

Marcelino Hernández González<sup>1</sup>, Sergio Luis Lorenzo Sánchez<sup>1</sup>, Pedro Manuel González Jardines<sup>1</sup> y Damián León Guevara<sup>1</sup>

[marcelhg2020@gmail.com](mailto:marcelhg2020@gmail.com)

<sup>1</sup>Instituto de Oceanología, Ave. 1<sup>ra</sup> #18406 entre 184 y 186, Playa, La Habana, Cuba.

## II

# PRINCIPALES PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS EN LAS PLATAFORMAS SUROCCIDENTAL Y SURORIENTAL

### Introducción

Cuba, gracias a las características que le confieren su posición geográfica en el Mediterráneo Americano, en la zona sub-tropical y a su carácter de archipiélago, posee un medio ambiente costero y marino digno de preservar, no solo desde el punto de vista ético y político como herencia para las generaciones futuras, sino por el incuestionable valor que posee desde el punto de vista de la biodiversidad, el paisaje y los recursos naturales.

Las investigaciones oceanográficas se desarrollan en la actualidad en el marco de complejos

escenarios tecnológicos, en los cuales se combinan los sensores electrónicos, la modelación numérica, la teledetección, la informática y la cibernética, que unidos garantizan una comprensión predictiva del funcionamiento de los ecosistemas marinos y costeros. La oceanografía contribuye al monitoreo de diversas variables con fines científicos, a la vigilancia ambiental y a la prevención y minimización del impacto de desastres naturales o antrópicos.

El paso inicial para una posterior ampliación de la información ambiental marina y costera a corto, mediano y largo plazo, específicamente de las variables y procesos oceanográficos, con la combinación de diversas tecnologías, consiste en la determinación de las características básicas y la información histórica acumulada.

## Aspectos generales de las plataformas suroccidental y suroriental del archipiélago cubano

### El clima

Las características climáticas de Cuba están determinadas esencialmente por su posición geográfica cercana al Trópico de Cáncer, a la entrada del golfo de México y muy cerca del continente de Norteamérica, así como por su configuración alargada y estrecha en el sentido de los paralelos (Pérez *et al.*, 2013). El clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marina y rasgos semi-continental, debido a la acción de las masas de aire continentales, con influencia estacional de las zonas de circulación tropical y extra-tropical. Entre noviembre y abril son más notables las variaciones bruscas del tiempo diario, debido al paso de sistemas frontales asociados a centros de bajas presiones extra-tropicales y a la influencia anticiclónica de origen continental, que se alterna con la del anticiclón subtropical del Atlántico Norte. De mayo a octubre, por el contrario, se presentan pocas variaciones en el tiempo diario, con una mayor influencia del anticiclón subtropical del Atlántico Norte y los cambios más importantes se deben a la presencia de disturbios en la circulación tropical: ondas del este y ciclones tropicales (Hernández-González, 2015). El régimen de vientos muestra el predominio de los Alisios del *NE* y el *ENE*. Durante el invierno actúan vientos fríos del

*N* y el *NO*, que provocan lluvias por lo general de baja intensidad (Lluis-Riera, 1980).

Entre las características hidroclimáticas más importantes se destacan el régimen de lluvias y el escurrimiento (Lluis-Riera, 1980). Los recursos hídricos superficiales y subterráneos son limitados. Debido a la configuración larga y estrecha de la Isla de Cuba, los ríos presentan pequeñas cuencas, cursos cortos, poco caudal y rápida evacuación al mar. Las cuencas subterráneas están vinculadas al fuerte desarrollo cársico, y satisfacen en mayor o menor medida las demandas de agua, en especial de la población (Planos, Rivero, & Guevara, 2013).

### Los eventos de escala sinóptica

Los principales eventos de escala sinóptica son los ciclones tropicales y los sistemas frontales asociados a bajas extra-tropicales.

En junio la mayoría de las tormentas se originan en el golfo de México y al oeste del Caribe. En julio y agosto las áreas de mayor frecuencia se expanden y se trasladan hacia el este, mientras que en septiembre se localizan sobre una extensa área que se extiende desde Bahamas hacia el sudeste hasta las Antillas Menores y hacia el este, hasta la vecindad de Cabo Verde, cerca de la costa occidental africana. En octubre y noviembre las áreas de formación regresan al oeste del Caribe y el golfo de México (Rubiera, 2006) (Fig. 1).

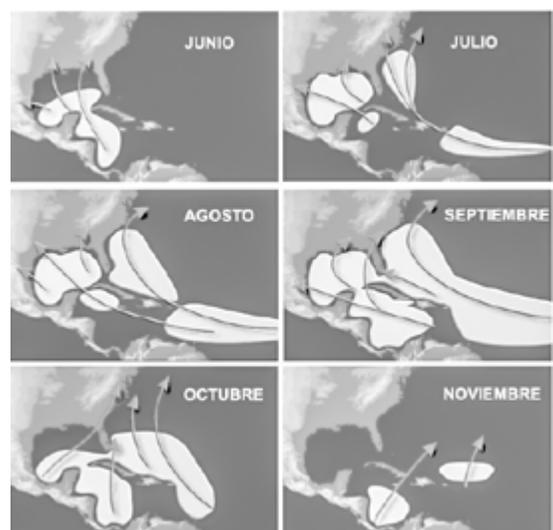


Figura 1. Zonas del mar Caribe y el golfo de México afectadas por ciclones tropicales durante un año (Tomado de Rubiera, 2006).

