

PRONOSTICO CLIMATICO DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION BASADO EN EL ESTADO DE LAS TEMPERATURAS DEL MAR EN EL PACIFICO ECUATORIAL

Sandra Barreira y María Elena Segura

segura@ara.mil.ar

barreira@ara.mil.ar

RESUMEN

Se han elaborado una serie de Memorandos Técnicos mensuales desde octubre de 1998. En los mismos se describe el estado en que se encuentra la atmósfera y se elabora un pronóstico de precipitación y temperatura para los cinco meses siguientes a la fecha de elaboración del Memorando. El presente trabajo describe como se procede para la elaboración dicho pronóstico.

ABSTRACT

Monthly Technical Memorandum series has been issued since October 1998. Each Memorandum describes the state of the atmosphere on monthly basis and a climatic forecast of temperature and precipitation for the five following months is produced. Here we describe the methodology developed to accomplish the objectives.

Introducción

La variabilidad oceánica es un factor esencial para regular los cambios en el sistema atmósfera-océano y por lo tanto el clima de nuestro planeta (Bjerknes,1964; Kushnir,1994; Polonsky et al.,1995).

La atmósfera tiene un amplio espectro de variabilidad que va desde escalas muy cortas y rápidas hasta las climáticas y de escala planetaria, mientras que el océano es más lento e inercial en sus reacciones. Pero, en particular los cambios de baja frecuencia de la circulación oceánica meridional y los flujos de calor de superficie debidos a la variabilidad de la temperatura de la superficie del mar, son las causas principales de la variación a largo plazo del sistema acoplado mar-atmósfera determinantes de fluctuaciones

climáticas. El conocimiento de la interacción entre ambos sistemas es un tema de continua investigación en el Servicio de Hidrografía Naval de acuerdo a la Ley Hidrográfica 19922 y su decreto.

En el Servicio Meteorológico de la Armada se han elaborado, desde octubre de 1998 hasta la fecha, una serie de Memorando Técnicos mensuales que contienen información sobre el estado de las temperaturas en el Pacífico ecuatorial y el correspondiente pronóstico de temperatura y precipitación para el litoral atlántico a cinco meses, a partir del momento en el que se confecciona el Memorando.

El propósito de estos informes es determinar la relación entre el comportamiento de las temperaturas de la

superficie del mar en el Pacífico ecuatorial (figura 1) y otros parámetros como por ejemplo, las anomalías de radiación (figura 2), la presión de la superficie del mar (figura 3), los vientos en los distintos niveles (figura 4), la variación de la termoclina (figura 5), y establecer como afecta directa o indirectamente sobre el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones, así como realizar el seguimiento de las diferentes variables meteorológicas a lo largo de los meses.

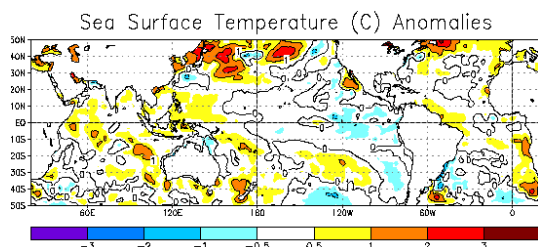


Figura 1. Anomalías de la temperatura de la superficie del mar (SST) para el mes de agosto del 2000 basados en cálculos realizados para el período 1950-1979 por Reynolds y Smith, 1995.

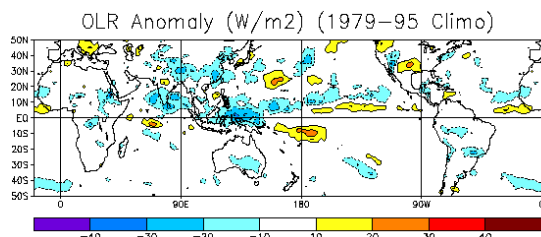


Figura 2. Anomalía de la radiación de onda larga para el mes de agosto del 2000 calculados sobre la base de los años 1979-1995.

