



Regente en oceanografía para el Centro Científico Tropical (CCT) en el proyecto de la terminal de contenedores de Moín de APM Terminals (omarglizano@gmail.com)

La dinámica de las corrientes marinas frente al Caribe de Costa Rica

..... || **Omar G. Lizano Rodríguez**

Las costas orientales de Costa Rica son parte de la porción extrema del mar Caribe noroccidental (**Figura 1**). La plataforma continental frente a Nicaragua es amplia, con una gran cantidad de islas y cayos, mientras que la plataforma frente a Limón es más bien angosta, su talud es de pendiente pronunciada y con una orientación noroeste-sureste. El poco ancho de esta plataforma hace suponer que existe una fuerte influencia oceánica sobre el comportamiento de las aguas costeras, y que muchos procesos que se originan fuera de la plataforma continental tienen su impacto directo sobre algunas propiedades físicas del agua de mar en zonas netamente litorales, particularmente aquellos que modulan la circulación y sus procesos productivos.

Las cartas de corrientes superficiales del océano Atlántico tropical indican que el flujo que resulta de la confluencia de la Corriente de Guyana (CG) y la Corriente Norecuatorial se bifurca justo antes de llegar a las Antillas Menores (Gallagos y Czintzon, 1997). Un flujo se dirige hacia el norte por fuera del arco antillano y se le denomina Corriente de Antillas (**Figura 2**). El otro flujo penetra al mar Caribe a través



Volver al índice

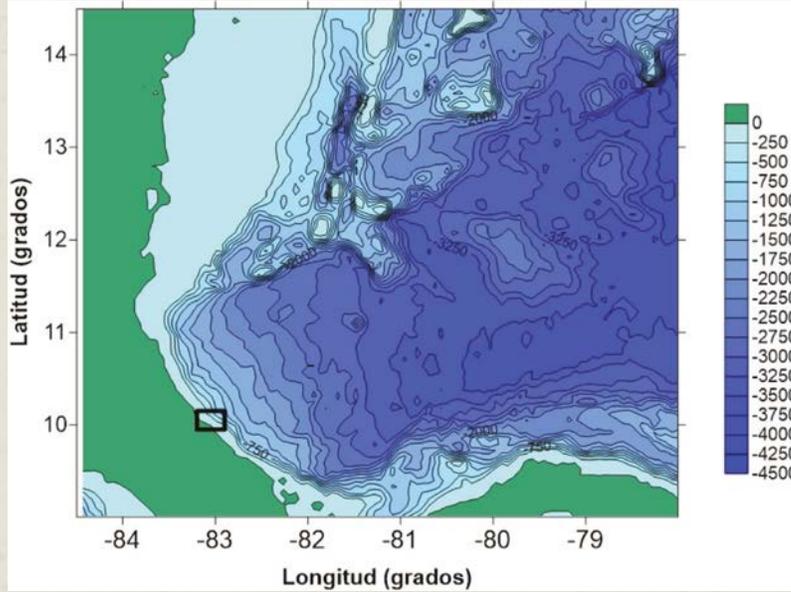


Figura 1. Batimetría (m) del Caribe frente a las costas de Costa Rica, Nicaragua y Panamá

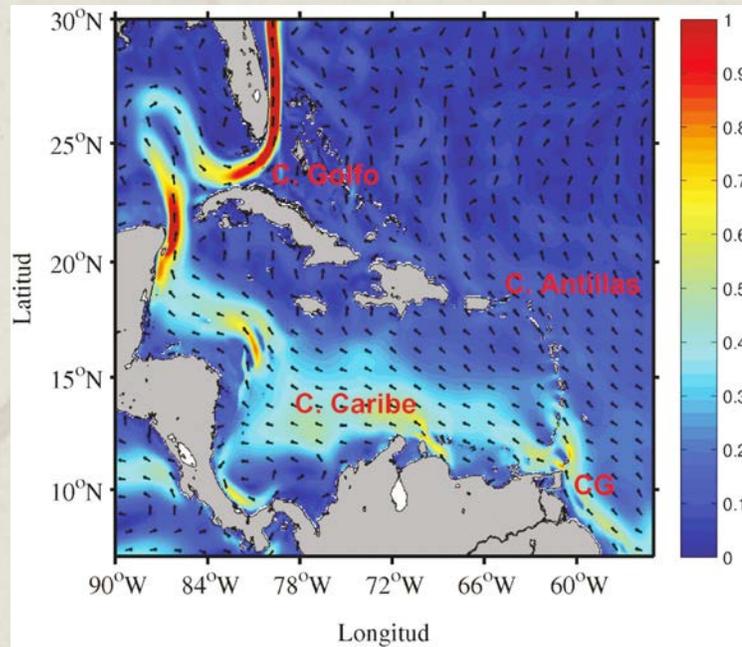


Figura 2. Patrón climático de las corrientes marinas (m/seg) en el Caribe Centroamericano. Promedios de reanálisis de HYCOM (<https://hycom.org/>) entre 1997 y 2012