Las zonas de mayor frecuencia de afectación por ciclones tropicales se encuentran entre el centro del mar Caribe Occidental y el sur del estado norteamericano de Luisiana, coincidiendo en gran parte con una zona oceánica, en la cual la circulación anticiclónica de las aguas impone una temperatura mayor en las capas superiores de la columna de agua, favorable para el desarrollo de los ciclones tropicales (Hernández-González, 2015).

La serie de los huracanes que han afectado a Cuba a lo largo de más de dos siglos refleja una gran variabilidad, a través de la existencia de variaciones interanuales y multianuales. Períodos de mucha y poca actividad se suceden a través del tiempo (Pérez *et al.*, 2013).

### Los sistemas frontales asociados a bajas extra-tropicales

Los sistemas sinópticos de latitudes medias que al desplazarse primero al sudeste sobre el golfo de México y luego al este, afectan a Cuba, son los frentes fríos, conocidos como "nortes"; los que se presentan en el período denominado poco lluvioso o seco, el cual se extiende desde noviembre hasta abril, aunque estas situaciones sinópticas se han presentado en los meses de septiembre y junio. El período en el que afectan los frentes fríos a Cuba, se le denomina temporada frontal. El frente frío medio por temporada es del tipo clásico y de intensidad moderada (con vientos máximos entre 36 Km/h y 55 Km/h). El tipo de frente frío clásico, es el que está asociado a un centro de bajas presiones, el cual se desplaza de oeste a este sobre el golfo de México o los estados del sur de los Estados Unidos. El frente clásico produce previamente, vientos de región sur sobre el occidente de Cuba, conocidos como los "sures" (Hernández-González, 2015).

Cuba ha sido afectada por frentes fríos muy fuertes, en los cuales se han registrado vientos promedios de 98 Km/h y máximos de 115 Km/h. En presencia del evento ENOS, se manifiesta una anomalía positiva en el número de los frentes fríos que afectan a Cuba. Las temporadas más cortas son aquellas en las que sólo se han presentado frentes fríos en un período de seis meses, las que han comenzado en octubre-noviembre y finalizado en marzo-abril. Por otra parte, las de mayor duración se extienden hasta junio y han comenzado en septiembre-octubre, abarcando un período invernal

de nueve meses. Los frentes fríos son precedidos por hondonadas, denominados pre-frontales. En ocasiones estas se presentan muy activas con tiempo severo, en el cual se producen granizos, precipitaciones del orden de los 100 mm/24 horas y tormentas locales severas. Ejemplo de hondonada pre-frontal muy activa, lo fue la tormenta del siglo en marzo de 1993. En el primer y cuarto trimestre del ciclo anual, la zona ciclogénica más importante de las bajas extra-tropicales del golfo de México se encuentra en su región noroccidental (Hernández-González, 2015).

Los ciclones extra-tropicales (CE) son sistemas meteorológicos de escala sinóptica que tienen un centro donde se observan los valores mínimos de la presión atmosférica. Están constituidos por un núcleo frío y tienen asociado diferentes tipos de frentes atmosféricos: fríos, calientes y ocluidos. Por ello, su masa de aire no es homogénea y en su área de influencia se observan vientos intensos con circulación ciclónica (en el hemisferio norte giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj). Los ciclones extra-tropicales ocupan gran extensión en la escala horizontal, en ocasiones de cientos y hasta miles de kilómetros, mientras que en la vertical se observan en zonas troposféricas de intensa baroclinicidad (cambios de presión y temperatura). Este tipo de sistemas meteorológicos también es conocido como baja extra-tropical y puede desarrollarse en latitudes bajas (como es el área del golfo de México) y afectar al archipiélago cubano. Los centros de bajas presiones extra-tropicales desarrollados en el golfo de México también reciben el nombre de *Golfianas* y se desplazan hacia el este y nordeste sobre los estados del sur de los Estados Unidos y el Atlántico (Rubiera, 2006).

Es por ello que en el período poco lluvioso del año, los principales flujos de intercambio entre las latitudes medias y la zona tropical provienen del movimiento por zonas tropicales y subtropicales de sistemas como las altas presiones migratorias frías y las bajas extra-tropicales, además del movimiento desde las altas latitudes hasta la zona tropical de las masas de aire frío de origen continental y marítima polar (Pérez *et al.*, 2013).

### La marea astronómica

La marea mixta diurna aparece entre La Fe y la bahía de Cabañas y la mixta semidiurna en el resto del archipiélago; con excepción de la bahía de Cienfuegos,

las cercanías de la bahía de Manzanillo y un amplio sector costero del norte de Cuba hasta la bahía de Nipe, donde es semidiurna (Fig. 2). La amplitud media varía entre menos de 25 cm en la plataforma suroccidental hasta 65 cm como promedio, en la plataforma nororiental (Fig. 3).



