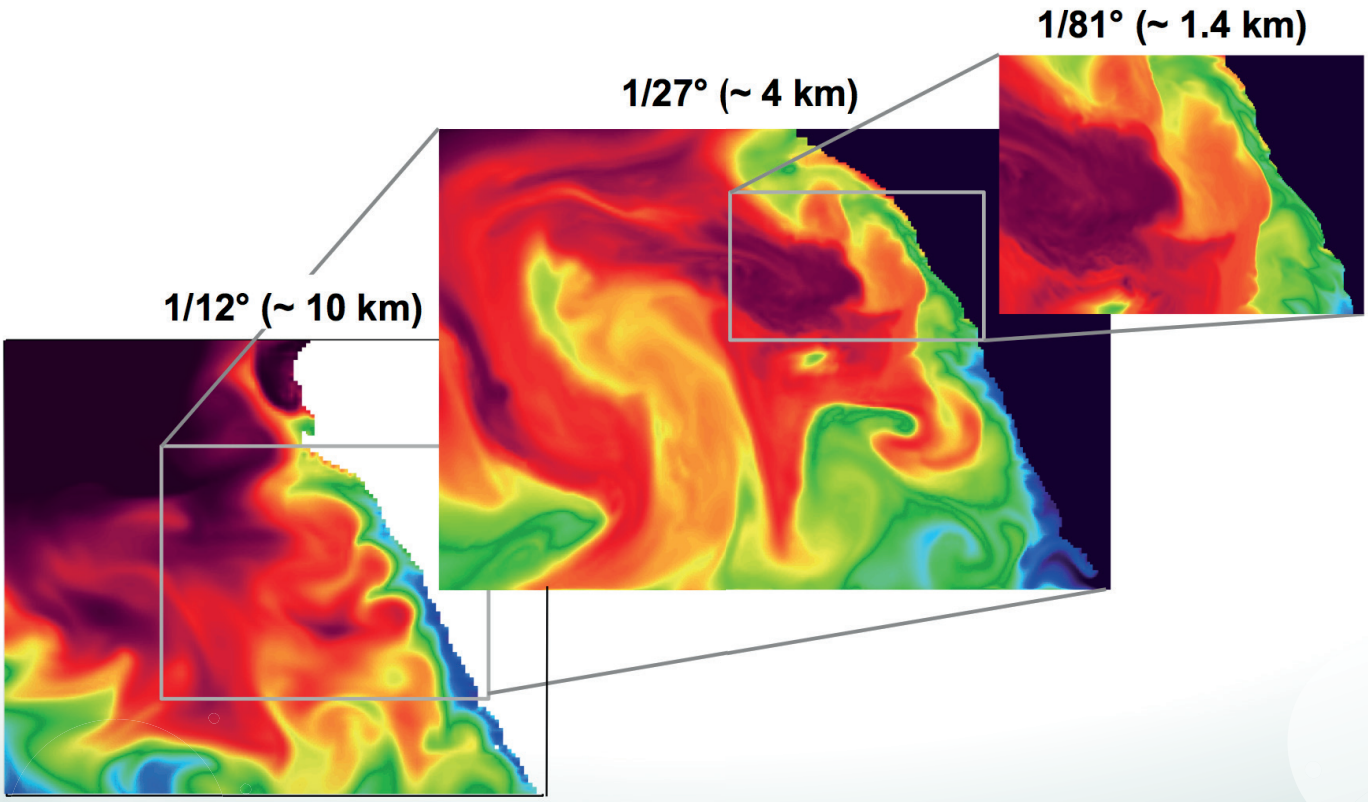
PERÚ Ministerio del Ambiente | Instituto Geofísico del Perú - IGP

Programa Presupuestal por Resultados Nº 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" Producto: "Entidades informadas en forma permanente y con pronósticos frente al Fenómeno El Niño"

"Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"

Boletín Técnico

Modelado regional anidado del impacto de El Niño en la costa de Perú a alta resolución espacial