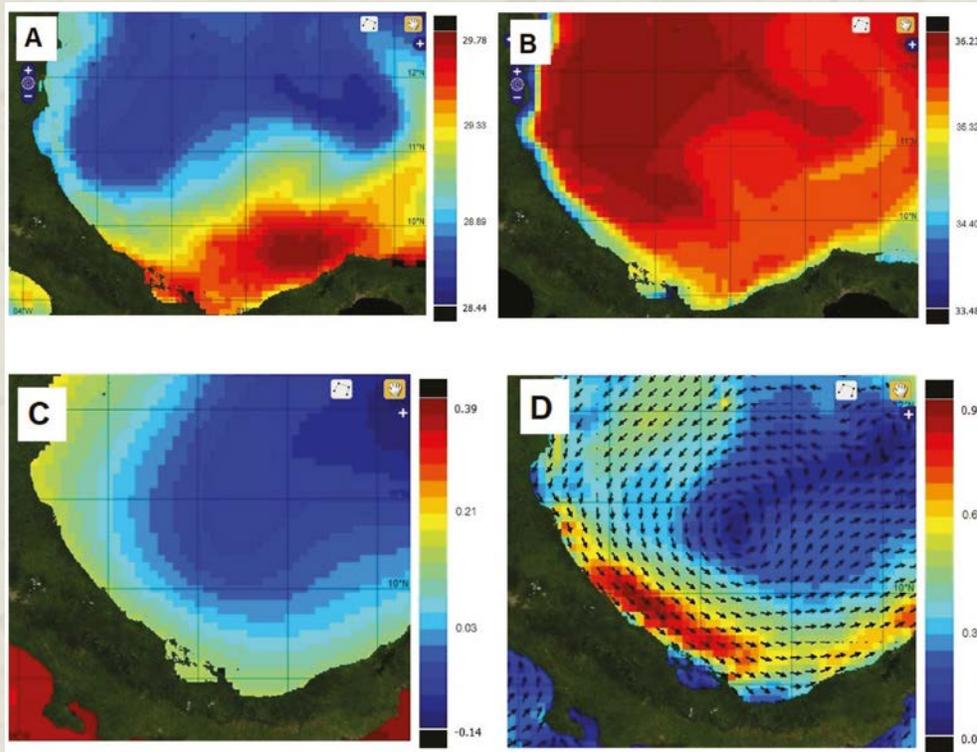


Figura 3. (A) Magnitudes (m/seg) y vectores de la dirección de las corrientes superficiales; (B) altura (m) del nivel del mar; (C) temperatura superficial en grados centígrados, y (D) salinidad superficial (psu), frente a Limón el 27 de julio del 2017. Datos obtenidos desde la base de datos de Copernicus: The European Earth Observation Programm (<http://marine.copernicus.eu>)

de los diversos pasos entre las Antillas Menores y se le conoce como Corriente del Caribe, y que más adelante llega a formar la Corriente del Golfo, la más intensa de nuestro planeta (Knauss, 1976).

Los vientos que soplan sobre el mar Caribe fuerzan una circulación superficial particular en los primeros 200 m de la columna de agua, de manera que los movimientos ageostróficos que se observan en la corriente son el resultado del esfuerzo del viento y de la interacción con la plataforma continental (Knauss, 1978; Klemas, 2012).

El área adyacente a las costas caribeñas de Costa Rica, está bajo la influencia de una circulación ciclónica (movimiento anti-horario) que se extiende hasta Colombia (**Figura 3**), una característica que prevalece durante prácticamente todo el año (Molinari et al., 1981; Kinder, 1983; Andrade, 2000). Esto significa que las aguas superficiales sobre el borde de la plataforma continental del caribe costarricense presentan un movimiento hacia el sur-sureste.