Figura 2. Clasificación de las mareas en las costas de Cuba. Tomado y adaptado de Vallejo (2010)

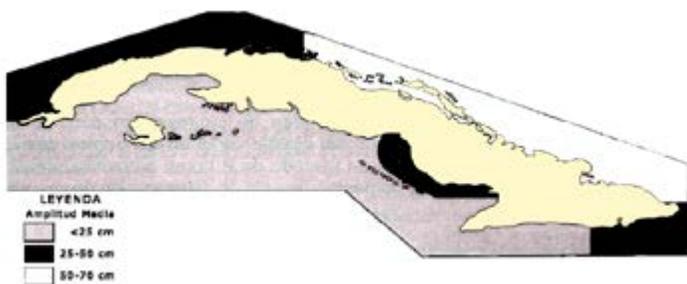


Figura 3. Amplitud de las mareas en las costas de Cuba. Tomado y adaptado de Vallejo (2010)

Las componentes de largo período solar anual ( $S_a$ ) y solar semianual ( $S_{sa}$ ) determinan la variabilidad estacional, ya que alcanzan valores comparables a los de la onda lunar principal semidiurna ( $M_2$ ). Hacia el interior del golfo de Batabanó se deforma la onda de marea (Fig. 4), prevaleciendo la influencia de los factores meteorológicos sobre las variaciones del nivel del mar, con una mayor variabilidad de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en el interior del golfo. La amplitud de la marea en la costa norte es como promedio mayor que en la sur, y tiende a reducirse en áreas de limitado intercambio como las lagunas interiores del archipiélago Sabana-Camagüey. Las corrientes de marea son más fuertes en los canales y pasas existentes entre los cayos

(Hernández-González, Montalvo, Juanes, Rodríguez, & Martínez-Bayón, 2013). La marea en determinadas ocasiones representa un papel importante en el intercambio de aguas entre la plataforma y el mar abierto (Lluis-Riera, 1980).

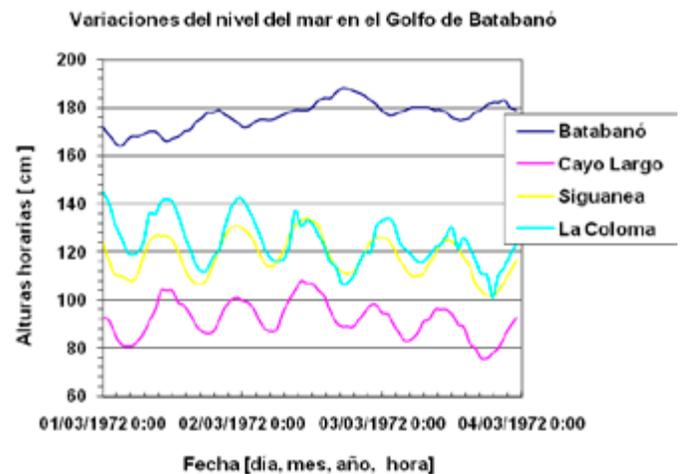


Figura 4. Variaciones del nivel del mar observado en la plataforma suroccidental (no referidas al cero geodésico). Tomado de Hernández-González (2015)

## Corrientes Marinas

Las corrientes marinas de la plataforma insular cubana fluyen hacia el oeste la mayor parte del año, debido a la acción predominante de los vientos Alisios (Emilson & Tápanes, 1971). Blázquez & Romeu (1982) y posteriormente Blázquez, Rodríguez-Portal, Rosabal-Campos & Calderón-Hebra (1988), comprobaron la hipótesis de Emilson & Tápanes (1971) para la plataforma suroccidental, mediante mediciones directas efectuadas con cuerpos de deriva y correntógrafos.

## La temperatura y salinidad de las aguas

Según Lluis-Riera (1972; 1977; 1983a) y Lluis-Riera & Salazar-Salazar (1981), los cambios de la temperatura en verano suelen ocurrir suavemente, al contrario de los que ocurren en invierno con el paso de los frentes fríos, cuando generalmente predomina una marcada homogeneidad vertical en la columna de agua, debido a los efectivos procesos de mezcla. Según Lluis-Riera (1983a), la amplitud de la temperatura en las aguas de la plataforma insular resulta de más de 11 grados, entre 19 °C y 31,6 °C, siendo de igual magnitud que

en los estratos superficiales (50 a 60 m) de las aguas oceánicas adyacentes (García, 1981).

## Principales características oceanográficas y meteorológicas de los golfos de Batabanó y Cazones. Plataforma suroccidental

### La temperatura del aire

En la zona de estudio al sur de la ciénaga de Zapata, la temperatura media anual del aire es de 25,2 °C, variando entre los 22 y 23 °C en invierno y de 27 a 28 °C en verano. En el período lluvioso, durante los días cálidos, las temperaturas máximas medias son superiores a los 30 °C, mientras que durante el período seco, las mínimas medias oscilan entre 18 y 19 °C. Los valores máximos absolutos alcanzan los 36,6 °C y los mínimos absolutos los 9 °C. La brisa marina es el fundamental efecto moderador de la temperatura del aire en las zonas cercanas al litoral (Hernández-González *et al.*, 2006).