PERÚ PROGRESO PARA TODOS

Vol. 2 Nº 12 Diciembre 2015

Ondas Kelvin atmosféricas en el Pacífico Oriental

Lidia Huamán, Ing.[1]; Karen León, Ing [1]; Ken Takahashi, Ph. D [1].
[1]Instituto Geofísico del Perú

Actualmente se conoce la existencia de sistemas organizados de gran escala los cuales se propagan en el ecuador y son importantes en la variabilidad intraestacional tropical. Estos modos de variabilidad fueron estudiados por primera vez en Riehl (1945), donde se identificaron ondas del este y, sucesivamente, en Matsuno (1966), donde se analizó la teoría de aguas someras sobre un plano ecuatorial Beta, encontrando diferentes modos de propagación zonal que ahora se conocen como ondas Kelvin, ondas Rossby ecuatoriales, ondas de gravedad de inercia, etc. Posteriormente, en Wheeler y Kiladis (1999), se aplicó un análisis espectral espacio-temporal para identificar las ondas ecuatoriales convectivas en un dominio de frecuencia de número de onda.

Las ondas Kelvin convectivas son perturbaciones del oeste, con velocidad de propagación entre 10 y 20 m/s desde la superficie hasta la alta tropósfera (10 km), en las que la interacción entre la circulación y la convección es esencial para la dinámica de las ondas, y se encuentran confinadas en la banda ecuatorial (Straub y Kiladis, 2002). Asimismo, este tipo de onda es un componente importante en la variabilidad de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) debido a que transporta calor y humedad. En el Pacífico Oriental, la ZCIT y las ondas Kelvin convectivas están posicionadas en el hemisferio norte la mayor parte del año (Huaman, 2015), sin embargo, durante eventos El Niño (1982-83 y 1997-98), cuando la temperatura superficial del mar (TSM; NOAA *Optimum Interpolation*) en la región Niño 3 está por encima de lo normal, la incidencia de este tipo de ondas sobre el ecuador aumenta significativamente (Figura 1).

El presente avance muestra evidencias observacionales de ondas Kelvin convectivas en el Pacífico Oriental (90°W; 5°S-5°N) durante enero-mayo de 1998. Para el estudio se utilizaron promedios diarios de Radiación de Onda Larga (OLR) de la NOAA Interpolated OLR y filtros de onda Kelvin a partir de anomalías de OLR (Wheeler y Kiladis, 1999), así como promedios diarios de perfiles verticales de viento zonal medidos por un perfilador de viento en las islas Galápagos (0.9°S; 89.6°W) entre los niveles 950 y 630 hPa (Hartten y Gage, 2000).

Las anomalías del total de OLR durante el periodo enero-mayo de 1998, entre 5°S-5°N, muestran sistemas convectivos (anomalías negativas de OLR) con una velocidad aproximada de 15 m/s (Figura 2.b, líneas grises), propagándose desde el oeste hasta 90°W. Este valor es similar a la velocidad de fase observada en Straub y Kiladis (2002) durante los *Pan American Climate Studies* (PACS) *Tropical Eastern Pacific Process Study* (TEPPS) en 1997. Por otro lado, se consideró que cuando la anomalía de filtros-Kelvin de OLR fuese inferior a -15 Wm^{-2} y mínima, se catalogaría como el día 0 del evento. De ello, se seleccionaron 12 eventos de ondas Kelvin con incidencia en 90°W. La estructura vertical de anomalías de viento zonal en las islas Galápagos (Figura 2.a) muestra perturbaciones del oeste desde la superficie hasta por lo menos 630 hPa, las cuales están estrechamente relacionadas a la incidencia de ondas Kelvin convectivas. Sin embargo, a pesar de que la propagación de los mencionados sistemas convectivos cumple con las características de ondas Kelvin (frecuencia y número de ondas; Wheeler y Kiladis, 1999), existen diferencias en su intensidad asociadas al lugar de origen. Las ondas Kelvin originadas al este de 120°W parecen provocar una leve perturbación en la atmósfera en 90°W, mientras que las originadas entre 150°W y 180°W parecen provocar una perturbación bastante fuerte en 90°W.