La principal razón dinámica que justifica este patrón frecuente de corrientes marinas al frente de nuestra costa

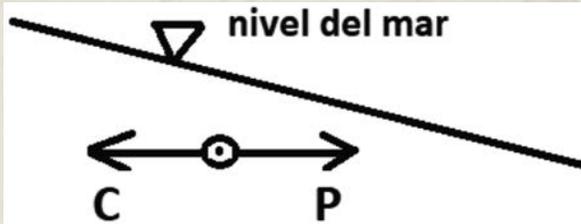


Figura 4. Nivel del mar frente a Limón y el equilibrio geostrófico entre la fuerza de Coriolis (C) y la fuerza de Presión (P). El círculo con el punto entre las dos fuerzas, significa una corriente perpendicular a ambas, saliendo del plano, que aplicado a nuestro caso, sería un flujo hacia sureste al frente de Limón

caribeña, se puede identificar desde la distribución espacial de densidad de las aguas (Klemas, 2012; Steward, 2008) en frente a esta región, la cual produce una diferencia de altura de nivel del mar, generado por la distribución de la temperatura y salinidad del agua, como se muestra en la **Figura 3**.

La rotación ciclónica (en contra de las manecillas del reloj) de las corrientes que muestra la **Figura 3A**, que es una corriente geostrófica en agua profunda (Knauss, 1972), está en relación con la distribución de la altura del nivel del mar que muestra la **Figura 3B**. Esta superficie es más alta sobre los bordes costeros desde Nicaragua hasta Panamá, y más baja hacia el interior del Caribe. Esta elevación de la superficie del mar hacia la costa, justifica el

patrón de corrientes que se dan en la zona. Aunque como lo señala Gordon (1967), en el Caribe es probable que no halla un flujo geostrófico puro debido a la influencia del viento. El flujo geostrófico se da con el equilibrio entre la fuerza del gradiente de presión (que lo produce el levantamiento hacia la costa de la superficie del agua), y la fuerza de Coriolis (fuerza de rotación de la tierra). Una aproximación a ese equilibrio solo se logra generando una corriente al suroeste frente a Limón, como se esquematiza en la siguiente **Figura 4**.

Como parte del Plan de Gestión Ambiental de la construcción de la Terminal de Contenedores de Moín, que lleva a cabo el Centro Científico Tropical (CCT), con el apoyo de APM Terminals, se instaló un correntímetro (ADCP) Argonaut XR de 750Khz, en los alrededores de una boya de anclaje a unos 15 m de profundidad (**Figura 5**), frente a las instalaciones de APM y a unos 2,3 km de la playa.