### El viento

En los golfos de Batabanó y Cazones predominan durante el invierno, vientos del I cuadrante con una velocidad media de 27,1 Km/h y durante el verano del II cuadrante con velocidad media de 9,5 Km/h. En general, los vientos predominantes en este sector son los Alisios del *NE* y *E*, con una velocidad media de 9,4 Km/h, modificados localmente por la brisa diurna del *NE* y el terral nocturno del *SE* (Hernández-González *et al.*, 2006).

### Las precipitaciones

El período de lluvia (de mayo a octubre) y de seca (de noviembre a abril) se encuentran bien definidos. En la zona emergida de la península de Zapata, al norte, la distribución de las precipitaciones es irregular, en el período húmedo caen de 78% hasta 84% del total anual, el resto, en el período seco. Al paso de los huracanes, ciclones o vaguadas extendidas, la lluvia máxima probable para 0,5% de probabilidad oscila de 700 mm a 1200 mm para 4 días (Petrova, Villasuso, & Alfonso, 2007). En general, el drenaje

directo de agua dulce es menor que el aporte de los ríos, con excepción de las costas NNE y E del golfo de Batabanó (península de Zapata), debido a que las aguas infiltradas por centro y sur de la isla hallan su salida al mar por la costa (Lluis-Riera, 1980).

### Los ciclones tropicales

Los ciclones tropicales ejercen gran influencia en el régimen habitual de los procesos marinos y costeros de la plataforma suroccidental, más habituados a las condiciones impuestas por los Alisios la mayor parte del año. Los ciclones tropicales, que tienen lugar durante la temporada ciclónica, entre junio y noviembre, inciden con mayor frecuencia sobre la mitad occidental de Cuba, a principios y finales de temporada, cuando estos organismos presentan una tendencia a formarse en el mar Caribe Occidental y toman trayectorias que en general suelen ir de sur a norte. La mayor parte de los huracanes más intensos que han azotado al país, han pasado por el golfo de Batabanó (Hernández-González, 2015).

### Los sistemas frontales

Los "sures" actúan sobre la mitad occidental de Cuba entre septiembre y mayo, con rumbos del SSE al SSO y con velocidades que algunas veces han sobrepasado los 100 Km/h (27,8 m/s) como el del 16 de marzo de 1983 que alcanzó 122 Km/h (33,9 m/s) (Rodríguez & Ballester, 1985). Los frentes fríos acontecen en mayor número entre octubre y abril, pueden alcanzar también valores notables de velocidad del viento como el del 22 de diciembre de 1971 con 115 Km/h (31,9 m/s) (González, 2000).

### La marea astronómica

En las aguas al sur de la península de Zapata, la marea astronómica es una onda de tipo progresivo en las áreas de mar abierto y reversiva en los canales y pasas, y se clasifica como mixta semidiurna irregular, y es de tipo sinódico con una amplitud media de 20 cm, máximas inferiores a 30 cm y mínimas de 11 a 15 cm (Rodríguez-Portal & Rodríguez-Ramírez, 1983). El carácter de la marea es mixto con predominio semidiurna. La amplitud media de la marea es mayor que 25 cm (Fig. 2 y 3) (Vallejo, 2010).

## Las corrientes marinas

La deriva neta de las corrientes marinas hacia el oeste es más evidente al sur de la península de Zapata, en la plataforma suroccidental de Cuba, debido a que representa una extensa llanura sumergida orientada zonalmente con la ocurrencia de giros, y una circulación un poco más compleja en la zona profunda adyacente al golfo de Cazones (Fig. 5).



Figura 5. Corrientes marinas en el golfo de Batabanó (Tomado de Hernández-González *et al.*, 2013)

Los valores más altos de las corrientes marinas se pueden registrar al sur de la península de Zapata, y en las pasas y canales de las cayerías de su periferia suroriental. En condiciones de régimen, la velocidad de las corrientes marinas durante el llenante es comparativamente menor que durante el vaciante. Los eventos meteorológicos de escala sinóptica, como los sistemas frontales, con mayor influencia de los "sures" en la mitad occidental, y los ciclones tropicales, perturban temporalmente el campo promedio de las corrientes marinas en esta zona (Hernández-González *et al.*, 2006). Para el interior del golfo de Batabanó, Blázquez & Romeo (1982) y Blázquez *et al.* (1988) registraron velocidad media de las corrientes entre 4,9 y 17,8 cm/s.

El flujo de las corrientes de marea en las pasas y canales, bajo la acción de vientos de moderada intensidad y relativa persistencia, puede ser parcial o totalmente bloqueado por corrientes residuales que coinciden con la dirección del viento (Hernández-González *et al.*, 2006).

