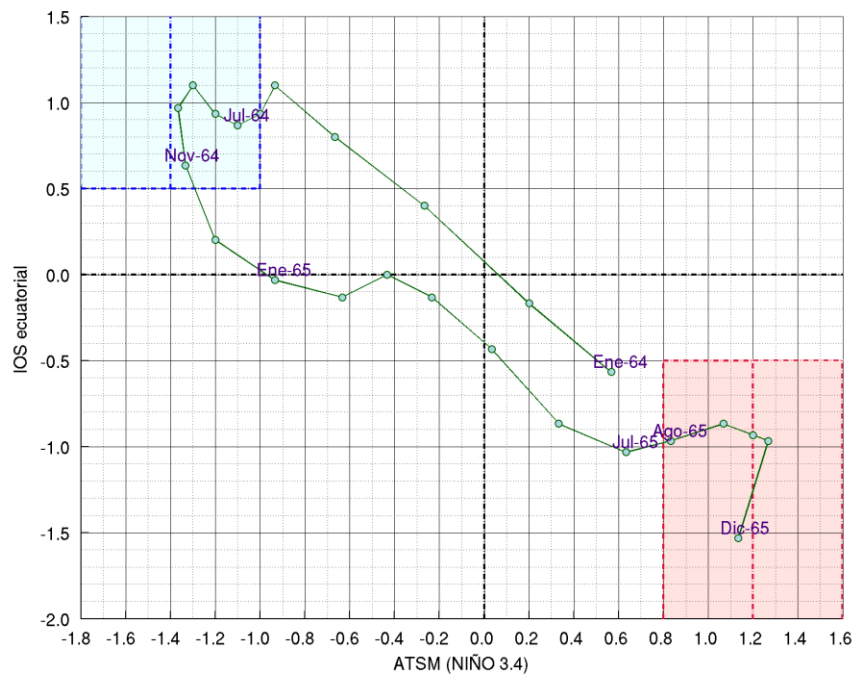
D) MONITOREO DE EL NIÑO 1972-1973 (INTENSIDAD: FUERTE)



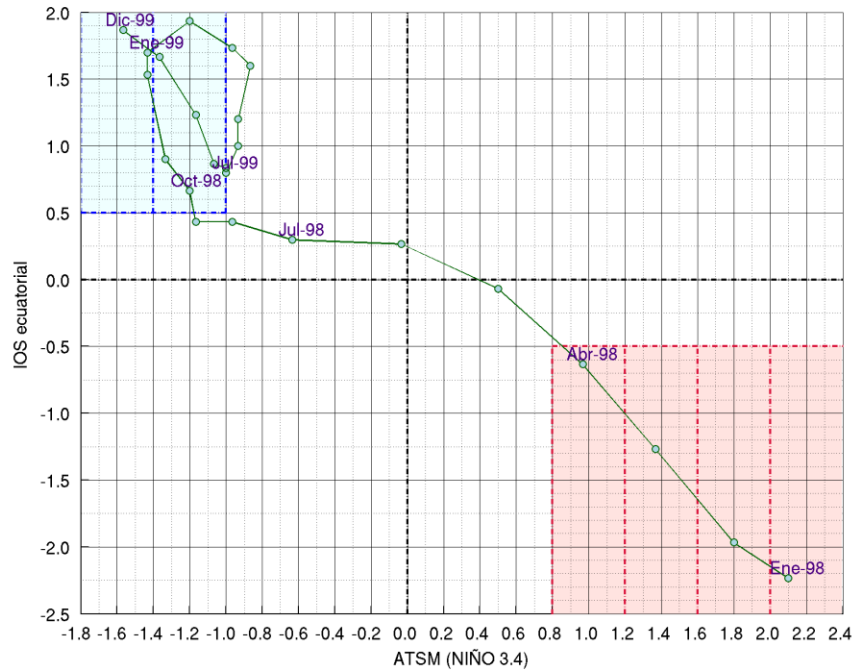
E) MONITOREO ACTUAL DE EL NIÑO 2015-2016 (INTENSIDAD: MUY FUERTE)



F) MONITOREO DE LA NIÑA 1964-1965 (INTENSIDAD: DEBIL)



G) MONITOREO DE LA NIÑA 1998-1999 (INTENSIDAD: MODERADA)



H) MONITOREO DE LA NIÑA 1973-1974 (INTENSIDAD: FUERTE)

