

EL FENOMENO DE EL NIÑO, PREDICCIÓN Y MODELAJE

Por: Dr. Carlos Čarbonel H. *

RESUMEN

Aspectos generales y particulares de la dinámica oceanográfica del Fenómeno de El Niño son presentados en base a resultados de estudios experimentales, así como de modelos matemáticos cuyos avances con fines de predicción de éste fenómeno, han incrementado las expectativas futuras en este campo. De manera particular, se enfoca la dinámica circulatoria frente a la Costa Norte del Perú durante 1982–1983.

INTRODUCCION

A intervalos irregulares, catastróficos efectos de El Niño tienen lugar, calentamiento masivo de las aguas originan una mortalidad de las aves guaneras y peces. A estos dramáticos eventos se les ha reservado el nombre de El Niño. Más esta denominación ha sido históricamente usada por las condiciones frente a las costas sudamericanas, pero estos cambios están conectados directamente a cambios en todo el Pacífico Tropical e indirectamente a cambios en el mundo tanto en la atmósfera como en el océano.

Uno de los eventos más catastróficos ha sido el evento del año 1982–1983, donde en octubre la temperatura Superficial del Mar (TSM) estuvo 5°C por encima del promedio normal. Las anomalías en profundidad fueron mayores llegando a tener la capa superior espesores hasta ahora nunca alcanzados.

El interés sobre el Fenómeno de El Niño a nivel mundial ha crecido, al haberse reconocido de que parte de patrones globales de anomalías tanto en el Océano como en la atmósfera. Las propiedades especiales de los movimientos tropicales son esenciales en el fenómeno de El Niño. Se ha podido notar que los vientos alisios prevalecientes a lo largo del Ecuador apilan aguas calientes en el lado oeste del Océano Pacífico, pudiendo un relajamiento de los vientos, en una región del Pacífico Tropical excitar paquetes de ondas Kelvin que perturbarán, al alcanzar las costas sudamericanas la termoclina y superficie del mar al propagarse de oeste a este. Un fenómeno análogo en pequeña escala, en lagos, es conocida como seiche como consecuencia de variaciones del esfuerzo de viento que mantenían cierta configuración de equilibrio.

Niveles de la superficie del mar del Océano Pacífico Tropical

En el océano tropical existe una relación entre el nivel del mar y la profundidad de la termoclina definida por la profundidad de isotermas seleccionadas o superficiales de densidad. En un sistema de dos capas los cambios del nivel del mar están relacionados a los cambios de la profun-

* Instituto Geofísico del Perú.

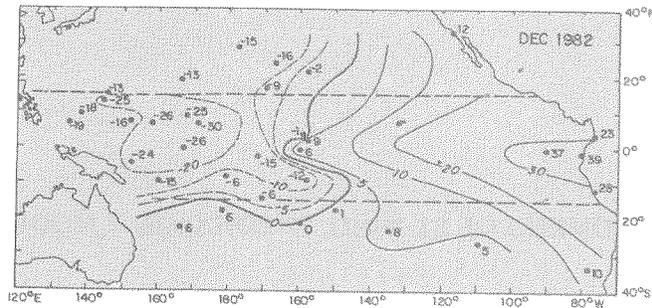


Fig. 1
Anomalía de la superficie del mar (cm) para diciembre 1982 (Wyrski, 1985).

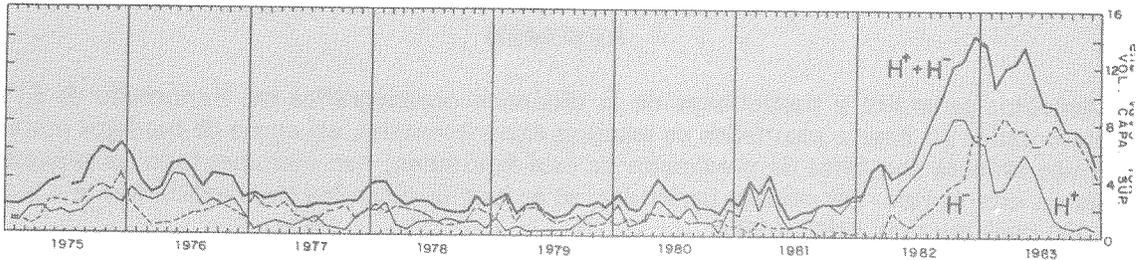


Fig. 2
Volumen de la capa superior del Océano (en 10^{14} m^3). H+ indica anomalías positivas, H- anomalías negativas y H + H la suma (Wyrski, 1985).