## La temperatura y salinidad de las aguas

Las características generales de la hidrología de las aguas de la plataforma suroccidental fueron descritas por Lluís-Riera (1972; 1983a; 1983b) y Lluís-Riera,

Gómez-Quintero & Salazar-Salazar (1987). Estos estudios se basaron en el análisis de la distribución espacio-temporal de la temperatura y la salinidad, así como de los principales parámetros químicos. Los autores anteriores señalaron el carácter limitado y estable de la influencia oceánica sobre las aguas de plataforma, y la dependencia de la variación espacial y estacional de los factores físicos y químicos (como la temperatura y la salinidad) con respecto a las precipitaciones y el escurrimiento.

Se puede apreciar, que el patrón de la distribución horizontal de la temperatura y la salinidad de las aguas muestran en el mes de abril valores de 27,9 °C y 36,2 ‰ en las aguas someras de la plataforma suroccidental aledaña a la zona de estudio, y para el mes de julio presenta una distribución más compleja (Fig. 6). En general, el patrón de la temperatura parece gobernado por la marcha diurna de la temperatura del aire y por la influencia oceánica al presentar gradientes paralelos a las cadenas de cayos (Lluís-Riera, 1983b).

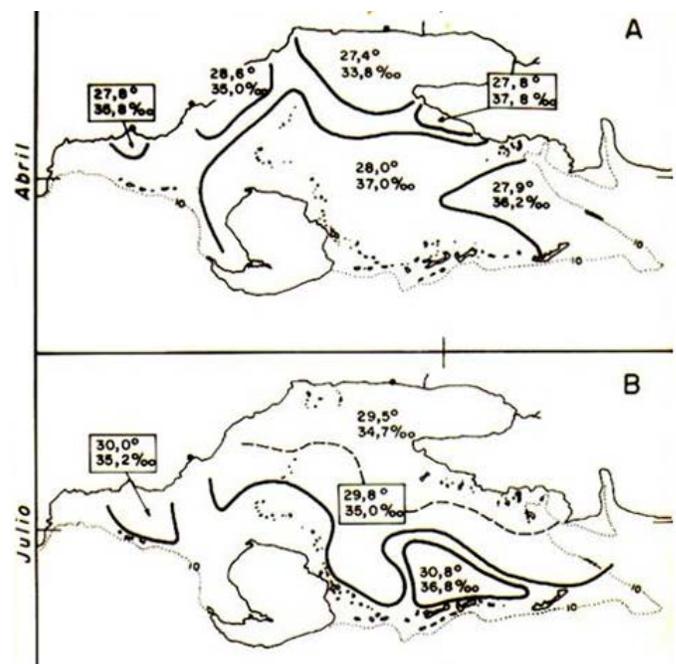


Figura 6. Distribución de la temperatura y la salinidad en el golfo de Batabanó (Tomado de Lluís-Riera, 1983b)

Durante el período seco, predomina una extensa área de salinidad de 36 ‰ a 37 ‰, con zonas de relativa menor salinidad en la ensenada de la Broa y en su extremo oriental, en donde ocurre la penetración de aguas menos halinas desde el golfo de

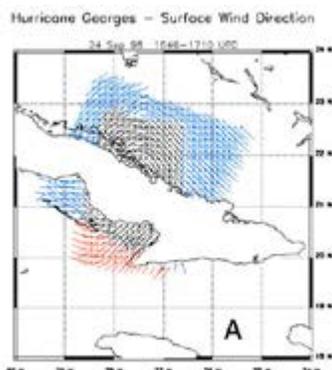
Cazones. En el período lluvioso las salinidades bajan considerablemente estableciéndose valores de 35 ‰ o menos (Fig. 6). A esto contribuye, el drenaje de los ríos y el escurrimiento superficial principalmente del sur de la península de Zapata (Lluis-Riera, 1980).

## Principales características oceanográficas y meteorológicas del archipiélago Jardines de la Reina. Plataforma suroriental

### Los ciclones tropicales

Los ciclones tropicales, son también los eventos hidrometeorológicos más peligrosos para Jardines de la Reina en la plataforma suroriental. Aunque no se han reportado con una frecuencia elevada como en la plataforma suroccidental, las zonas marinas y litorales en los golfos de Ana María y Guacanayabo han sufrido el impacto de huracanes de consecuencias catastróficas como el huracán de 1932 que destruyó el poblado de Santa Cruz del Sur y el huracán Iván en 2005 (Hernández-González, 2015).

La fuerza de los vientos de los ciclones tropicales puede perturbar el campo de las corrientes marinas de las aguas someras de la plataforma insular, ya que en presencia de eventos hidrometeorológicos intensos las corrientes marinas fluyen de acuerdo al viento imperante en ese momento. Como ejemplo de lo expuesto anteriormente, se encuentra el caso del huracán Georges, el cual presentó una trayectoria zonal al norte del archipiélago cubano, muy próxima o sobre la costa de la Isla de Cuba (Pasch & Ávila, 2001). Los fuertes vientos de los cuadrantes II y III (Fig. 7A), con dirección de oeste a sur, actuaron justo en contra



del patrón establecido por los vientos Alisios antes del paso del huracán, dando lugar a una reversión de la dirección y a un aumento de la velocidad de las corrientes marinas en las aguas someras de la plataforma suroriental (Fig. 7B). Un cambio de tal naturaleza, aunque perturbador por su intensidad, dura mientras persisten las condiciones del viento que lo provocaron. En tales casos, la fuerza del viento anula casi por completo la influencia de la marea astronómica sobre la circulación de las aguas.