Los Memorando que se elaboran apuntan también a un mayor conocimiento del sistema acoplado mar-atmósfera y sus interacciones, así como a determinar las influencias que los cambios en el sistema producen en otras regiones del planeta. En especial el interés recae en ver como los eventos ocurridos en el Pacífico ecuatorial afectan el clima en Sudamérica y en el océano Atlántico Sur. Dicha influencia se manifiesta por los cambios en los

regímenes de precipitación y temperatura de la región. Poder obtener un pronóstico adecuado para estas variables es un objetivo fundamental ya que tanto la temperatura como la precipitación tienen incidencia directa

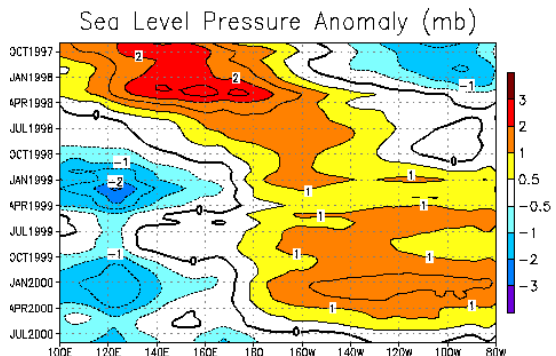


Figura 3. Diagrama de Hovmöller de anomalías de la presión a nivel del mar. (Gráficos adquiridos en el sitio web del NCEP)

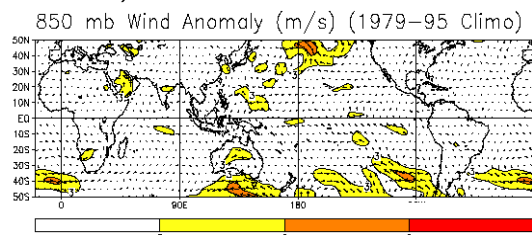


Figura 4. Anomalías de la intensidad y dirección del viento en 850 hPa para el mes de agosto del 2000. (Gráfico adquirido en el sitio web del NCEP)

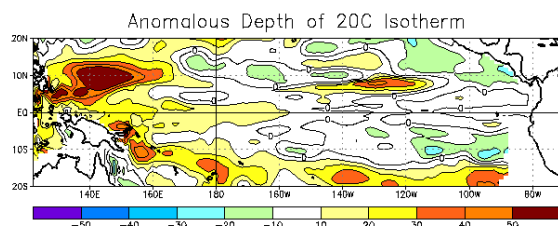


Figura 5. Anomalía de la profundidad de la isoterma de 20 °C para el mes de agosto del 2000. (Gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

sobre las economías regionales de los países, en cuanto a que si las condiciones de estas variables son favorables es

factible conseguir, por ejemplo, un buen rendimiento de las cosechas. Por otro lado, si existen situaciones adversas extremas (sequías y/o inundaciones), no solo afectan la economía del país en cuestión sino que se pondría en riesgo la vida y las propiedades de las personas.

Todo lo investigado permite realizar pronósticos, tanto a corto como a largo plazo, de las dos variables que más afectan las actividades humanas en diferentes zonas del planeta. Dicha previsión temprana a largo plazo, aunque pueda tener sus falencias, puede prever paliativos ante fenómenos inevitables. En estos Memorandos los pronósticos se elaboran solamente para las zonas costeras de América del Sur y la cuenca del Paraná.

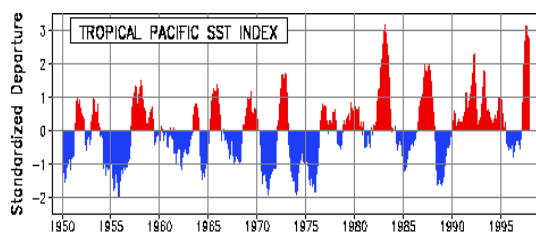


Figura 6. Índice de SST del Pacífico o Índice ENSO Multivariado (MEI). (Gráfico del sitio web de la NOAA-CIRES)

Modelos utilizados para elaborar el pronóstico

La aparición de computadoras potentes que permiten almacenar gran cantidad de datos y ejecutar modelos complejos, permitió que muchos científicos de los grandes centros regionales, se dedicarían al estudio climático del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), (parte de los efectos de dicho evento ya eran conocidos en las costas peruanas desde mucho tiempo atrás y era utilizado por los nativos para programar sus actividades pesqueras) y desarrollaran diferentes pronósticos, especialmente, de la

temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial con por lo menos 8 meses de anticipación.