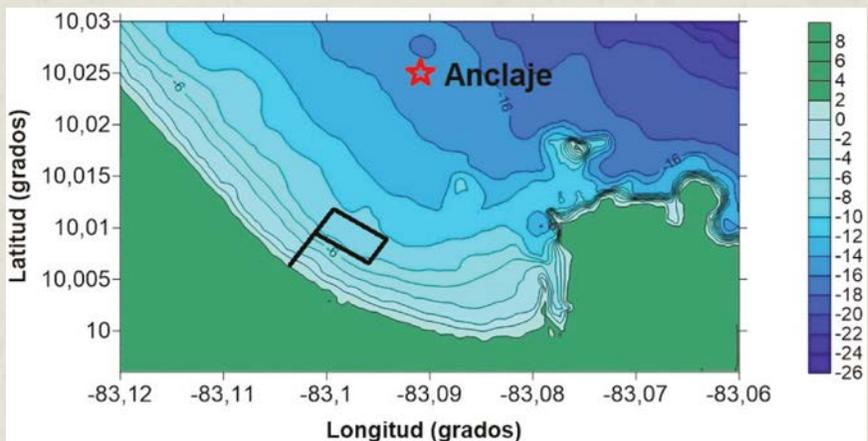


Figura 5. Batimetría (m) frente a Moín y posición de anclaje del correntímetro

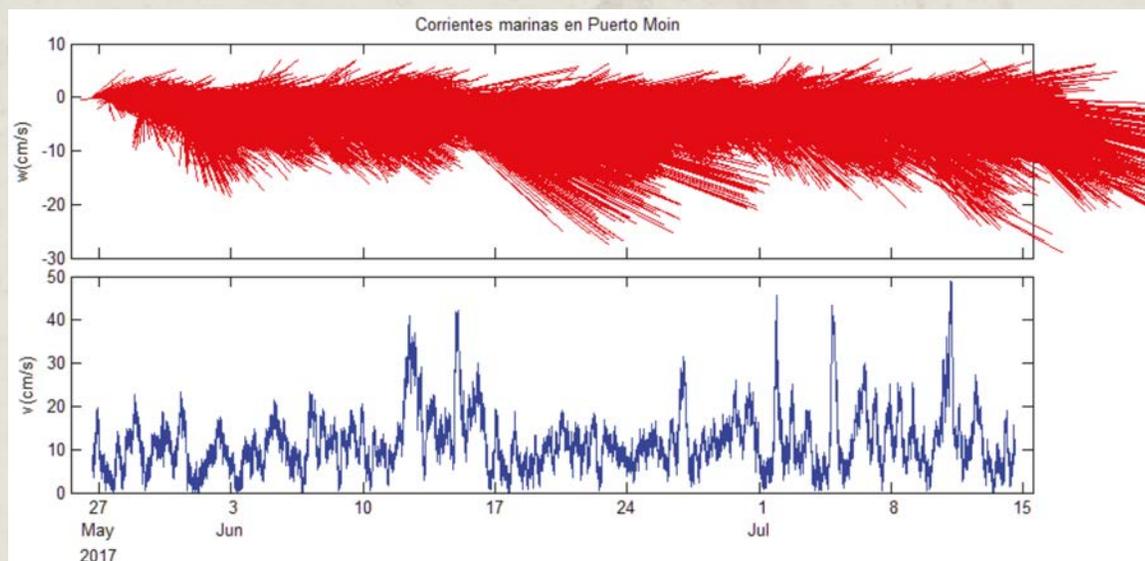


Figura 6. Vectores y magnitud (cm/seg) de la corriente del ADCP anclado en Moín entre mayo y julio del 2017

El correntímetro se programó para empezar mediciones el 26 de mayo del 2017 hasta el 17 de julio del 2017. Obtuvo 14 077 valores con promedios cada 5 minutos en intervalos de 10 minutos. El análisis de los datos de corrientes marinas del ADCP se resume en la **Figura 6**.

Es claro de las gráficas anteriores que la dirección de las corrientes es mayoritariamente hacia el sureste, con magnitudes que no superan los 0,5 m/seg. Este mismo patrón se ha encontrado en otras ocasiones, como se reportó en Lizano (2016) y CCT (2014). Para comparación de corrientes mar adentro con las corrientes costeras, se consultó para ese mismo período los resultados de re-análisis de modelos numéricos (**Figura 7**).

Desde la variación temporal de las series de las **Figuras 6 y 7**, se puede identificar un patrón de variación similar. Los resultados del modelo Copernicus indican

una dirección de corrientes a partir del 3 de mayo con componente siempre noreste y reproduce muy bien el máximo de corrientes que midió el ADCP (**Figura 6**) alrededor del 12 a 16 de julio. Se evidencia además, que las corrientes en agua profunda (**Figura 7**) son de mayor magnitud que las corrientes costeras (**Figura 6**), las cuales disminuyen su intensidad (casi en un 50%) al tener fricción con el fondo marino (Klemas, 2012; Steward, 2008).

Las corrientes marinas al frente de Limón tienen un giro ciclónico permanente prácticamente todo el año, que dirige las aguas con dirección sureste frente a la costa. Aunque se han observado corrientes hacia el noroeste, lo hace en períodos cortos, por lo que, en un análisis climatológico de las corrientes, nunca

