

Forzamiento atmosférico de eventos fríos en la temperatura subsuperficial del mar de Bahía Culebra, Costa Rica

Eric J. Alfaro^{1,2,3} & Jorge Cortés^{1,4}

¹ Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, ² Centro de Investigaciones Geofísicas y ³ Escuela de Física, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica; erick.alfaro@ucr.ac.cr.

⁴ Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 11501-2060 San José, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Durante el invierno boreal se observa sobre América Central una intensificación de los vientos alisios y también el desplazamiento hacia el sur de masas de aire frío, conocidos como frentes o empujes fríos. El movimiento hacia el sur de estas masas de aire polar crea fuertes gradientes de presión entre la región del Caribe y del Pacífico Tropical del Este (Amador *et al.* 2006). Este viento es canalizado a través de depresiones topográficas en América Central. Una de ellas se ubica en las tierras bajas del sur de Nicaragua y del norte de Costa Rica, la cual produce una corriente en chorro, cuyos vientos son conocidos como los “Papagayos” (o *Papagayo wind jet* en inglés), con velocidades máximas cercanas a los 50 ms^{-1} . Estas corrientes en chorro se pueden extender hasta unos 500 km mar adentro desde la costa Pacífica de América Central y su escala temporal es corta, del orden de las semanas (Fiedler & Talley 2006; Kessler 2006).

También se ha documentado que la canalización de estos vientos fuertes del noreste, a través de pasos cordilleros, puede producir surgencia o afloramiento en cuerpos semicerrados en la costa Pacífica de Costa Rica (Brenes *et al.* 2003), ya que al desplazar estos vientos el agua superficial fuera del golfo o la bahía, esta es sustituida por agua más fría proveniente de niveles más profundos. Uno de estos cuerpos semicerrados es Bahía Culebra, ubicada en el Pacífico Norte de Costa Rica, en la región del Golfo de Papagayo, cuyo eje se orienta en la dirección noreste-suroeste (Fig. 1). El objetivo de este trabajo es el de estudiar los eventos fríos que se presentaron en los registros de Temperatura Subsuperficial del Mar (TSSM) en Bahía Culebra y analizar las condiciones sinópticas de las fuentes históricas en las cuales ocurrieron para identificar los mecanismos atmosféricos que favorecen su formación.

forma análoga a la de los registros de la TSSM para los eventos identificados.

Por último, la información sinóptica concordante con los eventos fríos se obtuvo de los boletines mensuales que prepara el IMN de Costa Rica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Enero, 2001: Como un ejemplo de los casos analizados, la Figura 2 muestra los valores promedio horarios de los registros de la TSSM. En promedio, el evento comenzó el 19 durante la tarde y finalizó el 30 durante la noche, para una duración promedio de 11.4 días. La magnitud máxima del enfriamiento promedio fue de -4.6 desviaciones estándar el 25 en la mañana. Las condiciones de la TSSM al inicio y al final del evento se observaron por debajo del promedio de enero. Dicho enfriamiento coincide con un incremento en la magnitud del viento en Liberia que alcanzó su máximo el 29 de enero y que mantuvo condiciones de viento fuerte hasta el final del evento.

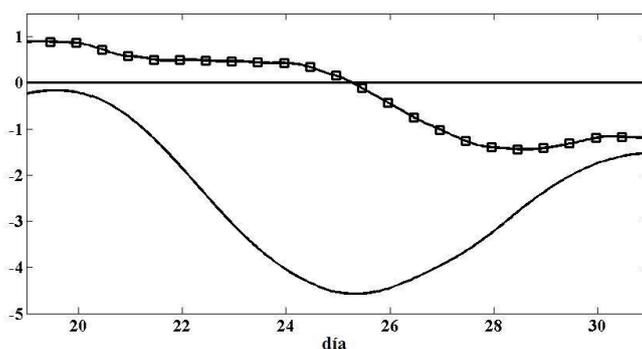


Fig. 2. Promedio de la anomalía normalizada de la temperatura subsuperficial del mar (línea continua) en las estaciones de Bahía Culebra del 19 al 30 de enero 2001. Anomalía normalizada ($\times -1$) de la magnitud del viento en la estación meteorológica de Liberia (línea con cuadros).

Marzo, 2004: El evento inició el 5 de marzo en la noche a partir de condiciones más frías que el promedio de ese mes y finalizó durante la madrugada del 17, para una duración promedio de 11.3 días, con condiciones más frías que el promedio. El 10 en la mañana se alcanzó la magnitud máxima del enfriamiento de -2.4 desviaciones estándar. Este evento se desarrolló en su totalidad bajo condiciones de viento fuerte en la estación de Liberia, las cuales alcanzaron sus máximas anomalías el 13 de marzo.

Abril, 2004: Junto con el de enero de 2001, este evento fue uno que presentó una anomalía muy fuerte. En promedio, dicha anomalía fue de -4.6 desviaciones estándar y se observó el 18 por la noche. Inició el 11 en la tarde y finalizó el 26 en la mañana, para

una duración promedio de 14.7 días. El evento se presentó entre condiciones más cálidas que el promedio para abril y se inició con un reforzamiento de la magnitud del viento en la estación de Liberia cuyo máximo se alcanzó el 15 de abril.