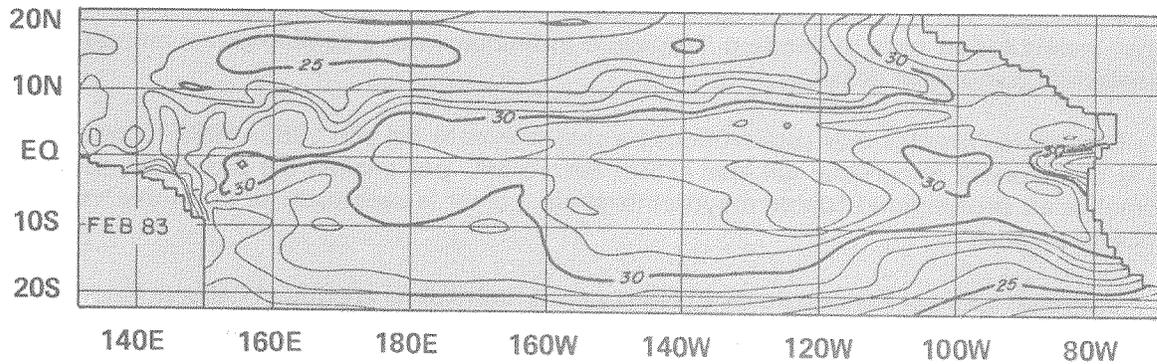


Fig. 3
Distribución de temperaturas calculadas a 5 metros de profundidad (Philander, Seigel, 1984).

idad de las isotermas por la relación:

$$\Delta \lambda = \Delta D \Delta \rho / \rho$$

con valores para $\Delta \rho / \rho$ de 0.005

Información de estaciones han permitido preparar mapas de las anomalías mensuales de el nivel del mar en el Pacífico Tropical, pudiéndose reconocer las características de gran escala de

las anomalías del nivel del mar en espacio y tiempo (Fig. 1). La relación entre la superficie del mar y la termoclina puede ser utilizada para el cálculo de el volumen de agua en la capa superior del océano (H) en la forma siguiente:

$$H = (\rho/\Delta\rho) \iint \Delta h \, dx dy$$

pudiendo obtenerse en forma separada las anomalías positivas y negativas del volumen de agua de la capa superior (H+, H-) la suma de estas anomalías nos dá la perturbación global mientras que la diferencia nos dá la perturbación neta. Una representación de las anomalías y perturbación total nos ilustra mejor el comportamiento de las aguas tropicales durante el ciclo de El Niño (Fig. 2).

Predicción y Modelaje

La predicción del fenómeno de El Niño está asociado a la del clima y por tanto es necesario enfocar los problemas predictivos al respecto con el fin de ganar objetividad en el enfoque particular del fenómeno de El Niño. La predicción climática busca a nivel global el caracterizar las variaciones del clima durante períodos de varios decenios y evaluar la posible reacción del clima ante influencias naturales o artificiales. En las escalas cronológicas decenales el mayor problema que limita la predicción climática es la incapacidad para describir y establecer un modelo de circulación oceánica mundial. Es decir que la predicción de cambios climáticos será posible solo elaborando modelos útiles que puedan ser probados en base a los bancos de datos, esto implica la determinación de los flujos de calor y agua y el equilibrio dinámico de la circulación, la descripción estadística de la variabilidad, la formación y modificación de la masa de agua. Las expectativas de predicción de comportamientos climáticos decenales a nivel global están cifradas en la próxima generación de ordenadores, los que permitirán utilizar modelos de las cuencas oceánicas para períodos de tiempo dilatados.

El problema más importante y fundamental para el modelaje matemático, es el de parametrizar los diversos procesos físicos que intervienen, como por ejemplo la transferencia de calor entre el océano y la atmósfera, la turbulencia y los procesos de mezcla, etc. En el caso de la turbulencia oceánica la cual puede generarse externamente por efecto del viento sobre la superficie o internamente por esfuerzos en la interfase en un sistema de dos capas. La complejidad es grande ya que en la representación simplificada de la estructura vertical se están considerando comportamientos del tipo homogéneo y la consideración de efectos de capa límite en las interfases es un problema que plantea dificultades en la configuración del modelo, ya que lo básico en la concepción del modelo es la definición de los procesos disipativos y los energéticos en función del tiempo si los estudios son impermanentes o de validez temporal media si son considerados procesos permanentes.

