

## Relación entre el Pacífico Ecuatorial Occidental y la temperatura subsuperficial del mar en la costa peruana

Andrés Rodríguez y Kobi Mosquera  
Instituto Geofísico del Perú

La onda Kelvin cálida (downwelling Kelvin wave) es una perturbación en el océano Pacífico que puede alterar el desarrollo estacional de distintas variables oceánicas (ver Mosquera, 2014). Regionalmente se tiene entendido que cuando una onda Kelvin cálida arriba al Perú, esta incrementa el nivel del mar y la profundidad de la termoclina y, en consecuencia, puede afectar el afloramiento de aguas frías y ricas en nutrientes (Barber y Chávez, 1983). Adicionalmente, si la onda Kelvin cálida arribara en la estación de verano, en donde climatológicamente la Temperatura Superficial del Mar (TSM) alcanza sus máximos valores, entonces podría contribuir a incrementar la TSM, y por ende la humedad, hasta valores que pueden generar precipitaciones intensas en la costa peruana (Woodman y Takahashi, 2014). Adicionalmente, si bien se puede establecer su tiempo de llegada a la costa peruana luego de ser formada, existen procesos físicos en el océano que pueden afectar sus características (Mosquera y Dewitte, 2016). Frente a esto es importante conocer más detalles de la dinámica de la onda Kelvin y, además, cómo ésta impacta en la costa peruana.

La relación entre la variabilidad en el Pacífico ecuatorial oriental y la variabilidad entre el Pacífico occidental han sido estudiados por varios autores (Anderson et al., 1984; Picaut y Verstraete, 1976; Enfield y Lukas, 1984; Spillane et al., 1987; Enfield, 1987). Todos ellos hacen referencia a la Oscilación Madden Julian (MJO, por sus siglas en inglés), siendo la MJO uno de los componentes de la variabilidad intraestacional tropical de la atmósfera, además ellos han encontrado en variables oceanográficas oscilaciones próximas a las de la MJO. Lo que llevó a la búsqueda de variables coherentes o relacionadas entre sí para intentar saber cuál es el precursor o forzante de las variables. Picaut y Verstraete (1976) encontraron una fuerte coherencia para una oscilación de banda de 40-50 días entre el nivel del mar en la costa y la TSM en el Golfo de Guinea. Luther (1980) encontró una señal de propagación de 35-80 días en el nivel del mar en las islas del Pacífico ecuatorial. Particularmente para el Perú, Enfield y Lukas (1984) observaron una oscilación de 45 días en el nivel del mar que estuvo bien correlacionada con la oscilación intraestacional de los vientos zonales del Pacífico occidental. Spillane et al. (1987) encuentran una oscilación de 40-60 días en el nivel de mar en el Pacífico ecuatorial que va desde el centro del Perú hasta el norte de California, para el periodo de 1971-1975. Enfield (1987), aplicando la misma metodología que Spillane et al. (1987), extiende la búsqueda de la fuente de energía, coherencia, propagación y forzante en el Pacífico ecuatorial de ese modo comprueba si la oscilación oceánica está relacionada con su contraparte atmosférica.

Este estudio tiene como objetivo entender cuáles son las forzantes en el Pacífico ecuatorial occidental para la costa peruana, siguiendo la metodología de Spillane et al. (1987) y la de Enfield (1987). Además, motivados por la hipótesis que la contraparte atmosférica se manifiesta en la temperaturas subsuperficiales del Perú, evaluamos si existe una coherencia en la señal de 40-60 días entre la temperatura sub superficial en tres puntos de la costa de Perú; Paita, Callao, Matarani, y la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E y el esfuerzo de viento zonal en 147°E. Los resultados de este trabajo contribuirán al entendimiento de la dinámica oceánica en la costa peruana, en especial, cuando se desarrolla un evento El Niño y La Niña.

### Datos y Metodología

Por el momento se decidió trabajar con el Sistema Mundial de Datos Oceánicos (GODAS, por sus siglas en inglés), el cual proporciona información oceánica global asimilando datos observados, como boyas, flotadores, etc. Se usó las pentadas de esfuerzo de viento zonal y la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E en el ecuador, se escogió 147°E porque, según Enfield (1987), esta región está dentro de la mayor varianza explicada (50%-70%) para la señal de vientos de 40-57 días. Además se escogió tres puntos a lo largo de la costa del Perú; Paita, Callao, Matarani y sus perfiles de temperatura en profundidad. Todos estos datos se trabajaron para el periodo 1982-2015.