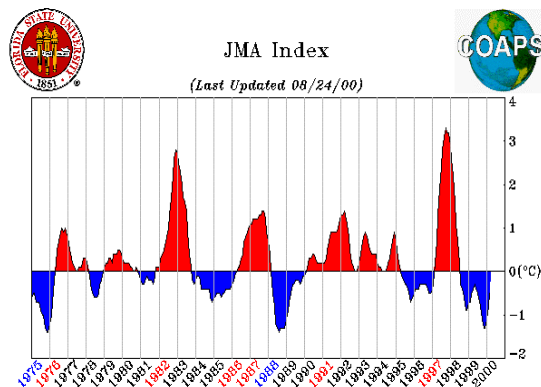


Figura 7. Índice JMA de la Universidad de Florida. (Gráfico adquirido en el sitio web de COAPS-FSU)

Usando las bases de datos existentes y los modelos de pronóstico más potentes, los grandes centros mundiales de procesamiento han reconstituido el estado de las temperaturas del mar desde mediados del siglo XIX hasta la fecha. Con estos datos se ha podido determinar los años en los que se han presentado los eventos cálidos (Niño) y los eventos fríos (Niña) a lo largo del siglo XX y realizar diferentes estudios de recurrencia del fenómeno. Uno de los índices que se utiliza para realizar el seguimiento de los eventos es el Multivariate ENSO Index (MEI) (figura 6). Otro índice que se utiliza es el JMA de la Agencia Meteorológica Japonesa EEUU (figura 7).

Entre los modelos de pronóstico más utilizados se encuentran:

- ◆ El modelo estadístico del NCEP, que pronostica las temperaturas de la superficie del Mar (SST) utilizando un sistema de análisis de correlaciones canónicas, CCA (Barnett, et al, 1988) (figuras 8, 9 y 10).

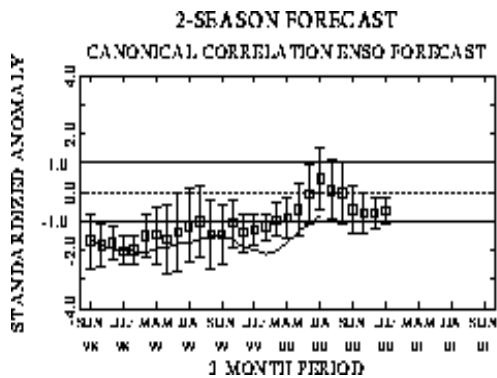


Figura 8. Pronóstico de las anomalías de las temperaturas del mar (SST) usando correlaciones canónicas.

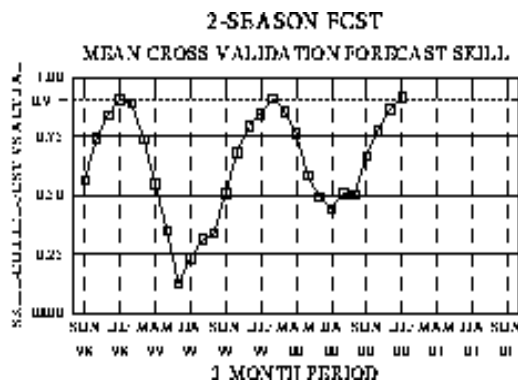


Figura 9. Validación del pronóstico.

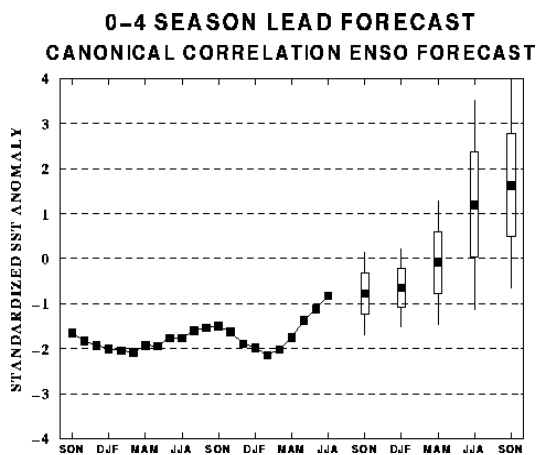


Figura 10. Anomalia estandarizada de SST. (Los últimos tres gráficos fueron adquiridos en el sitio web del NCEP).