La elaboración de un modelo requiere de una adecuada descripción geométrica del medio. Si lo que se desea es cuantificar procesos de pequeña y media escala es necesario contar con una topografía y asegurar la tridimensionalidad circulatoria, de no ser así debe tenerse también en cuenta tales omisiones a fin de no esperar como respuesta del modelo algunos comportamientos del tipo cinemático cuya formulación se ha omitido.

El modelaje del Fenómeno de El Niño, requiere en este caso de la parametrización de los procesos de intercambio de calor y transferencia de momentum entre el océano y la atmósfera si se desea englobar los forzantes dinámicos del sistema acoplado. La cuenca oceánica tiene efectos del tipo dinámico a media escala y la configuración en las regiones costeras implica una dinámica que asociada a los esfuerzos de vientos locales caracterizarán regiones a lo largo de los continentes. Una de esas características del tipo regional y local es el afloramiento costero o surgencia el cual se origina como consecuencia de los vientos que fluyen a lo largo de la costa y por el efecto

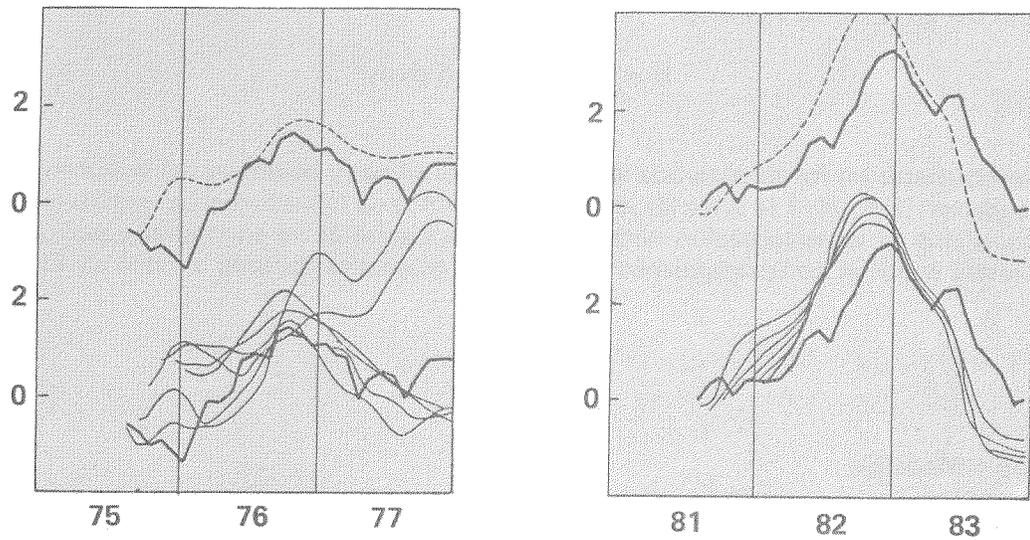


Fig. 4

Anomalía de Temperatura Superficial ($^{\circ}\text{C}$) promediada para el Pacífico Ecuatorial oriental, centradas para 1972 y 1982. Curvas delgadas son los diagnósticos con inicio en 6 meses sucesivos. La curva segmentada es el promedio de las 6 curvas, muestran que la línea gruesa es de los valores observados. (Cane, Zebiak, Dolan, 1986).

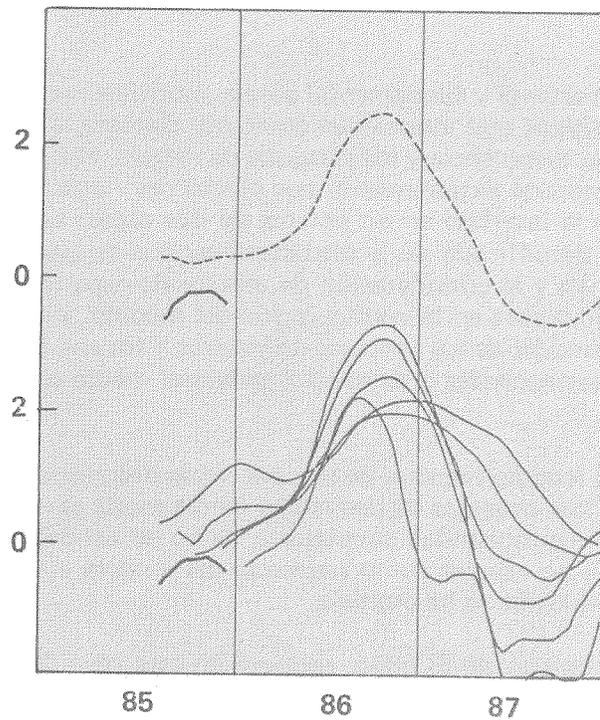


Fig. 5 Predicción para 1986 (Cane, Zebiak, Dolan, 1986).