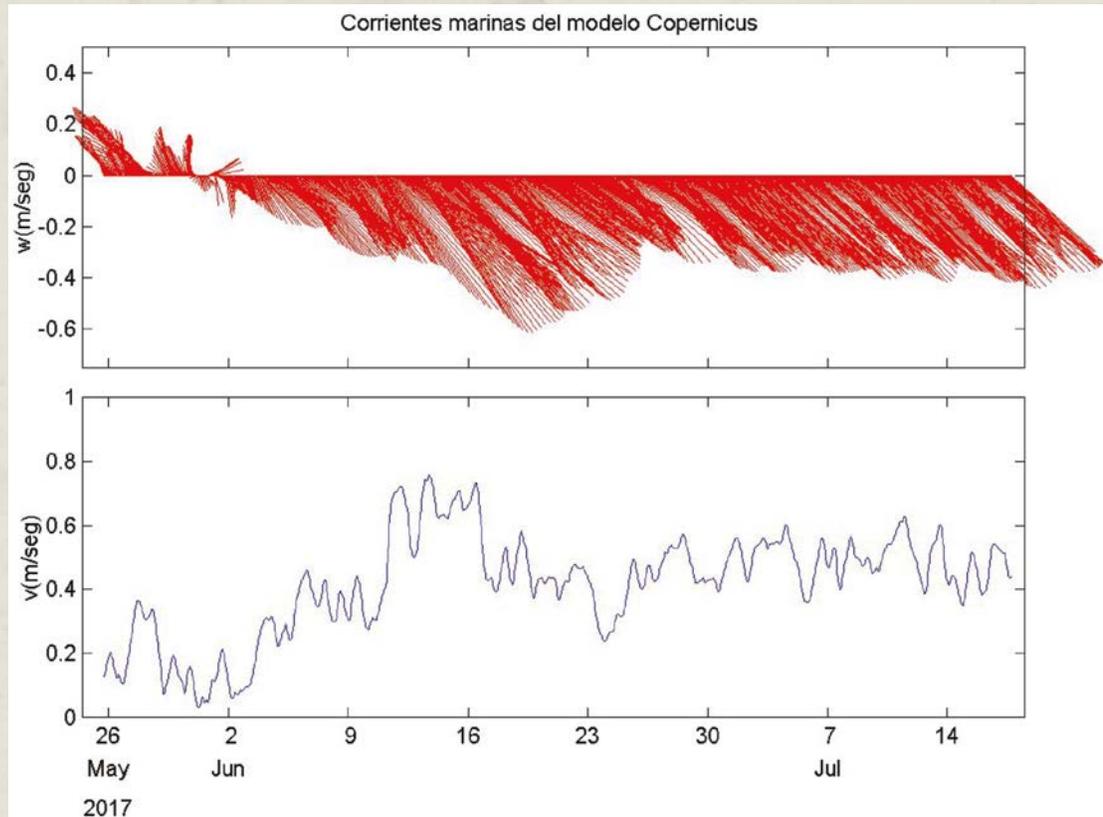


Figura 7. Serie de tiempo de los vectores (arriba) y la magnitud (m/seg) (abajo) de las corrientes marinas horarias mar adentro (-83,09 W, 10,07 N) del modelo numérico Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast updated Daily de Copernicus para los días 26 de mayo al 17 de julio del 2017. (<http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products>)

aparecen estos eventos. La batimetría forma parte de esta dinámica, dado que la plataforma continental es sumamente angosta frente a Limón y la alcanzan rápidamente las aguas de mar adentro. Las descargas de agua dulce de los ríos que desembocan en la costa del Caribe, como el San Juan, Parismina, Matina, Moín, Banano, La Estrella y Sixaola, algunos otros de Panamá, y el Río Magdalena en Colombia, aportan aguas cálidas y menos densas sobre el borde costero, por lo que

la superficie del mar se levanta sobre estas zonas. Aguas más salinas y frías mar adentro, genera el gradiente o elevación del nivel del mar necesario para que se desarrolle una corriente marina hacia el sureste, y se establezca el giro ciclónico como se explicó anteriormente. La medición de corrientes con instrumentos cerca de la costa es coherente con los estudios climatológicos de las mismas, y que además, son coherentes con los resultados de los modelos numéricos de última

generación. Adicionalmente, el conocimiento y monitoreo de estas corrientes permiten dar seguimiento de los compromisos ambientales como parte del Plan de Gestión Ambiental (PGA) de la construcción de la Terminal de Contenedores de Moín presentado ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) y ser usadas en los demás estudios sedimentológicos, químicos y biológicos en la zona.

Referencias

- Andrade, C.A. (2000). Eddy development and motion in the Caribbean Sea. *J. of Geophys. Res.* 105, (C11), 26,191-26,201.
- CCT [Centro Científico Tropical]. (2014). Estudio de impacto ambiental del proyecto Terminal de Contenedores de Moín. APM Terminal Moín S.A. Informe no publicado.
- Gallegos, A. y Czintron, S. (1997). Aspectos de la Oceanografía Física Regional del Mar Caribe. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. 225-242.
- Gordon, A.L. (1967). Circulation of the Caribbean Sea. *J. of Geophys. Res.* 72 (24), 607-6223.
- Kinder, T. H. (1983). Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico as observed with satellite-tracked drifters. *Bull. Mar. Sci.*, 33, 239–246.
- Klemas, V. (2012). Remote Sensing of Coastal and Ocean Currents: An Overview. *J. of Coastal Res.* 28(3), 576–586. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-11-00197.1
- Knauss, J. (1976). Introduction to Physical Oceanography. (2 ed.). New York, EEUU: Prentice Hall.
- Lizano, O. G. (2016). ANEXO 1. Resultados del análisis de datos del correntímetro y anemómetro de la boya CR6 y de la estación meteorológica en el Centro Ambiental del Centro Científico Tropical (CCT) en Moín. Informe no publicado.
- Molinari, R. L., Spillane, M., Brooks, I., Atwood, D. y Duckett, C. 1981. Surface currents in the Caribbean Sea deduced from Lagrangian observations. *J. Geophys. Res.* 86, 6537–6542.
- Steward, R.H. (2008). Introduction to Physical Oceanography. <https://archive.org/details/IntroductionToPhysicalOceanography>