Para calcular la coherencia de las series, primero, se tienen que calcular las anomalías. Para ello se calcularon las climatologías mensuales de la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E, el esfuerzo de viento en 147°E, también en los puntos en la costa, considerando además que cada punto en profundidad es tratado como una serie de tiempo particular, luego las series se interpolan en el tiempo para conseguir la climatología diaria, y así poder restar el dato del modelo menos la climatología diaria para el mismo día y quedarnos con la anomalía.

Antes de calcular la coherencia, calculamos el autoespectro a cada serie (no mostrado) donde observamos picos significativos alrededor de la banda de 40-60 días, sobre todo para el Callao. Luego, con estos espectros calculamos la coherencia (ver Enfield, 1987) entre la anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C y el esfuerzo de viento zonal en 147°E y los tres puntos de la costa en profundidad. Todos los resultados del cálculo de la coherencia están con un nivel de confianza del 90%.

### Resultados preliminares

De acuerdo al análisis de coherencia espectral los valores próximos a uno son los que presentan una buena relación de coherencia entre las frecuencias. En cuanto a la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E, en Paita (Fig. 1a) se presenta en los primeros 100 metros de profundidad una buena coherencia pero estas se encuentran por encima de los 200 días, posiblemente relacionadas con oscilaciones estacionales, sin embargo entre los 200 y 300 metros de profundidad se concentran valores de 0.75 de coherencia en la banda de 40 a 50 días aproximadamente, además en toda la profundidad de Paita se observan oscilaciones muy altas. En el Callao (Fig. 1b) presenta una coherencia de 0.8 para la banda de 40-60 días entre los 200 y 300 metros de profundidad, además de observar altas coherencias para periodos por debajo de los 35 días desde los 400 m hasta los 1200 m de profundidad. Matarani (Fig. 1c), presenta altas coherencias en para frecuencias altas y bajas sin embargo, la banda de 30-60 días es la que presenta una configuración particular y con valores de coherencia altos (> a 0.75).

En cuanto al esfuerzo de viento zonal en Paita (Fig. 1d) y Callao (Fig 1e) claramente se observa que los valores altos de coherencia se presentan entre los periodos de 30-60 días, a una profundidad entre los 200 y 400 metros. Para Matarani (Fig. 1f), la coherencia disminuye un poco y aparecen valores de coherencia por encima de 0.5 desde los 200 m hasta los 1200 metros de profundidad, además hay un alta coherencia para la banda de 20-50 días alrededor de los 400 metros.