- Modelo de pronóstico acoplado mar/atmósfera elaborado en el NCEP

(Ji, et al, 1998). (Figuras 11, 12 y 13)

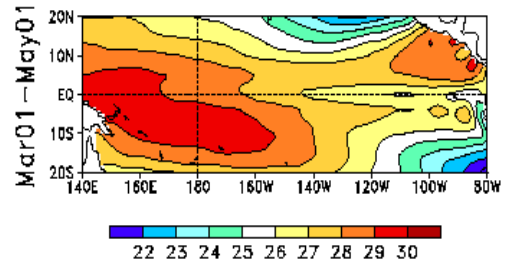


Figura 11. Media de SST trimestral pronosticada (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

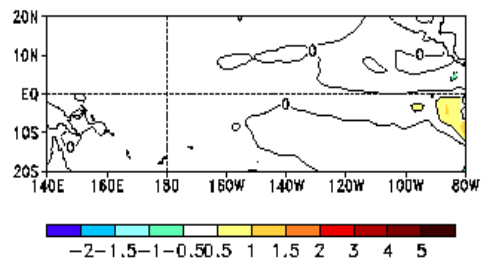


Figura 12. Anomalia pronosticada de SST. Trimestre Mar-Abr-May (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

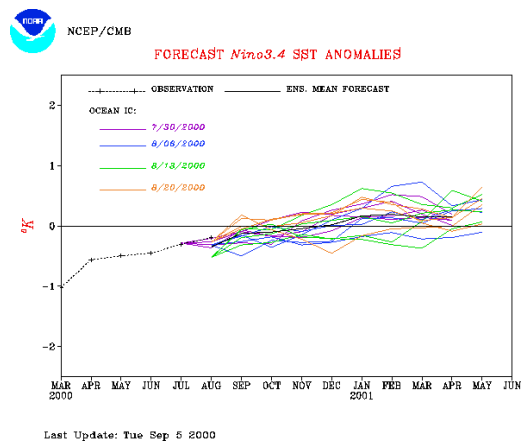


Figura 13. Pronóstico medio de las anomalías de SST, región Niño 3.4 (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

- ♦ Modelo LDEO (Lamont-Doherty Earth Observatory) (Chen, et al, 2000) (figuras 14 y 15)

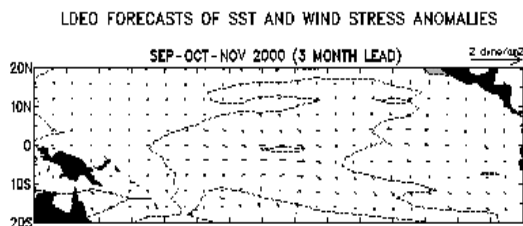


Figura 14. Pronóstico de anomalías de SST y tensión del viento.

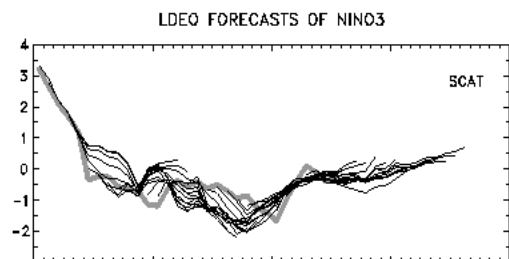


Figura 15. Pronóstico ensamblado de anomalías de SST para la región Niño 3 (gráficos adquiridos en el sitio web del NCEP).