Figura 7. Influencia del campo de vientos de un ciclón tropical (A) con trayectoria zonal sobre las corrientes marinas en las aguas someras de la plataforma suroriental (B). Tomado de Internet: <http://hfradar.ndbc.noaa.gov/>

### La marea astronómica

En las aguas adyacentes al archipiélago Jardines de la Reina la marea es semidiurna y con una amplitud de 25 a 50 cm (Fig. 2 y 3) (Vallejo, 2010).

### Las corrientes marinas

Los valores máximos de las corrientes marinas en la periferia de la plataforma suroriental (archipiélago Jardines de la Reina) durante el vaciante, obedecen al movimiento característico del agua hacia el exterior del mismo, reforzado por la persistencia de vientos del primer y segundo cuadrante (Fig. 8). En la mayor parte de esta zona y durante ambas fases de la marea, la velocidad de la corriente en condiciones habituales del estado del tiempo se mantiene entre los 8 y los 9 cm/s como promedio (Hernández-González *et al.*, 2006).

En el golfo de Ana María las aguas penetran por todos los canales y pasas a través del archipiélago Jardines

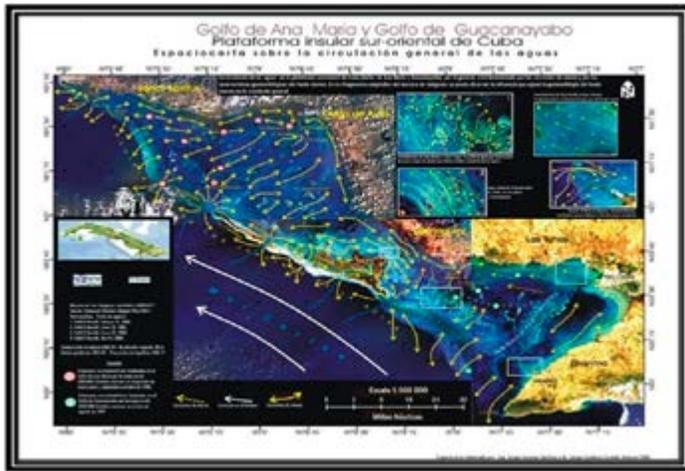


Figura 8. Aspectos generales de la circulación de las aguas en la plataforma suroriental (golfos de Ana María y Guacanayabo). Tomado de Hernández-González *et al.* (2013)

de la Reina, entre ellos: canal de Bretón, canal de Boca Grande, canal de Caballones, canal de Cabeza del Este y pasa de Juan Grin. También, se traslada un volumen importante de agua a todo lo largo de los médanos de la Vela y el banco de Levisa. La velocidad de las corrientes marinas en los golfos de Ana María y Guacanayabo son en general débiles, con valores medios que no sobrepasan los 12 cm/s, aunque en los canales de entrada pueden alcanzar un valor tres veces mayor, como en el canal del cayo Bretón (42 cm/s) (Hernández-González *et al.*, 2006).

En condiciones de baja intensidad del viento, la marea juega un papel importante en la circulación de las aguas de la plataforma suroriental, debido a la compleja geomorfología del fondo marino, sobre todo en las zonas más resguardadas al viento. Las mediciones *in situ*, también sugieren que en toda el área predominan corrientes de marea débiles con velocidades medias entre 1 y 9 cm/s, con la excepción de la estación del canal de Bretón que fue donde se observaron las más elevadas (42,19 cm/s). Los rumbos más frecuentes de la corriente están dentro del I, III y IV cuadrante. El agua se mueve como promedio, de superficie a fondo y predomina la homogeneidad vertical del movimiento en la columna de agua (Hernández-González *et al.*, 2006).

Las corrientes de marea más intensas registradas en todo el espesor de la columna de agua mediante mediciones directas se han observado en el canal de Bretón, resultando hacia el noreste para las corrientes de flujo, con una duración promedio de seis horas

y hacia el sureste para las corrientes de refluo, con una duración de seis horas y veinte minutos. Las velocidades máximas ocurrieron durante el flujo, con una velocidad máxima de 111,8 cm/s en dirección al norte. Las velocidades máximas de las corrientes ocurren durante las pleamares y bajamares y las mínimas a media mar, lo que permite concluir que las corrientes en el canal de Bretón responden a las características de una onda de marea de carácter progresivo. El flujo de las corrientes de marea de las pasas y canales, bajo la acción de vientos de moderada intensidad y relativa persistencia, puede ser parcial o totalmente bloqueado por las corrientes residuales que coinciden con la dirección del viento (Hernández-González *et al.*, 2006).

### La temperatura y salinidad de las aguas

Las características generales de la hidrología de las aguas de la plataforma suroriental fueron descritas por Lluís-Riera (1977; 1983a; 1983b), Lluís-Riera & Salazar-Salazar (1981) y Lluís-Riera *et al.* (1987).

