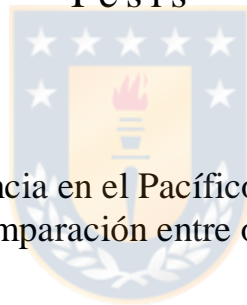


Universidad de Concepción  
Escuela de Graduados

Doctorado en Oceanografía



Tesis



Fluctuaciones de baja frecuencia en el Pacífico sudoriental y su relación con  
ondas de Rossby: comparación entre observaciones y teoría

Marcel Ramos Quezada

Concepción, Chile, Julio de 2009

## Resumen

### Fluctuaciones de baja frecuencia en el Pacífico sudoriental y su relación con ondas de Rossby: comparación entre observaciones y teoría

Marcel Ramos  
Programa de Doctorado en Oceanografía  
Universidad de Concepción, 2009

Dr. Oscar Pizarro, Profesor Guía

Las ondas de Rossby son fundamentales en la dinámica de gran escala del océano. No obstante, sólo a partir del análisis de altimetría satelital durante la década pasada, su presencia fue confirmada en gran parte de los océanos del mundo. Uno de los resultados más relevantes de estas observaciones fue que las velocidades de fase estimadas para las ondas de Rossby en latitudes medias fueron alrededor del doble de las velocidades predichas por la teoría estándar. Desde entonces, se han realizado numerosos estudios asociados a ondas de Rossby extratropicales. Sin embargo, los mecanismos físicos involucrados en su generación, propagación y disipación todavía son materia de debate. En el Pacífico sudoriental frente a Chile los principales estudios de ondas de Rossby se han basado en observaciones y modelos analíticos simples. Por lo tanto, esto ha limitado el entendimiento de su dinámica y el real impacto de estas oscilaciones en la región.

El presente trabajo investiga la influencia de las ondas de Rossby subtropicales sobre la variabilidad estacional e interanual de las corrientes, el nivel del mar y la termoclina en el sistema de corriente Perú-Chile. Para esto, se analizó información oceanográfica *in situ* y satelital. Además, se utilizaron distintos modelos analíticos y simulaciones numéricas en la región. A escala estacional se estableció que la variabilidad de la termoclina permanente a lo largo de la costa de Perú y Chile, entre 10°S y 35°S, presenta una componente semianual (~6 meses) significativa, que no había sido documentada anteriormente. Esta importante componente del ciclo anual es de origen ecuatorial, mientras que la componente anual está asociada principalmente a cambios en el viento regional. Por otra parte, existen evidencias que en el norte de Chile a 21°S, ambas componentes del ciclo estacional (anual y semianual)

se propagan hacia el océano interior como ondas de Rossby extratropicales, lo que puede modular la termoclina permanente a varios cientos de kilómetros lejos de la costa.

El análisis – basado en una descomposición de modos normales – de una simulación numérica que reproduce la variabilidad estacional del Pacífico sudoriental muestra que el primer modo baroclínico es el más energético para todas las frecuencias analizadas. El primer modo baroclínico del ciclo anual presentó rasgos claros de propagación hacia el oeste, atribuidos al forzamiento conjunto del esfuerzo del viento local y el viento que actúa en el borde costero, lo cual es consistente con los resultados de nuestro estudio previo. En cambio, la señal semianual estuvo confinada cerca del borde costero del dominio del modelo y su amplitud fue similar a la señal anual en la Corriente Subsuperficial Perú-Chile. Los resultados también sugieren la existencia de una señal o variabilidad residual (que no incluye la variabilidad anual ni semianual) que podría estar relacionada con la dinámica intrínseca del modelo, producida por la interacción no lineal entre las ondas de Rossby anuales y el flujo medio. Este problema plantea interrogantes para futuras investigaciones.

Se investigó además la propagación vertical de energía asociada a ondas de Rossby, originada por la combinación lineal de modos baroclínicos. Dicho proceso ha sido documentado previamente para ondas de Rossby ecuatoriales. En este trabajo este proceso es generalizado para ondas de Rossby extratropicales, usando la teoría de rayos y la aproximación WKB para latitudes medias. El análisis reveló que a escala anual la propagación vertical de energía por ondas de Rossby subtropicales explica la mayor contribución de los modos baroclínicos altos cerca de la costa. Acorde con la teoría, en el borde costero los modos baroclínicos forman rayos que se inclinan hacia abajo a medida que las ondas avanzan hacia el oeste siguiendo trayectorias que son más inclinadas a latitudes altas. A escala interanual, se sugiere que este mecanismo es responsable del decaimiento de la señal del nivel del mar observado cerca del borde costero en el Pacífico sudoriental durante el gran evento El Niño 1997-1998.

La propagación vertical de energía asociada a ondas de Rossby de escala interanual frente a Perú y Chile fue investigada a partir de un modelo oceánico global de resolución media. La simulación usada en este trabajo fue validada con información de altimetría satelital. Los resultados revelan la existencia de propagación vertical de energía asociada a El Niño 1997-1998 cerca del borde costero, producto substancialmente de la interacción de

los tres primeros modos baroclínicos. Al igual que para la señal anual, el flujo vertical de energía sigue la trayectoria de los rayos estimada por la teoría desarrollada para latitudes subtropicales. Sin embargo, dado a que este proceso también depende de la frecuencia de las perturbaciones, la energía para oscilaciones interanuales alcanza mayor distancia desde la costa. Los resultados sugieren que la evolución de los desplazamientos verticales de las isotermas a lo largo de las trayectorias de los rayos a latitudes medias, es controlada por la estructura vertical de las ondas de Kelvin ecuatoriales, las cuales arriban a la región en forma secuencial. Así, a medida que El Niño se desarrolla, la contribución de los modos altos de ondas de Kelvin ecuatoriales incrementa progresivamente, cambiando la estructura vertical de la variabilidad a lo largo de la costa, provocando de esta forma la propagación vertical de ondas de Rossby extratropicales.

La variabilidad de baja frecuencia de las corrientes observadas en el sitio oceánico profundo a  $\sim 30^{\circ}\text{S}$ , fue mucho más compleja que la registrada en el sitio sobre el talud continental a la misma latitud. La variabilidad en este último sitio es controlada en gran medida por el forzamiento remoto ecuatorial. La fuerte variabilidad en la capa superficial del océano lejos de la costa, para periodos mayores que 100 días, refleja el paso de ondas de Rossby forzadas remotamente, inestabilidades baroclínicas de las corrientes costeras y el forzamiento directo del viento. La compleja relación de desfase existente entre las corrientes costeras y oceánicas puede indicar los efectos de diferentes modos baroclínicos y así, la propagación vertical de ondas de Rossby desde el borde costero.

Palabras claves: Ondas de Rossby, Pacífico sudoriental, variabilidad oceánica de baja frecuencia.