- ◆ Modelo Linear Inverso (Penland et al., 1993) (figura 16 y 17)

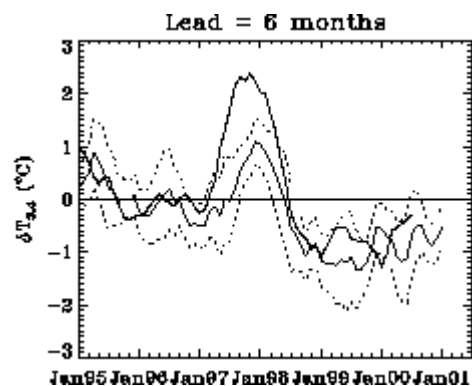


Figura 16. Pronóstico de anomalías de SST para el área Niño 3 (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

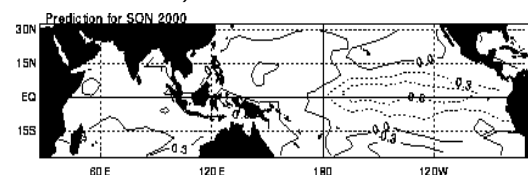


Figura 17. Pronóstico de anomalías de SST para el trimestre SON 2001 (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

- ◆ Modelo global Blend del Instituto Internacional de Investigación para la predicción Climática (IRI) (figura 18)

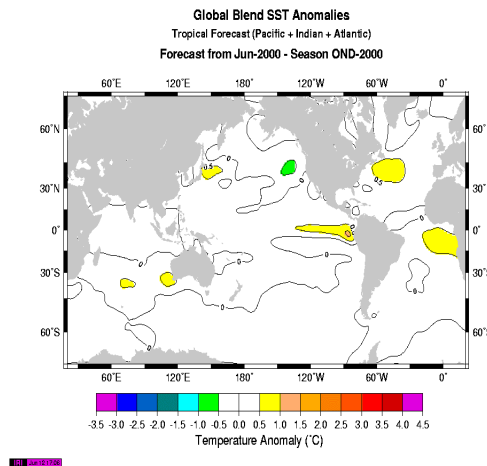


Figura 18. Pronóstico de anomalías de SST para el período Oct-Nov-Dic 2000 (gráfico adquirido en el sitio web del ECMWF).

- ◆ Modelo acoplado estacional del Centro Europeo de Pronóstico a Mediano Plazo (ECMWF) (figura 19)

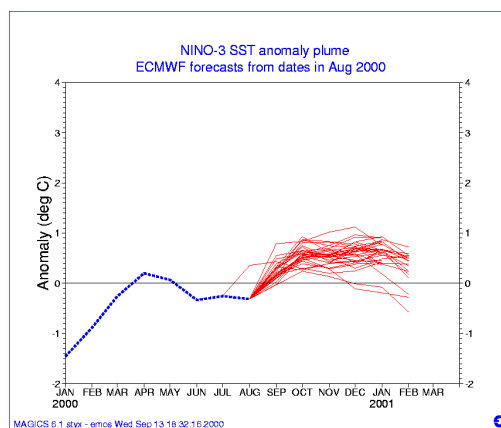


Figura 19. Pronóstico ensamblado de las anomalías de SST del ECMWF a partir de julio del 2000 hasta enero del 2001 (gráfico adquirido en el sitio web del ECMWF).

- ◆ Modelo Híbrido acoplado del Scripps / Max Planck Institute (Barnett, et al, 1993) (figura 20)

SIO/MPI HCM-T3.0 Tropical SST Anomaly Forecast, 08 Sep 2000

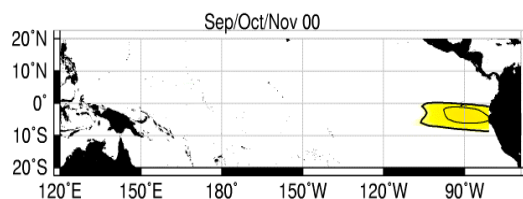


Figura 20. Pronóstico de anomalías de SST para el trimestre sep-oct-nov 2000 (gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

Metodología empleada para realizar los pronósticos

La información proporcionada por los modelos de pronóstico para las SST y sus anomalías permite una primera aproximación a lo que será la evolución de la temperatura del mar en el Pacífico ecuatorial para, por lo menos, los 6 meses siguientes a la elaboración del pronóstico por los más importantes centros mundiales.