Los 12 eventos de ondas Kelvin en el Pacífico Oriental han sido estudiados en conjunto utilizando los perfiles diarios de anomalías de viento zonal. Se seleccionó perfiles desde seis días antes (-6) hasta seis días después (+6) de cada

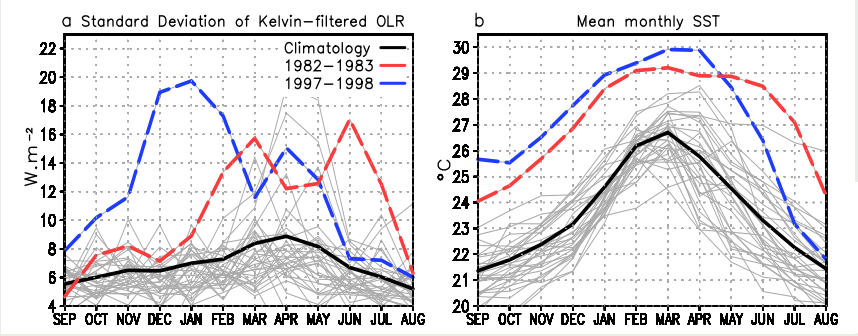


Figura 1: (a) Desviación estándar de filtros-Kelvin de anomalías de OLR en 0°N; 90°W y (b) Promedios mensuales de la TSM en la región Niño 3 para el periodo 1981-2010 (línea negra), 1982-83 (línea roja) y 1997-98 (línea azul).

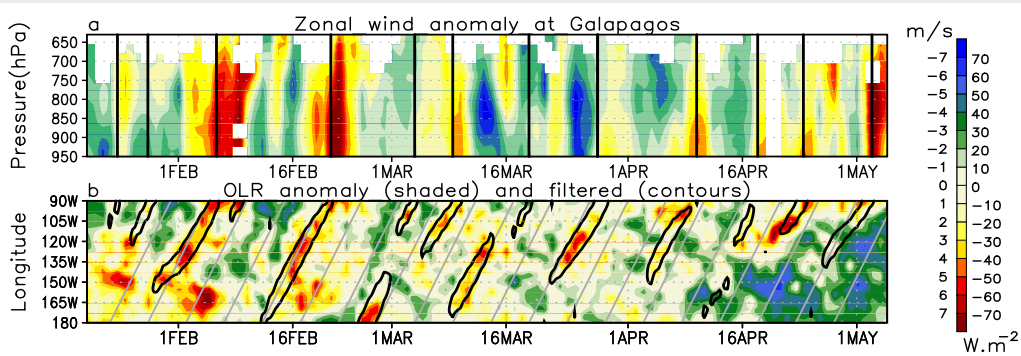


Figura 2: a) Sección tiempo-presión de anomalía de viento zonal en Galápagos (1°S; 90°W) y b) Sección tiempo-longitud de anomalía de OLR total (sombreado) y filtros-Kelvin (contornos; -15 Wm⁻²) entre 5°S-5°N. El periodo corresponde a ene-may 1998. Las líneas en color gris muestran la velocidad teórica de una onda Kelvin convectiva, mientras las líneas verticales en color negro indican la fecha de incidencia de ondas Kelvin convectivas en 90°W.

evento (día 0). Asimismo los 12 eventos se promediaron para formar un compuesto (Figura 3b). En conjunto, se observan perturbaciones del este (anomalías de -1 m/s) días antes de la incidencia de una onda Kelvin, mientras que, a partir del día 0 hasta dos días después, se observa una fuerte perturbación del este (anomalías mayor a 1 m/s) concentrada entre 950 y 750 hPa (0.5 y 2.5 km, respectivamente). Estudios recientes en Majuro (7.1°N; 171.4°E), utilizando radiosondeos de la campaña COARE en el Pacífico Occidental y reanálisis ERA 40 (Kiladis et al., 2009), muestran, entre 1000 y 600 hPa, perturbaciones del oeste desde el día 0 hasta el día 2 similares a nuestros resultados. Sin embargo, también se nota una fuerte perturbación del este desde el día -2 hasta el día 0, que no es observada en las islas Galápagos. Estas diferencias pueden deberse a la selección de un periodo corto (enero-mayo 1998) en el presente avance.