Estos estudios se basaron en el análisis de la distribución espacio-temporal de la temperatura y la salinidad, así como de los principales parámetros químicos. Entre sus conclusiones, Lluís-Riera (1983a; 1983b) señaló el carácter limitado y estable de la influencia oceánica sobre las aguas de plataforma, y la dependencia de la variación espacial y estacional de la temperatura y la salinidad con respecto a las precipitaciones y el escurrimiento. La referida autora, utilizando termómetros de inversión acoplados a botellas Nansen, obtuvo que la temperatura superficial del mar promedio del agua varía de 24,0 °C en febrero a 29,9 °C en junio y los valores extremos detectados fueron de 22,9 °C en febrero y 31,3 °C en agosto.

La temperatura superficial del mar en las aguas someras de la plataforma suroriental responde con rapidez a los cambios de la temperatura del aire, mientras que la salinidad del agua obedece a las precipitaciones y al escurrimiento sobre todo durante determinados cambios en el estado del tiempo. La distribución espacio-temporal de las características termohalinas de las aguas someras, también dependen de la circulación de las aguas (Hernández-González *et al.*, 2006).

La salinidad durante todo el período seco supera los 37 ‰ y durante el período lluvioso desciende ligeramente hasta 36,6 ‰ (Lluís-Riera, 1980; 1983a;

1983b). Sin embargo, el escurrimiento ha dejado de ser un factor importante en la plataforma insular cubana en el transcurso de las últimas décadas debido al represamiento de los ríos, y solo se toma en cuenta su influencia en localidades muy cercanas a la desembocadura de ríos o durante eventos de intensas lluvias. Por otra parte, la mitad oriental de Cuba ha atravesado prolongados períodos de sequías en los últimos años, que ocasionalmente y de forma significativa, han sido interrumpidos solo por la influencia de las lluvias de algunos ciclones tropicales (Lluis-Riera, 1983b). Por lo antes expuesto, se puede suponer que la salinidad promedio de las aguas en el golfo de Guacanayabo aumentó en sus flancos norte y sureste, desde la década del 70, cuando fue publicado el trabajo de Lluis-Riera (1977), debido a la reducción del aporte de agua dulce del río Cauto, los prolongados períodos de sequías de los últimos años y la elevada tasa de evaporación. La combinación de estos factores más la circulación paralela a la costa en llenante y vaciante debe haber provocado una extensión hacia el sureste de la isolínea de los 36,5 ppm que bordea toda la plataforma suroriental y que solo se adentra unas millas en el golfo de Guacanayabo de acuerdo al mapa correspondiente al mes de febrero elaborado por Lluis-Riera (1977), con el consecuente aumento de la salinidad promedio en el mencionado golfo (Hernández-González *et al.*, 2006).

## Conclusiones

1. La marea astronómica en las zonas de estudio es de poca amplitud, y por el carácter semidiurno de sus fluctuaciones juega un papel muy importante para los ecosistemas marinos y costeros.
2. Las componentes de largo período solar anual y solar semianual determinan la variabilidad estacional, ya que alcanzan valores comparables a los de la onda lunar principal semidiurna.
3. Hacia el interior del golfo de Batabanó se deforma la onda de marea, prevaleciendo la influencia de los factores meteorológicos sobre las variaciones del nivel del mar.
4. Las corrientes de marea pueden alcanzar velocidades promedio de alrededor de 50 cm/s y máximas cercanas al metro por segundo, en pasas y canales.
5. El flujo de las corrientes de marea en las pasas y canales bajo la acción de vientos de moderada intensidad y relativa persistencia, puede ser parcial o totalmente bloqueado por las corrientes residuales generadas por el viento.
6. El régimen de vientos muestra el predominio de los Alisios del *NE* y el *ENE*.
7. Entre las características hidroclimáticas más importantes se destacan el régimen de lluvias y el escurrimiento, los cuales influyen determinantemente en la variabilidad espacial y estacional de la salinidad.
8. Los ciclones tropicales son los eventos hidrometeorológicos más peligrosos para las zonas de estudio debido a la fuerza de los vientos y al oleaje que generan. Los más intensos, pueden también generar fuertes afectaciones a los ecosistemas marinos y costeros debido a la influencia que ejercen sobre las corrientes marinas de las aguas someras de la plataforma insular. Los sistemas frontales asociados a bajas extra-tropicales, principalmente por los intensos vientos de componente sur que pueden generar, pueden ocasionar impactos importantes en la zona de estudio adyacente a la península de Zapata.
9. El océano ejerce una influencia limitada y estable sobre las aguas de plataforma de las zonas de estudio.
10. La temperatura superficial del mar de las aguas someras de la plataforma insular en las zonas de estudio responde con rapidez a los cambios de la temperatura del aire.
11. El escurrimiento ha dejado de ser un factor importante en la plataforma insular cubana en las últimas décadas, debido al represamiento de los ríos. Solo es importante, localmente, durante eventos de intensas lluvias en la desembocadura de algunos ríos.
12. La zona de estudio en Jardines de la Reina posee un nivel de datos e investigación comparativamente menor que la zona adyacente a la península de Zapata.