# Relación entre el Pacífico Ecuatorial Occidental y la temperatura subsuperficial del mar en la costa peruana

Andrés Rodríguez y Kobi Mosquera  
Instituto Geofísico del Perú

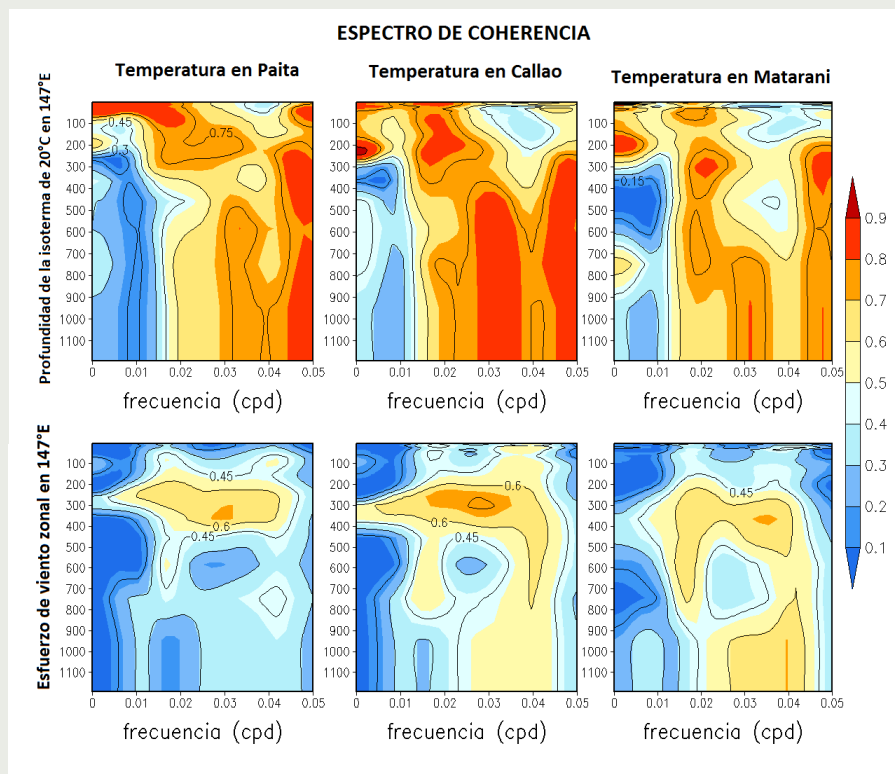


Figura 1: Espectro de Coherencia, mostrado en frecuencia de ciclos por día (cpd), en el perfil la profundidad en los tres puntos de la costa. (a) Coherencia espectral entre la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E y la temperatura subsuperficial en Paita. (b) Coherencia espectral entre la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E y la temperatura subsuperficial en Callao. (c) Coherencia espectral entre la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E y la temperatura subsuperficial en Matarani. (d) Coherencia espectral entre el esfuerzo de viento en 147°E y la temperatura subsuperficial en Paita. (e) Coherencia espectral entre el esfuerzo de viento en 147°E y la temperatura subsuperficial en Callao. (f) Coherencia espectral entre el esfuerzo de viento en 147°E y la temperatura subsuperficial en Matarani. La escala de la coherencia se ubica a la derecha.

En resumen, la señal intraestacional de la profundidad de la isoterma de 20°C en 147°E de la banda de 30-60 días del Pacífico occidental, no se manifiesta claramente con la temperatura subsuperficial de la franja costera, a pesar de presentar altos valores de coherencia estos se ven superpuestos por otras frecuencias, sin embargo en los tres puntos hay una alta coherencia para la banda de 40-60 días entre los 200 y 400 metros de profundidad. En cuanto a la señal intraestacional del esfuerzo de viento zonal, esta se manifiesta de manera más clara en la temperatura subsuperficial de la franja costera. Esto estaría apoyando nuestra hipótesis indicando que la variabilidad en la franja costera subsuperficial estaría siendo forzado por la contraparte atmosférica en el Pacífico occidental.

Queda pendiente realizar el mismo procedimiento para periodos más cortos, además de realizarlo con otras fuentes de datos.

## Referencias

- Anderson, J.R., D. E. Stevens and P. R. Julian, 1984: Temporal variation of the tropical 40-50 day oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 2431-2438.
- Barber, R.T. y Chavez, F.P., 1983: Biological consequences of El Niño. *Science* 222, 1203-1210.
- Enfield, D. B., and R. B. Lukas, 1984: Low-frequency sea level variability along the South American Coast in 1982-83. *Trop. Ocean-Atmos. Newslett.*, 28, 2-4.
- Enfield, D. B., 1987: The intraseasonal oscillation in the eastern Pacific sea level: How is it forced?. *J. Phys. Oceanogr.*, 17: 1860-1876.

Madden, R. A., and P. R. Julian, 1971: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind field in the tropical Pacific., *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708.

Mosquera, K., 2014: Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Enero, 1, 1, 4-7.

Mosquera, K., B. Dewitte and S. Illig, 2014: The Central Pacific El Niño Intraseasonal Kelvin wave, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1002/2014JC010044.

Mosquera, K., y B. Dewitte, 2016: ¿Por qué las ondas Kelvin oceánicas no impactaron tanto la TSM en la costa de Perú durante el evento El Niño 2015/16?, Boletín Técnico "Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño", Vol. 3, No. 3, Marzo, Instituto Geofísico del Perú.

Picaut, J., and J. M. Verstraete, 1976: Mise en évidence d'une onde de 40-50 jours de période sur les côtes de Guinée. *Cah. O. R. S. T. O. M., ser. Oceanogr.*, 14, 3-14.

Spillane, M. C., D. B. Enfield and J. S. Allen, 1987: Intra-seasonal oscillation in the sea level along the west coast of Americas. *J. Phys. Oceanogr.*, 17, 313-325.

Woodman, R. y Takahashi, K., 2014: ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Instituto Geofísico del Perú, Junio, 1, 6, 4-7.