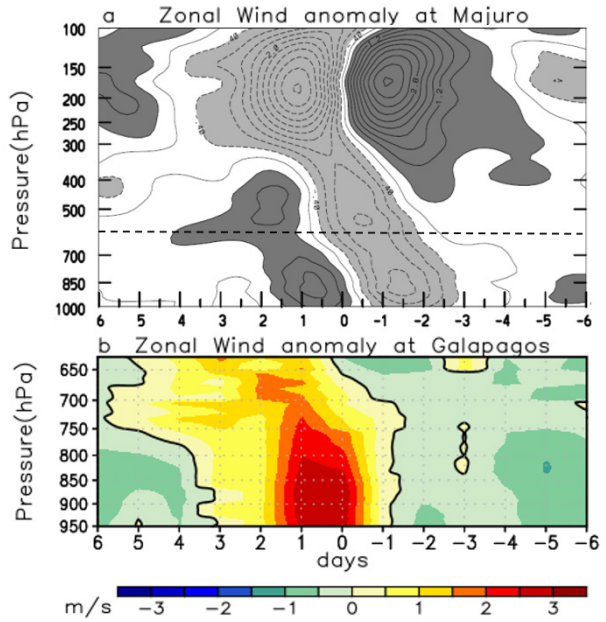


Figura 3: Sección tiempo-presión de anomalías de viento zonal en (a) Majuro (7.1°N; 171.4°E; extraído de Kiladis et al., 2009) y (b) Galápagos (0.9°S; 89.6°W), seis días antes y seis días después de un evento de onda Kelvin atmosférica (día 0). El sombreado oscuro representa anomalías positivas.

Las ondas Kelvin convectivas representan un componente importante para la ZCIT. En el Pacífico Oriental, durante eventos El Niño, el eje principal de la ZCIT, que normalmente se encuentra al norte del ecuador, tiende a posicionarse simétricamente al ecuador. Asimismo, asociada a la ZCIT, existe propagación de sistemas convectivos del oeste con características de ondas Kelvin, los cuales podrían estar relacionados a patrones de precipitación extrema en la costa norte de Perú (Takahashi K., 2004; León K., 2015).

Referencias

Hartten, L. M., and K. S. Gage, 2000: ENSO's impact on the annual cycle: The view from Galápagos, Geophysical Research Letters, 27 (3), 385-388.

Huaman, L., 2015: Variabilidad estacional e interanual de ITCZ y la circulación atmosférica asociada en el Pacífico Oriental con datos de Radar, Tesis para optar título de ingeniero meteorólogo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Kiladis, G. N., M. C. Wheeler, P. T. Haertel, K. H. Straub, and P. E. Roundy, 2009: Convectively coupled equatorial waves, Reviews of Geophysics, 47, RG2003.

León, K., 2015: Patrones diarios de precipitación y su relación con la circulación atmosférica durante eventos extremos El Niño en la costa norte peruana, Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño", Vol. 2, N°3, Marzo, 4-8, Instituto Geofísico del Perú.

Matsuno, T., 1966: Quasi-geostrophic motions in the equatorial area, Journal of the Meteorological Society of Japan, 44(1):25–42.

Riehl, H., 1945: Waves in the Easterlies and the Polar Front in the Tropics, Chicago, University of Chicago Press.

Straub, K. H., and G. N. Kiladis, 2002: Observations of a convectively coupled Kelvin wave in the eastern Pacific ITCZ, Journal of the Atmospheric Sciences, 59, 30–53.

Takahashi, K., 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-1998 and 2002 El Niño events, Annales Geophysicae, 22, 3917–3926.

Wheeler, M., and G. N. Kiladis, 1999: Convectively coupled equatorial waves: Analysis of clouds and temperature in the wavenumber-frequency domain, Journal of the Atmospheric Sciences, 56, 374–399.