Según la anomalía pronosticada, su intensidad y los campos registrados de todas las variables correspondientes al mes anterior sobre el que se está realizando el pronóstico, se procede a evaluar la posibilidad de estar dentro de un año de evento extremo (cálido o frío), en algún año anterior o posterior a dicho evento o tal vez un período con mayor similitud con la media climatológica. Llamaremos a esta selección "**caso tipo**" para el trimestre a pronosticar.

Una vez seleccionado el caso tipo se le compara con pronósticos estadísticos de anomalías medias mundiales de eventos Niño o Niña y de años anteriores y posteriores a dichos eventos, como por ejemplos los presentados en las figuras 21 y 22.

Con esta información se elaboran, para las zonas costeras de América del Sur y la cuenca del Río Paraná, el pronóstico de áreas con porcentaje de precipitación por encima o debajo de la media trimestral y, además, el pronóstico

de los valores de la anomalía de la temperatura con respecto a la media del trimestre.

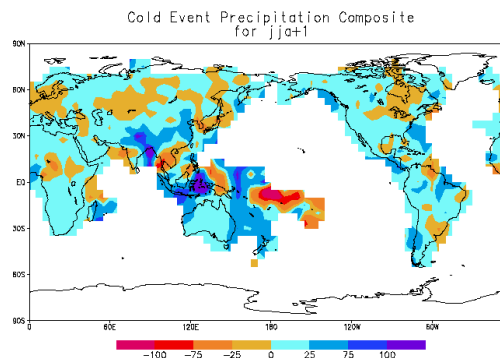


Figura 21. Mapa climático de anomalías de precipitación porcentual correspondiente a un año posterior a un evento frío para el trimestre junio-julio-agosto. (Gráfico adquirido del sitio web del NCEP).

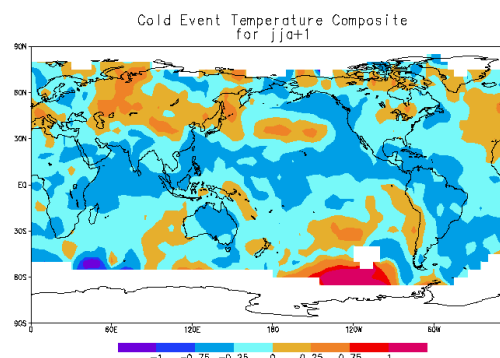


Figura 22. Mapa climático de anomalías de temperatura correspondiente a un año posterior a un evento frío para el trimestre junio-julio-agosto. (Gráfico adquirido del sitio web del NCEP).

A pesar de toda la información con la que se cuenta, no existen trabajos climatológicos globales de campos trimestrales de anomalías de temperatura y precipitación para años de transición entre eventos extremos, ya que estos estarían asumidos como campos similares a los medios. Por lo que, en un período de transición entre eventos como el de este año, resulta más difícil la evaluación de los efectos a largo plazo sobre el clima y

nuestro pronóstico se ve perjudicado por la variabilidad propia del sistema atmósfera-océano-biósfera.

Igualmente cabe aclarar que siempre se está comparando con campos climatológicos de anomalías que son mucho más suavizados que las anomalías puras de un mes o trimestre determinado, desapareciendo lugares aislados con características propias y diferentes a las zonas aledañas.

Verificación del pronóstico

Para la verificación de los pronósticos de precipitación se emplean dos tipos de información: registros de las precipitaciones en estaciones como los que se ven en las figuras 23, y campos analizados de América del Sur basados en datos reales y mediciones satelitales como los de la figura 24 y campos de reanálisis de modelos del NCEP como los de la figura 25.

