

## 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.

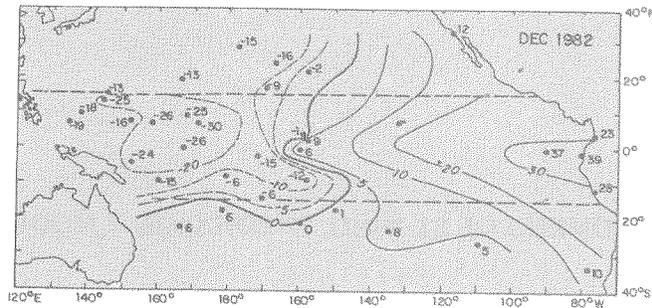


Fig. 1  
Anomalía de la superficie del mar (cm) para diciembre 1982 (Wyrski, 1985).

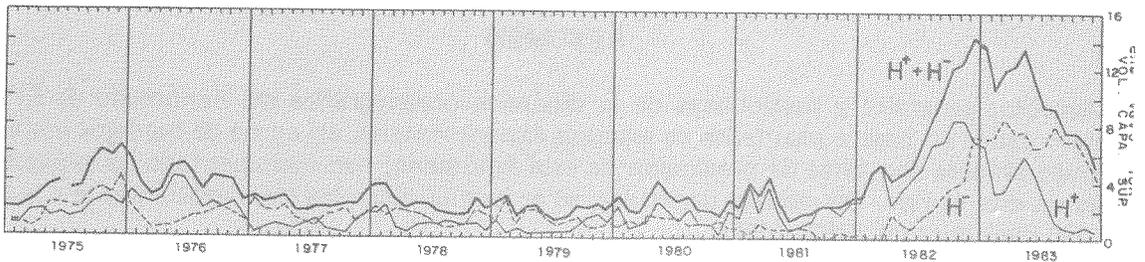


Fig. 2  
Volumen de la capa superior del Océano (en  $10^{14} \text{ m}^3$ ). H+ indica anomalías positivas, H- anomalías negativas y H+ - H- la suma (Wyrski, 1985).

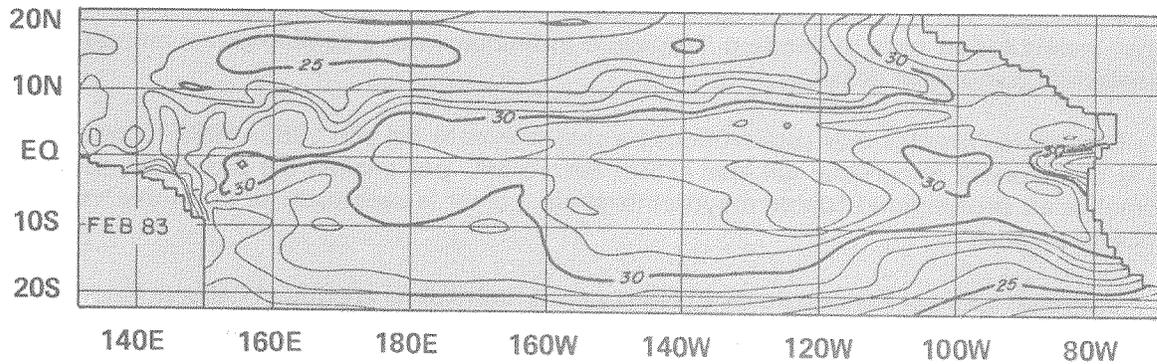


Fig. 3  
Distribución de temperaturas calculadas a 5 metros de profundidad (Philander, Seigel, 1984).

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

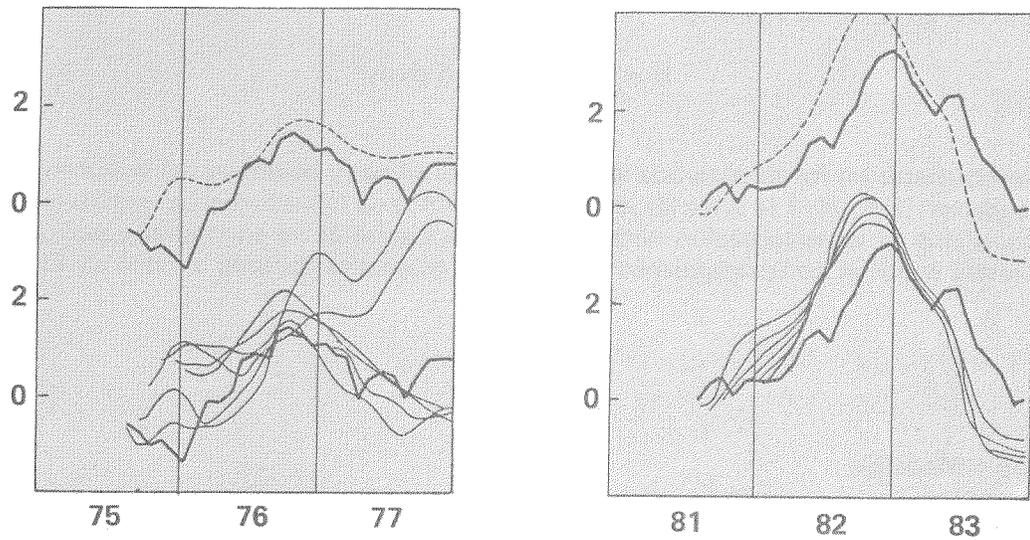


Fig. 4

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).

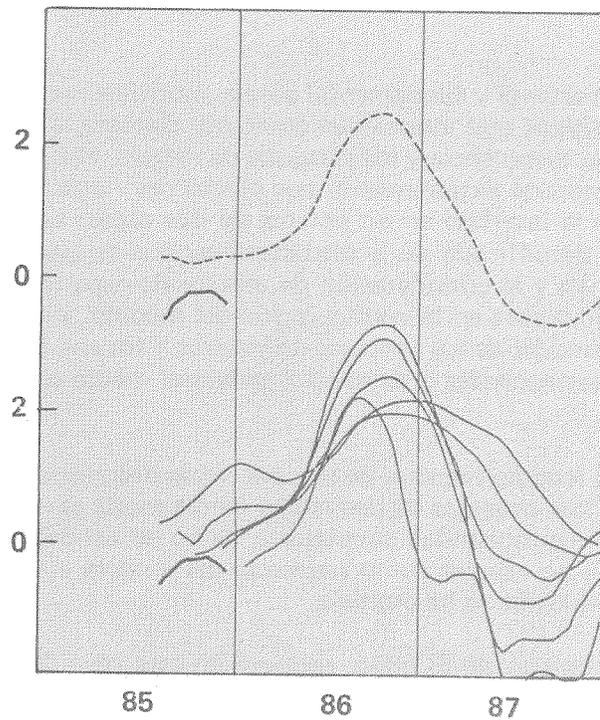


Fig. 5 Predicción para 1986 (Cane, Zebiak, Dolan, 1986).