## Referencias

- Blázquez, L., Rodríguez-Portal, J. P., Rosabal-Campos, I., & Calderón-Hebra, R. (1988).** Mediciones de corriente en el Golfo de Batabanó. Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología No 14.
- Blázquez, L., & Romeu, E. (1982).** Contribución al estudio de la circulación general en el Golfo de Batabanó, Zona B. *Rep. Invest. Inst. Oceanología.*, 1, 1-33.
- Emilson, I., & Tápanes, J. (1971).** Contribución a la

hidrología de la plataforma sur de Cuba. Acad. Cien. Cuba. *Ser. Oceanol.*, 9, 1-31.

**García, C. (1981).** Temperatura de las aguas oceánicas de Cuba I. Aguas superficiales II. Aguas sub-superficiales. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 6(2), 3-11.

**González, C. (2000).** Características de los frentes fríos que han afectado a Cuba desde 1916-17 hasta 1999-2000. Boletín SOMETCUBA [Internet] 6(2). Disponible en: <http://www.met.inf.cu>.

**Hernández-González, M. (2015).** Variabilidad y pronóstico de la componente aperiódica del nivel del mar de origen meteorológico en el archipiélago cubano. ISBN: 978-95 9-298-035-8, <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/519>.

**Hernández-González, M., Montalvo, J. F., Juanes, J. L., Rodríguez, Y., & Martínez-Bayón, C. A. (2013).** Zonas Costeras y Recursos Marinos, 137-200. En: Planos, E., Rivero, R. & Guevara, V (Eds.), Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. GEF-PNUD (DVD). Editorial AMA. ISBN 978-959-300-039-0.

**Hernández-González, M., Simanca, J., Arriaza, L., Lorenzo, S.L., Rodas, L., Ramírez, O.,... Gutiérrez, J. M. M. (2006).** Desarrollo de métodos y tecnologías para el pronóstico de procesos oceanográficos en la plataforma insular cubana". Auspiciado por el programa ramal "Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano. Informe de proyecto. 120 pp. Archivo Científico del Instituto de Oceanología.

**Lluis-Riera, M. (1972).** Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. *Serie Oceanológica*, 14, 49 pp.

**Lluis-Riera, M. (1977).** Estudios hidrológicos de la plataforma suroriental de Cuba y aguas oceánicas adyacentes. Informe Científico-Técnico, No. 16. CDU 551.242.5 (729.1-12:556.1). Instituto de Oceanología. 29 p.

**Lluis-Riera, M. (1980).** Caracterización físico-química de la plataforma cubana. Instituto de Oceanología. Academia de Ciencias de Cuba. Parte I. 176 pp.

**Lluis-Riera, M. (1983a).** Características físico químicas de la plataforma de Cuba y aguas oceánicas adyacentes [en Ruso]. Centro de coordinación del CAME para el problema mundial, Moscú 15, 29-45 p.

**Lluis-Riera, M. (1983b).** Régimen hidrológico de la plataforma insular de Cuba. *Cien. de la Tierra y el Espacio*, 7: 81-110.

**Lluis-Riera, M., Gómez-Quintero, M. J., & Salazar-Salazar, H. (1987).** Datos oceanográficos de la plataforma suroccidental de Cuba y sus aguas adyacentes. Editora de la ACC, La Habana. 161 p.

**Lluis-Riera, M., & Salazar-Salazar, H. (1981).** Informe de datos oceanográficos de la plataforma suroriental de Cuba y sus aguas adyacentes. Editora de la ACC, La Habana. 139 p.

**Pasch, R. J., & Ávila, L. A. (2001).** Atlantic Hurricane Season of 1996. *Monthly Weather Review*, 129, 3085-3123.

**Pérez, R., Fonseca, C., Lapinel, B., González, C., González, I., Planos, E.,...Pérez, J. (2013).** Variaciones y Cambios en el Clima. 43-97. En: Planos, E., Rivero, R. & Guevara, V (Eds.), Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. GEF-PNUD (DVD). Editorial AMA. ISBN 978-959-300-039-0.

**Petrova, V., Villasuso, M., & Alfonso, A. (2007).** Manejo de los recursos hídricos en los humedales. Caso de estudio Ciénaga de Zapata (Parte IV). Editora Centenario, S. A, República Dominicana. 42 p.

**Planos, E., Rivero, R., & Guevara, V. (Eds.) (2013).** Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. GEF-PNUD (DVD). Editorial AMA. ISBN 978-959-300-035-2.

**Rodríguez-Portal, J., & Rodríguez-Ramírez, J. F. (1983).** Las mareas en las costas cubanas. *Reporte de Investigación del Instituto de Oceanología*, 6, 34 pp.

**Rodríguez, N., & Ballester, M. (1985).** Cronología de los "sures" que han afectado a Cuba desde la temporada 1916 hasta la de 1977-1978. *Reporte de Investigación del Instituto de Meteorología*, 10, 12 pp.

**Rubiera, J. (2006).** Curso sobre Ciclones Tropicales. Universidad para Todos. Suplemento Especial. 32 pp.

**Vallejo, E. C. (2010).** Apuntes de marea. Cátedra de Hidrografía y Geodesia. Academia Naval Granma. 111 pp.