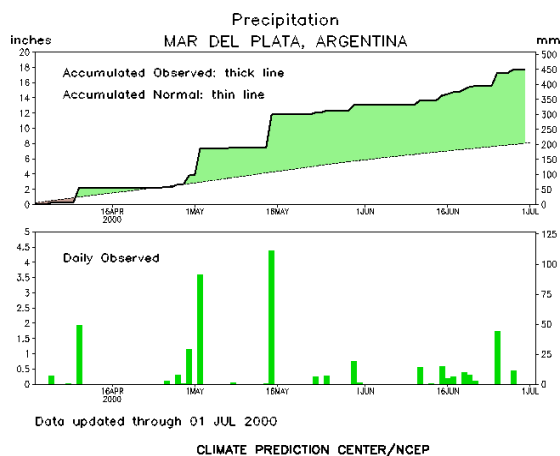


Figura 23. Registro de precipitación en la ciudad de Mar del Plata durante el trimestre abr-may-jun del 2000. La zona verde por encima de la curva que indica la media es exceso de precipitación. (Gráfico adquirido del sitio web del NCEP).

Para la verificación de los pronósticos de temperatura también se utilizan diferentes fuentes de datos como por ejemplo los que se pueden ver en las figuras 26 y 27 que

corresponden a campos analizados en la NOAA y el NCEP respectivamente.

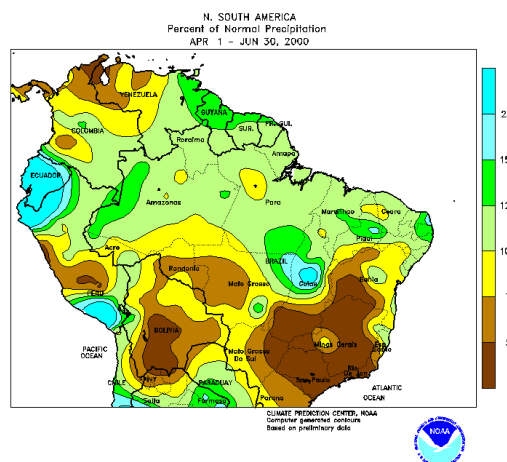


Figura 24. Porcentaje de la precipitación registrada en la región norte de América del Sur durante el trimestre abr-may-jun del 2000. (Gráfico del sitio web de la NOAA).

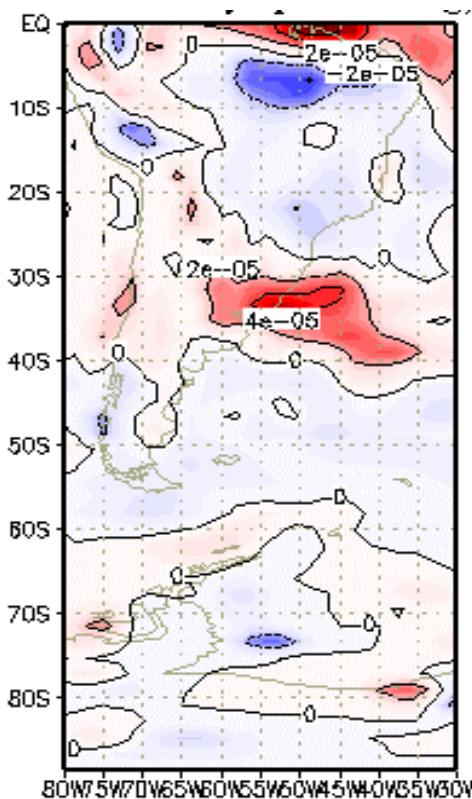


Figura 25. Gráfico de anomalía de precipitación para Sudamérica. (Gráfico adquirido en el sitio web del NCEP).

Hasta el momento los resultados mostraron que la resolución areal es

bastante representativa. Se está trabajando en formas más ajustadas de pronóstico para incrementar la resolución y exactitud de los mismos. Igualmente, no se completó hasta el momento la verificación de la totalidad de los pronósticos debido a la limitada capacidad de conexión a internet que hace imposible acceder a la información requerida para la verificación en tiempo y forma. Por lo cual para algunos trimestres se carece de la información requerida.