de corioles las partículas de agua se desvían hacia el oeste en el hemisferio sur y al este en el hemisferio norte generándose una divergencia de aguas normal a la costas, las que son reemplazadas por aguas profundas frías y ricas en nutrientes. Esta descripción bastante simple en sí parece englobar todo sobre el afloramiento, más solo es el inicio en la comprensión del proceso y su comportamiento regional, ya que ante preguntas sobre la cuantificación de el proceso no aparecen respuestas, porque cuantificar implica el precisar comportamientos ya sean promedios o en función del tiempo de variables como velocidades, niveles de superficie o posiciones de termoclina. A esto solo se puede intentar respuesta mediante la sofisticación conceptual de la dinámica, matemáticamente hablando, en base a la estructuración de ecuaciones diferenciales o integrales de conservación de masa y movimiento, las que necesitan resolverse en forma aproximada y por métodos numéricos dada la complejidad de estas.

Para el estudio del Fenómeno de El Niño desde el punto de vista de gran escala, el área de interés comprende la región tropical ecuatorial desde la costa sudamericana hasta el otro lado. Entre los modelos más destacables por su desarrollo y resultados en los últimos años son los de Philander, Cane y Zebiak. El modelo de Philander para el Océano Pacífico es el más completo, del punto de vista de la formulación y estructuración. Es un modelo tridimensional con 27 niveles en la vertical, considerando transferencia de calor y turbulencia. Con este modelo se simuló el fenómeno de El Niño 1982–1983, existiendo discrepancias con lo sucedido en la realidad debido a problemas en la información existente para la definición de las condiciones iniciales así como la información imprecisa sobre los campos de vientos. Sin embargo los resultados han servido para obtener un cuadro coherente sobre como se desarrolló El Niño. En la fig. 3 se muestra la distribución de temperatura superficial (a 5 metros) calculada para febrero de 1983. El modelo de Cane y Zebiak, ha logrado buenos resultados con el fin de reproducir este fenómeno. En este modelo se consideran a las fronteras de tipo cajón, o sea un océano cerrado con paredes como fronteras. El modelo de Zebiak y Cane es un modelo acoplado océano–atmósfera. Es un modelo simple comparado con el de Philander, es de dos capas estando la capa inferior sin movimiento. Los efectos del viento se van a reflejar en las anomalías de la temperatura del océano superficial que a la vez se revierte y afecta la circulación atmosférica, resultando una interacción de dos medios, el atmosférico y el oceánico.

Ellos han trabajado con la información existente sobre el fenómeno de El Niño 78 y 82–83. Ellos realizaron diversos intentos sucesivos a intervalos de un mes con los datos que poseen en un instante determinado y dejan que interactúe la información oceánica con la atmosférica. En la parte superior de cada uno de los gráficos (fig. 4) se muestra la comparación del promedio con los datos observados, el modelo reproduce de manera cualitativa lo sucedido para una zona bastante amplia.

A fines de 1985 ellos predijeron un incremento de temperaturas para fines de 1986 (Fig. 5), que se está notando en la costa con un verano más cálido aunque con cierto desfase.

Un ejemplo del comportamiento hidrodinámico de una región de afloramiento durante el evento El Niño 1982–1983 en base a un modelo de dos capas es mostrado a continuación para la costa norte del Perú. Cabe notar que en esa época existió a pesar de todo divergencia de aguas hacia el oeste como lo muestran resultados del modelo (Fig. 6) en donde se muestra precisamente presencia de un flujo en dirección sur en la segunda capa, algo que ha sido verificado experimentalmente y mantenido por un gradiente de presión meridional el cual representa al gradiente de temperatura Norte–Sur (Lukas 1982).

REFERENCIAS

- Carbonel C. (1984) Modelaje del Océano. Curso Internacional School on Observational Techniques and Interpretation of El Niño Phenomenon, organizado por la Oregon University y el Instituto Geofísico del Perú, en Jicamarca, Octubre 1984.