Febrero, 2009: Este evento se desarrolló a partir de condiciones más cálidas que el promedio para febrero pero finalizó con condiciones ligeramente más frías. El enfriamiento inicio en promedio el 29 de enero en la tarde y finalizó el 15 de febrero también por la tarde alcanzando el máximo enfriamiento el 7 en la mañana. La duración y magnitud promedio del mismo fue de 17 días y -3.7 desviaciones estándar, respectivamente. El viento en la estación de Liberia se empezó a incrementar a partir del 2, con máximo el 8 y con condiciones de viento fuerte hasta el 10.

Marzo, 2009: Este evento se desarrolló en promedio a partir de condiciones preexistentes más frías que el promedio para marzo desde el 28 de febrero por la tarde y finalizó el 16 de marzo por la mañana en condiciones también más frías que el promedio, con una duración en promedio de 15.6 días y un enfriamiento en su máximo de -3.4 desviaciones estándar el 5 por la noche. Las condiciones frías preexistentes coinciden con viento fuerte en Liberia que alcanzó su máximo también el 5 y se mantuvieron hasta el 12 de marzo.

En general, el inicio de los eventos, la hora de su mínimo y el término de los mismos, tendió a ser observado primero en la estación más profunda Güiri-Güiri. Lo anterior está de acuerdo con la hipótesis de que el agua superficial desplazada es remplazada con aguas más frías de niveles más profundos, lo cual haría que responda en forma rápida ante un forzamiento atmosférico como un evento de vientos fuertes del noreste, como aquellos asociados al arribo de un frente frío a América Central. También se observó un comportamiento opuesto en Playa Blanca que mostró en general inicios y términos tardíos de los eventos, así como en alcanzar la hora del mínimo del mismo y en donde los eventos fueron de más larga duración. Esto podría ser explicado en parte debido a la protección topográfica de esta estación con respecto al flujo de noreste (Fig. 1), lo que la hace responder más lentamente ante el forzamiento atmosférico, sin embargo fue una de las estaciones en donde la magnitud de los enfriamientos fueron mayores. Los eventos tendieron a ser de más corta duración hacia afuera de la bahía en la estación de Pelonas, lo que podría también estar relacionado con procesos de mezcla hacia afuera del cuerpo semicerrado.

Al analizar la información sinóptica suministrada por el IMN de Costa Rica, se encontró que todos los estudios de caso identificados, asociados con anomalías frías en

la TSSM en Bahía Culebra, coincidieron con el paso de frentes fríos por el Mar Caribe. Al estar estos eventos asociados con un reforzamiento del viento del noreste, se favorece el desplazamiento hacia afuera del agua superficial en Bahía Culebra, cuyo eje principal se ubica en la dirección noreste-sureste. Lo anterior provoca un enfriamiento de la TSSM observada en las estaciones, ya que el agua desplazada tiende a ser remplazada por agua más fría de capas profundas. Fiedler y Talley (2006) señalan que la corriente en chorro registrada durante el invierno boreal en Papagayo, produce el afloramiento de las aguas ubicadas cerca de la termoclina y provoca su mezcla en la capa superficial.

No se encontró ninguna relación entre la ocurrencia de los estudios de caso y alguna de las fases del ENOS, sin embargo, todos los eventos estudiados sucedieron bajo condiciones de anomalías positivas de la OAN. Este índice es una comparación entre el centro de alta presión atmosférica superficial del Atlántico Norte y la Baja Polar por lo que anomalías positivas de este índice reflejan un reforzamiento del centro de alta presión subtropical y a su vez de un reforzamiento de los vientos alisios en latitudes bajas, especialmente en el Atlántico con anomalías generalmente negativas de la TSM en la región del ATN.

AGRADECIMIENTOS

El estudio se realizó dentro del marco de los siguientes proyectos de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica: 808-98-013, 808-B0-092, 805-B0-065, 805-A9-532, 808-A9-180, 808-A9-070, 805-A8-606 y 805-A7-002 y CRN2050-IAI. El apoyo dado por Ecodesarrollo Papagayo ha sido invaluable para mantener este programa de monitoreo por todos estos años. Al Instituto Costarricense de Turismo (ICT) por el uso de las instalaciones en Playa Panamá, Bahía Culebra.

REFERENCIAS

- Amador, J.A., E.J. Alfaro, O.G. Lizano & V.O. Magaña. 2006. Atmospheric forcing in the Eastern Tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 101-142.
- Brenes, C.L., J.E. Coen, D.B. Chelton, D.B. Enfield, S. León & D. Ballesterro. 2003. Wind driven upwelling in the Gulf of Nicoya, Costa Rica. *Int. J. Remote Sens.* 24: 1127-1133.
- Fiedler, P. C. & L. D. Talley. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 143-180.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progr. Oceanogr.* 69: 181-217.
- Soley, F.J. 1994. Suavizamiento de series cronológicas geofísicas con ruido blanco y rojo aditivo. *Rev. Geofís.* 41: 33-58.