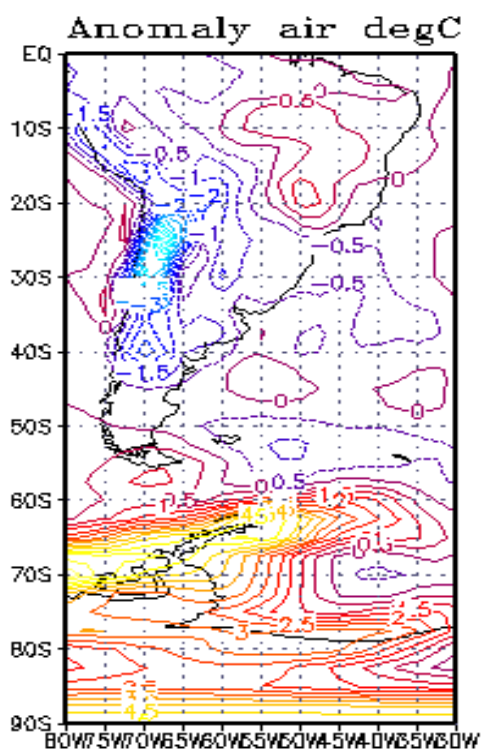


Figura 26. Anomalías de temperatura para el trimestre jun-jul-ago 2000 para Sudamérica. (Gráfico adquirido en el sitio web de la NOAA-CIRES).

Conclusiones

Durante los dos años en los que se elaboró el Memorando Técnico se ha

Referencias

- Barnett y otros, 1988, *Science*, 241, 192-196.
- Barnett y otros, 1993, *Journal of Climate*, 6, 1545-1566.
- Bjerkness, J., 1964: *Atlantic air-sea interaction*. *Adv. Geophys.*, 10, N° 1, 1-82.

acumulado experiencia en el fenómeno extremo Niña (frío) y sus efectos sobre el clima en Sudamérica. Cabe destacar que sobre este evento que nos afectó recientemente o sobre el opuesto, evento Niño (caliente), se dispone de bastante información como para elaborar un pronóstico climático. El posterior aumento de la temperatura y la llegada a un período muy similar a la media anual de temperaturas en el Pacífico ecuatorial, ocasionó una falta de fuentes de información de predicción de los efectos sobre el clima regional. Por lo cual se procedió a una elaboración propia del pronóstico basada en la experiencia adquirida.

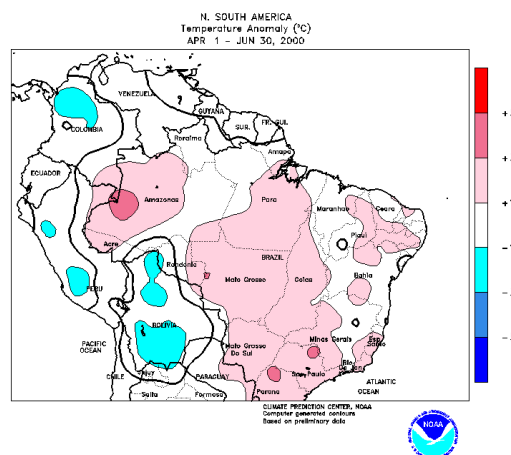


Figura 27. Campo de anomalías de temperatura registradas en el trimestre abril-jun del 2000 en Sudamérica. (Gráfico adquirido en el sitio web de la NOAA).

La lista de los Memorandos Técnicos que han salido se encuentra disponible en el sitio del Servicio Meteorológico de la Armada en intranet. El elaborado durante el último mes se puede consultar on-line en:

\\Siecs11\meteorologia\Default.ht

- *Chen y otros, Geophys. Res. Let., aceptado para publicación.*
- *Ji y otros, 1998, Mon. Wea. Rev, 126, 1022-1034*
- *Kushnir, Y., 1994: Interdecadal variations in the North Atlantic sea-surface*
- *Penland and Magorian, 1993, J.Climate, 6, 1067-1076*
- *Polonsky, A. y otros, 1995: Global manifestation of ENSO events and long-term coupled ocean-atmosphere variability, 94-95 en el Preprint de la Conferencia Internacional Científica Tropical Oceans Global Atmosphere (TOGA 95) 2-7 abril 1995, Melbourne, Australia.*
- *Reynolds y Smith, 1995, J. Climate, 8, 1571-1583*
- *Direcciones electrónicas*
www.coaps.fsu.edu
www.ecmwf.int
www.cdc.noaa.gov
www.cpc.noaa.gov