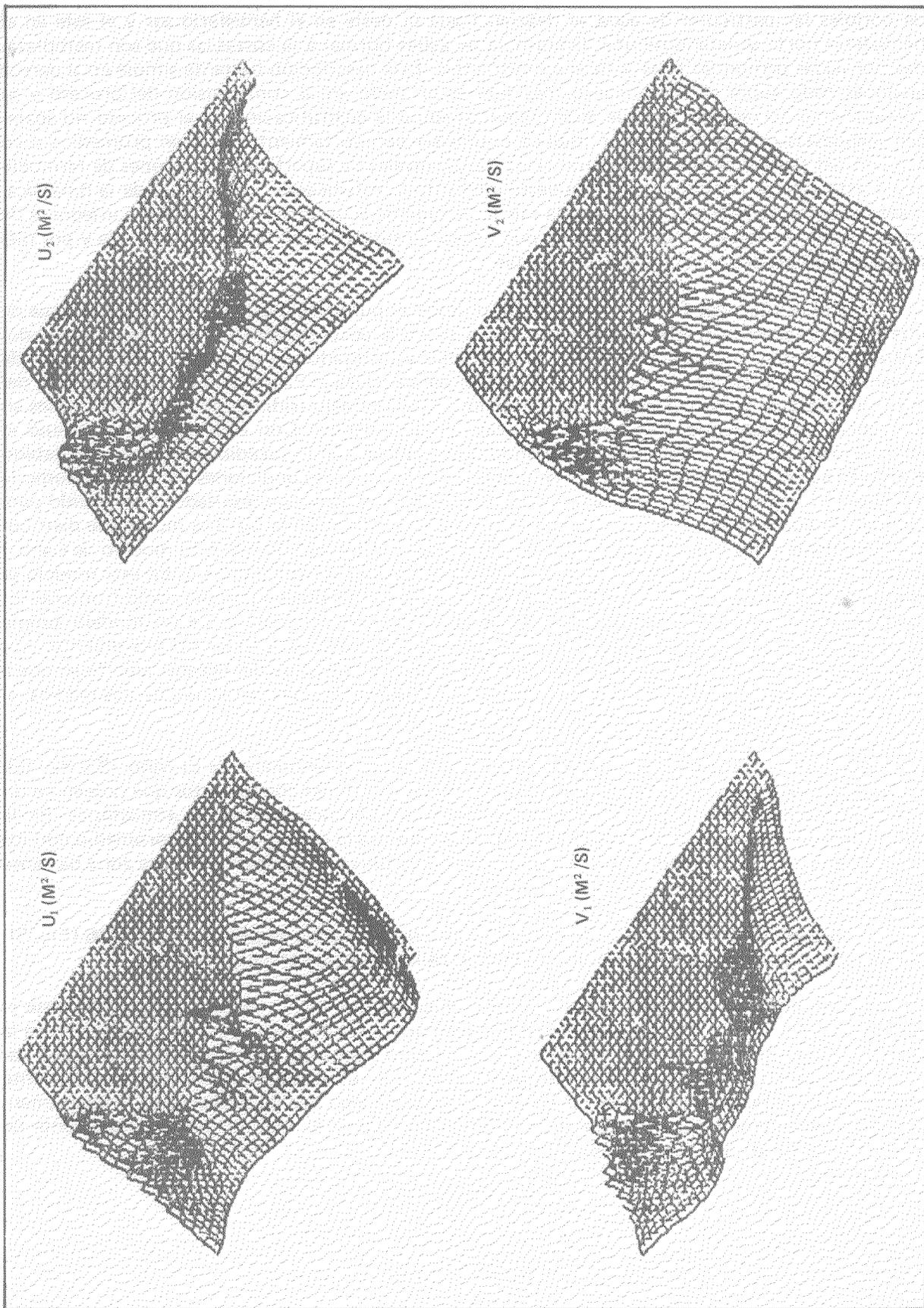


Fig. 6 Campo de transporte de flujo (m/s) en la capa superior (U_1 , U_2) y en la capa inferior (V_1 , V_2) siendo U_1 , V_1 componentes este-oeste y U_2 , V_2 componentes norte-sur.

- Carbonel C. (1986) "Modeling of Circulation in Coastal Upwelling Areas during The El Niño Event". Chapman Conference on El Niño: An International Symposium, Guayaquil, October 1986.
- Cane M., Zebiak S., Dolan S. (1986) "Experimental Forecast of El Niño", submitted to Nature Magazine, March 1986.
- Philander S.G., Seigel A.D. (1984) Simulation o El Niño of 1982–1983. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Princeton University.
- Wyrtki K. (1985) Water Displacements in the Pacific and the Genesis of El Niño Cycles. Journal of Geophysical Research, Vol. 90, No. C4, Pages 7129–7132, July 20, 1985.